

# EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS VIII JORNADAS

VOLUMEN 4 (1998), Nº 4

Horacio Faas

Luis Salvatico

Editores



ÁREA LOGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



## La Edad de Oro del electroscopio

*Carlos D. Galles\**

Es en verdad el electroscopio un instrumento de medición que se puede calificar como muy simple. Consta, en su versión más elemental, aquella que se presenta al comienzo de los textos básicos, para no aparecer nunca más en los capítulos siguientes, de dos livianas hojuelas de metal unidas por su parte superior, las cuales al ser cargadas con electricidad se repelen mutuamente. El valor del ángulo que forman brinda una idea sobre la cantidad de carga en juego. El todo viene dentro de una caja de metal, que aísla al elemento sensor de las influencias externas, provista de una ventana de cristal que evita las perturbaciones mecánicas de la atmósfera y permite observar las hojuelas.

Los primeros electricistas usaron de este instrumento en forma intensiva para crear y hacer mediciones de los conceptos fundamentales de la electrostática, tales como la distinción entre la electricidad vítrea y la resinosa, los fenómenos de influencia, la conservación de la carga eléctrica, el de material conductor, la noción de capacidad, el de potencial, etc. La propia balanza utilizada por Coulomb para medir las cargas eléctricas y su acción mutua, puede ser considerada como una aplicación del electroscopio, tomando la definición en un sentido largo por supuesto<sup>1</sup>.

Todo este desarrollo se dio en los siglos XVIII y XIX. El electroscopio era elemento fundamental en las reuniones de la sociedad parisina cuando se hacían experiencias de divulgación por parte de los sabios, ya entonces deseosos de acercarse al poder, como por ejemplo aquella célebre experiencia que consistió en darles en forma simultánea la "comoción eléctrica" a varios centenares de monjas de clausura. También fue testigo de los momentos heroicos del lento crecimiento de la nueva ciencia; un electroscopio estaba entre las manos del profesor Richmann, miembro de la Academia Imperial de Ciencias de San Petersburgo, cuando un rayo, captado por un conductor que corría desde el techo hasta su gabinete de estudio experimental, lo golpeó mortalmente<sup>2</sup>.

---

\* Escuela de Filosofía. Facultad de Humanidades y Artes. Universidad Nacional de Rosario

<sup>1</sup> Cuando al electroscopio se le agrega una escala graduada se lo llama electrómetro. En esta comunicación usaremos ambas palabras indistintamente, tal cual se hace en los textos científicos.

<sup>2</sup> Respecto de la historia de la electricidad puede ser consultado con provecho el clásico de Ferdinand Hoefler, "Histoire de la Physique et de la Chimie" (Paris, Hachette, 1872). Existe por supuesto una copiosa bibliografía posterior

Pero en la última centuria se unificaron los campos de la electricidad y el magnetismo luego de que Volta lograra con su pila las primeras corrientes continuas y Oersted y Ampere determinasen la estrecha relación entre las corrientes eléctricas y los campos magnéticos. Cuando Faraday y Maxwell dieron las bases del edificio conceptual del campo electromagnético se entró en una fase de rápido avance tanto en la evolución de la teoría, con un uso intensivo de nuevas herramientas matemáticas, como en la práctica experimental, por ejemplo la medición de ondas electromagnéticas por parte de Hertz, y también en un acelerado proceso de aplicaciones tecnológicas de las nuevas ideas. Signos emblemáticos de esta revolución científica fueron la radiotelefonía, innumerables veces presentada como el *súmmum* del progreso, y la teoría de la relatividad, con sus implicancias filosóficas.

La dinámica de la electricidad brindaba sin dudas aplicaciones tecnológicas infinitamente más grandes en número que la estática. En forma consecuente el electroscopio había quedado un tanto relegado, la nueva física pasaba por otro tipo de mediciones, y su utilización iba poco a poco restringiéndose a lo que se llama la metrología, vale decir la rama de la Física que se ocupa de definir los patrones de medida y las diversas técnicas para su reproducción, donde si bien se debe aguzar el ingenio para lograr procedimientos más y más precisos, no es allí precisamente donde cabe esperar se logren los grandes avances conceptuales. Recordemos a este respecto lo dicho por Kuhn en ese capítulo III de su obra más conocida<sup>3</sup>, y un tanto soslayado por sus seguidores cabe acotar, donde especifica las tareas que se dan en la investigación científica fáctica dentro de la ciencia normal. El electroscopio parecía condenado a fines del siglo XIX a ser un colaborador secundario en la articulación del paradigma de la teoría de la electricidad.

