

CONSTRUCCIÓN DE MODELOS CIENTÍFICOS ESCOLARES SOBRE FENÓMENOS ELECTROSTÁTICOS CON ESTUDIANTES DE SECUNDARIA

Sara Pereda García, Ángel D. López-Mota
Universidad Pedagógica Nacional, México.

RESUMEN: A partir de la definición de Modelo Científico de Gutiérrez (2014), elaboramos un Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA) -que actúa como referente para diseñar y validar una secuencia didáctica (SD)-, y que nos permite tener elementos para promover la modelización de fenómenos de la ciencia con interés educativo -en este caso: la electrostática-. El diseño de esta SD se fundamenta desde una perspectiva epistemológica (Giere, 2004), y se complementa con una visión ontológica (Gutiérrez, 2005). Al aplicar la SD, conocimos los modelos científicos escolares que un grupo de 37 estudiantes de secundaria (13-14 años de edad) construyeron en el aula y la aproximación que tuvieron con nuestro referente propuesto (MCEA); resultados aquí discutidos.

PALABRAS CLAVE: Modelos, Modelización, Electrostática, Educación Básica.

OBJETIVOS: Presentamos cómo la idea de modelo científico puede ser utilizada en el ámbito de la didáctica en forma de hipótesis directriz (MCEA) y permitir su puesta a prueba con valores empíricos provenientes de los modelos logrados (MCEL) por 37 estudiantes de secundaria (13-14 años de edad) después de una SD. Así, indicamos cómo elaborar dicha hipótesis y cómo derivar criterios de diseño para la SD y poder validarla en concordancia.

Así mismo, permitió conocer los modelos que lograron construir los estudiantes en condiciones de clase, y de esta manera poner a prueba nuestro referente en forma de hipótesis (MCEA) al comparar los modelos logrados frente al modelo deseado y así, validar la SD.

MARCO TEÓRICO

Concepto de Modelo

Nuestra propuesta de construcción de modelos se fundamenta en una perspectiva epistemológica (Giere, 2004) y se complementa con una visión ontológica propuesta por Gutiérrez (2005); es decir, retomamos elementos ontológicos -entes y sus propiedades- y epistemológicos -enunciados legales- para la construcción de una noción de modelo 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).

A partir de esta definición se construye el MCEA -descrito más adelante-, y permite homogeneizar la información -toda en términos de modelos-, con el fin de tener elementos que permitan direccionar una SD que promueva la modelización de fenómenos de la ciencia con interés educativo -en este caso: la electrostática-. Así, inferimos/seleccionamos 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 el “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 ejemplo-. 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, 2001); las cuales pueden dar lugar a *reglas* para establecer *inferencias*, entendiéndose por éstas el “deducir algo, sacar una consecuencia de otra cosa, conducir a un resultado” (Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, 2017). Las inferencias pueden conducir al establecimiento de *inferencias generalizadas*, es decir al establecimiento de resultados presentes en cada ocasión y con una conectiva lógica: “si..., entonces...”.

Modelo Científico Escolar de Arribo

Para construir el MCEA, elaboramos tres modelos: el Modelo Estudiantil Inicial (MEI), inferido de las ideas previas de los estudiantes que se reportan en la literatura especializada (Furió y Guisasaola, 1999; Pereda y López, 2009), y que los estudiantes pudieran presentar al inicio de la SD. Cabe recordar que una extensa literatura muestra que estas ideas espontáneas actúan como representaciones profundamente arraigadas, resistentes al cambio y con una ontología alejada de la establecida por la ciencia y del currículo.

También inferimos un Modelo Curricular proveniente de los planes y programas de estudio de educación básica, Secundaria-Ciencias II -Explicación de los fenómenos eléctricos-; que se encuentran en un listado de bloques secuenciados de aprendizajes esperados y contenidos específicos (SEP, 2011).

De igual manera, tomamos en cuenta las teorías científicas y modelos que soportan dicho contenido curricular -Electrostática en nuestro caso- y que en su mayoría se presentan como conjuntos de conceptos y leyes desarticulados. Así, desarrollamos un Modelo Científico, proveniente de la consulta de libros de texto de Física utilizados en el nivel educativo superior.

Una vez elaborados los 3 modelos anteriores, se contrastan y se postula el MCEA (Tabla 1); que actúa como hipótesis directriz, clara y explícita, que permite conformar criterios para diseñar y validar una SD basada en modelos y modelización (López-Mota y Moreno-Arcuri, 2014).

