

EL RETO DE ERIGIR UNA RAZÓN MATEMÁTICA EN EL PAÍS DEL DESENCANTO

Ciencia y diversidad cultural en Colombia

Por: Luis Carlos Arboleda

Grupo de Historia y Educación Matemática,
Instituto de Educación y Pedagogía,
Universidad del Valle

SE ESTUDIARÁN ASPECTOS DE LA VIDA Y LA OBRA DE CUATRO CIENTÍFICOS QUE CONTRIBUYERON AL DESARROLLO DE LA CULTURA MATEMÁTICA, EN MOMENTOS DECISIVOS DE LA FORMACIÓN DEL ESTADO COLOMBIANO: CALDAS, RESTREPO, LIÉVANO Y GARAVITO. SE MOSTRARÁ QUE, SI BIEN SUS TRABAJOS FUERON MOLDEADOS POR LAS CORRIENTES CIENTÍFICAS Y FILOSÓFICAS FRANCESAS ENTONCES DOMINANTES EN EUROPA, TAMBIÉN TUVIERON QUE VER CON SUS CONCEPCIONES SOBRE EL PORQUÉ Y EL PARA QUÉ DE LA INVESTIGACIÓN EN UNA SOCIEDAD COMO LA NUESTRA, CON LA MANERA COMO ELLOS SE REPRESENTABAN LA MODERNIZACIÓN SOCIAL, CULTURAL, ECONÓMICA DEL PAÍS, E INCLUSO CON LAS CIRCUNSTANCIAS UNIVERSITARIAS Y ACADÉMICAS PREVALECIENTES EN LAS INSTITUCIONES QUE TRABAJARON.

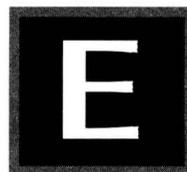
Hay mucho que decir y no hay manera de decirlo sino ésta, la más frágil, la más paradójica, escribir libros en un continente de tantos ilustres y proponer palabras e ideas en sociedades donde, a menudo, es difícil distinguir las exclamaciones de la oratoria de los gritos de la tortura. (...)

¿Quién construyó Chichén Itzá y Machu Picchu, Torre Tagle y Tonantzinila y Congonhas do Campo? Tenemos que saber esto, pues si ignoramos nuestro pasado tendremos que afirmar que todo lo duradero de nuestras sociedades fue construido por fantasmas. Debemos estar listos para recibir el pasado si queremos tener un presente y un porvenir; para que ellos no sean fantasmas, a nosotros nos corresponde convertirnos en seres humanos a fin de serlo, también nosotros.

CARLOS FUENTES

"En América Latina nos falta decirlo todo".
Bogotá, 1984

Introducción



El epígrafe anterior, de uno de nuestros más brillantes escritores latinoamericanos, destaca la importancia que tienen las investigaciones sobre los procesos de formación de la cultura científica en la región,

para comprender mejor las condiciones de nuestra inserción histórica en la modernidad.¹ En efecto, el débil desarrollo de los estudios históricos existentes ha sido una de las mayores dificultades para entender los procesos de elaboración, apropiación y transformación de teorías y saberes en los contextos socioculturales de nuestros países. Si bien nuestra vinculación orgánica con la ciencia occidental remonta a la segunda mitad del siglo XVIII, y por lo menos desde los años 1950 se constata la implantación en nuestras instituciones del patrón actual de desarrollo investigativo y educativo, los estudios de historia social de la ciencia son relativamente recientes.

A partir de los años 1980 comenzaron a renovarse el objeto y el método de la investigación en nuestra disciplina. El desarrollo de las teorías específicas, objeto tradicional del análisis histórico y epistemológico, incorporó otras modalidades de indagación sobre aspectos como las relaciones de tales teorías con otros sistemas conceptuales y culturales. Estas corrientes historiográficas se proponen situar la configuración de saberes y técnicas en el conjunto de concepciones, representaciones y formas de pensamiento que determinan la actividad científica creadora y la comunicación de los conocimientos (enseñanza, divulgación, aplicaciones) en una época y en una sociedad determinadas.

En este trabajo se hará un repaso sobre algunos de los resultados de aplicar este enfoque analítico al desarrollo de las matemáticas en Colombia. Me limitaré a comentar brevemente los casos de cuatro científicos que contribuyeron en forma significativa a este pro-

ceso en momentos decisivos de la formación del Estado colombiano: Caldas, Restrepo, Liévano y Garavito. Dada la posición preponderante que ocupaban, estos científicos tuvieron una gran influencia sobre su entorno, e imprimieron su huella en los proyectos institucionales, educativos y académicos de corta y de larga duración.

Caldas: la matematización del principio de la hipsometría²

Es bien sabido que durante los siglos XVII y XVIII, el reconocimiento del territorio se constituyó en uno de los propósitos centrales que jalónaron los proyectos intelectuales y las actividades utilitarias, sociales y políticas de las élites de eruditos criollos de la América Hispánica. El programa de exploración de la naturaleza americana fue asumido por muchos de ellos con intención claramente nacionalista y dio lugar a considerables logros científicos y tecnológicos. Distintos historiadores de las ciencias que han analizado estos programas, han reconocido en estas innovaciones y avances la presencia de estilos cognitivos propios, asociados estrechamente con los contextos socioculturales de estos países. Uno de los casos más notables es el plan de exploraciones adelantadas por Francisco José de Caldas (1768-1816) en la Nueva Granada y la provincia de Quito.

