

# EL BASILISCO

Revista de materialismo filosófico

---

Nº 53 (2019), páginas 3-9

Yonatan Durán Maturana

Universidad de Antioquia, Colombia

## Francisco José de Caldas como *sujeto operatorio*: su actividad científica vista desde el *espacio gnoseológico* de los cuerpos científicos

### Resumen:

El propósito de este artículo es analizar la figura científica de Francisco José de Caldas y Tenorio (1768-1816) como sujeto operatorio. Para ello, se entrecruzan dos coordenadas filosóficas: la Teoría del Cierre Categorial (TCC) de Gustavo Bueno y el Nuevo Experimentalismo (NE) de Ian Hacking. En suma, se intenta interpretar la figura científica de Caldas desde coordenadas gnoseológicas e históricas.

**Palabras clave:** Teoría del Cierre Categorial, Nuevo Experimentalismo, sujeto operatorio, ciencia.

### Abstract:

This article aims to analyze the scientific figure of Francisco José de Caldas y Tenorio (1768-1816) as an operating subject. To do this, two philosophical coordinates are interwoven: Gustavo Bueno's Theory of Categorical Closure (TCC) and Ian Hacking's New Experimentalism (NE). In short, this is an attempt to interpret the scientific figure of Caldas from gnoseological and historical coordinates.

**Keywords:** Theory of Categorical Closure, New Experimentalism, operating subject, science.

---

## EL BASILISCO

### Fundador

Gustavo Bueno

### Director

Gustavo Bueno Sánchez (Universidad de Oviedo)

### Secretaría de Redacción

Clara Bueno (Fundación Gustavo Bueno)

### Consejo de Redacción

Ismael Carvalho (Facultad de Filosofía de León, México)

Jesús G. Maestro (Universidad de Vigo)

José Arturo Herrera Melo (Universidad Veracruzana, México)

Patricio Peñalver (Universidad de Murcia)

Elena Ronzón (Universidad de Oviedo)

Pedro Santana (Universidad de La Rioja)



Todos los artículos publicados en esta revista han sido informados anónimamente por pares de evaluadores externos a la Fundación Gustavo Bueno. EL BASILISCO se publica con periodicidad semestral. Véanse las normas para los autores en: <http://www.fgbueno.es/edi/basnor.htm>

<http://www.fgbueno.es/bas>  
[basilisco@fgbueno.es](mailto:basilisco@fgbueno.es)

ISSN 0210-0088 (vegetal) - ISSN 2531-2944 (digital)  
Depósito Legal: O-343-78



© Fundación Gustavo Bueno \* Avenida de Galicia 31 \* 33005 Oviedo (España)



## Francisco José de Caldas como *sujeto operatorio*: su actividad científica vista desde el *espacio gnoseológico* de los cuerpos científicos

Yonatan Durán Maturana  
Universidad de Antioquia, Colombia

---

### 1. Nota preliminar

---

Es mucho lo que se ha dicho sobre Francisco José de Caldas. Su obra es tan amplia que le ha merecido una extensa historiografía. Algunos textos son: Lino de Pombo, *Memoria histórica sobre la vida, carácter, trabajos científicos y literarios, y servicios patrióticos de Francisco José de Caldas* (1852); Hermann A. Schumacher, *Caldas, un forjador de cultura* (1986); Rubén Carpio, *Codazzi, Humboldt, Caldas: precursores de la geografía moderna* (1960); Luis Alfonso Palau, *Caldas: autor de un pequeño tratado pascaliano de antropo-geografía* (1984); Víctor Samuel Albis y Regino Martínez-Chavanz, *Las investigaciones meteorológicas de Caldas* (1987); Jorge Arias de Greiff, *Algo más sobre Caldas y Humboldt: El documento inédito de una lista de instrumentos* (1970); y Alfredo D. Bateman, *Francisco José de Caldas. Su vida. Su personalidad y su obra. El descubrimiento de la hipsometría* (1958). Sin embargo, algunos comentarios y precisiones pueden ser de utilidad para entender su actividad científica.

El propósito de esta reflexión no es reproducir esas narrativas, que por lo demás, bastante han dicho: desde su figura como «héroe» (que puede envolverse en una *historia apologética*), hasta aquellas que se han preocupado por el contenido científico de su obra, al menos a lo que se refieren sus trabajos de botánica, astronomía y geografía. Apartándose de esos análisis, se intentará, mediante el entrecruzamiento de la TCC y el NE, interpretar algunos rasgos de su actividad científica. Es de advertir que, ante la imposibilidad de abarcar íntegramente la obra de Caldas en este rasguño, parece

lógico (más aún, obligatorio) adoptar algún criterio de selectividad.

Lo anterior es posible en la medida en que la totalidad de sus Ensayos, Memorias y apuntes de viajes no afectan directamente a las cuestiones que se intentan tratar aquí. Los contenidos internos y metodológicos de su obra pueden tener, sin duda, un gran interés para el especialista en campos científicos muy concretos (botánicos, geógrafos, astrónomos, ingenieros, &c.), incluso para los biógrafos, pero, como se verá, no lo tiene tanto (se quiere decir: no son imprescindibles) para el contexto de esta reflexión, que propone exponer algunos rasgos de la lógica material implicada en sus trabajos científicos: las operaciones que éste hacía en todas sus observaciones seguían un curso muy característico, podría decirse, un mismo «patrón de operatividad».