Tabla 1.
MCEA

<i>ENTIDADES</i>	<i>PROPIEDADES</i>	<i>RELACIONES / REGLAS DE INFERENCIA</i>	<i>INFERENCIAS GENERALIZADAS</i>
Algunos materiales [triboeléctricos*] se pueden cargar eléctricamente y están constituidos por átomos (formados por electrones, protones y neutrones)	Los materiales equilibran sus cargas eléctricas, por lo que su carga neta es neutra. Algunos materiales* pueden desprender/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).	Si se frota algunos materiales*, entonces se electrizan ganando/desprendiendo electrones. Si dos materiales distintos poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces producirán fuerzas de atracción. Si dos materiales poseen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producirán fuerzas de repulsión. Si un material cargado eléctricamente, se acerca a un material conductor, entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.	Si aumentan las cargas eléctricas negativas en un cuerpo, entonces aumentarán las fuerzas de atracción/repulsión. Si aumenta la distancia entre dos cuerpos electrizados (o uno de ellos electrizado), entonces disminuirán las fuerzas de atracción/repulsión. [Por el contrario, si disminuye la distancia entre estos dos cuerpos, entonces aumentarán las fuerzas eléctricas.]

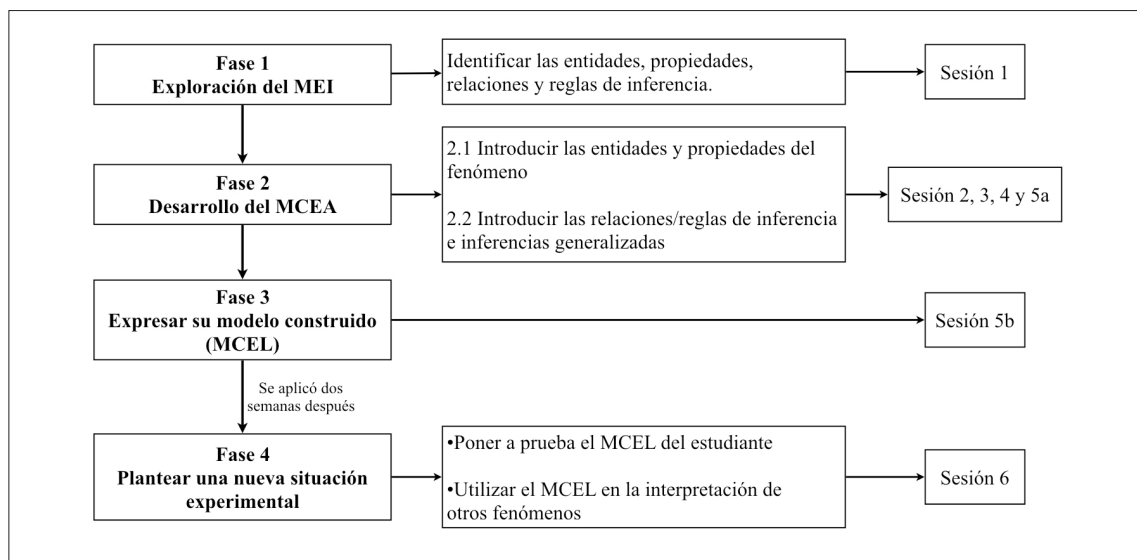
METODOLOGÍA

Secuencia Didáctica

A partir del MCEA establecimos los criterios que orientan el diseño de una SD basada en modelos:

- Identificar entidades y propiedades no consideradas por los estudiantes en su MEI (Fases 1 y 2; Fig. 1) requeridas para explicar el fenómeno en cuestión y en términos del MCEA.
- Introducir y establecer las relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas entre entidades que no son consideradas por los estudiantes en su MEI necesarias para explicar el fenómeno, en términos del MCEA (Fase 2).
- Diseñar una situación donde apliquen el modelo construido al final de la SD (MCEL; Fase 3), pero a un nuevo fenómeno electrostático; aunque de carácter muy similar al introducido en clase (Fase 4).
- Desarrollar la SD en condiciones de una escuela pública (horario, núm. de alumnos, infraestructura, entre otras).

De esta manera, la SD se diseñó en 4 fases y 6 sesiones (Figura 1), y se aplicó a 37 estudiantes de 2º grado de secundaria (13-14 años de edad) de una escuela pública del municipio de Ecatepec, Estado de México.