El estudio de sus correspondencias y publicaciones muestra que, años antes de la llegada de Humboldt, Caldas ya practicaba una concepción integral de reconocimiento de la naturaleza en

sus características astronómicas, cartográficas, botánicas, zoológicas, mineralógicas, físicas, económicas y culturales. En sus viajes de comerciante por la ruta de Quito a Santafé pasando por Popayán, había confirmado la asociación existente entre la diversidad de especies naturales y la diversidad de sus correspondientes ubicaciones geográficas. A través de sus exploraciones y encuentros con ilustrados como Caldas, Humboldt comprobará en nuestro continente la validez de este enfoque investigativo y lo convertirá en la piedra angular de su obra sobre la geografía americana.

Caldas llegó pues, de manera autónoma, al convencimiento de la necesidad de desarrollar un estudio sistemático e integral de la naturaleza diversa de la América septentrional. Su programa de investigaciones estaba dirigido a elaborar un mapa general del virreinato de la Nueva Granada, que incluyera los pisos en que se ubicaban las especies y riquezas naturales. Pero también tenía la convicción de que estas investigaciones de carácter integral, hoy diríamos

¹ Las ideas centrales de esta conferencia fueron elaboradas en el proyecto de investigación ECOS-Nord no. 97pc08, *Formación y desarrollo de la cultura científica en Colombia: Las matemáticas y la Física (1880-1940)*, cuyos responsables son Michel Paty (Equipe REHSEIS-CNRS-Universidad Paris 7, París) y Luis Carlos Arboleda (Grupo de Historia y Educación Matemática, Universidad del Valle, Cali).

² Versión resumida y actualizada de las ideas presentadas en: L.C. Arboleda, "Humboldt en la Nueva Granada. Hipsometría y Territorio". *Quipu, Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, 13 (2000), pp. 53-66.

transdisciplinarias, debían reposar sobre principios de medición y experimentación con fundamento científico. Así lo afirma en particular en dos documentos que dirigió a Mutis³ en 1802: la memoria sobre el hipsómetro y el plan para el reconocimiento de la provincia de Quito y otras regiones americanas.

En tanto erudito criollo consciente de la condición de soledad intelectual en que se encontraba por su aislamiento geográfico de los grandes centros académicos, Caldas trataba de mantenerse

al tanto del estado del arte de los saberes y técnicas que le eran más indispensables. Era igualmente el lector acucioso que ante un problema percibido a primera vista como interesante —y la naturaleza americana era un reservorio prodigioso de problemas útiles y fecundos para el avance de la ciencia—, movía cielo y tierra para localizar y hacerse traer cuanta obra pudiera permitirle documentar la posible originalidad y aplicabilidad de su idea. Sin embargo, el interés por esclarecer el principio teó-

rico de la hipsometría, basado en la correlación entre medidas termométricas y barométricas, no obedecía tan solo a la habitual curiosidad intelectual de Caldas sobre un asunto puntual; correspondía sobre todo al interés de fundamentar matemáticamente un programa de investigaciones en ciencias físicas y naturales.

En sus viajes durante los años 1796-1800 entre Quito y Santafé, en los cuales fungía de comerciante y al mismo tiempo de explorador y naturalista, Caldas reconoció el principio en el que se basa el método hipsométrico para determinar las alturas. A nivel del mar, el punto de ebullición del agua es de 100 °C y la presión atmosférica eleva la columna del mercurio a una altura de 29.922 pulgadas. A alturas mayores la presión atmosférica es menor y la temperatura de ebullición baja. En consecuencia, el punto de ebullición del agua se mantiene constante bajo condiciones constantes de presión barométrica. Este principio establecía una técnica para calcular la altura barométrica del mercurio en un lugar, conocida la tem-

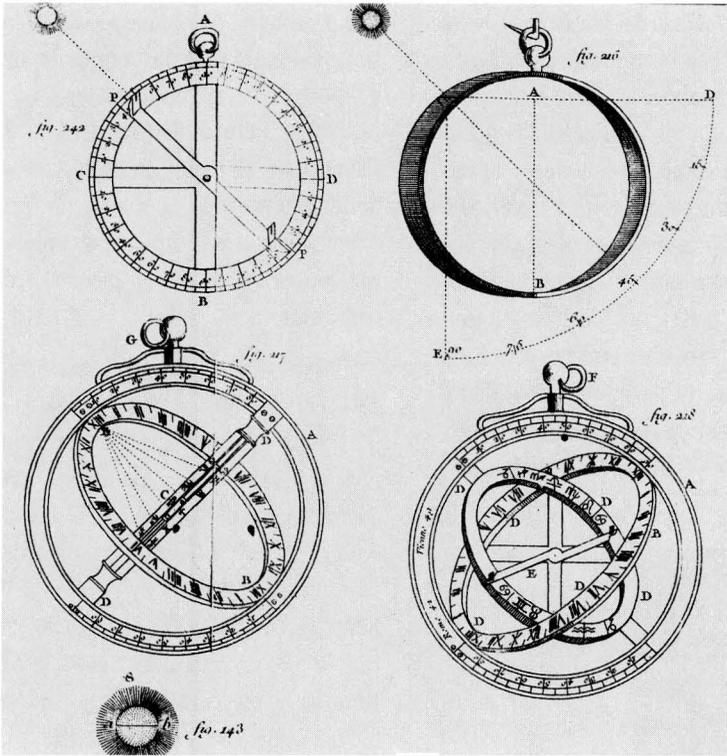


Tomado de la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. II. No. 6. Abril, mayo, junio y julio. Año 1938. pp. 169.

FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS Y TENORIO.
POPAYÁN, 1771 - BOGOTÁ, OCTUBRE 29 DE 1816.
RETRATO AL ÓLEO DEL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO, PINTADO POR DÍAZ.

³ José Celestino Mutis es la figura central de la modernización científica y educativa en Colombia, en la última fase del régimen colonial español. Sus actividades educativas en matemáticas y física han sido analizadas por L.C. Arboleda, principalmente en: "Matemáticas, Cultura y Sociedad en Colombia", en: E. Quevedo, et al: *Historia Social de la Ciencia en Colombia*. Tercer Mundo Editores-Colciencias, Bogotá, 1993; volumen 1, pp.13-172. Esta obra colectiva en 11 volúmenes contiene los resultados de un proyecto de investigación con el mismo título, adelantado con el apoyo de Colciencias y la OEA entre 1983 y 1986.

Tomado de Francisco José de Caldas. *Molinos Velásquez Editores- Colciencias*.
Junio de 1994, Bogotá, pp. 36.



INSTRUMENTOS Y RECURSOS TÉCNICOS PARA LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN LA NUEVA GRANADA.

peratura a la cual hierve el agua en dicho sitio; de allí a encontrar una expresión que permitiera reducir el cálculo de su altura a partir de una medida del termómetro, había sólo un paso.

Además de permitir fijar en una fórmula la manera general en que se expresa la correlación entre altura y variación termométrica, el método del agua en ebullición ofrecía una indiscutible ventaja al explorador de la geografía del virreinato, pues evitaba el embarazoso procedimiento de portar el instrumento en las montañas para hacer observaciones *in situ* con el barómetro; obviamente en los casos en que era posible disponer de este instrumen-

to para el cálculo de las alturas, pues era frecuente que entre aquellos barómetros efectivamente disponibles al inicio de las expediciones, algunos se quebrarían dentro de sus cajas de seguridad o que se despeñarían junto con las mulas que los transportaban por las rutas escarpadas de los Andes.

De cualquier manera, determinar las alturas únicamente con la lectura del barómetro era en ese tiempo un asunto bien complicado, como se desprende de las explicaciones que proporciona el propio Caldas en su correspondencia. Alguien con espíritu riguroso e informado de las condiciones de calibración de los barómetros en los

EL PROGRAMA DE EXPLORACIÓN DE LA NATURALEZA AMERICANA FUE ASUMIDO POR LOS ERUDITOS CRIOLLOS Y NUESTROS INGENIEROS CON INTENCIÓN CLARAMENTE NACIONALISTA Y DIO LUGAR A CONSIDERABLES LOGROS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS.

países de origen (para lo cual le habría bastado leer los artículos correspondientes de la *Encyclopédie*), sabía que las lecturas barométricas en las condiciones de los Andes estaban afectadas por distintos factores. Por ejemplo, era necesario introducirle *compensaciones* a los cálculos debido a la temperatura promedio de la columna de aire cuando tal temperatura era diferente a 0 °C. En rigor, habría sido igualmente necesario tener en cuenta los cambios en la humedad de la columna de aire, en la aceleración local de la gravedad o la latitud del lugar, en el cálculo de la presión promedio con respecto al nivel del mar, e incluso en la dilatación de la escala metálica del barómetro.

Un primer referente para introducirle a los cálculos tales compensaciones eran las tablas que enviaba el fabricante con la compra de los aparatos. Otro medio era emplear las habituales técnicas de interpolación e instrumentos como el nonio o vernier para subdividir escalas. Todo ello exigía competencia en la observación y en el manejo y control del instrumento. A lo largo de numerosas nivelaciones barométricas y termométricas, el explorador adquiría,

por ensayo y error, la experiencia en el uso del instrumento de acuerdo con los parámetros y condiciones del entorno local. Caldas, que poseía esta experiencia incluso con instrumentos reparados por él mismo o de su propia fabricación, también era consciente de que la legitimidad y universalidad del cálculo dependían, en última instancia, de la expresión analítica. Estaba convencido, por ejemplo, que se requería calcular las alturas mediante una fórmula sencilla y elegante, que tradujera en términos generales (es decir, simbólicos) la correlación entre la temperatura y la altura de la columna del barómetro.