Entonces, valga decir que, aun conociendo y teniendo presentes algunas de sus obras de interés botánico, geográfico, astronómico, militar, &c., esta reflexión se basa fundamentalmente en las obras que se citan a continuación. Por otro lado, no se puede garantizar si se logra el objetivo. En todo caso, se propone una manera distinta de abordar la obra del neogranadino, nombrado comúnmente como el «primer científico colombiano».

¿El primer científico colombiano? ¿Es precisa tal adjetivación? No es posible hablar de Colombia en el contexto en el cual se desarrolló Caldas; pensemos que su muerte fue en 1816, y la independencia de la Nueva Granada –y no precisamente como Colombia– se declaró tres años más tarde, en 1819. De hecho, llamarlo Independencia de Colombia es en sí mismo confuso. ¿Cómo pudo ser que un territorio que no se

había configurado como Colombia consiguiera luego independizarse precisamente bajo dicho nombre? Se podría objetar diciendo que cuando se usa Colombia para describir momentos anteriores (Nuevo Reino de Granada) a su constitución como tal, se está remitiendo a un espacio que es el referente de lo que es ahora. Pues bien, ¿por qué no llamarlo, con propiedad, Independencia del Nuevo Reino de Granada? Además, lo que ahora conocemos como Colombia, si bien es cierto que en el plano del espacio físico contiene una porción de lo que fue el Nuevo Reino de Granada, particularmente en la actualidad es (al menos espacialmente) más reducido, y al mismo tiempo más ampliado.

Esto es, con la primera fase del proceso de independencia se logró envolver a los territorios que para entonces conformaban el mapa (en su sentido material y formal) de Colombia, pero con el «desmembramiento» de la Gran Colombia en 1830, los actuales territorios de Venezuela, Panamá y Ecuador reconfiguraron esa geografía, abriendo paso a la constitución de Colombia. Lo anterior no significa que no existieran líneas de entretrejimiento históricos-efectivos entre el Nuevo Reino de Granada y Colombia, sino que tales no son suficientes para sustituir aquella por ésta. En resolución, el resultado de ese desmembramiento, con sus partes integrales y diferenciales, fue lo que se llamó y seguimos llamando hoy Colombia. Se puede conceder, por facilidad, el adjetivo colombiano para Caldas, pero en rigor no es preciso nombrarlo así. Empero, es imperioso el uso de un concepto denotativo que sustituya el común concepto connotativo, sin perjuicio de que éste último tenga alguna utilidad.

---

## 2. Sujeto operatorio, fenómenos, referenciales fisicalistas, autologismos y dialogismos

---

Veamos ahora—con algunas referencias—por qué la ciencia que ejercitaba Caldas cumple con algunas características y definiciones que la TCC y el NE hacen de la práctica científica. Tomemos por caso el *Ensayo de una Memoria sobre un nuevo método de medir las Montañas por medio del Termómetro*. En la descripción que éste hace de la experiencia que tuvo en el volcán Puracé—que se concluyó después de un encuentro con el Barón de Humboldt en Santafé, encuentro que le sirvió para «avivar las fuerzas»—se puede ver a un sujeto que operaba constantemente con materiales: termómetro, libros, barómetro, &c. Muy genéricamente, Caldas se movía en las figuras del espacio gnoseológico tridimensional de los cuerpos científicos, concretamente, en figuras correspondientes al *eje sintáctico*, los términos, las relaciones (ecuaciones, fórmulas) y las operaciones (observaciones, mediciones); *eje semántico*, referenciales (fisicalistas: barómetro, termómetro, mercurio), fenómenos (sus observaciones

sobre la escala del mercurio, sobre la Luna y también sobre el Sol) y esencia (el concepto de temperatura, las convenciones en las medidas); y en el *eje pragmático*, las normas (reglas de medida, calibración del barómetro), los autologismos (observabilidad, intuición, recuerdos) y los dialogismos (lectura de otros autores, conversación con Humboldt) (Bueno, 1995, pág. 31). Es decir, Caldas se movía en todas las figuras que constituyen el espacio gnoseológico.

Francisco José de Caldas fue un *sujeto operatorio* que hacía ciencia de un modo muy particular. En la terminología de la TCC, un sujeto operatorio «ha de ser entendido necesariamente, no ya como una mente (un “entendimiento agente” aristotélico, un “ego cartesiano” o una “conciencia kantiana”) sino como un sujeto corpóreo, dotado de manos, de laringe, &c., es decir, de músculos estriados capaces de “manipular” objetos o sonidos, separándolos (análisis) o juntándolos (síntesis)» (Bueno, 1995, pág. 31).

