

El cambio teórico en **CIENCIA** desde una EPISTEMOLOGÍA de la **imaginación**

Luis Mauricio **Rodríguez-Salazar**

En la segunda década del siglo XIX, la reflexión sobre el origen de la nueva teoría “electro-magnética” produce una especie de monólogo colectivo que plantea un lenguaje simbólico pre-conceptual intra e interindividual implicado en un cambio teórico en la ciencia. Se trata de un proceso en el que los científicos que estaban involucrados con esta nueva teoría, elaborando discursos explicativos del fenómeno electro-magnético desde representaciones individuales, algunos desde un marco teórico establecido, mientras que otros trataban de establecer un nuevo marco teórico creando sus propias representaciones del nuevo fenómeno. Los primeros lo hacían en el marco de un lenguaje conceptual –expresado en imágenes geométricas–, mientras que los segundos lo hacían mediante representaciones simbólico-imaginativas propias, lo cual, en este artículo, es considerado un lenguaje simbólico

pre-conceptual, es decir, previo al lenguaje conceptual que es desarrollado y empleado una vez que la nueva teoría fue aceptada por la comunidad científica.

Para alcanzar el objetivo de analizar en este artículo el significado epistemológico del lenguaje pre-conceptual simbólico-imaginativo como monólogo colectivo en el origen del cambio teórico en ciencia, se realizó (Rodríguez Salazar, 2015) una síntesis de las dos grandes propuestas teóricas del célebre pero mal conocido Jean Piaget –su teoría psicogenética del conocimiento en general y su teoría sociogenética del conocimiento científico en particular–, síntesis que fue llevada a un caso particular de la historia de la ciencia: la teorización del descubrimiento del electromagnetismo por John Christian Ørsted, el inventor danés.

Paulatinamente, la síntesis basada en las dos propuestas epistemológicas de Piaget, al ser aplicada al análisis del trabajo experimental de Ørsted, de manera co-evolutiva se fue transformando en una propuesta epistemológica propia: la epistemología de la imaginación. Con esta propuesta epistemológica se analizaron dos décadas del trabajo experimental de Ørsted (Jelved, Jackson & Knudsen, 1998), para explicar el desarrollo de su teoría del conflicto eléctrico como un proceso de estructuración simbólico-imaginativa, el cual sometió a consideración de la comunidad científica. Con su teoría del conflicto eléctrico, Ørsted fue el punto de referencia del cambio conceptual de la electrostática a la electrodinámica, de la cual surgió un lenguaje pre-conceptual que paulatinamente se consolidó en la nueva teoría electro-magnética.

Dicha teoría no era la simple unión de los dos conceptos teóricos ya existentes: electricidad y magnetismo, ya que la electricidad se comportaba como si fuera un imán sin serlo. La electricidad, entonces, no podía seguir siendo conceptualizada de la manera en que lo había sido hasta ese momento, pues ya no era la electricidad estática que conocían, sino una electricidad en movimiento. Se trataba de una electrodinámica que ahora se comportaba como si fuera un imán debido a la circulación de las cargas en un circuito cerrado.

Para hablar del nuevo fenómeno “electro-magnético” no se hacía referencia entonces a los fundamentos

teóricos que sustentaban ambos fenómenos por separado, sino a las representaciones que se hacían del comportamiento del nuevo fenómeno buscando darle una estructura a partir de los resultados experimentales obtenidos. Dicho comportamiento sólo podía ser descrito mediante representaciones simbólico-imaginativas de los experimentadores, las cuales adquirirían un carácter colectivo mediante la coordinación interindividual de acciones evocadas mentalmente. Esto sucedía al momento de que cada experimentador interesado en el fenómeno, repetía y explicaba a su manera su propio experimento, pero considerando los resultados previos de otros experimentadores.

