

# El lenguaje y la construcción de fenomenologías: el caso del efecto Volta

## *Language and the construction of phenomenology: The case of the Volta effect*

**MARÍA MERCEDES AYALA MANRIQUE**

Universidad Pedagógica Nacional | Bogotá, Colombia

**JOSÉ FRANCISCO MALAGÓN SÁNCHEZ**

Universidad Pedagógica Nacional | Bogotá, Colombia

**SANDRA SANDOVAL OSORIO**

Universidad Pedagógica Nacional | Bogotá, Colombia

**RESUMEN** Las relaciones pensamiento-lenguaje, concepto-significado, conceptos-hechos que suelen ser objeto del análisis lingüístico, se inscriben en el proceso de construcción de fenomenologías y en ese sentido son vistas como relaciones de constitución, de doble vía y continuamente cambiantes. Con base en trabajos anteriores, se hace primero una breve caracterización de la perspectiva fenomenológica que ha orientado nuestra indagación sobre la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias; se explicita, luego, rasgos preponderantes de la concepción de lenguaje asumida y se hace énfasis en la íntima relación entre los modos de pensar, hablar, proceder y representar que se pueden evidenciar en los procesos de construcción de fenomenologías. Este enfoque que se concreta mediante el análisis realizado de la presentación que hace Alessandro Volta de su invención a la comunidad científica de su época. La concepción dinámica y dialéctica del lenguaje que se pone de manifiesto legitima un espacio para el lenguaje cotidiano en el aula de ciencias y elimina la excesiva presión que en ella se vivencia en torno al manejo del lenguaje especializado de las disciplinas científicas. La relación entre los procesos de construcción de fenomenologías y los modos de hablar de la experiencia que ello involucra es planteada como un eje fundamental en la orientación de los procesos cognitivos en el ámbito escolar.

**Palabras clave** pensamiento-lenguaje – construcción de fenomenologías – actividad experimental – efecto Volta – enseñanza de las ciencias.

**ABSTRACT** *The relations between language and thought, concept and meaning, concepts and facts are often the focus of linguistic analysis and become part of the construction process of phenomenology. In this sense, they are considered as reciprocal relations of constitution that are continuously changing. This paper presents a brief characterization of the phenomenological perspective that has guided our research study on the experimental activity in science teaching. That is why it is essential to describe the most relevant features of the language conception adopted by the researchers. It is important to emphasize the close relationship between the ways of thinking, speaking, proceeding and representing which are evidenced in the construction process of phenomenology. The approach we adopt is revealed in the analysis of the presentation about Alessandro Volta's invention addressed to the scientific community at his time. The dynamic and dialectical conception of language used in the study legitimates the need of a space for everyday language in science teaching and eliminates excessive pressure exerted on experience regarding the specialized language used in scientific*

*disciplines. Finally, the relation between the construction processes of phenomenology and ways of speaking in science classrooms is proposed as a cornerstone in the cognitive process guiding when working in an educational context.*

**Keywords** *language-thought – construction of phenomenology – experimental activity – Volta effect – science teaching.*

## Sobre el fenómeno

En anteriores ocasiones se ha señalado que la perspectiva fenomenológica ha cruzado nuestras reflexiones acerca de la cuestión de la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias. Y se han hecho algunas precisiones sobre tres puntos importantes que permiten explicitar desde qué lugar situamos nuestras referencias a lo fenomenológico y cómo ello ha sido pertinente para nuestras propuestas en el campo de la educación científica.

*Primero*, señalamos que el fenómeno es lo que aparece frente a una conciencia. La conciencia existe en la medida en que es conciencia de algo, y por lo tanto desde ese punto de vista el fenómeno no es en sí mismo, no existe en sí mismo, ni tampoco la conciencia existe en sí misma, hay una relación de doble vía. Como se plantea en la fenomenología de Husserl y Heidegger, “‘Detrás’ de los fenómenos de la fenomenología, por esencia no hay ninguna otra cosa; [...] Y precisamente se requiere de la fenomenología porque los fenómenos inmediata y regularmente no están dados”.<sup>1</sup> El fenómeno requiere alguien ante quien aparecer, además no oculta un ser verdadero de carácter absoluto. “Toda conciencia, como lo ha demostrado Husserl, es conciencia de algo. Esto significa que no hay conciencia que no sea posición de un objeto trascendente, o, si se prefiere, que la conciencia no tiene contenido”<sup>2</sup>. En nuestro caso podemos asumir que una conciencia es una persona, estudiante o profesor, que tiene una estructura mental, una historia social, psicológica, personal, que hace que está interprete, piense, entienda o actúe de una cierta manera y con ello construya un campo fenomenológico.

204

En este orden de ideas es necesario destacar el carácter exhibido y constructivo del fenómeno. Las descripciones e interpretaciones que demanda la comprensión de una fenomenología exigen la organización de una serie de experiencias y observaciones intencionadas, esto es una descripción detallada del fenómeno, la cual está imbricada en la actividad experimental que exige una comprensión conceptual que acompañe a la intervención y disposición experimental.