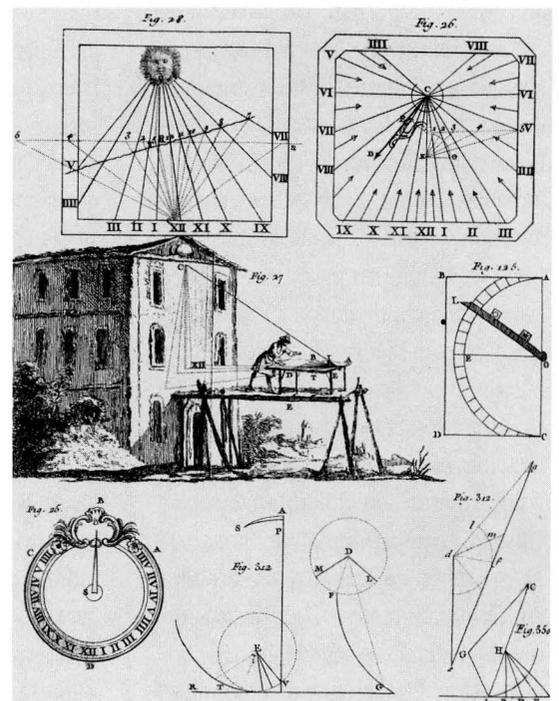
Una experiencia totalmente normal en las actividades exploratorias de los ilustrados novogranadinos parece haber sido decisiva para afinar en Caldas la doble convicción en la validez del método termométrico para determinar las alturas, y la necesidad de dotar a este método de una expresión analítica. En uno de sus ascensos a una montaña de los Andes cercana a Popayán, su ciudad de origen, el termómetro de Caldas se quebró y tuvo que enfrentarse a la tarea de repararlo para darle continuidad a su programa de observaciones. Determinar la escala del termómetro es un asunto muy exigente, pues depende de la manera como se establezcan los puntos fijos en relación con el nivel del mar (el inferior para la temperatura de congelación y el superior para la de ebullición), y de cómo se calibren estas medidas en función de las variaciones que sufre el instrumento con el tiempo.

Después de realizar mediciones termométricas a varias alturas (pero no propiamente a nivel del mar), Caldas cae en la cuenta que debe revisar el pa-

trón europeo de graduación del termómetro y el criterio de origen para el fraccionamiento de un grado, y ajusta este patrón para que satisfaga las particularidades de las mediciones de las alturas en el territorio de la Nueva Granada. Llega entonces a la conclusión de que la correlación adecuada en este territorio era, en promedio, de 0.974 grados del termómetro por una pulgada o 12 líneas en la altura del barómetro. Luego cree que la expresión general del algoritmo se encuentra empleando una cuarta proporcional, esto es: la relación entre 0.974 grados de temperatura y una pulgada, es igual a la relación entre la variación T de la temperatura del agua en ebullición entre dos lugares (uno de los cuales es Popayán) y la altura barométrica b del sitio que se trata de encontrar. Caldas comprobó la fórmula experimentalmente y verificó que los valores de b obtenidos diferían muy poco

de las lecturas barométricas empíricas de algunos lugares. Calculó el margen de error que se situaba entre media línea y una línea y media de altura en la columna del barómetro; es decir, entre 0,06% y 5,5% de error.

La fórmula de Caldas es una expresión lineal que involucra el coeficiente 0.974, otras constantes y las variables de temperatura de ebullición y altura barométrica. Es el resultado de aplicarle a un fenómeno que se comporta en realidad de acuerdo con una variación logarítmica, una técnica matemática bastante clásica: una proporción euclidiana “linealizada” con una variable libre. Sin embargo, la aparición entre nosotros de un pensamiento matemático de tales características es, de suyo, un momento significativo desde el punto de vista del razonamiento sobre funciones y su aplicación a fenómenos naturales.



Tomado de Francisco José de Caldas. *Molinos Velásquez Editores: Colciencias. Junio de 1994, Bogotá, pp. 65.*

Humboldt y la posteridad de la matematización de Caldas

Dentro de las limitaciones instrumentales de la época, a las cuales nos hemos referido y teniendo en cuenta las localidades en que realizó sus observaciones, la expresión lineal de Caldas era tan fiable como las de De Luc o Schuckburg en Europa. Habría que considerar grandes variaciones del barómetro a alturas muy elevadas, para darse cuenta de que las variaciones termométricas no son proporcionales a las variaciones barométricas.

Es precisamente lo que hace Humboldt en su trabajo sobre la *Geografía de las Plantas*, escrito antes de su salida de Guayaquil, Ecuador, en 1803. Humboldt reporta haber realizado medidas termométricas en los Andes, y haber comprobado que cerca de los 7.000 metros las variaciones de un grado centígrado pueden presentar variaciones de altura de 304 metros; mientras que a 1.000 metros las variaciones de un grado corresponden a 357 metros. Estos datos confirman que Humboldt tenía razón en algunas de sus reservas anteriores sobre los trabajos hipsométricos de Caldas, en particular sobre la inconveniencia de adoptar una expresión lineal en la fórmula. En este informe y otras publicaciones, Humboldt incorpora a los suyos, resultados de mediciones hipsométricas que Caldas le había presentado generosamente; incluso los acompaña de comentarios elogiosos sobre los trabajos adelantados por Caldas en meteorología y otras ramas, en las difíciles condiciones del contexto social y geográfico de Colombia.

Tomado de Guía de forasteros. Viajes ilustrados por Colombia 1817 - 1857. Giorgio Antet. Seguros Bolívar, Bogotá, 1995.



■
 ALEXANDER VON HUMBOLDT
 RETRATADO EN QUITO POR JOSÉ CORTÉS (COPIA PINTADA POR SIEGMUND VON SALLWÜRCK).