LA EXPERIENCIA SIMBÓLICO-IMAGINATIVA EN EL CAMBIO TEÓRICO EN CIENCIA

En el marco de la epistemología de la imaginación, se plantea que el cambio teórico en ciencia es producto de las acciones evocadas de la experiencia simbólico-imaginativa, expresada en un principio como una configuración imaginaria de nuevas realidades posibles; un tipo de experiencia que se entiende, en primera instancia, como el proceso de darle forma en la imaginación a algo no existente, y en segunda instancia, el proceso de ostentarlo material y/o matemáticamente para hacerlo inteligible a la colectividad. Para ejemplificar esta propuesta epistemológica, se hizo un resumen de las dos décadas de experimentos a partir de los cuales Ørsted desarrolló su teoría del conflicto eléctrico, teoría acerca de la resistencia de los cuerpos a la transmisión de las descargas eléctricas de la pila voltaica. Para ello Ørsted utilizó un alambre metálico como medio transmisor, al cual le colocó, en cada uno de sus extremos, los alambres que estaban conectados a los polos positivo y negativo de la pila. Lo que buscaba era la incandescencia en el alambre metálico, generada por el conflicto de la descarga eléctrica en su transmisión al interior del mismo.

La configuración imaginaria de Ørsted era que la incandescencia del alambre producida por su resistencia al paso de la electricidad –el conflicto eléctrico–, produciría un efecto magnético. Con esta hipótesis directriz, él estaba planteando que la electricidad se podría transformar en magnetismo. Su hipótesis de partida –además de ser considerada por algunos, como un

reflejo de su pensamiento místico-religioso— iba en contra de lo socialmente aceptado por la comunidad científica de la época, ya que desde Gilbert, dos siglos atrás, se consideraba que la electricidad y el magnetismo eran dos fenómenos totalmente diferentes. En ciertos momentos podían interactuar, pero se entendía que eran diferentes.

Por ejemplo, en los navíos del siglo XV se empezó a notar la interacción natural de que los rayos producidos durante las tormentas tenían cierta repercusión en el comportamiento de las brújulas. Esto llevó a que se realizara la interacción de ambos fenómenos —con la pila voltaica y la brújula— de manera experimental, intentando dar cuenta de los cambios de polaridad de la brújula durante las tormentas que reportaban los marinos, fenómeno que recibió la atención de Benjamin Franklin en 1751.

En el caso de Ørsted, para llevar a cabo sus experimentos creó sus propios aparatos galvánicos, los cuales eran variantes de la pila voltaica inventada por *Alessandro Volta* en 1800. Con ellos, Ørsted no logró el efecto magnético mediante la incandescencia del alambre metálico que utilizó como medio conductor de la electricidad, pero sí lo logró al quedar integrado el alambre conductor —como le llamó Ørsted—, a aquellos alambres que estaban conectados a los polos positivo y negativo de su aparato galvánico —a los que llamaba alambres conectores—, a través de los cuales se producía la descarga eléctrica. Esto dio origen a un instrumento que producía un efecto completamente diferente al efecto producido por la pila voltaica, ya que las descargas eléctricas a través del alambre metálico —que servía de medio conductor—, se convirtieron en un flujo continuo de la electricidad de un polo al otro del aparato a través del alambre “conductor-conector”, como le llamó Ørsted (1820).

Con esto se argumenta que la teoría del conflicto eléctrico de Ørsted llevó al concepto de corriente eléctrica —que los filósofos de la ciencia le atribuyen a Ampère—, conceptualización que se puede apreciar en el cambio en el título del reporte original en latín al traducirlo él mismo al inglés.

En la reproducción que hizo el connotado historiador de la ciencia George Sarton (1928) del mencionado reporte, se puede apreciar que Ørsted cambió el título:



© Emilio Salceda, 2012.

*Experimenta circa effectum **conflictus electrici** in acum magneticam*, por el de *Experiments on the Effect of a **Current of Electricity** on the Magnetic Needle*, cuando tradujo su facsímil en latín —tres meses después—, para publicarlo en el *Journal Annals of Philosophy*. Sin embargo, a solo un mes de la impresión de su facsímil en latín, lo tradujo el propio Ørsted al francés, publicado en el *Journal de Physique* con el título *Expériences sur un effet que le **courant de la Pile** excite dans l’Aiguille aimantée*.