Existía no obstante un campo que le era propio y en el cual las dificultades conceptuales no parecían faltar, pero esto se presentaba como propio de las complicaciones del sistema sobre el cual se realizaba la cosecha de datos empíricos

El estudio cuidadoso de la llamada electricidad atmosférica venía desarrollándose al menos desde que Lemonnier en 1752 observase que un conductor se descargaba por el mero hecho de estar aislado en el aire y esto aún cuando el cielo estuviese sin nubes, vale decir que es una propiedad permanente del aire. El gran Coulomb examinó la pérdida gradual de un conductor aislado en el aire. Luego Saussure observó la variación diurna y anual de la electrificación atmosférica. Para acelerar el proceso de carga Volta inventó el primer colector de iones el cual funcionaba con una llama. El campo de las mediciones atmosféricas

---

<sup>3</sup>Thomas S. Kuhn, "La estructura de las revoluciones científicas" (Fondo de Cultura Económica, 1962).

fue definitivamente establecido por Kelvin, quien fijó los lineamientos teóricos fundamentales y diseñó electrómetros y colectores de gran sensibilidad<sup>4</sup>.

La electricidad atmosférica podía entonces ser medida con precisión pero faltaba una teoría que explicase los fenómenos un tanto llamativos que se presentaban. El campo eléctrico varía con la temperatura, la humedad, la presión, el viento, la pureza del aire, entre otros factores determinados en el siglo pasado. Es claro que este tipo de mediciones dependientes de tantos parámetros parecen más ser propios de una ciencia como la meteorología que de la física, que se caracteriza en esencia por lo contrario, es decir la eliminación de las variables en juego hasta reducirlas a un número manejable.

Todos los estudiosos de la historia de la física moderna coinciden en que el factor desencadenante de la evolución fue el descubrimiento por parte de Roentgen de los Rayos X en Noviembre de 1895. Es bien sabido que la detección de la nueva radiación fue hecha por primera vez por el efecto sobre una pantalla fluoroscópica, y subsecuentemente por su acción sobre placas fotográficas. Pero estos métodos distan de ser efectivos en forma cuantitativa; mejores mediciones se obtienen observando como pierde su carga un electrómetro cargado previamente al quedar bajo la influencia de los Rayos X. Es con este efecto que el electroscopio inicia una inesperada nueva juventud pues se constituye en el instrumento clave para investigar los efectos que se van incorporando.

Simultáneamente la teoría iónica brinda una explicación, sustentada por el descubrimiento del electrón por parte de Perrin y Thomson, del por qué de la pérdida de la carga eléctrica de un electroscopio aislado.

Pero el rol del electroscopio se transforma en protagonista cuando Becquerel y Pierre y Marie Curie comienzan sus estudios sobre la radioactividad. La misteriosa radiación es medida en su intensidad mediante el uso de electrómetros. Recordemos que cuando Marie Curie quiere medir el progreso en el contenido de radium de los materiales que va purificando es al electroscopio que apela. Los métodos químicos tradicionales de detección no eran aplicables a trazas tan ínfimas, ni aún haciendo uso de mediciones espectroscópicas<sup>5</sup>.

A medida que se van aislando las diferentes sustancias radioactivas es con la velocidad de caída de las hojuelas con lo que se mide sus vidas medias. Sea dicho esto con un sentido un tanto metafórico pues el propio instrumento se fue modificando y así aparecieron los electrómetros tales como el de condensador de Volta que permite la medición de pequeñísimas cantidades de electricidad, el

---

<sup>4</sup>A nuestro conocimiento no se ha escrito hasta ahora una historia de la electricidad atmosférica, la información que consignamos la tomamos de los artículos originales y de textos sobre el tema y electricidad en general.