*El segundo punto* es que el fenómeno se presenta tal como es, no hay una realidad profunda detrás del fenómeno, el fenómeno no esconde nada detrás de sí, “el fenómeno es lo que parece según lo que aparece” (*Poema Fenomenológico de Parménides*). De esta manera las explicaciones que se construyan no requieren de entes metafísicos o de entidades ocultas más allá de lo que se percibe<sup>3</sup>. Por ende, el fenómeno no oculta nada. Lo que se llama fenómeno no se presenta enmascarado por las cualidades porque no es posible apartar las cualidades para encontrar detrás de ellas la esencia última de los objetos, de lo que se puede dar cuenta es de un conjunto organizado de cualidades. En este sentido Sartre plantea en *El Ser y la Nada* que: “La apariencia remite a la serie total de las apariencias y no a una realidad oculta que habría drenado para sí todo el ser de lo existente”<sup>4</sup>. Con base en estas ideas, se considera una explicación a priori sustentada en ideas metafísicas (por ejemplo la explicación de la combinación de las sustancias basada en el a priori de la existencia e interacción entre átomos) sea el punto de partida para la comprensión de fenomenologías de estudio, en cambio, la organización de cualidades, la construcción de escalas de intensidad de una cualidad y el establecimiento de magnitudes y de formas de medida son una opción para la enseñanza de las ciencias desde esta perspectiva fenomenológica.

De acuerdo con ello, las explicaciones sobre lo que ocurre, sólo se pueden dar en términos de una organización de lo que se percibe. Para algunos pensadores este tipo de elaboraciones son consideradas como meramente descriptivas y con poco carácter explicativo. Aquí no se comparte tal punto de vista por cuanto no se considera, como ya se dijo, que la explicación deba estar dada en términos de las causas últimas del fenómeno o de las esencias abstractas del mismo.

*Un tercer punto* es que el fenómeno no es estático, por el mismo hecho de ser algo que se aparece ante una conciencia, entonces si la conciencia cambia el fenómeno cambia, a medida que se van haciendo organizaciones del fenómeno, éste cambia. Cuando un cuerpo cae alguien podría ver ecuaciones de movimiento o de energía, alguien que sea relativista está viendo otro tipo de relaciones en el espacio, deformaciones del mismo, etc. Está viendo un fenómeno diferente. Sartre coloca estas posibilidades de aparición como infinitas “la aparición que es finita, se indica a sí misma en su finitud, pero exige a la vez, para ser captada como aparición-de-lo-que-aparece, ser trascendencia hacia el infinito. Esta oposición nueva, la de ‘lo infinito y lo finito’, o, mejor, de ‘lo infinito en lo finito’, reemplaza el dualismo del ser y el aparecer”.<sup>5</sup>

Eso implica que no siempre se está ante un mismo fenómeno, el fenómeno cambia, se transforma y va evolucionando a medida que se van haciendo organizaciones distintas. Con ello se hace necesario reiterar la íntima relación entre los modos de hacer y de hablar que se pone de presente en este camino de la experiencia.

Estos tres puntos<sup>6</sup> implican que sólo se pueden hacer organizaciones de lo que el fenómeno muestre. Todas las explicaciones, todo lo que se hace alrededor del fenómeno, estaría en relación con lo que éste muestre. Por ejemplo, si se aborda el fenómeno de electrificación y si uno se atiene a los efectos sensibles no se estaría en condiciones de hablar de electrones que pasan de un cuerpo al otro cuando dos cuerpos de materiales diferentes se frotan, se podría decir, eso sí, que ambos quedan electrificados de tal manera que uno atrae el cuerpo electrificado que el otro repele. De hecho la teoría electromagnética se desarrolló mucho antes de que el electrón como tal se configurara como el quantum de electricidad y partícula elemental constituyente de la materia.

Los elementos que se han resaltado tienen fuertes implicaciones para la enseñanza de las ciencias y para la formulación de propuestas y actividades donde los estudiantes y los profesores están comprometidos con la comprensión de los fenómenos que estudian. Es así como resulta contradictorio centrar los esfuerzos en llegar a explicaciones en términos de entes metafísicos que no son producto de la organización que los sujetos puedan hacer del fenómeno o partir de ella para construir maneras de explicar los fenómenos.

205

## Sobre el lenguaje y la representación

En este orden de ideas, hablar del fenómeno implica construir palabras o modos de hablar y proceder para referirse a él; esto es, hablar del fenómeno es construir un lenguaje para mostrar el proceso de diferenciación de una cualidad o conjunto de cualidades que expresen el estudio u organización del mismo.

Usualmente se considera como punto de partida para un análisis del lenguaje un sujeto que percibe, piensa y habla, y un objeto que es independiente de él; se plantea, así, la necesidad de establecer una relación entre las sensaciones y percepciones que tiene y conceptos que elabora o términos usados para hablar de los hechos “del mundo real”, y los hechos como tales; se supone que todo ello está dado con antelación y de manera independiente. En contraste, las relaciones pensamiento-lenguaje, concepto-significado y conceptos-hechos, que suelen ser objeto del análisis lingüístico, son vistas en el proceso de construcción de fenomenologías como relaciones de constitución que son de doble vía y continuamente cambiante.

Señalaremos, entonces, dos relaciones importantes: la percepción y el lenguaje, la representación y el lenguaje.

En relación con la percepción es importante notar que está íntimamente ligada a la esfera lingüístico – cultural, dado que el objeto percibido no puede nunca estar separado de alguien que lo perciba como hemos dicho antes que está inmerso y definido por el mundo del habla. Merleau-Ponty<sup>7</sup> afirma que el fenómeno no es puro sino que se muestra en la intersección de nuestras experiencias con las de otro. En otras palabras, sabemos de lo que hablamos porque hay un mundo al que nos referimos y la percepción que se muestra es un mundo de actos de habla.

Ahora bien, con el término representación nos referimos a los modos lingüísticos de diferentes tipos verbales y no verbales (palabras, signos, dibujos, fórmulas algebraicas, procedimientos, etc.) con los cuales se comunican las experiencias y se caracterizan los comportamientos y rasgos del fenómeno que se buscan destacar. Desde la perspectiva que nos guía, las representaciones a la vez que modelan y representan con el lenguaje algunos rasgos de nuestras formas de razonar, de nuestras imágenes y experiencias, (que son las que podemos reconocer), también son representaciones de aquello que elaboramos y consideramos como el 'mundo real', el mundo que habitamos.