Así, podría decirse que dichas operaciones son «quirúrgicas» (en sentido manual), pues el sujeto operatorio manipula los contenidos de los cuerpos científicos: instrumentos, sustancias, aparatos; mide, registra, escribe. Todo ello lo hace con las manos. Un sujeto operatorio es el científico que se enfrenta a una realidad concreta que intenta manipular y explicar usando objetos materiales. Pero tales objetos no deben ser entendidos únicamente como instrumentos científicos: también los libros de textos y las revistas, en una palabra, los *aparatos* (de los que se vale el científico para entender y ampliar el mundo) deben circunscribirse en un género de materialidad *fisicalista*, en rigor, materialidad *primogenérica*: en el contexto de la TCC, la materialidad *primogenérica* o primer género de materialidad ( $M_1$ ) viene dado por la

(...) dimensión ontológica en la que se configuran aquellas entidades dadas en el espacio y en el tiempo: materialidades físicas (cosas, sucesos, relaciones entre cosas, &c.), que se nos ofrecen como constitutivos del mundo físico exterior (campos electromagnéticos, explosiones nucleares, edificios, satélites artificiales, &c.) (García Sierra, 2008).

En palabras más simples,  $M_1$  describe la realidad que está por fuera de la conciencia y que se presenta como objetiva, tanto si ésta se da fenomenológicamente como si no. En suma:

Las operaciones son operaciones manuales, o vocales, y no mentales, es decir, transformaciones que consisten en aproximar y separar objetos corpóreos (operaciones de síntesis y de análisis). Solamente si el sujeto está situado ante objetos apotéticos podrá operar con ellos, aproximándolos o separándolos (Bueno, 1995, pág. 34).

Los objetos apotéticos son precisamente los fenómenos que se nos muestran ante nuestros ojos:

La Luna que percibimos «ahí», a distancia (una distancia susceptible de ser medida en kilómetros), es un fenómeno precisamente porque se nos aparece ahí, es decir, porque ponemos entre paréntesis o abstraemos los procesos electromagnéticos y gravitatorios que han de tener lugar para que ella pueda actuar y hacerse presente en nuestras retinas y en nuestros cuerpos; por esa misma razón podremos «operar» con ella, en cuanto fenómeno, aproximando o separando su «imagen» respecto de las estrellas fijas, estableciendo los valores de sus paralajes, &c. (Bueno, 1995, pág. 34).

Es posible anticipar que los objetos físicos median, es decir, funcionan como soportes de las relaciones entre los distintos términos de un campo científico: instrumentos, sujetos operatorios, signos, sustancias, aparatos, símbolos, &c. Para Bueno (1995), «los términos y las relaciones son contenidos intencionalmente objetuales». Al ser partes objetuales constitutivas de un campo científico determinado, los términos no pueden entenderse como meras proposiciones. Por contra, las relaciones «van siempre asociadas a proposiciones, al menos cuando interpretamos la relación como predicado y no como cópula, al modo de Kant» (pág. 32).

Es inopinable que los instrumentos (barómetro, termómetro, telescopio) eran piezas fundamentales para las observaciones y mediciones de Caldas. Detengámonos por un momento en la idea de *observación*. En los cuerpos de las ciencias (campos científicos), ¿qué significa observar? Según Ian Hacking (1996), algunos hechos de sentido común acerca de la observación han sido oscurecidos y hasta distorsionados por dos «modos filosóficos». La primera es aquella llamada por Willard Van Orman Quine (1908-2000) «ascenso semántico» (no hablamos de las cosas, sino de la manera de cómo hablamos de las cosas); en ésta se trata de pensar ya no en la observación propiamente dicha, sino en la observación de los «enunciados observacionales». La segunda consiste en la dominación del experimento por la teoría; en ésta, los enunciados observacionales están sobrecargados de ella (Hacking, 1996, pág. 196).

Para Hacking (1996), la idea de observación asociada al uso de instrumentos se puede rastrear hasta Francis Bacon, al menos para «las observaciones de objetos celestes, tales como el sol» (pág. 196). Valdría la pena convenir en que observación y experimentación no son la misma cosa (se evita esta discusión porque desborda la materia que se está tratando). Sin embargo, Hacking (1996) tiene algo para decir al respecto de la observación, a saber, que «sólo un buen observador puede llevar a cabo un experimento, detectar los problemas que impiden el desarrollo del experimento, modificarlo de manera adecuada, distinguir si algo fuera de lo común es una clave de la naturaleza o si es un artefacto de la máquina». Y concluye: «tal tipo de observación aparece muy pocas veces en los informes finales del experimento» (pág. 213).

El *Ensayo de una Memoria* contiene todos los detalles de las observaciones de Caldas referentes a la determinación de la altitud de las montañas, a través de la medida de la temperatura de ebullición del agua; desde el intento por reutilizar su termómetro con el tubo roto, pasando por la distinción de una anomalía en las comparaciones con otras medidas, hasta finalmente «descubrir» que la temperatura de ebullición serviría para medir la altitud de las montañas sin necesidad del barómetro. Se podría entonces afirmar (con Hacking) que Caldas fue un muy buen observador, por cuanto supo llevar a cabo un experimento detectando los problemas que le impedían su desarrollo, modificándolo una y otra vez por medio de mediciones, y porque pudo notar que el termómetro resultaba ser mejor instrumento para medir la altura de las montañas de América.