Sin embargo, no hay ningún comentario sobre el hecho de que estos resultados hacían parte de una actividad de matematización de la hipsometría. Humboldt utilizó las mediciones de altura a través de técnicas hipsométricas, según parece, en varias excursiones en los Andes de Colombia y Ecuador, pero no manifestó un interés particular en investigar sobre ellas. Este era una especie de saber instrumental adquirido antes de su venida a América, del cual se valía para caracterizar los tipos fisiológicos de las bandas o estratos de la vegetación, en función de las alturas y de otros factores como presión atmosférica, humedad, temperatura y luminosidad. En su opinión, la actividad hipsométrica era importante para “juzgar la exactitud que podrán adquirir las medidas de alturas hechas con el termómetro”, pero era “poco interesante para la teoría”. Quienes, a pesar de este juicio crítico, hubieran estado entonces interesados en conocer el argumento

matemático de Caldas para garantizar la aplicación del método termométrico en nuestros países, tendrían que esperar hasta 1819, tres años después de su muerte, para que se publicara su memoria sobre la hipsometría en castellano en una imprenta de Burdeos.

En resumen, Humboldt no se interesó en el problema teórico y experimental de las mediciones termométricas de la manera como lo hizo Caldas. Sus estilos y motivaciones cognitivas sobre el problema fueron diferentes. Sin conocimiento previo de la hipsometría europea, y aún antes de la llegada de Humboldt a estas tierras, Caldas ya había tomado la decisión personal de darle a este novedoso género de mediciones meteorológicas el tratamiento matemático más riguroso posible dentro de los conocimientos que estaban entonces a su alcance. Sin embargo, al instalarse en Bogotá a partir de 1805 en la dirección del observatorio astronómico, otras obligaciones le restaron interés y tiem-

po para continuar perfeccionando sus hallazgos tanto en hipsometría, como en otros temas de investigación sobre la geografía de las regiones ecuatoriales.

Luego, a partir de 1810 se involucró en las revueltas sociales y políticas de la primera república y, en 1816, a la edad de 38 años, fue conducido al caldso junto con otros miembros de la élite intelectual y científica novogranadina. Durante años las técnicas termométricas de medición y, en general, los procedimientos de matematización de la hipsometría introducidos por Caldas, fueron cultivados por ingenieros y científicos colombianos. A pesar de la opaca importancia atribuida a estas materias en la obra de Humboldt y, en general, contra la corriente del desinterés puesto en ellas por parte de la ciencia europea, estos investigadores insistieron en mantener y desarrollar esta línea de investigaciones como parte de un pensamiento científico integrado a su contexto local.

El ideal republicano de ciencia utilitaria en el sigloXIX⁴

Como Restrepo, Zea, Arroyo, Cabal y otros miembros de la élite de ilustrados, Caldas creía en la posibilidad y conveniencia de desarrollar un pensamiento matemático y científico autóctono que hiciera parte de un programa de explicación de nuestra diversidad geográfica y cultural. Su propuesta educativa consistía en no limitarse simplemente a reproducir los saberes que nos llegaban de la Ilustración europea. Esta era una tarea demasiado pesada, poco

productiva e inclusive irrealizable. Unas veces por falta de dotación adecuada de las cátedras. Otras, por la dispersión de los catedráticos en muchas funciones paralelas. En fin, por la propia vida intermitente de las cátedras y por la inestabilidad de las instituciones educativas en época de revueltas políticas. Había pues que proporcionarle tempranamente a los jóvenes los elementos educativos que les permitieran formarse de manera continua en la explicación integral de problemas de nuestra realidad, al mismo tiempo que se los capacitaba para que intervinieran sobre esa misma realidad y transformaran las condiciones de existencia de la sociedad novogranadina.

Caldas y su grupo promovían en el magisterio de las cátedras y a través del *Semanario del Nuevo Reino*, este concepto de educación enriquecida en el que se articulaba apropiación de saberes e intervención social. Se oponían con energía al programa que hasta entonces se había venido implementando en los establecimientos educativos, de limitarse a cultivar y divulgar en el país la ciencia académica de los centros metropolitanos, sin atención alguna por las condiciones educativas que imponía el medio local. Representaciones de actividades investigativas como las del naturalista que consagra largos períodos de su tiempo a dibujar cuadros deslumbrantes de la naturaleza, se asociaban con un modelo educativo colonial que era necesario abandonar, pues confería autoridad académica y poder científico a los individuos pero pocos beneficios a la sociedad. Representaciones de actividades integrales como la enseñanza y el desarrollo del conocimiento

autóctono a través de la explicación de la geografía de nuestro territorio y la vida de sus gentes, eran las que había que difundir como parte del modelo republicano de ciencia utilitaria.

Esta imagen de ciencia útil a los anhelos de progreso y bienestar de la comunidad, fue promovida sistemáticamente en el programa republicano de educación pública en ciencias a partir de los años 1820. La élite que sobrevivió a la guerra de independencia asumió el compromiso, en alianza con el nuevo Estado, de adelantar este programa, el cual tenía la escritura de textos de enseñanza y divulgación científica como uno de sus pilares. Al introducirse este género de publicaciones educativas, se cierra en el país la época del saber privado que reproducían en la cátedra monástica el cura ilustrado y sus amanuenses. Uno de los textos más representativos de este programa fue las *Leciones de física* de José Félix de Restrepo, publicados en Bogotá en 1825⁵.

⁴ Consultar al respecto: L.C. Arboleda, "Ciencia y nacionalismo en la Nueva Granada en los albores de la revolución de independencia". Publicado en: L.C. Arboleda y S. Díaz-Piedrahíta (et al.), *Francisco Joseph de Caldas y Thenorio (1768-1816)*. Molinos-Velásquez Editores, Bogotá, 1994. En esta obra se encuentran otros trabajos de referencia sobre la actividad de Caldas en astronomía e hipsometría.