Fi. 1. Desarrollo de la SD

RESULTADOS

En la sesión 5b de la fase 3 de la SD (Fig. 1), se aplicó un instrumento que permitió conocer el modelo que los estudiantes lograron construir al final de la SD. En la Tabla 2, se muestra dicho modelo -MCEL- a de fin de validar la SD y el alcance que tuvieron los estudiantes con respecto de la hipótesis directriz -MCEA-:

Tabla 2.
MCEL vs MCEA

	<i>MCEL</i>	<i>n=37</i> <i>100%</i>		<i>MCEA</i>
Entidades	Materiales (Paño de lana, tubo PVC, alambre de cobre, laminillas de aluminio) pueden cargarse eléctricamente, formados por electrones y protones	37 100%	PMateriales triboeléctricos PElectrones, protones ONeutrones	Algunos materiales [triboeléctricos] se pueden cargar eléctricamente y están constituidos por átomos (formados por electrones, protones y neutrones)
Propiedades	Materiales (*Paño de lana, tubo PVC) sin frotar: tienen igual número de protones y electrones, tiene carga neutra	28 76%	P Los materiales sin frotar tienen equilibradas sus cargas, su carga es neutra	Los materiales equilibran sus cargas eléctricas, por lo que su carga neta es neutra
	Materiales* sin frotar: tienen cargas eléctricas (en ocasiones predominando los protones o electrones)	9 24%		
	Materiales* frotados: adquieren/ceden electrones	30 81%	P Los materiales frotados pueden desprender/ganar electrones	Algunos materiales pueden desprender/ganar cargas eléctricas negativas (electrones)
	Materiales* frotados: tienen igual número de protones y electrones	2 5%		
	Materiales* frotados: adquieren/ceden protones	2 5%		
No explícita	3 8%			

	<i>MCEL</i>	<i>n=37</i> <i>100%</i>		<i>MCEA</i>
Relaciones/Reglas de Inferencia	Si se frotan los materiales*, entonces se electrizan ganando/desprendiendo electrones	19 51%	P Los materiales frotados se electrizan ganando/desprendiendo electrones	Si se frotan algunos materiales, entonces se electrizan ganando/ desprendiendo electrones.
	Si se frotan los materiales*, entonces 'se electrizan' con igual número de protones que de electrones	8 22%		
	Si se frotan los materiales*, entonces 'se electrizan' ganando protones	2 5%		
	No explicita	8 22%		
	Si dos materiales (láminas de aluminio) tienen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producen fuerzas de repulsión.	17 46%	PCargas eléctricas iguales (negativas-negativas) producen fuerzas de repulsión OCargas eléctricas diferentes (positivas-negativas) producen fuerzas de atracción	Si dos materiales poseen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producirán fuerzas de repulsión.
	Si dos materiales (láminas de aluminio) tienen cargas eléctricas, entonces producen fuerzas de repulsión.	12 32%		Si dos materiales distintos poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces producirán fuerzas de atracción.
	No explicita	8 22%		
	Si un material cargado eléctricamente (tubo PVC) se acerca a un material conductor (alambre de cobre), entonces las cargas fluyen por dicho conductor.	19 51%	PLas cargas eléctricas pueden fluir por un material conductor	Si un material cargado eléctricamente, se acerca a un material conductor, entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.
	Si un material cargado eléctricamente (tubo PVC) se acerca a un material conductor (alambre de cobre), entonces tiene cargas eléctricas	9 24%		
	Si un material cargado eléctricamente (tubo PVC) [con exceso de protones] se acerca a un material conductor (alambre de cobre), entonces tiene cargas eléctricas	2 5%		
No explicita	7 19%			
Inferencias Generalizadas	Si el material (tubo PVC) se frota con mayor/menor intensidad, entonces aumentan/disminuyen sus cargas eléctricas	18 49%	PAumento de cargas eléctricas PAumento de fuerzas de atracción/repulsión OAumento/ disminución de la distancia=aumento/ disminución de fuerzas de atracción/ repulsión	Si aumentan las cargas eléctricas negativas en un cuerpo, entonces aumentarán las fuerzas de atracción o repulsión.
	Si el material (tubo PVC) se frota con mayor/menor intensidad, entonces aumenta/disminuye su fuerza de repulsión	10 27%		Si aumenta la distancia entre dos cuerpos electrizados (o uno de ellos electrizado), entonces disminuirán las fuerzas de atracción o repulsión. [Por el contrario, si disminuye la distancia entre estos dos cuerpos, entonces aumentarán las fuerzas eléctricas.]
	No explicita	9 24%		

Entidades

En la tabla 2, todos los estudiantes lograron identificar en los materiales, la presencia de partículas de diferente naturaleza, como las entidades que intervienen en el fenómeno electrostático (Fig. 2). Además, de que se pueden cargar eléctricamente.