El uso del barómetro era más complicado, por ser un instrumento de difícil transporte, voluminoso y mucho más expuesto que el termómetro; «montarlo bien [exigía] cuidados y atenciones de que no [era] capaz el común». Acerca de la purificación del mercurio, se preguntaba Caldas: ¿cuánta inteligencia no requiere? Reflexionando sobre la preparación del tubo, el modo de llenarlo, purgarlo de aire, la escala, el cálculo de rectificación, «[concluyó] que este instrumento no puede salir de la mano de los físicos; jamás puede vulgarizarse y jamás pueden multiplicarse sus observaciones, porque jamás pueden vulgarizarse estos conocimientos» (Restrepo, 2019, pág. 90).

El termómetro era de poco valor; además, su transporte resultaba ser mucho más cómodo, y no había que seguir el proceso ejecutado con el barómetro: purificar, llenar, purgar de aire, cálculo de rectificación. «En fin, no necesita, como el barómetro, otro instrumento auxiliar para obtener un resultado» (Restrepo, 2019, pág. 90).

Es decir, había algo fuera de lo común con la máquina (barómetro); en palabras suyas: «[no había] barómetro con barómetro, no [había] tubo con tubo. Sus diferencias en un mismo lugar, con el mismo mercurio, la misma escala, llegan hasta  $4^{1/2}$  líneas; diferencias espantosas, nacidas del calibre y de las atracciones a que no está sujeto el termómetro ni el método de calor del agua» (Restrepo, 2019, pág. 90). Para Caldas, incluso con las variaciones a las que estaban expuestos los termómetros cerrados y preparados del mismo modo, si se las comparaba con las del barómetro, los resultados del primero eran más uniformes.

También informó acerca de su actividad científica en su *Almanaque de las provincias unidas del Nuevo Reino de Granada para el año bisiesto de 1812*. Advirtió: «deseosos de facilitar algunas operaciones sobre latitudes, longitudes, declinación de aguja, meridianos... hemos puesto a la cabeza de cada mes la longitud, declinación y semidiámetro del sol, con la longitud del nodo ascendente de la Luna». Anotaba que «los eclipses de sol y de luna, como tan

interesantes en la determinación de las longitudes terrestres, van calculados en tiempo verdadero para el meridiano de todas las ciudades principales del Reino». Al respecto de los *apulsos*<sup>1</sup>, que eran bastante visibles en el Nuevo Reino de Granada, dijo que «ligan los continentes más distantes por medio de un simple telescopio y un péndulo astronómico» (de Caldas, 1966, pág. 12).

Igualmente, ilustrativas son las notas que hizo en el primer extracto del *Cuadro físico de las regiones ecuatoriales* (de Humboldt, y publicados por Mr. Peltier en el número 262 del *Ambigú* de Londres), en las Memorias 8ª y 9ª del *Semanario del Nuevo Reino de Granada*. Sobre su observación (1802) de la salida de Mercurio en el corregimiento de Otavalo, donde «observaba» al cielo con la intención de mejorar o corregir la carta de la Provincia de Quito, «tenía un péndulo astronómico bien reglado por alturas correspondientes, un acromático de dos pies y un cuarto de círculo de J. Bick». Con tales instrumentos «observaba alturas meridianas del sol y estrellas para las latitudes, las inmersiones y emersiones de los satélites de Júpiter para las longitudes» (de Caldas, 1966, pág. 43). Caldas era consciente de la importancia de observar con cuidado los fenómenos, pues a pesar de que «la observación de estos fenómenos es fácil, (...) no [pedía] sino algún cuidado de parte del observador» (de Caldas, 1966, pág. 12). En una ciencia como la astronomía, la observación sólo es posible por la mediación de los aparatos.

Los ejemplos citados muestran que resulta casi imposible que Caldas hubiera ejercitado la ciencia sin aparatos. Pero ¿qué importancia tienen los aparatos en la actividad científica? Simplificando: en palabras de Carlos Madrid (2009), «los aparatos son los “contextos determinantes” de las ciencias» (pág. 156). Desde la TCC, las construcciones científicas son posibles gracias a configuraciones morfológicas («*principia media* objetuales») internas a los campos categoriales. Bueno denomina a tales configuraciones «armaduras objetuales» o «contextos determinantes». En sus palabras:

Ciertos dispositivos «mundanos» (tecnológicos, pero también lúdicos) pueden desempeñar el papel de armaduras o contextos protocolizados de un campo categorial: la mesa de billar con sus bolas, o el juego de dados, son armaduras disponibles en el campo de la mecánica o de la teoría de las probabilidades, respectivamente, en el mismo sentido en que son armaduras (o contextos determinantes) el plano inclinado u otros muchos aparatos físicos (Bueno, 1992, pág. 107).

En general, podría decirse que los componentes materiales: papel, símbolos, aparatos, instrumentos, &c. se constituyen en los «contextos determinantes» de las ciencias y, en resolución, los «contextos determinantes»

contienen esquemas materiales de identidad, lo que permite asignarles una función intermediaria que posibilita las relaciones entre distintos términos; la mediación de las «armaduras objetuales» hace posible las «verdades» científicas. Por estas razones decimos que la ciencia ejercitada por Caldas (y en general por los sujetos operatorios) no hubiese sido posible sin la mediación de los aparatos.