⁵ Ver al respecto: L.D. Rodríguez y L.C. Arboleda: "Las *Lecciones de Física* de J.F. Restrepo (1825): Un caso de investigación socio-histórica sobre la formación de culturas científicas", en: A. Guerrero Rincón (ed) (1993): *Ciencia, cultura y mentalidades en la historia de Colombia*. Memorias del VIII Congreso Nacional de Historia de Colombia, Bucaramanga, septiembre de 1992; pp. 261-266.

Maestro de la élite de criollos a la cual perteneció Caldas, Restrepo jugó un papel importante en la transición del régimen colonial a la República en las actividades educativas, investigativas y en la administración de las nuevas instituciones. Fue uno de los pioneros de la modernización cultural del país, en contra de las viejas tradiciones del método escolástico y la filosofía peripatética.

Las *Lecciones de física* fue el primer texto escrito en el país para adelantar la enseñanza moderna y sistemática de la física. Recoge la experiencia docente que Restrepo había impartido durante decenios en varias instituciones educativas de la Nueva Granada. Es un tratado didáctico para formar a los jóvenes en la nueva ciencia, de acuerdo con la orientación que el español José Celestino Mutis había introducido cincuenta años antes, de crear en el país una cultura en la física newtoniana.

Pero en las circunstancias de los años 1820, la función educativa de las *Lecciones* era otra. Ya no estaba restringida a formar a unos cuantos miembros de la élite, sino a una capa social más amplia conformada por los alumnos de la recién creada red de establecimientos regionales de educación pública. Ya no se trataba tanto de tener como último referente de la formación, la obra canónica (los *Principia* de Newton que Mutis tradujo y estudió con sus más dilectos alumnos). La enseñanza de Restrepo se basaba en textos de difusión de la “nueva física” como los de Musschenbroek, Gravessande, Nollet, Sigaud de la Fond. Restrepo no parece haberse interesado por discutir los aspectos contradictorios que esta

enseñanza tenía con el programa de formación en el país de una cultura newtoniana de la física. El asunto es que tal enseñanza no estaba tanto dirigida a ayudarle al lector a captar el entramado filosófico del sistema del mundo de Newton, como a presentarle una exposición positiva de las leyes y principios de la gravitación universal, la mecánica racional, y la teoría de la luz.

Sin embargo, todas estas teorías no se presentan de manera transparente en las *Lecciones* de Restrepo. De acuerdo con el ideario republicano de ciencia integral y utilitaria al cual suscribe Restrepo, la obra se propone enseñar a la juventud los fundamentos de la nueva cosmovisión científica; además de los principios de física, se consideran de manera general cuestiones de geografía, biología, química y medicina. Por otra parte, la exposición de la “nueva ciencia” es ecléctica. En su empeño de darle a los estudiantes la explicación que le parece más clara y sencilla, Restrepo no manifiesta ningún escrúpulo intelectual cuando apela a tradiciones científicas sustancialistas y mecanicistas, que le parecen más convincentes para explicar ciertos fenómenos, que las teorías de Newton, especialmente en lo relacionado con la naturaleza de la luz. Restrepo no manifiesta ningún escrúpulo intelectual por utilizar las cosmovisiones sustancialistas y mecanicistas de Wolff y Descartes, cuando se trata de explicar a los alumnos cuestiones como la naturaleza de la luz, de una manera que le parece más convincente que las teorías de Newton.

Para él, el asunto no es tanto mantenerse firme, al lado de Mutis, en la

defensa de los preceptos newtonianos contra el escolasticismo de las cofradías religiosas. Ahora se trataba de proveer de instrumentos efectivos para que el público más amplio tuviera acceso al saber, contribuyendo así a materializar el deber de todo ciudadano de vivir de acuerdo con la razón. Los nuevos tiempos exigían proyectos más aterrizados en la realidad. Las concepciones metropolitanas de desarrollar en el país ciencia académica de alto nivel pero para unos pocos, eran ahora parte de un pasado, si bien heroico lleno también de frustraciones.

A lo largo del siglo XIX y a comienzos del siglo XX, estas concepciones “académicas” y “utilitarias”, inspiraron las actividades educativas, científicas y tecnológicas. Ellas intervinieron —a veces no necesariamente de manera excluyente—, en los esfuerzos emprendidos por grupos y círculos de intelectuales con el fin de construir las instituciones de enseñanza en las artes, los oficios y las profesiones. Mucho más importante aún, estas representaciones sirvieron de inspiración en aquellos momentos en que se trataba de darle sostenibilidad a estas instituciones, y luchar por salvarlas de las crisis ocasionadas por la debilidad o indolencia del Estado o por las confrontaciones sectarias entre partidos y grupos sociales.

Algunos de los capítulos memorables de la historia de las ciencias y de las matemáticas de este período, están asociados al ideal republicano de construir una capacidad endógena en ciencia y tecnología para garantizar la soberanía e independencia de la nación colombiana. Destacados ingenieros y profesores de matemáticas, que en su

práctica profesional y en su actividad educativa se reclamaban continuadores del proyecto de Caldas, promovían una cultura centrada en los fundamentos técnicos y científicos de las disciplinas y profesiones y, al mismo tiempo, solidaria con los problemas del entorno local.