No obstante que ya existían esas revistas y muchas otras más, Ørsted publicó sus resultados experimentales en un facsímil escrito en latín, el cual distribuyó entre algunos de sus colegas, entre ellos el francés François Jean Dominique Arago, quien fue el que lo dio a conocer a la comunidad científica de la época. Ørsted no se atrevió a enviarlo a una de las revistas existentes, ya que sus resultados, a la manera de lo que hemos llamado aquí lenguaje simbólico pre-conceptual, iban en contra de los marcos teóricos establecidos de la época, además de que, fundamentalmente, como lo señaló en las conclusiones del mencionado reporte, ni él mismo podía dar una explicación a los resultados obtenidos,

por lo que invitaba a sus colegas a que repitieran sus experimentos (Ørsted, 1820).

Se trataba entonces, en el marco de una epistemología de la imaginación, de una situación de debate teórico-experimental creada en un espacio entre el individuo y la comunidad científica –en este caso entre Ørsted y la comunidad científica de su tiempo–, que se ha venido refiriendo, como el espacio psicosocial en el que se gestó un cambio teórico en la ciencia.

LENGUAJE CONCEPTUAL Y LENGUAJE SIMBÓLICO-IMAGINATIVO PRE-CONCEPTUAL

Al darse a conocer el facsímil de Ørsted, hubo quienes quisieron explicar el nuevo fenómeno en el marco de una teoría ya establecida, entre ellos *Jean Baptiste Biot*, quien pertenecía a una comunidad científica guiada por normas institucionales socialmente aceptadas. Guiado así por la norma social de su comunidad científica, Biot trató de explicar la electricidad producida por el nuevo aparato galvánico de Ørsted en el marco de la teoría electrostática ya aceptada para el fenómeno producido por la pila voltaica.

En el marco de la teoría newtoniana de atracción y repulsión, que Coulomb aplicó a las fuerzas eléctrica y magnética, Biot utilizó el aparato galvánico de Ørsted para explicar el nuevo fenómeno electro-magnético, describiéndolo como un efecto circular alrededor del alambre. De esta manera, el grupo de desplazamientos del alambre metálico alrededor de la aguja magnética fue estructurado por Biot, desde el punto de vista de la teoría establecida, como una fuerza revolucionaria. En cambio, la configuración imaginaria de Ørsted era la de un efecto circular en todo el espacio circunyacente al alambre en forma de espiral, lo cual rompía con la conceptualización de la acción a distancia de la fuerza revolucionaria.

Desde el punto de vista del análisis epistemológico que se propone en este artículo, tiene grandes repercusiones que tanto Biot como los miembros de la comunidad científica a la que pertenecía, hayan configurado una imagen del efecto alrededor del alambre en forma de círculo, conceptualándolo como una *fuerza revolucionaria*, mientras que Ørsted lo conceptualaba en forma de

espiral. Era natural entonces que la estructuración en forma de círculo representada como *fuerza revolucionaria* facilitó su estructuración algebraica en el marco de la teoría aceptada socialmente. En cambio, la conceptualización de Ørsted de un efecto en todo el espacio circunyacente al alambre sentó las bases, tiempo después, para el posterior desarrollo de la teoría de campo.

En el marco de la epistemología de la imaginación, se dice que se creó así un espacio psicosocial de coordinación interindividual por medio de un lenguaje simbólico producido por la configuración imaginaria del nuevo fenómeno, derivada de los resultados obtenidos al llevar a cabo el experimento de Ørsted bajo sus propios diseños experimentales. Esto creó lo que en este artículo se ha referido como una especie de monólogo colectivo, en el que cada quién hablaba del nuevo fenómeno electro-magnético desde su propia configuración imaginaria.