Ahora bien: las operaciones de Caldas se pueden explicar también desde el *eje pragmático*. Concretamente, a partir de las figuras de autologismos y dialogismos. Bueno considera a las ciencias no como el resultado de una serie de genios que operan y van desarrollando individualmente su práctica científica (sin perjuicio de que la actividad individual sea importante para tal o cual ciencia); al contrario, la estructura gnoseológica de una determinada ciencia debe ser entendida como una multiplicidad de fenómenos que deben ser explicados, precisamente, por diversos sujetos operatorios.<sup>2</sup>

Para el *Materialismo Gnoseológico*, las ciencias no tienen un objeto (de estudio), tienen (y esto es importante) un *campo*. Al decir de Bueno (1992), por ejemplo, «la Biología no tiene por objeto el estudio de “La Vida”, sino el estudio de las células, de los ácidos nucleicos, de los tejidos, de la conducta...» (pág. 38). Y no todos los biólogos se ocupan de las células o de los ácidos nucleicos, o de la conducta. Esa es la razón por la cual existen subcampos o «subunidades», como Bioquímica, Botánica, Sistemática, &c. En profundidad, «el campo de una ciencia puede formularse como un conjunto [pongamos por caso A, B, C] de términos pertenecientes a diversas clases. Pero estas clases no pertenecen, a su vez, a una clase de clases». Una característica de las clases de términos de un campo es que, en vez de estar vinculadas por relaciones únicamente de semejanza o de identidad, se vinculan por *sinexión* o por «relaciones de diversidad» (Bueno, 1992, pág. 39). Que las ciencias tengan un campo y no un objeto tiene una gran significación. La precisión anterior sirve, entre otras cosas, para ilustrar porqué no es posible que una ciencia sea el resultado de un único sujeto operatorio; es necesaria, por usar un término kuhniano, una *matriz disciplinar*.

La ciencia que ejercitaba Caldas también se movía dentro del *eje pragmático*. Empecemos con los autologismos. Aquellos son figuras pragmáticas que incorporan siempre al sujeto operatorio. Esto no quiere decir que el pensar del sujeto operatorio se remita a su yo, sino que la experiencia simplemente ocurre. Expresan la propiedad de identidad de los términos a través del sujeto de una manera ideográfica y precisa. Remite a las operaciones y a los términos. Las situaciones están en un contexto de operaciones muy determinadas y precisas. El yo pienso

(1) Término astronómico para referirse al «contacto» del borde de un astro con el hilo vertical del retículo del antejo con el cual se le observa; podría decirse: la línea imaginaria que se traza entre el astro y su observador. También sirve para definir el momento en que un astro parece tocar a otro astro.

(2) Aquello recuerda los Estilos Colectivos de Pensamientos de Ludwik Fleck. La diferencia es que el tratamiento de Fleck es sociológico, y el de Bueno gnoseológico.

no es una evidencia originaria ni axiomática. En palabras de Bueno (1996), «la figura de los autologismos pretende (...) reexponer el contenido gnoseológico de situaciones empíricas (definidas en el terreno de la Psicología) a las que nos referimos al hablar de “evidencias”, “certezas”, “memoria”, “reflexión”, “duda” o incluso *cogito ergo sum* cartesiano» (pág. 36).

El *Ensayo de una Memoria* está lleno de autologismos. De hecho, las observaciones de Caldas en este ensayo son producto de un accidente: había roto su termómetro por la extremidad del tubo. Recuerda, reflexiona, piensa, duda. Desde el principio de su descripción se remite a su experiencia: «en un pequeño viaje que hicimos al volcán de Puracé (...) no tuve acontecimiento más feliz que romper un termómetro por la extremidad del tubo. [Sí], éste fue el fruto más precioso de esta expedición, porque fue la causa de que nacieran en mi alma ideas que de otro modo nunca se habrían excitado» (Restrepo, 2016, pág. 73).

Una página más adelante asegura que en sus primeras reflexiones creyó que el calor del agua hirviendo le daría «con igual seguridad el término superior [de la escala]», una vez hubo hecho la prueba: hirvió el agua de lluvia, sumergió el termómetro en ella, dejó que se evacuara el mercurio y lo cerró; ahí creyó tener un extremo de su nueva escala; luego, después de haber machacado nieve, envolvió en ella la bola del termómetro. Quedaba, pues, dividir el «espacio contenido entre dos puntos» en 80 partes (si optaba por la escala de Réaumur) o en 180 (si optaba por la de Fahrenheit). Lo hizo, y curiosamente «[puso] en ejecución [su] pensamiento; [halló] unos grados demasiados pequeños comparados con los que tenía el termómetro antes de romperse» (Restrepo, 2016, pág. 74). Por sus anteriores investigaciones, sabía que el calor de la atmósfera de Popayán crecía después de haber usado tal «método». Aquello le permitió concluir que «había un error en los extremos de [su] escala, y que era necesario profundizar en la materia».