Desde luego, esto dio lugar a modalidades distintas y a veces contradictorias de relacionarse con las corrientes mundiales de la ciencia, dependiendo de cómo se entendiera la idea de darle a la formación del ingeniero un fundamento técnico-científico dentro de las circunstancias concretas en que entonces se impartía tal formación. Nos interesa mencionar dos personajes en esta parte final del artículo, en tanto sirven de ejemplo de cómo, ante ciertas circunstancias del contexto local, un pensamiento matemático creativo llega a colorearse de particularidades; son ellos Indalecio Liévano Reyes (1834-1913) y Julio Garavito Armero (1865-1920).

Liévano: una propuesta original para construir los números irracionales⁶

La formación matemática de los más notables ingenieros y profesores colombianos en el siglo XIX (Lino de Pombo, Indalecio Liévano, Julio Garavito y sus alumnos) y las actividades educativas y profesionales que ellos desarrollaron, estuvieron básicamente marcadas por el patrón francés de la época en la ciencia y su enseñanza. Como en otros países de la región, en Colombia se consolidó una tradición de influencia francesa en los campos de las

ciencias naturales y la ingeniería. Sin embargo, en particular en una sociedad tan convulsionada como la colombiana, las preferencias por las propuestas o tendencias francesas tuvieron que negociar su implementación y sostenibilidad con las circunstancias sociales y políticas del medio.

Los obstáculos y el desestímulo que frecuentemente imponía la inestabilidad social y política a los procesos de modernización científica y educativa, hacían que las preferencias por el patrón francés se impregnara fuertemente de las concepciones y capacidades individuales de intervención de aquellos dirigentes y personalidades influyentes que las seleccionaban como alternativas deseables. Con estas salvedades es posible continuar hablando de la preponderancia del modelo francés de enseñanza de ciencias y matemáticas. Estas preferencias aparecieron desde los primeros momentos de creación de instituciones y profesiones científicas y técnicas.

Por lo menos a partir de la llegada de la Misión Boussingault en 1824, fue política corriente que los gobiernos tomaran como referente a Francia, la meca de los ideales de libertad y democracia, para sentar las bases políticas de los estados independientes, generar capacidades científicas e intelectuales e impulsar el desarrollo económico. El Colegio Militar, creado en Colombia en 1848, se inspiró del modelo de la *École Polytechnique* de París. Allí se educaron varios de los líderes de la primera generación de ingenieros profesionales que a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX tuvieron la responsabilidad de asegurar, junto con contratistas extran-

jeros, los programas de construcción de obras públicas y de enseñanza de las matemáticas y la ingeniería. Varias de las misiones contratadas para diseñar y poner en marcha proyectos y actividades en distintos frentes de las ciencias y las tecnologías, eran francesas.

Desde el gobierno de Santander en 1826 hasta la reforma de la enseñanza en la ingeniería de Garavito en 1898, los planes estatales para la modernización de la instrucción pública eran igualmente de influencia francesa. Todavía en la década de 1940 la enseñanza del análisis matemático en la Universidad Nacional, la más importante institución educativa y científica del país, se basaba en textos de Sturm, Bertrand, Serret, o incluso Apell y Laurent. Cosa parecida había ocurrido en el siglo anterior con las obras de Lacroix y Legendre, las cuales influyeron a todas luces en la enseñanza y en la elaboración de la primera cohorte de manuales colombianos de aritmética, geometría y álgebra, por parte de Pombo y Liévano alrededor de 1850.

Los manuales escritos por profesores colombianos se inspiraron en estos y otros textos significativos de origen francés, aunque los contenidos y el tratamiento de los temas usualmente dependían de las concepciones que estos profesores tenían sobre las matemáti-

⁶ Estos comentarios se basan en una exposición reciente de Gabriela Arbeláez en el Seminario del Grupo de Historia y Educación Matemática, como parte de la tesis doctoral que le dirige L.C. Arboleda sobre *El proceso de instauración de las técnicas del infinito actual en Colombia: una aproximación socio-cultural (1910-1950)* (Proyecto ECOS-Nord no. 97pc08).

cas y su enseñanza en el contexto cultural del país. De ahí que la producción histórica de materiales escolares autóctonos llame cada vez más la atención de historiadores y educadores matemáticos, a quienes les interesa investigar, por ejemplo, el tipo de transposiciones didácticas que se imprimieron a los conocimientos y saberes europeos para asegurar su circulación y apropiación en nuestras instituciones educativas. Por esa vía se ha llegado incluso a descubrir en estos textos contribuciones originales al saber. Probablemente sus autores encontraron mejores condiciones para la creatividad, enfrentados a la necesidad de emplear estrategias educativas rigurosas para inducir en el alumno verdaderos actos de razonamiento sobre un objeto matemático particular.

Uno de estos casos excepcionales es la teoría de los números inconmensurables que aparece en el *Tratado Elemental de Aritmética* de Liévano. La primera edición de esta obra data de 1856 y, por consiguiente, es anterior a los trabajos de Cantor, Dedekind y Méray sobre la construcción de los irracionales, pero comparte con ellos prácticamente el mismo objetivo: descifrar la estructura íntima del continuo real en matemáticas. Educado en el Colegio Militar de Bogotá, Liévano es el primer matemático colombiano cuya obra se deja examinar desde el punto de vista de la incorporación de ciertas técnicas modernas sobre el infinito actual y el continuo matemático.