La representación lejos de ser planteada como un fragmento reducido de lo que se percibe se connota como una síntesis de la comprensión, de la percepción organizada en un lenguaje visual, gráfico, verbal y procedimental.

Como afirma Gooding<sup>8</sup>, es claro que los modos lingüísticos de representación influyen en los pensamientos formulados en ellos y más aún que no podemos pensar sin ese sistema de representación. Eso también es válido para las formas no verbales de representación.

Algunas veces, dice Gooding

*las referencias a un nuevo fenómeno están articuladas procedimentalmente antes de que pueda ser expresado en un conjunto de imágenes verbales o visuales. Estas representaciones se pueden articular como conceptos instrumentalmente útiles antes de que sean incorporados en un marco teórico, de modo que es posible suponer que dan forma a las teorías para interpretar y explicar los fenómenos que describen<sup>9</sup>.*

Por ello nuestro interés se centra en los actos de habla o modos de habla que muestran tales representaciones, que ponen de presente las comprensiones u organizaciones que los sujetos hacen del fenómeno estudiado.

Pero no sobra insistir en que lo que se piensa depende de lo que se percibe así como lo percibido depende de los elementos organizativos con los que se cuenta para lo que vemos, es decir que lo que se percibe también depende de lo que se piensa, así se puede suponer una relación dinámica entre la percepción, la representación y el habla. Intentar diferenciar entre realidad y representación es igualmente inútil como requerir diferenciar entre percepción y lenguaje.

Entonces, desde el enfoque fenomenológico que nos orienta, el lenguaje, o mejor, los modos de hablar y los modos de proceder tienen un carácter comunicativo, y por ende social, que cumplen con la tarea de mostrar el fenómeno. Se puede decir que mediante el lenguaje disponible se genera el sistema simbólico con el que se le da forma, se expresa y se comunica la experiencia en torno a un fenómeno y su organización, logrando mediante su representación una estabilización<sup>10</sup> del mismo. Visto desde una perspectiva fenomenológica la experiencia y el lenguaje se configuran mutuamente y el fenómeno no es accesible sino a través de los mismos.

Se podría, pues, considerar la dinámica de conocimiento – como lo hace Paolo Guidoni y otros – como un proceso dialéctico entre Experiencia-Lenguaje-Conocimiento.

*[...] tres palabras emblemáticas...en cualquier nivel...el sistema cognitivo es analizable según estos mismos tres términos, cada uno de los cuales “presupone” de algún modo los otros dos, por lo se encuentran recíprocamente en una especie de círculo...En otras palabras, todo el proceso cognitivo puede interpretarse como una dialéctica cíclica desarrollada entre estos tres términos, los cuales siempre se corresponden de algún modo, pero también siempre de manera problemática<sup>11</sup>.*

Dicho de otra manera, se adquiere experiencia, se habla de ella y se usa un conocimiento que ya existe y sobre el que es preciso trabajar; y haciéndolo se generan nuevas experiencias, lenguajes y conocimientos. Así, se establece una dinámica dialéctica entre la conciencia que conoce y el fenómeno que aparece ante ella: éste último se transforma en la medida que la primera lo hace. Además, a la vez que el ámbito de la experiencia se transforma, también se transforma el ámbito del lenguaje con el que nos referimos a esa experiencia, y con ello la conciencia que conoce, lo que conlleva a su vez, como ya se dijo, a una transformación del fenómeno que aparece ante ella.

Es importante señalar entonces, que desde esta perspectiva el lenguaje tiene un carácter constituyente tanto de los modos “internos” de reconocer y elaborar el mundo como de los aspectos “externos” según los cuales los fenómenos se aparecen y pueden ser reconocidos. Además los modos de hacer y los modos de hablar adquieren especial relevancia para dar cuenta de las relaciones entre el experimento, las representaciones y la construcción de fenomenologías.

El lenguaje es aquí visto entonces en la dinámica de construcción de una fenomenología siendo así posible señalar algunos rasgos de los procesos de uso del lenguaje existente para: denotar lo que acontece en ciertas situaciones que se desea mostrar y relacionarlas con otras, construir los términos para enunciar ciertos comportamientos generales con los que se quieren destacar los rasgos del fenómeno que se empieza a configurar y estabilizar así el fenómeno, elaborar elementos estructurantes para pensar y hablar del fenómeno en cuestión y con ello la construcción del fenómeno como tal. Procesos, todos éstos, íntimamente relacionados, en muchos casos, simultáneos y, en otros, base unos de otros. Procesos en los que se efectúa, a su vez, un proceso de diferenciación entre lo que es sensible, se siente y percibe (ve, oye, huele, toca), lo que se piensa y lo se habla de ello, lo que se considera que ocurre, y como se actúa a partir de esto. Por ello hemos considerado, al lenguaje, más que un sistema de palabras o símbolos como la expresión de actos de habla.

## El lenguaje y el proceso de estabilización de un fenómeno: algunas consideraciones sobre el Efecto Volta

A pesar del uso cotidiano y frecuente de la pila eléctrica es muy poco lo que se ha avanzado en su comprensión. Además de relacionársela con la posibilidad de generar una corriente, parece adivinarse detrás de su funcionamiento un misterioso proceso químico. No deja de ser sorprendente que se considere la corriente eléctrica como algo tan obvio y que el fundamento del funcionamiento de la pila voltaica, el efecto Volta, sea casi por completo omitido en el ámbito escolar. Nos interesa, aquí, en primer lugar, mostrar a grandes rasgos el contexto problemático en el que surge este invento, su fundamento y su importancia y, luego, hacer una aproximación a un análisis lingüístico de la presentación que hace Alessandro Volta de su invención a la comunidad científica de su época, en 1800, mediante carta dirigida a sir Joseph Banks, presidente de la *Royal Society*<sup>12</sup>.