Se podrían seguir citando muchos más ejemplos de autologismos, pero no convendría por lo extensa que se haría esta reflexión. Sin embargo, cabría decir que Caldas iba experimentando certezas y dudas al mismo tiempo. La insistencia en sus cálculos le daba la certeza de que algo estaba mal, ya fuese con su termómetro, el barómetro o la misma «naturaleza». A su vez, al cotejar sus resultados con los que habían obtenido con anterioridad otros sujetos operatorios (Godin, Bouguer, de la Condamine, Juan Ulloa, &c.), le quedaba la incertidumbre de la altura del barómetro al nivel del mar entre los trópicos; ¿por qué? Porque «el tiempo que se mantuvieron estos sabios sobre costas [del nuevo Reino de Granada] fue limitado» (Restrepo, 2016, pág. 76), y como consecuencia de lo anterior, el resultado de sus observaciones era variado. Pero también dudaba de su propio cálculo:

Aún es más dudoso mi propio cálculo, y si he de hablar con la ingenuidad propia de un amante de la verdad, mi fracción  $0^{\circ}.8$  por las 12 líneas [una pulgada] del barómetro es una adivinanza. De estos principios, que se me presentan con toda la fuerza de su verdad, concluí que el calor del agua en Popayán era incierto, y que era preciso buscarle de un modo directo e independiente de toda suposición.<sup>3</sup>

El hecho de que Caldas no sustituyera su termómetro roto por otro nuevo le permitió seguir con sus indagaciones. Se podría decir que tal hecho avivó su interés en demostrar la evidencia de sus hallazgos. Volvió a someter a prueba su idea, y lo hizo optando por un camino inverso. Terminó entendiendo que «el calor del agua hirviendo es proporcional a la presión atmosférica», y que ésta a su vez es proporcional a la altura sobre el nivel del mar, y como el barómetro no servía para otra cosa que para medir la presión atmosférica, el calor del agua cumplía la misma función que el barómetro. En resolución: «el calor del agua nos indica la presión atmosférica del mismo modo que el barómetro; luego puede darnos las elevaciones de los lugares, sin necesidad del barómetro y con tanta seguridad como él» (Restrepo, 2016, pág. 76).

Los recuerdos también desempeñaron una función gnoseológica en el «descubrimiento» de Caldas, podría decirse *constitutivo*. Pero al mismo tiempo, fueron necesarios los *dialogismos* (segunda figura del *eje pragmático*) para poder concluir con estos razonamientos.

Para Bueno (1995), no es posible que una ciencia positiva sea coordinable con un único sujeto operatorio. Y no sólo porque psicológicamente hablando es imposible que un sujeto concreto abarque la totalidad de un cuerpo científico, sino, antes que nada, «porque la estructura gnoseológica de una ciencia implica (...) multiplicidad de fenómenos que se diversifican precisamente en función de los sujetos operatorios y de los grupos de sujetos» (pág. 36). Dice, además: «sin contar con la circunstancia de que la escala ontológica en la que se despliegan los contenidos objetivos de un campo científico suele envolver a la escala (temporal, por ejemplo) en la que actúan los sujetos operatorios» (pág. 36).

En la TCC, los dialogismos pertenecen al núcleo de las ciencias, si bien el término *dialogismo* es genérico, en tanto no se reduce únicamente a los cuerpos de las ciencias, y es obvio que los científicos mantienen conversaciones con otros científicos, por lo tanto, hay diálogos; a la TCC le interesa calibrar el alcance de éstos. En profundidad (con sentido gnoseológico), como los objetos en la ciencia no están dados, sino que se dan a través de los fenómenos, los sujetos operatorios necesitan comunicarse entre sí, porque los fenómenos trascienden

(3) Caldas, *Ensayo de una Memoria*, 77. Para hacerlo, generaliza una expresión de la forma  $a \pm \frac{c(b-d)}{e} = z$  y  $a - \frac{(b-d)e}{c} = z$  donde  $a$  es la altura del barómetro en Popayán,  $b$  la temperatura de ebullición del agua en Popayán,  $c$  = el exponente,  $d$  es el calor del agua en cualquier lugar a determinar,  $e$  = 12 líneas y  $z$  sería la altura del barómetro.

la vida y experiencia individual de los sujetos operatorios; en una palabra: son supraindividuales. Pero el diálogo no se reduce únicamente a reuniones o encuentros nacionales o internacionales (congresos, conferencias, foros, discusiones públicas, &c.), sino que se da también en «cuerpo no-presente», a través de libros de texto, revistas científicas, comunicaciones, cartas, ensayos, memorias, &c. Es preciso decir, además, que tales diálogos no son siempre armónicos o cooperativos: hay conflictos, desacuerdos, rechazos y refutaciones.

En busca de autores que hubiesen elaborado un método parecido al suyo, Caldas encontró en Sigaud de la Fond alguna pista, pero no lo satisfizo: «el libro más reciente que tengo es de Sigaud; lo consulto de nuevo; no hallo nada que se parezca a mi teoría. Indica, es verdad, un método de medir las alturas por el termómetro, pero ¡qué diferente! ¡qué imperfecto!» (Restrepo, 2016, pág. 78). En realidad, De Luc y Maskelyne ya habían experimentado un método parecido que Caldas ya conocía. El dialogismo de Caldas con estos autores se hacía a través de obras publicadas. Estos dialogismos pueden darse también generacionalmente: tal es el caso de los métodos de De Luc y Maskelyne, que se habían llevado a cabo cuarenta y diez años, respectivamente, antes que el de Caldas (Albis y Martínez-Chavanz, 1987, págs. 413-432).