MONÓLOGO COLECTIVO Y LENGUAJE SIMBÓLICO PRE-CONCEPTUAL

Para ejemplificar la propuesta de la configuración imaginaria del nuevo fenómeno en forma de monólogo colectivo bajo configuraciones imaginarias pre-conceptuales, se señala que Ørsted en sus experimentos utilizó un alambre metálico con el cual cerró sobre sí mismo el circuito de su aparato galvánico, provocando el efecto magnético alrededor de la aguja de la brújula. Biot en cambio sustituyó la aguja magnética suspendida sobre un pivote, que es como está construida la brújula, por una aguja magnética suspendida de un hilo de seda, lo cual le permitía mover alrededor de la aguja el alambre metálico que cerraba sobre sí mismo el circuito del aparato galvánico.

Con esta base, Davy planteó un maravilloso experimento que era una ingeniosa mezcla de los experimentos de Ørsted y de Biot: suspendió de un hilo de seda las agujas –como una torre de agujas– de modo que quedaran apuntando en direcciones diferentes, dejando fijo, en su parte intermedia, el alambre metálico (lámina (a) de figura 1) por el que circulaba, de un polo al otro, la electricidad del aparato galvánico. Con el alambre metálico colocado de esta manera, Davy ya no tenía que moverlo alrededor de su torre de agujas, como lo hizo Biot con su aguja suspendida del hilo de seda.

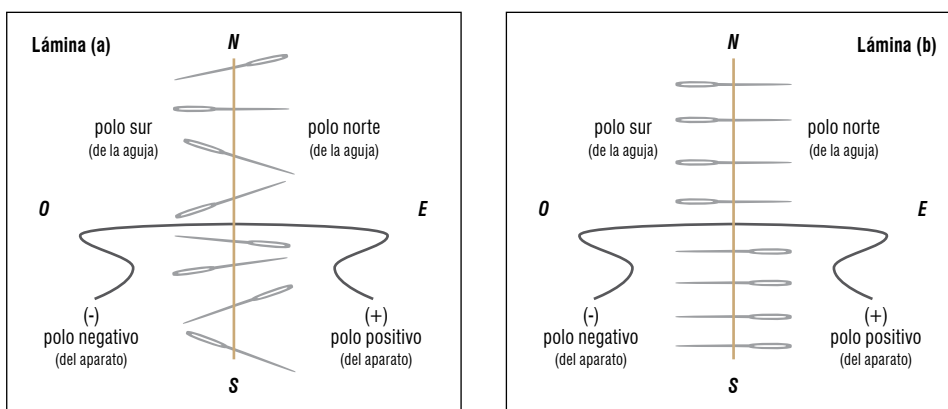


Figura 1. Representación de la Torre de agujas de Davy. Eliminación del movimiento del alambre conector alrededor de la aguja magnética con el que se buscaba dar cuenta de los desplazamientos de la aguja por el efecto de la corriente eléctrica. Fuente: elaboración propia.

El primer cambio de Davy fue eliminar el movimiento del alambre alrededor de las agujas, como lo hicieron Ørsted y Biot, ya que el movimiento sucesivo de la aguja suspendida al colocar encima y debajo el alambre, lo sustituyó por el cambio de orientación de las agujas que estaban apuntando en diferentes direcciones (lámina (a) de la figura 1), provocando así un movimiento sucesivo de las agujas al cambiar de orientación, como se muestra en la lámina (b) de la figura 1. El resultado del experimento lo describió Davy de la siguiente manera:

Se encontró que todas las agujas que estaban colocadas debajo del alambre (el extremo positivo de la batería estando en el este) tuvieron sus polos norte sobre el lado sur del alambre, y sus polos sur sobre el lado norte; y que las colocadas encima tuvieron sus polos sur volteados al sur, y sus polos norte volteados al norte (Davy, 1821, p. 10-11, citado por Gooding, 1990, p. 50).

El gran valor epistemológico del experimento de Davy es que el comportamiento de las agujas ya no dependía del comportamiento del experimentador, es decir, ya no dependía del desplazamiento del alambre alrededor de las agujas.

En el marco de la epistemología de la imaginación, se dice que las acciones intelectuales y motrices de desplazamiento del alambre alrededor de la aguja magnética en los experimentos de Ørsted y Biot, fueron prolongadas como acciones evocadas en el experimento de Davy. De esta manera, Davy experimentó en la imaginación el comportamiento que tendrían las

agujas, tanto las que se encontraban en la parte superior como las que se encontraban en la parte inferior (ver láminas (a) y (b) de la figura 1).