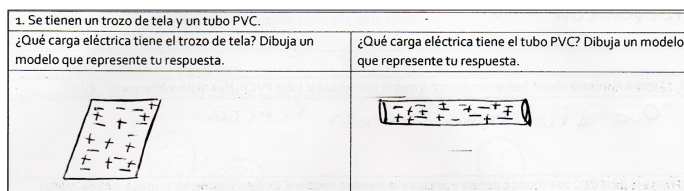


Fig. 2. Un estudiante representa un paño de lana y tubo PVC con cargas eléctricas

Propiedades

El 81% de los estudiantes se aproximaron al MCEA al mencionar que, después de frotar el paño de lana con el tubo PVC, las cargas eléctricas negativas -electrones- se desprendían del paño de lana y el tubo PVC los ganaba; por lo que éste quedaba con carga eléctrica negativa al tener abundancia de estas cargas, mientras que en el paño de lana predominaban las cargas positivas -protones- (Fig. 3):

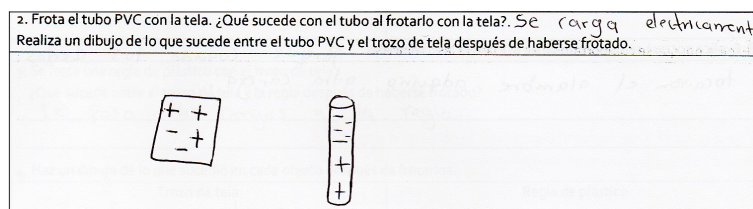


Fig. 3. Un estudiante representa un paño de lana y tubo PVC después de frotarlos

Relaciones/Reglas de inferencia

Después de que los estudiantes electrizaron el tubo PVC, lo acercaron a un electroscopio. El 32% de los estudiantes explicó que las laminillas de aluminio adquieren cargas eléctricas negativas y, por lo tanto, ambas laminillas se separaban por las fuerzas de repulsión (Fig. 4). De esta minoría, dibujaron el tubo PVC con cargas eléctricas negativas (con '-'), y que al acercarlo al alambre de cobre, dichas cargas pasan por el alambre (Fig. 4):

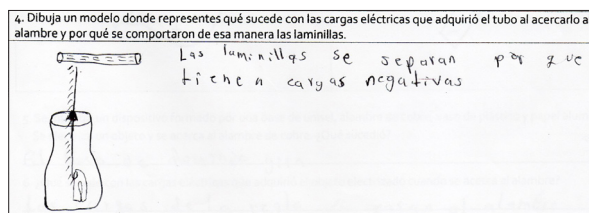


Fig. 4. Un estudiante explica qué sucede con un tubo PVC electrizado al acercarlo al electroscopio

Inferencias Generalizadas

El 76% de los estudiantes se acercó de manera parcial al referente propuesto: el 49% -del porcentaje anterior- explicó que dependiendo de cómo frotaran un material para electrizarlo, aumentarían o disminuirían sus cargas eléctricas; y el 27% restante mencionó que podrían aumentar o disminuir las fuerzas de repulsión, entre las laminillas de aluminio del electroscopio.

CONCLUSIONES

La mayoría de los estudiantes lograron acercarse a nuestra hipótesis directriz -MCEA-, y pudieron contar con elementos para explicar, argumentar y predecir los fenómenos electrostáticos; lo cual, no incluye conciencia de haber modelizado. También observamos el tránsito del nivel macroscópico -frotar con un paño de lana a un tubo PVC y éste atraer trozos de papel- al nivel microscópico, al señalar que las cargas

eléctricas de las partículas atómicas son responsables de electrizar algunos cuerpos, como el tubo PVC.

En este caso, la hipótesis directriz se mantiene como se propone, pero la SD podría ser ajustada en algunos aspectos, para lograr mayores alcances en la elaboración de modelos.

REFERENCIAS

- BUNGE, M. *Diccionario de Filosofía*. (Siglo XXI Editores, México, 2001). Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española. <<http://www.rae.es/ayuda/diccionario-de-la-lengua-espanola>> Consultado el 2 de enero de 2017.
- GIERE, R. N. (2004). "How Models are Used to Represent Reality". *Philosophy of Science*, 71, 742-752.
- GUTIÉRREZ, R. y PINTÓ, R. (2009). Aproximación ontológica a las concepciones de modelo científico que presentan los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 3637-3641.
- GUTIÉRREZ, R. (2014). Lo que los profesores de ciencia conocen y necesitan conocer acerca de los modelos. Aproximaciones y alternativas. *Revista Bio-grafía*, 7(13), 37-66.
- FURIÓ, C. y GUIASOLA, 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.
- 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. 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.