También el encuentro y comunicación con el Barón de Humboldt es un ejemplo de dialogismo entre sujetos operatorios. Caldas estaba ansioso por la llegada del Barón a Santafé para poder comunicarle sus hallazgos: «la llegada del señor Humboldt se acercaba: espero con impaciencia a este joven sabio para salir de mis dudas. Con su trato me [informé] en que la altura media del mercurio al nivel del mar en la vecindad de Ecuador es dudosa, y que absolutamente ignoramos el calor del agua en el mismo» (Restrepo, 2016, pág. 87).

En fin, Caldas ejercitaba una ciencia que, además de estar mediada por los aparatos, también era posible por las figuras de los autologismos, los dialogismos, los referenciales fisicalistas, los fenómenos y las esencias. Con respecto a los dialogismos, éstos le sirvieron para confirmar y mantener en curso sus indagaciones, para mejorar y perfeccionar su método. Según el mismo Caldas, Humboldt le objetó la idea de que «el coeficiente era relativo a la presión, y que aumentaba en donde se disminuía aquélla», diciendo que «el calor del agua variaba a la misma presión hasta un grado». El Barón creía que el método de Caldas tenía los mismos errores que los de Heberden y Sigaud; en palabras de Caldas: «habría suscrito con el mayor gusto a una autoridad tan respetable, si hubiera autoridad contra la experiencia». Sus buenas observaciones (para usar los términos de Hacking) le habían enseñado que el calor del agua a igual presión es invariable. Finalmente, aseguró que «la autoridad de todos los físicos apoya mi modo de pensar». ¿Qué quiso decir Caldas con ello? ¿Acaso «apoyan mi modo de pensar» se

refiere a que su propuesta se fundamentaba y era posible por los avances de la física de su tiempo? Si es el caso, es un ejemplo más de la importancia de los dialogismos en el centro de la práctica científica que éste desarrollaba.

---

### 3. Especulación, cálculo y experimentación

---

En su obra ya citada, *Representar e intervenir*, Hacking (alejándose de la dicotomía teoría-observación de la actividad científica) opta por una división tripartita: la especulación, el cálculo y la experimentación. Como «especulación» es una palabra tan corriente y se le da el uso que a la gente se le antoja, Hacking (1996) la precisa: por especulación se refiere a «la representación intelectual de algo de interés, un juego de reestructuración de ideas que nos lleve por lo menos a un entendimiento cualitativo de alguna característica general del mundo» (pág. 242). No debe creerse que con «un entendimiento cualitativo» Hacking quiera decir que la especulación sea únicamente de naturaleza cualitativa, pues las especulaciones son concomitantes con la representación; en este sentido, las hay de diversos tipos.

Por su parte, el *cálculo* no debe entenderse estrictamente como meras computaciones de cosas, de hecho, puede ser una de las actividades científicas más teóricas. En profundidad, calcular es más bien una modificación matemática de una especulación, de suerte que ésta última «se armoniza más con el mundo» (Hacking, 1996, pág. 244). En otras palabras, el cálculo posibilita una «armonización» entre la especulación y la experimentación; recuérdese que la primera busca una estructura cualitativa para cierto dominio, mientras que la experimentación sigue a veces una cierta autonomía. Simplificando, «el cálculo construye el puente semántico entre la teoría y la observación». Al ser una actividad intermedia, se convierte, en palabras de Hacking (1996), en una «construcción de modelos» (pág. 244).

En resolución, el cálculo se comporta como mediador, a través de estructuras matemáticas (simples o complejas), entre los fenómenos observados y la teoría que se tenga de éstos. Como experimentar es «crear, producir, refinar y estabilizar fenómenos», se puede decir que éstos son «descubiertos» (¿acaso *constitutivamente* por el sujeto operatorio?). Sin embargo, en palabras de Hacking, es preciso hacer un matiz: que la producción estable de los fenómenos supone una dificultad tal que convendría hablar de «crear» y no de «descubrir» fenómenos; al menos no en el sentido corriente del término. ¿Y qué hay con la observación? La importancia de la observación radica precisamente en esto: en «la habilidad de distinguir lo que es raro, incorrecto, instructivo o distorsionado en las aventuras del equipo experimental. El científico experimental no es el “observador” de la filosofía tradicional de la ciencia, sino la persona alerta y perspicaz»

(Hacking, 1996, pág. 259). Los ejemplos que hemos esbozado arriba para el caso de Caldas en su *Ensayo de una Memoria* son suficientes. No es aventurado decir que en sus *Memorias, Ensayos y Autógrafos* sigue siempre estas operaciones.