El problema epistemológico radica en que, en un primer momento, en el marco del trabajo experimental, las acciones del experimentador y los fenómenos a los que dan origen tienen la misma estructura: los desplazamientos del alambre alrededor de la aguja magnética y el desplazamiento de la misma. Sin embargo, al quedar contenidas en los instrumentos las acciones experimentales, los instrumentos adquieren un valor epistemológico, ya que al seguir actuando sobre los instrumentos, se actúa sobre los fenómenos de la realidad exterior para hacerlos cognoscibles. Deja así de ser una configuración imaginaria del fenómeno, para ostentarse materialmente mediante el nuevo instrumento creado para tal fin.

Así, el diseño experimental de Davy de la torre de agujas creó un lenguaje experimental que simbolizaba la posibilidad de un efecto magnético en todo el espacio circunyacente al alambre: ya no sólo como una *fuerza revolucionaria*, como lo había formalizado matemáticamente Biot. De esta manera, la torre de agujas de Davy fue el origen común y simultáneo de un nuevo instrumento, así como de la confección o estructuración del nuevo fenómeno electromagnético en todo el espacio circunyacente al alambre.

En el mismo período de los experimentos de Davy que se acaban de señalar, Faraday llevó a cabo una serie

Lámina (a)

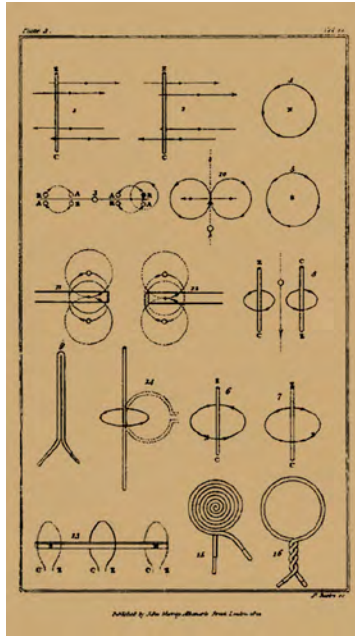


Lámina (b)

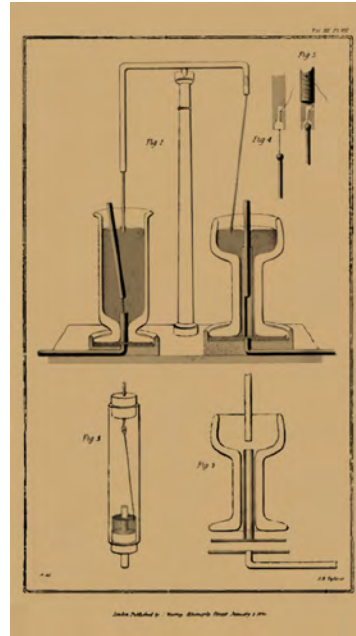


Figura 2. Aparato de Rotación electromagnética de Faraday. Origen simultáneo del fenómeno de rotación mutua entre la electricidad y magnetismo y del instrumento científico que lo hizo posible. La lámina (a) muestra la configuración imaginaria, confeccionada en bocetos y diagramas, mientras Lámina (b) muestra su materialización con la construcción del aparato. Fuente: Lámina (a): Faraday 1821a. p. 457; Lámina (b): 1821b. p. 465.

de experimentos que ejemplifican lo que en este artículo se considera como la configuración simbólico-imaginativa del movimiento electro-magnético, de lo que deduce su teoría del magnetismo, con los cuales pasó del fenómeno electro-magnético, al fenómeno de rotación mutua entre la electricidad y el magnetismo. El primer artículo lo tituló *On some new Electro-Magnetical Motions, and on the Theory of Magnetism* (Faraday, 1821a) mostrando, mediante trazos, bocetos y diagramas, su configuración imaginaria del movimiento electro-magnético (lámina (a) de la figura 2).