207

Un arsenal de instrumentos fue generado en la práctica experimental desarrollada para la configuración del fenómeno eléctrico en el siglo XVIII: entre otros, electroscopios de diferentes clases y otro tipo de detectores, diversos generadores y acumuladores de electricidad (i.e. botella de Leyden, electróforo etc.). Así, la electricidad pasó a ser de dominio público, proliferaron nuevos efectos eléctricos y se dio inicio a la indagación sobre los principios básicos de la electrostática; siendo la atracción y repulsión el efecto mecánico – manifestación de la virtud eléctrica – que caracterizó el fenómeno eléctrico en esta época. Pero, fue precisamente la construcción de la pila eléctrica o lo que A. Volta denominó “el órgano eléctrico artificial” lo que significó un viraje radical en la ciencia de lo eléctrico.

La pila eléctrica se originó en medio de la polémica surgida en torno a la electricidad animal. Galvani (1737-1798) realizó en la década de 1780 una serie de experimentos en este campo. En uno de ellos conectaba una varilla de cobre al nervio de una pata de rana y una varilla de otro metal (hierro) al músculo. Cuando se ponían en contacto los extremos de ambos trozos de metal, el músculo se contraía del mismo modo que cuando se le hacía pasar una descarga eléctrica con una máquina eléctrica, la botella de Leyden, por ejemplo. Galvani consideraba que la contracción del músculo generaba electricidad y era evidencia de la existencia de electricidad animal, en cuanto ésta se daba sin la presencia de una máquina electrostática. Por su parte Volta (1745-1827) consideraba que la contracción del músculo no era una causa de la electricidad sino un efecto, una respuesta a un shock eléctrico, consideración que lo llevó a plantear el efecto volta o potencial de contacto como base de explicación del fenómeno y a añadir un nuevo elemento al instrumental eléctrico existente que amplió y cambió radicalmente la fenomenología de lo eléctrico, la pila eléctrica.

Para Volta este dispositivo tiene tres rasgos característicos. De una parte, “es similar a las botellas de Leyden, o mejor aún, a las baterías eléctricas<sup>13</sup> débilmente cargadas, por sus efectos, es decir, por la conmoción que provoca en los brazos, etc.”<sup>14</sup>. De otra parte, en contraste con lo que ocurría con las botellas de Leyden está formado únicamente por materiales conductores, llamados también no eléctricos<sup>15</sup>: cuando dos piezas metálicas de diferentes materiales se ponen en contacto, se establece una diferencia de potencial entre ellas, o, en palabras de Volta, “la electricidad es excitada por el simple contacto mutuo de metales de distintas especies, así como por el de otros conductores, (igualmente distintos entre ellos), sean líquidos, sean embebidos de algún humor, al que propiamente deben su poder conductor”<sup>16</sup>. Por último, y también en contraste con la botella de Leyden, su acción no es transitoria como ocurría con ésta, que duraba sólo mientras se efectuaba su descarga, sino continua, y no requiere para su funcionamiento “ser cargado con anterioridad con una electricidad externa”; por ende, ese poder electromotriz “le es propio por su misma estructura El aparato del que os hablo – dice Volta – gozaría, por tanto, de una carga indefectible, de una acción, o impulso perpetuo sobre el fluido eléctrico”<sup>17</sup>.

A este dispositivo dice querer denominar *Órgano eléctrico artificial* por su analogía con el órgano eléctrico natural del pez torpedo o de la anguila eléctrica, o *aparato electro-motor*. Acaso, dice Volta,

*¿no actúa además por sí solo, sin ninguna carga precedente, sin la ayuda de electricidad excitada por cualquiera de los medios conocidos hasta ahora; en acción incesante y sin tregua? ¿No es capaz de dar en todo momento conmociones más o menos fuertes, según las circunstancias, que redoblan a cada contacto, y que repetidas con frecuencia, o de manera continuada durante cierto tiempo, producen el mismo entumecimiento de miembros que causa, por ejemplo, el pez torpedo?*<sup>18</sup>

Posteriormente describe el dispositivo que llama aparato de columna así:

*Me proveo de algunas docenas de pequeñas placas redondas o de discos, de cobre, de latón o mejor de plata, de una pulgada de diámetro más o menos,... y de un número igual de placas de estaño, o, mucho mejor, de zinc,...en general, tanto las dimensiones como la forma de las piezas metálicas es arbitraria; se debe solamente tener cuidado de poder disponerlas cómodamente las unas sobre las otras en forma de columna. Preparo además un número bastante grande de pequeños discos de cartón, .... Para el éxito del experimento se requiere que estos últimos estén bien empapados del humor [agua o agua salada] correspondiente [discos embebidos] [...] Coloco horizontalmente sobre una mesa o [...] base cualquiera, uno de los platos metálicos, por ejemplo, **uno de plata, y sobre éste primero adapto un segundo plato de zinc; sobre éste extendiendo uno de los discos mojados seguidamente otro disco de plata, seguido inmediatamente de uno de zinc, al que hago seguir de otro disco mojado***<sup>19</sup>.