Los apuntes de observaciones astronómicas (Caldas, 1804) contienen mediciones para establecer la latitud y la longitud. En estos *Autógrafos* Caldas hizo sus cálculos partiendo de datos como la altura meridiana del sol, azimut magnético y azimut astronómico, usando instrumentos como el cronómetro y péndulo. Se puede ver con esto que la medición es también una parte importante de los cuerpos científicos. «La mayoría de las mediciones son, pues, lo que Kuhn llama ciencia normal. Las buenas mediciones quieren nueva tecnología, y por ello invitan a resolver acertijos experimentales» (Hacking, 1996, pág. 271).

¿«Invitan a resolver acertijos»? Esto se entiende en este sentido: a veces los resultados de la medición no satisfacen las expectativas del sujeto operatorio (que opera con instrumentos de medición; para el caso particular de Caldas, el péndulo y cronómetro), lo que motiva su interés a resolver la «anomalía» que se presente en su medición, ya sea ésta por aberraciones con los instrumentos o bien porque no hay consistencia con otras medidas. En esto radica la insistencia de Caldas en determinar con exactitud un método para medir la altura de las montañas.

---

#### 4. Nota final

---

Tras haber trazado (genéricamente) un curso operatorio de la ciencia ejercitada por Caldas, se está en condiciones para afirmar que éste fue, ante todo, un sujeto operatorio muy particular; que además dedicaba la mayor parte de su tiempo no a formular hipótesis y construir teorías (que era lo que creía el teoreticismo de Karl Popper) – aunque para Madrid Casado (2012) «formular hipótesis y construir ecuaciones es también una práctica, pero escrita con grafías y símbolos materiales» –, sino a manipular aparatos, a usar instrumentos e incluso a diseñarlos. Caldas no fue la excepción. El uso de instrumentos era (y es) indispensable para ejercitar la ciencia; de ahí que éstos se constituyan en elementos materiales y a la vez formales para la práctica científica.

Pero habría que preguntarse: ¿por qué los estudios de la ciencia han condenado al olvido a los instrumentos y su fundamental importancia en tanto mediadores del proceso constructivo de la verdad científica? Y para nuestro caso concreto, ¿por qué los materiales como contenidos primordiales de la ciencia que ejercitó Caldas han sido apenas mencionados por la historiografía? Carlos Madrid (2009) tiene una respuesta muy ilustrativa al respecto: a los instrumentos, y en general, a los aparatos en ciencia «les ha ocurrido lo que, al término medio del silogismo, que cae en el olvido tras ser empleado». Así, «de igual

manera que  $B$  desaparece en el silogismo “ $A \rightarrow B$  y  $B \rightarrow C$ , ergo  $A \rightarrow C$ ”, los aparatos han desaparecido en el silogismo gnoseológico: “Nosotros manejamos aparatos que, a su vez, manejan entes reales; luego nosotros manejamos entes reales” ... y se olvida la imprescindible mediación de los aparatos» (pág. 157).

Cuando se miran los trabajos de Caldas, no existe uno en el cual no se haya hecho uso de aparatos. Esta particular condición es razón suficiente para reconocer el valor científico (formal y material) que éstos tienen en el curso operatorio, en general, en la práctica científica. La analogía que establece Madrid Casado con el término medio del silogismo es un concepto gráfico que ilustra cómo, una vez el curso de la investigación científica ha concluido, es como si los aparatos que fueron los mediadores entre la realidad dada y el sujeto operatorio (y que permiten construir las verdades científicas) entraran en el olvido; y no es precisamente por los sujetos operatorios propiamente dichos, sino por los posteriores estudios (históricos, sociológicos o filosóficos) que se han orientado, merced a sus concepciones de ciencia, hacia otros aspectos de los cuerpos científicos.

#### Bibliografía

- Bueno, Gustavo. (1992). *Teoría del cierre categorial. Introducción general I*. Oviedo: Pentalfa.
- (1995). *¿Qué es la ciencia? La respuesta de la teoría del cierre categorial*. Oviedo: Pentalfa.
- García Sierra, Pelayo (2018). «Materialismo ontológico», en *Diccionario filosófico: Manual de materialismo filosófico. Una introducción analítica*. Segunda edición, versión 3. Disponible en <http://www.filosofia.org/filomat/index.htm>.
- Hacking, Ian. (1996). *Representar e intervenir*. México: Ediciones Paidós.
- Madrid Casado, Carlos. (2009). «Cómo hacer ciencia con aparatos. Un enfoque materialista de la física cuántica», *EMPIRIA. Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, Núm. 18, 147-170.
- (2012). «La vida en el laboratorio. La construcción material de los hechos científicos», Fundación Gustavo Bueno. Disponible en <http://www.fgbueno.es/act/efo017.htm>.
- De Caldas, Francisco José. (1966). *Obras completas de Francisco José de Caldas*. Bogotá: Imprenta Nacional.
- (1804-1810). *Autógrafos Don José de Caldas*. Bogotá: Archivo General de la Nación (Fondo Asuntos Importantes), SAA-I, Fol. 56-118.
- Valencia Restrepo, Darío (ed.). (2016). *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro: Francisco José de Caldas 1768 - 1816 Bicentenario de su muerte*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Víctor Samuel Albis y Regino Martínez-Chavanz. (1987). «Las investigaciones meteorológicas de Caldas», *Quipu*, Vol. 4, 413-432.

Recibido: 9.10.19

Aceptado: 16.12.19