De la configuración imaginaria en trazos, bocetos y diagramas –de la cual dedujo su teoría del magnetismo–, pasó a la descripción del movimiento rotatorio exhibido en un aparato desarrollado exprofeso. Esto quedó expresado en el segundo artículo (Faraday, 1821b) publicado bajo el título *Description of an Electro-magnetical Apparatus for the Exhibition of Rotatory Motion*, lo cual se puede apreciar en la lámina (b) de la figura 2. En dicha lámina –que el original está señalado como fig. 1–, se observan en la parte superior izquierda dos recipientes –uno en forma de vaso y otro en forma de copa–, conteniendo mercurio como medio

conductor. En su interior se encuentran sendas barras magnéticas, fija en el recipiente del lado derecho y móvil en el del lado izquierdo.

Encima de ambos recipientes, montado sobre un pivote, se encuentra un dispositivo metálico, que en el lado izquierdo tiene un alambre metálico fijo, mientras que en el derecho es móvil. Al circular la corriente en circuito cerrado, la rotación del magnetismo alrededor de la electricidad se aprecia en el lado izquierdo, mientras que el efecto inverso se observa en el lado de recho. En la parte inferior de la lámina (b), del lado derecho, –señalado en el original como fig. 2–, se presenta un diagrama de los componentes que integran el aparato, mientras que la figura del lado izquierdo –fig. 5 en el original–, presenta un aparato de dimensiones mucho menores pero que opera bajo el mismo principio de rotación electro-magnética.

Se iniciaba el camino de su representación socialmente aceptada con la construcción del aparato que describe en su segundo artículo (Faraday 1821 b). Bajo este planteamiento, la configuración imaginaria de realidades posibles no es un proceso de iluminación repentina, sino la anticipación a una realidad hasta entonces inexistente expresando un lenguaje simbólico-imaginativo pre-conceptual.



© Emilio Salceda, 2014.

REFLEXIÓN FINAL A MANERA DE CONCLUSIÓN

De la consideración de la historia de la ciencia como un laboratorio epistemológico derivó la propuesta de una epistemología de la imaginación, la cual continúa en desarrollo como una propuesta del papel del pensamiento simbólico-imaginativo en el cambio teórico en ciencia. Actualmente, se está aplicando la epistemología de la imaginación al análisis del trabajo experimental de William Harvey, personaje que no solo inició un cambio teórico en ciencia, sino que dió origen a la medicina científica. Se trata de la teoría de la circulación de la sangre en circuito cerrado: del corazón al corazón, saliendo por las arterias y retornando por las venas.

R E F E R E N C I A S

Faraday M (1821a). On some new Electro-Magnetical Motions, and on the Theory of Magnetism. Recuperado de: <http://www.archive.org/stream/quarterlyjournal12jour#page/74/mode/2up>.

Faraday M (1821b). Description of an Electro-magnetical Apparatus for the Exhibition of Rotatory Motion. Recuperado de: <http://www.archive.org/stream/quarterlyjournal12jour#page/282/mode/2up>.

Gooding D (1990). *Experiment and the Making of Meaning: human agency in scientific observation and experiment*. Dordrecht: Kluwer Academic Press.

Jelved K, Jackson A & Knudsen O (1998). *Selected Scientific Works of Hans Christian Ørsted*. Princeton University Press. U.S.A.

Ørsted HC (1820). Expériences sur un effet que le courant de la Pile excite dans l'Aiguille aimantée. *Journal de Physique, de Chimie, D' Historie Naturelle et des Arts*. Recuperado de: <http://archive.org/stream/journaldephysiqu91pari#page/n5/mode/2up>.

Rodríguez-Salazar LM (2015). *Epistemología de la Imaginación: el trabajo experimental de Ørsted*. Editorial Corinter, México.

Sarton G (1928). The foundation of electromagnetism. *Isis* 10(2):437-440.

Luis Mauricio Rodríguez-Salazar
Centro de Investigaciones Económicas,
Administrativas y Sociales
Instituto Politécnico Nacional
luismauriciors@gmail.com



© Emilio Salceda, 2015.