<sup>5</sup>Se han consultado diversas obras de comienzo de siglo sobre la radioactividad, como por ejemplo Madame P. Curie, "Traité de Radioactivité" (Gauthier-Villars, 1910), W. Makower, H. Geiger, "Practical Measurements in Radio-activity" (Longmans, 1912).

absoluto de Sir William Thomson, el de Hankel y el de cuadrantes, también de Thomson. A comienzos de siglo la teoría del electrómetro era un capítulo esencial, y no justamente simple, del Electromagnetismo. No nos es posible entrar en esta ocasión en detalles descriptivos de estos aparatos<sup>6</sup>.

Los Curie realizaron la mayoría de sus mediciones con un método de cero, en el que el electroscopio se va descargando por un lado pues los iones producidos por las sustancias radioactivas le van quitando electricidad mientras que por otro conductor recibe pequeñas cantidades de carga que son aportadas por un cuarzo piezoeléctrico que es sometido al esfuerzo de pesos que lo tensionan. De esta forma, y por un largo camino de hipótesis y razonamientos, es evaluada la cantidad del elusivo elemento radioactivo que esté en juego medido por la cantidad de masa que se coloca en un platillo. En esta situación de "incerteza disciplinar y ontológica en que se desarrollaba la nueva ciencia"<sup>7</sup> el electroscopio es el vínculo esencial entre una teoría que se hace sumamente abstracta y la realidad del laboratorio.

La persistencia de la ionización en cámaras cerradas, limpias en lo posible de sustancias radioactivas, y luego del paso de varios días, para eliminar el efecto de gases como el radón que tienen una vida media de menos de cuatro días, llevó a la formulación de varias teorías sobre la posibilidad que ciertas radiaciones viniesen de la alta atmósfera o del Sol o de la Luna. Para contrastar la hipótesis de un origen solar Pierre Curie midió con cámaras de ionización herméticas al mediodía y a la medianoche constatando que no había una variación apreciable a pesar de que se había interpuesto entre el laboratorio y el Sol nada menos que la masa de la Tierra.

Por otra parte las mediciones de electricidad atmosférica recibían con el descubrimiento de la radioactividad un nuevo impulso. Ahora se comprendía de donde venía la presencia de cargas en la atmósfera, los elementos radioactivos presentes en el suelo y en la atmósfera provocaban la ionización del aire, la cual era detectada finalmente por la caída de las hojuelas del electrómetro. Cabe recordar que quienes formulaban estas explicaciones no tenían el concepto de núcleo, ni el de átomo de Bohr. Los elementos teóricos fundamentales, la conductividad de la atmósfera, la movilidad de los iones, su densidad y la carga espacial fueron establecidos por McClelland en 1898. Luego Gerdien les daría amplia aplicación práctica con su célebre aspirador de iones.

Fueron numerosas las mediciones hechas a lo largo de varios años en diversas latitudes, por ejemplo algunos de los profesores alemanes que vinieron contratados por Joaquín V. González para trabajar en el Instituto del Profesorado de Buenos Aires hicieron mediciones durante su viaje a través del Atlántico,

---

<sup>6</sup>Véase por ejemplo E. Bichat, R. Blondlot, "Introduction a l'étude de 'electricité statique et du magnetisme" (Paris, Gauthier-Villars, 1904).

<sup>7</sup>Tomamos la expresión del artículo de Xavier Roqué, "Ciencia e industria: el caso Marie Curie", ARBOR, N° 613, pag 25 (1997).

continuándolas luego en Buenos Aires<sup>8</sup>. Otros científicos escalaron montañas con propósitos similares, otros se internaron en cavernas, siempre acarreado sus electrómetros, como fue el caso en las clásicas experiencias de Elster y Geitel.

Para este tipo de mediciones se contó a partir de 1909 con un nuevo electrómetro que habría de dominar la escena durante más de una década. Nos referimos al diseñado por Wulf, denominado bifilar pues en él se mide con un microscopio la separación entre dos hilos de cuarzo. Este aparato es muy robusto por lo que resulta ideal para hacer mediciones en situaciones poco cómodas.

Si la electricidad atmosférica proviene en gran parte de la propia corteza terrestre es evidente que una forma de contrastar esta hipótesis, y dado el corto alcance de las radiaciones, es la de alejarse hacia las alturas. El propio Wulf puso a prueba esta idea e hizo mediciones en la Torre de Eiffel que no arrojaron resultados decisivos, aunque se encontró que la radiación no decrecía para esa altura en contra de ciertas previsiones teóricas.