Continuo así, de la misma manera (*Aparato de Columna*):

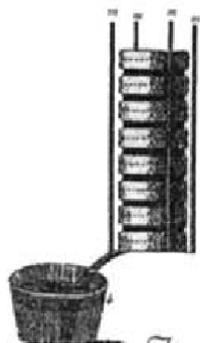


Figura 1. Aparato de Columna

En la figura se muestra un arreglo de parejas de platos metálicos de materiales diferentes, de plata y zinc; entre ellos, interpuestos entre cada pareja de metales hay un disco de cartón o piel embebido en agua salada (capa oscura).

Figura 2. Corona de tazas



Al describir el otro prototipo de su aparato electromotor, *la corona de tazas*, lo hace así:

*Disponemos de un conjunto de tazas o de copas, de cualquier material, excepto de metal..., llenos hasta la mitad de agua pura, o mejor de agua salada o de lejía; hacemos que se comuniquen entre ellos, formando una especie de cadena, mediante otros tantos arcos metálicos, donde el brazo Aa, o solamente la extremidad A, que se apoya en uno de los cubiletes, es de cobre rojo..., y el otro extremo Z, que se apoya sobre el cubilete siguiente, es de estaño, o ... de zinc. Observaré aquí, de paso, que la lejía y los otros líquidos alcalinos, son preferibles, cuando uno de los metales sumergidos es el estaño; el agua salada es preferible si se trata de zinc....Entonces, una serie de 30, 40, 60, de estos cubiletes, encadenados ....., forman este nuevo aparato; que en el fondo, y en sustancia, es lo mismo que el otro de columna descrito más arriba; lo importante es que el contacto directo de los metales distintos que forman cada pareja, y hacen de **mediadores entre una pareja y la otra, mediante un conductor húmedo, tenga lugar tan bien para uno como para el otro de estos aparatos...Se entenderá así mismo, que para sentir la conmoción, es suficiente sumergir una mano dentro de uno de los cubiletes, y un dedo de la otra mano en otro cubilete... que esta conmoción será más fuerte cuanto más alejados estén un recipiente del otro, es decir, cuando haya un número mayor de intermediarios; que, en consecuencia, se tendrá la más fuerte, tocando el primer y el último recipiente de la cadena [manera de determinar el efecto].**<sup>20</sup>*

De las descripciones anteriores y atendiendo la llamada de atención que hace Kuhn<sup>21</sup>, es conveniente resaltar aquí que, contrario a lo que usualmente se considera en la actualidad, para Volta y sus seguidores, el elemento unidad de su pila eléctrica en sus arreglos denominados *aparato de columna* y *corona de tazas*, se compone de dos piezas de metal en contacto, respectivamente. Los discos de zinc y plata y el arco donde uno de sus brazos es cobre y el otro de zinc. La fuente de electricidad es, entonces, la superficie de contacto de los dos metales, y no zinc (o plata), seguido del papel humedecido, seguido de plata (o zinc), o metal-líquido-metal, como mucha gente cree. Es decir, *la juntura bimetálica* es lo que constituye la fuente de la tensión eléctrica que se pone de manifiesto en este dispositivo; el papel del disco de papel humedecido es, simplemente, conectar un elemento con otro en el orden previsto, evitando generar un contacto entre las piezas metálicas en orden inverso (el cual neutralizaría el efecto inicial). Algo análogo ocurre con el arreglo denominado *corona de tazas*: el líquido en las tazas conecta el elemento unidad, un arco compuesto por piezas metálicas de diferente clase, con otro<sup>22</sup>.

209

De otra parte, al establecer las condiciones de producción y detección de los efectos, Volta hace un bosquejo de la idea de *circuito cerrado*, o en sus palabras *círculo conductor* como se ve en la siguiente cita:

*Si la cadena se interrumpe en alguna parte, sea porque falte agua en alguna de las tazas, sea porque uno de los arcos metálicos ha sido quitado, o porque haya sido separado en las dos piezas [constituyentes], no tendréis ninguna conmoción sumergiendo un dedo en el agua del primer, y otro en la del último vaso; la tendréis sin embargo más fuerte o más débil, según las circunstancias, (dejando estos dedos sumergidos), en el momento en que se restablezca la comunicación interrumpida, en el momento en que otra persona sumerjan en las dos tazas en la que falta el arco, dos de sus dedos (que sufrirán también una pequeña conmoción), o mejor, sumerja ese mismo arco que había sido quitado, u otro cualquiera; y, en el caso del arco separado en dos piezas, en el momento en que se restablezca el contacto mutuo; (así la conmoción será mayor que de otra manera) [...]*<sup>23</sup>.

Igualmente presenta los efectos sensibles que produce el aparato electromotor tomando a los órganos del cuerpo humano como su principal *sensory* en la descripción que hace introduce una serie de nuevos términos con los cuales expresa la manera como ve y entiende este nuevo fenómeno.

*Los efectos sensibles a nuestros órganos que produce un aparato formado por 40 o 50 pares de platos, (e incluso menor si uno de los metales es plata o cobre, el otro zinc), no se reducen simplemente a conmociones: **la corriente del fluido eléctrico**, movido y actuado, por un tal número y especies de conductores distintos,*