El mérito del descubrimiento de la radiación cósmica le correspondió a Victor Hess quien practicó varias ascensiones en globo entre 1911 y 1912, alcanzando los 4000 m de altura, provisto de varios electroscopios de Wulf, en las que comprobó que la ionización crece con la altura, resultado que atribuyó a “una radiación de poder de penetración muy elevado que entra desde arriba en nuestra atmósfera” y está presente tanto de día como de noche. Esta interpretación le valió el premio Nobel en 1936.

No es nuestro propósito ahora extendernos sobre la historia de las investigaciones sobre los rayos cósmicos. Para el propósito de esta comunicación basta señalar que en las décadas de los años 20 y treinta los electroscopios fueron usados en forma incesante. Se elevaron a los cielos en globos sondas, los surcaron en aviones; descendieron al fondo de lagos y a las profundidades del océano; en todas las latitudes y a toda hora, hasta que poco a poco fueron desentrañándose las características principales de la llamada en un primer momento “radiación de altura”<sup>9</sup>.

Cabe señalar que en estos temas así como en los de física moderna que trataremos en el próximo párrafo el electroscopio comenzó a ser desplazado en las experiencias científicas por dos instrumentos que fueron desarrollándose a partir de los estudios sobre la radioactividad. Nos referimos a la cámara de niebla de Wilson y al contador de Geiger. La cámara permitió visualizar el recorrido de las partículas y diferenciar con sencillez entre las de diferentes especies. El

---

<sup>8</sup>Nos hemos referido a estas mediciones en C. Galles, “Measurement of Atmospheric Radioactivity Made in Argentina at the Beginning of the Century”, a ser publicado en las actas de la International Conference, Radioactivity: History and Culture (1896-1930s), París, 7 al 9 de Julio de 1997.

<sup>9</sup>Respecto a la historia de los rayos cósmicos véase Q. Xu y L. Brown, “The early history of cosmic ray research”, American Journal of Physics, 55, 23 (1986) y la bibliografía allí citada.

contador brindó un método seguro y fácilmente automatizable con los procedimientos propios de la electrónica.

En 1932 Irene Curie y su esposo Joliot Curie hicieron una experiencia clave en la elucidación de los misterios del núcleo atómico. En ella bombardeaban con la radiación alfa emitida por una fuente de polonio un blanco de berilio seguido por otro de parafina observando que un electroscopio colocado tras ambos obstáculos resultaba cargado con una carga positiva. Este hecho, correctamente descrito por los esposos Curie en lo que hace a la forma experimental, fue interpretado como siendo el resultado de la expulsión de protones de los núcleos de parafina al ser golpeados por radiación gamma proveniente del berilio. La interpretación correcta, en el sentido que se estaba frente a una nueva partícula, el neutrón, emitida por el berilio, fue hecha por Chadwick poco tiempo después basado en nuevos experimentos que extendían el de los Curie<sup>10</sup>.

El que acabamos de describir someramente fue quizás el último experimento de gran importancia hecho con electroscopios. En años anteriores habían jugado un papel esencial en experimentos como el de Franck y Hertz y en otros. En 1924, de Hevesy lo utiliza para medir con isótopos radioactivos el metabolismo del plomo en vegetales. Pero muy rápidamente fue reemplazado a partir de la década de 1940 por nuevos instrumentos y procedimientos. Mientras que en las obras de los años treinta tratantes sobre física moderna o nuclear casi siempre se dedicaba un capítulo a los electrómetros, en un texto clásico de los años cincuenta escrito por Emilio Segre se los menciona como "usados todavía frecuentemente para determinaciones rápidas" y esto luego de haber descrito con lujo de detalles otros procedimientos<sup>11</sup>.

Esta retirada de los electroscopios de la escena de los laboratorios, la cual bien entendido no ha sido total pues han sido reemplazados en parte por sucedáneos suyos, no acaeció sin que brindasen todo de sí, merced al ingenio de quienes lo diseñaban. Citemos a título de ejemplo ilustrativo al respecto que el físico inglés Carmichael cuenta, en un artículo de revisión histórica<sup>12</sup>, como en 1930 construyó en Cambridge un electrómetro, variación del de Wilson, cuya sensibilidad sólo estaba limitada por el movimiento browniano de sus componentes móviles y que en tal forma podía medir las partículas alfa una a una. En este sentido el electroscopio no tenía nada que envidiarle al contador Geiger salvo que este último aparato no atrapa a la partícula sino que le permite, dependiendo de la energía, continuar su recorrido lo cual ofrece otras posibilidades de medición posteriores.

---

<sup>10</sup>Véase por ejemplo P. Radvanyi, M. Bordry, "La radioactivité artificielle et son histoire", (Seuil, 1984).

<sup>11</sup>E. Segre, "Experimental Nuclear Physics" (John Wiley, 1953).

<sup>12</sup>H. Carmichael, en "Early History of Cosmic Ray Studies", editado por Y. Sekido y H. Elliot (Reidel 1985).

Creemos que la permanencia de un instrumento como el electroscoPIO merece un estudio detenido desde un punto de vista epistemológico. La importancia de los instrumentos de medición ha sido largamente descuidada en la epistemología moderna, para la cual la mayor parte de la tarea de la investigación científica se da en el campo de la reflexión teórica.

Los instrumentos son los mediadores entre las formulaciones teóricas y lo real, usando un lenguaje baconiano se podría decir que son los agentes del dominio de los seres humanos sobre la naturaleza. Como se ha dicho tantas veces son los intermediarios por los cuales extendemos nuestros sentidos y podemos captar sensaciones de otro modo imperceptibles. La historia de la ciencia nos enseña que las ramas del conocimiento donde la masa de hechos experimentales acumulada es de poca cantidad no logran conformarse sobre una base teórica y "el progreso es lento, incierto e irregular"<sup>13</sup>. Los instrumentos, si bien fundamentados en su funcionamiento por presupuestos teóricos, abren en su tarea efectiva nuevos espacios fácticos que de ningún modo pueden ser considerados como imaginables a priori.

No resistimos en este punto a la tentación de recordar a este respecto a Denis Diderot quien se interesó en lo transitorio de las teorías científicas. En su "De la Interpretación de la Naturaleza", aparecido en 1753 junto con el tercer tomo de la Enciclopedia, trabajo que es en esencia una suerte de ensayo sobre el método experimental, afirma lo siguiente:

Recoger y relacionar los hechos son ocupaciones difíciles, así los filósofos las han repartido entre ellos, Los unos pasan su vida a juntar los materiales, obreros útiles y laboriosos; los otros, orgullosos arquitectos, se apuran a usarlos en el cantero. Pero el tiempo a volteado hasta hoy a casi todos los edificios creados por la filosofía racional. El obrero polvoriento suministra tarde o temprano, de las galerías subterráneas donde cava a ciegas, el trozo fatal para esta arquitectura elevada a fuerza de cerebro. Ella cae y no quedan por tierra sino materiales confundidos, hasta que otro genio temerario intente una nueva combinación.<sup>14</sup>

Aún sin que sean nombrados, en esta metáfora se perfilan nítidamente elementos de la moderna epistemología: la estructura teórica, la anomalía, la crisis que precede a una nueva teoría. Va de suyo que en las manos de los humildes obreros están los instrumentos.

En su epistemología de enfoque evolucionista Popper señala que mientras que, bajo la influencia de nuevos problemas, el árbol de nuestras herramientas e instrumentos se extiende en una vastedad de ramas especializadas no sucede lo mismo con la estructura del conocimiento puro que tiende por el contrario hacia la integración de campos diferentes en teorías unificadas<sup>15</sup>. Dentro de esta visión

<sup>13</sup>John Herschel, "A preliminary discourse on the natural philosophy" (The University of Chicago Press, 1987).

<sup>14</sup>Denis Diderot, "Oeuvres Philosophiques" (Garnier Freres, 1956), pag. 191. Traducción al castellano del autor.

<sup>15</sup>Karl Popper, "Objective Knowledge. An Evolutionary Approach" (Oxford University Press, 1975).



podemos afirmar que es a través del uso de los instrumentos pertenecientes a un dominio científico como en muchas oportunidades se consigue la creación de un nuevo campo, ligado de esta manera al anterior por el uso de parte de la misma red conceptual, lo cual implica de por sí una extensión en el dominio de la teoría precedente. Creemos que la historia que acabamos de bosquejar es bastante explícita al respecto, aunque los electroscopios de aquella época legendaria estén ahora en las vitrinas de los museos.