plata, zinc y agua, dispuestos alternativamente de la manera descrita, **no provoca sólo contracciones y espasmos en los músculos, convulsiones más o menos violentas en los miembros que atraviesa en su recorrido, sino que irrita también los órganos del gusto, de la vista, del oído y del tacto**, propiamente dicho, produciendo sensaciones propias de cada uno., Aplico [en la piel ], como decía, con un poco de presión, alguna de estas partes delicadas [frente, punta de la nariz, párpados], bien humedecidas, contra la punta de un hilo metálico, que comunicará convenientemente con el otro extremo de dicho aparato, siento, en el momento en que se cierra el **círculo conductor**, en el lugar de la piel en el que se produce el contacto, y un poco más allá, un golpe y un pinchazo, que pasa rápidamente, y se repite tantas veces como se interrumpe y se restablece el círculo... Pero, si todas las comunicaciones continúan sin estas alternativas, sin la menor interrupción del círculo, por algunos instantes no siento nada; pasados los cuales, empieza a sentirse en la parte aplicada al final del hilo metálico, otra sensación, un dolor agudo, (sin sacudidas), limitado precisamente a los puntos de contacto, una abrasión, no solamente continua, sino que va constantemente en aumento, hasta el punto de convertirse en un corto espacio de tiempo en insoportable, y que no cesa si no se interrumpe el círculo. **¿Existe prueba más evidente de la continuidad de la corriente eléctrica, durante todo el tiempo que las comunicaciones de los conductores que forman el círculo continúan y de que solamente interrumpiendo el círculo, una tal corriente cesa de existir? Esta circulación sin fin del fluido eléctrico, puede parecer una paradoja, puede no ser explicable; pero no es menos verdadero y real [...]**<sup>24</sup>.

Por último, en la presentación a la que hemos estado aludiendo, Volta establece también las reglas de funcionamiento del aparato, y, al hacerlo, hace simultáneamente una caracterización del efecto volta, revolucionando la ciencia eléctrica del momento desde el punto de vista de la indagación teórica, experimental e instrumental. Basados en las experiencias relatadas por Voltas e podría concluir en términos actuales:

1. Que la diferencia de potencial o fuerza o acción electromotriz debida al contacto entre dos de las piezas metálicas de diferente clase no depende de si el contacto entre ellas se efectúa de manera directa o si lo hace a través de otra pieza de metal intermediaria.
2. A la fuerza electromotriz de cada celda unitaria de la pila voltaica se le puede asociar un sentido (+ o -) según el orden en que estén dispuestas las piezas metálicas; dependiendo del sentido, la fuerza de una celda se puede sumar con otra o contrarrestar.
3. Si se hace un arreglo de celdas unitarias voltaicas compuestas de los mismos materiales, la fuerza electromotriz del arreglo es la suma algebraica de la fuerza electromotriz de cada celda componente.

Refiriéndose a la corona de tazas Volta así lo expresa:

*Los dos metales... que componen el arco, se sueldan conjuntamente, en cualesquier parte, por encima de la zona sumergida en el agua, **que debe estar en contacto con ésta mediante una superficie lo suficientemente amplia**: ...; el resto del arco puede ser tan estrecho como se quiera, incluso un simple hilo metálico. Puede **también ser de un tercer metal**, distinto de los que están sumergidos en el líquido de los cubiletes, ya que como **he verificado por medio de experiencias directas, la acción sobre el fluido eléctrico que resulta de los contactos entre los metales sucesivos, la fuerza con la que el fluido es empujado al final, no difiere prácticamente de la que se obtendría por contacto directo del primer metal con el último, sin ninguno de los metales intermedios.***

*Sean tres veintenas de tazas o cubiletes, dispuestos y encadenados el uno al otro por los arcos metálicos, pero de manera que, para los primeros veinte, **estos arcos estén girados en el mismo sentido**, por ejemplo, el brazo de plata girado hacia la izquierda, el de zinc a la derecha; para **los segundos veinte en sentido contrario**, es decir, el de zinc a la izquierda y el de plata a la derecha; y por último, para la tercera veintena, de nuevo plata a la izquierda como para la primera. Si el agua está templada y bien salada, y la piel de las manos bastante humedecida y ablandada, empezarán a notar una pequeña conmoción en el dedo, al tocar el 4° o el 5° arco; (la he probado alguna vez con bastante claridad por el contacto con el 3°); y, pasando sucesivamente al 6°, 7°, etc. las sacudidas aumentarán gradualmente su intensidad, hasta el 20° arco, es decir, hasta el último de los que están dirigidos en el mismo sentido: sin embargo, al*

pasar al siguiente, al 21°, 22°, 23°, o 1°, 2°, 3° de la segunda veintena, en la cual están todos girados en sentido contrario, las sacudidas se volverán a cada paso menos fuertes, de manera que en el 36°, o 37°, serán imperceptibles, y absolutamente nulas en el 40°; pasado el cual, (y empezando la tercer veintena, opuesta a la segunda y análoga a la primera), las sacudidas serán todavía imperceptibles, hasta el 44°, o 45° arco; pero volverán a hacerse sensibles, y a aumentar gradualmente, a medida que avanzáis hasta el 60°, donde tendrán la misma fuerza que en el 20° arco... Ahora, si los 20 arcos del centro **estuvieran girados en el mismo sentido** que los 20 anteriores y los 20 siguientes, si los 60 conspirasen empujando el fluido eléctrico en la misma dirección, **se comprende cuanto mayor sería el efecto al final, y la conmoción más fuerte**; y en general se comprende cómo, y hasta qué punto, ésta debe debilitarse, en todos los casos en que un número más o menos grande de estas fuerzas, por la posición opuesta de los metales, se contrarrestan<sup>25</sup>.

## El lenguaje y el proceso de estabilización de un fenómeno: modos de hablar en torno al Efecto Volta

Mediante un examen de algunos fragmentos de la comunicación con la que Alessandro Volta presentó ante la *Royal Societ* y el *aparato electromotor*, se ha buscado precisar el principio de su funcionamiento, sus características, reglas de funcionamiento, y los efectos producidos por éste. Ahora nos interesa analizar el lenguaje utilizado en ello.

En esta presentación de su invento y la fenomenología en torno al efecto volta, es posible distinguir los siguientes aspectos:

1. Elabora formas de hablar de las condiciones para la producción y observación de los efectos. Volta, como puede verse en citas de la sección anterior, describe el dispositivo objeto de la comunicación contrastándolo en su composición y funcionamiento con los aparatos conocidos en su época, específicamente con la botella de Leyden; recurso que resulta apenas obvio cuando se trata de hacer las distinciones debidas para compartir ideas; usa para ello algunos de los términos especializados de la época (materiales eléctricos y no eléctricos o conductores) y la mayoría del lenguaje cotidiano; además mediante algunos dibujos de los posibles arreglos muestra lo que pueden ser considerados prototipos de su invento.

2. Describe en gran detalle, como hemos visto, los efectos sensibles y sensores utilizados; con los términos *conmoción*, *entumecimiento*, *golpe*, *pinchazo*, *abrasión*, *sensaciones de sabor*, entre otros, los describe; tomando el cuerpo humano como el principal indicador del efecto Volta. Incluye en su presentación la especificación de maneras de mejorar y asegurar la detección de dichos efectos sensibles. Por ejemplo, respecto a este último punto, refiriéndose a la *corona de tazas* Volta dice:

*[...] observaré aquí, de paso, que la lejía y los otros líquidos alcalinos, son preferibles, cuando uno de los metales sumergidos es el estaño; el agua salada es preferible si se trata de zinc. Los experimentos resultarán mucho mejor, empuñando, y estrechando, en una mano bien húmeda, una lámina metálica bastante ancha, y tocando con esta lámina el agua de un cubilete, o más bien el arco metálico antes indicado, mientras que la otra mano se encuentra sumergida en el otro cubilete alejado, o toca, con una lámina como la anterior el arco de éste último [...]*<sup>26</sup>

3. Llama la atención que la corriente eléctrica, efecto que se suele destacar como inmediato en el funcionamiento de la pila termina mostrándose como un constructo a partir de efectos más directos o mejor efectos con sensores que resultaban ser los disponibles en la época, el cuerpo humano:

*Pero, si todas las comunicaciones continúan sin estas alternativas, sin la menor interrupción del círculo, por algunos instantes no siento nada; pasados los cuales, empieza a sentirse en la parte aplicada al final*

*del hilo metálico, otra sensación, un dolor agudo, (sin sacudidas), limitado precisamente a los puntos de contacto, una abrasión, no solamente continua, sino que va constantemente en aumento, hasta el punto de convertirse en un corto espacio de tiempo en insoportable, y que no cesa si no se interrumpe el círculo. **¿Existe prueba más evidente de la continuidad de la corriente eléctrica, durante todo el tiempo que las comunicaciones de los conductores que forman el círculo continúan y de que solamente interrumpiendo el círculo, una tal corriente cesa de existir? Esta circulación sin fin del fluido eléctrico, puede parecer una paradoja, puede no ser explicable; pero no es menos verdadero y real [...]**<sup>aa</sup>*

4. Nos interesa insistir, también, en cómo la invención del aparato electromotor va acompañada de la introducción de nuevos términos y conceptos para pensarlo y describirlo, basados en el lenguaje que es común en el momento, dotándolos de este modo de significado y explicitando así la razón de ser del uso del término escogido: antes carga, descarga, chispa, generadores de electricidad, luego, contacto entre superficies metálicas de diferente clase, fluido eléctrico, acción continua, fuerza o acción electromotriz (fuerza con la que el fluido eléctrico es empujado), aparato electromotor.

Se muestra un nivel de generalización que si bien se expresa a través de casos particulares permite concluir los principales rasgos del fenómeno que está a la base del funcionamiento del aparato electromotor y explicitar las reglas que obedece:

**Caracterización del efecto:** El poder eléctrico de este aparato es atribuido al contacto mutuo (directo o intermediado por un conductor) entre dos piezas de metales distintos que conforman la celda unitaria voltaica (i.e. plata y zinc), que tiene un carácter polar manifiesto en el orden en que éstas se disponen y que, al aplicarlo de manera conveniente excita sobre la punta de la lengua sensaciones de sabor muy marcadas: el sabor es decididamente ácido, si, la punta de lengua estaba dirigida hacia el zinc, en el circuito formado, considerándose que la corriente eléctrica va contra él y entra, y, otro sabor, menos fuerte, pero más desagradable, se da en caso contrario.

**Reglas:** a) Que la fuerza o acción electromotriz debida al contacto entre dos de las piezas metálicas de diferente material no depende de si el contacto entre ellas se efectúa de manera directa o si lo hace a través de otra pieza de metal intermediaria. b) A la fuerza electromotriz de cada celda unitaria de la pila voltaica se le puede asociar un sentido (+ o -) según el orden en que estén dispuestas las piezas metálicas; dependiendo del sentido, la fuerza de una celda se puede sumar con otra o contrarrestar. c) Si se hace un arreglo de celdas unitarias voltaicas compuestas de los mismos materiales, la fuerza electromotriz del arreglo es la suma algebraica de la fuerza electromotriz de cada celda componente.

## Consideraciones finales

Hemos visto cómo hablar del fenómeno vinculado al efecto volta o potencial de contacto le implicó a Volta construir palabras y modos de proceder para exhibirlo y referirse a él, así como para lograr la caracterización que hizo del mismo. Del análisis de este proceso podemos concluir:

La concepción dinámica y dialéctica del lenguaje que se pone de manifiesto legitima un espacio para el lenguaje cotidiano en el aula de ciencias y elimina la excesiva presión que en ella se vivencia en torno al manejo del lenguaje especializado de las disciplinas científicas.

La relación entre los procesos de construcción de fenomenologías y los modos de hablar de la experiencia que ello involucra se torna en un eje fundamental en la orientación de los procesos cognitivos en el ámbito escolar.

Incorporar el proceso de construcción de la fuerza electromotriz como magnitud y su forma de medición a la actividad experimental desplegada en el aula puede aportar elementos significativos en la ampliación de los fenómenos eléctricos y su comprensión.

## Notas y referencias bibliográficas

María Mercedes Ayala Manrique. Grupo Física y Cultura de la Universidad Nacional Pedagógica, Bogotá, Colombia. E-mail: ayalam49@gmail.com.

José Francisco Malagón Sánchez. Grupo Física y Cultura de la Universidad Nacional Pedagógica, Bogotá, Colombia. E-mail: jmalagon@pedagogica.edu.com.

Sandra Sandoval Osorio. Grupo Física y Cultura de la Universidad Nacional Pedagógica, Bogotá, Colombia. E-mail: ssandoval@pedagogica.edu.com.

- 1 HEIDEGGER, Martin. *Ser y Tiempo*. Traducción, prólogo y notas de Jorge Eduardo Rivera. 1927, p. 45. Edición electrónica de www.philosophia.cl / Escuela de Filosofía Universidad ARCIS.
- 2 SARTRE, Jean Paul. *El ser y la Nada*. Segunda Edición. Traductor M. A. Vitasoro. Buenos Aires. 1954, p. 8.
- 3 Duhem en su obra *La teoría física, su objeto y su estructura*, desarrolla la idea que ningún sistema metafísico es suficiente para construir una teoría física y establece que "La distinción entre la física, que estudia los fenómenos y sus leyes, y la metafísica, que pretende conocer la esencia misma de la materia en tanto que causa de los fenómenos y razón de ser de las leyes, carece de fundamento. La mente no parte del conocimiento del fenómeno para pasar después al conocimiento de la materia; lo primero que conoce es la naturaleza misma de la materia y de ella se sigue la explicación de los fenómenos." Véase: DUHEM, Pierre. *La teoría física, su objeto y su estructura*. Traductor María Pons Irazábal. Barcelona: Herder Editorial, 1914, p. 54.
- 4 SARTRE, op. cit., 1954, p. 5.
- 5 Idem, p. 6.
- 6 Una discusión inicial de esta perspectiva fenomenológica se encuentra en SANDOVAL, Sandra. *La comprensión y construcción fenomenológica: una perspectiva desde la formación de maestros de ciencias*. 2008. Tesis (Maestría en Educación) – Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, 2008. Véase también MALAGÓN, José Francisco; AYALA, María M., y SANDOVAL, Sandra. La actividad experimental: construcción de fenomenologías y procesos de formalización. *Praxis Filosófica*, n. 36, 2013.
- 7 MERLEAU-PONTY, Maurice. *El mundo de la percepción*. Traducción de Víctor Goldstein. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica, 1948.
- 8 GOODING, David. *The uses of experiment: studies in the natural sciences*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990, p. 192.
- 9 Idem.
- 10 Esta noción de estabilización se retoma de Guerrero Pino, quien afirma que con ello se hace referencia al planteamiento de una regularidad fenoménica, esto es: "darle identidad al fenómeno, en mostrar que es repetible y que lo es bajo distintos contextos y condiciones". Véase: GUERRERO PINO, G. Datos, fenómenos y teorías. *Estudios filosóficos*, n. 45, p. 9-32, junio 2012 (cita en la p. 18).
- 11 GUIDONI, Paolo; ARCA, María; MAZZOLLI, Paolo. *Enseñar ciencia. Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base*. España: Paidós Educador, 1990, p. 27-28.
- 12 Traducción hecha por COLOMBO, Emma Sallent Del. Alessandro Volta: sobre la electricidad excitada por el simple contacto de substancias conductoras de distintas especies. *Lull: Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, v. 23, n. 48, 2000, p. 763-784, 2000. También: MAGNAGHI, C. P. e ASSIS, A. K. T., Sobre a eletricidade excitada pelo simples contato entre substâncias conductoras de tipos diferentes – Uma tradução comentada do artigo de Volta de 1800 descrevendo sua invenção da pilha elétrica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 25, p. 118-140, 2008.
- 13 Arreglo en paralelo de botellas de Leyden.
- 14 COLOMBO, op. cit., 2000, p. 766.
- 15 En la época de Volta los materiales se clasificaban en eléctricos, que exhibían propiedades eléctricas al ser frotados (resina, laca, vidrio, seda, y otros) y no eléctricos, que no lo hacían, metales, en general conductores. La botella de Leyden es un buen prototipo de la clase de dispositivos conocidos hoy como condensadores: un material dieléctrico o aislante delimitado por dos superficies conductoras.
- 16 VOLTA *apud* COLOMBO, op. cit., 2000, p. 766.
- 17 Idem.
- 18 Idem, p. 767.
- 19 Idem (la parrilla es nuestra).
- 20 Idem, p. 770-771 (la parrilla es nuestra).
- 21 Véase KUHN, Thomas. *¿Qué son las revoluciones científicas? y otros ensayos*. Barcelona: Atalaya, 1994.
- 22 "¿Por qué las cubetas en los dos extremos del diagrama contienen sólo un trozo de metal?", se pregunta Kuhn.
- 23 VOLTA *apud* COLOMBO, op. cit., 2000, p. 772.
- 24 Idem, p. 776 (la parrilla es nuestra).
- 25 Idem, p. 771-772 (la parrilla es nuestra).
- 26 Idem, p. 770.
- 27 Idem, p. 766.

[Recebido em Dezembro de 2013. Aprovado para publicação em Setembro de 2014.]