Este caso ha tenido reconocida importancia para la historia y enseñanza de las matemáticas, pues, como se sabe, en los años en que Liévano prepara y

enseña sus libros sobre los fundamentos de la aritmética y el álgebra, se están creando las condiciones en Europa para la constitución de una nueva cultura matemática. Hay dos características de la formación de esta cultura que se vuelven criterios centrales en el estudio de la obra de Liévano. De una parte, el novedoso tratamiento epistemológico del infinito matemático que convergerá a la creación de la teoría cantoriana de conjuntos hacia los años 1870 y, de otra, la elaboración de un pensamiento filosófico acerca del tipo de existencia de objetos matemáticos como continuo y conjunto.

El *Tratado* de Liévano contiene una propuesta positiva para construir los números irracionales a partir de la aritmética de los racionales, presentada en una forma *grosso modo* deductiva. Liévano precede esta exposición de una reflexión conceptual sobre objetos y técnicas constructivas involucrados en su teoría (número, cantidad, variación, magnitud, conjunto, continuo, infinito). Pero el pensamiento de Liévano oscila entre un razonamiento dirigido a caracterizar las propiedades matemáticas nuevas del objeto que se propone construir (los números inconmensurables), y un discurso escolástico que trata de conducir ese razonamiento a las especulaciones ontológicas y sustancialistas.

En todo caso, la propuesta de Liévano rompe con la tradición aritmética consistente en restringir el número a una relación entre magnitudes homogéneas. El lector acucioso de la obra de Liévano no podía desatender la exigencia que en ella se planteaba, de fundamentar la noción de magnitud

continua en la clase de los números irracionales o reales. Este libro tuvo una amplia circulación y fue utilizado largamente para la enseñanza de los cursos de aritmética en las facultades de ingeniería del país. Así pues, por largo tiempo ofreció la posibilidad de que los estudiantes conocieran la “nueva aritmética” del continuo, ya que los cursos que usualmente sirvieron para enseñar el cálculo diferencial e integral en las universidades hasta los años 1940⁷ no contenían un preliminar sobre la construcción de los reales.

Garavito: razones de su oposición a las geometrías no-euclidianas⁸

Garavito fue el hombre de ciencia con mayor reconocimiento dentro de la

⁷ El más influyente de estos textos fue el *Cours d'Analyse de l'Ecole Polytechnique*, escrito por Ch. Sturm, el cual fue utilizado por Garavito y Acosta Villaveces durante medio siglo en su enseñanza de la Cátedra de cálculo diferencial e integral de la Facultad de Ingeniería y Matemáticas de la Universidad Nacional de Bogotá. Graciela Villegas sustentó una tesis de maestría en matemáticas en la Universidad del Valle, bajo la dirección de L.C. Arboleda, sobre la influencia de Sturm en la enseñanza de Garavito. En cuanto a la apropiación sincrética que hizo Acosta Villaveces del Sturm y del tratado más moderno de G. Humbert (igualmente profesor de la *École Polytechnique*), ésta es analizada por Arboleda en el Informe final del Programa ECOS mencionado en la nota 1 de este artículo.

⁸ Versión resumida y actualizada de: L.C. Arboleda y M.P. Anaconda, “Las Geometrías no-euclidianas en Colombia: La apuesta euclidiana del profesor Julio Garavito (1865-1920)”. *Quipu*, 4 (1996), pp. 7-24.

.....

**GARAVITO ASUMIÓ CONSCIENTEMENTE
EN NUESTROS ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS
LA LABOR DE DIFUNDIR Y PROMOVER
LA CULTURA CIENTÍFICA FRANCESA, Y LOS
ESTÁNDARES FRANCESES PARA LA FORMACIÓN
DE MATEMÁTICOS E INGENIEROS.**

élite académica colombiana hacia finales del siglo XIX y hasta bien avanzado el siglo XX. Liévano, Garavito, Rozo, Álvarez, entre otros, fueron todos ingenieros que se destacaron por su participación en obras civiles, por su magisterio y por sus actividades investigativas en astronomía, física y matemáticas. Garavito se formó como ingeniero en la Universidad Nacional de Colombia, dentro de ese concepto de ciencia de fundamento teórico pero al mismo tiempo utilitaria, que hemos asociado con el ideario de Caldas y de la élite republicana.

Como ingeniero, astrónomo, consultor, economista y funcionario de la administración pública, compartió esa visión de ciencia integral aplicada al desarrollo nacional. Puede decirse que Garavito continuó la obra histórica empezada por José Celestino Mutis un siglo antes, orientada a consolidar en el país instituciones educativas modernas, a organizar la enseñanza superior científica y a difundir a través de éstas una sólida cultura científica. En la época de la profesionalización científica, Garavito comparte algunos de los rasgos característicos del “autócrata de la ciencia” que mantuvo Mutis: reconocido como oráculo del saber en varios campos, ejerció el monopolio de tales sabe-

res, y dispuso el poder de otorgar méritos y oportunidades.

Su actividad educativa se desarrolló principalmente en torno a la enseñanza de los fundamentos del análisis matemático moderno, la mecánica racional y las teorías de Newton sobre el sistema del mundo. A diferencia de sus antecesores, Garavito se preocupó por publicar y mantener intercambios con instituciones y colegas de otros países. También asumió conscientemente el papel de divulgar y promover en nuestros establecimientos la cultura científica francesa y los lineamientos franceses para la organización de los programas de formación de ingenieros. Sus trabajos matemáticos se acompañaron generalmente de reflexiones pedagógicas y filosóficas.

En filosofía, se interesó particularmente por pensar el estatuto ontológico

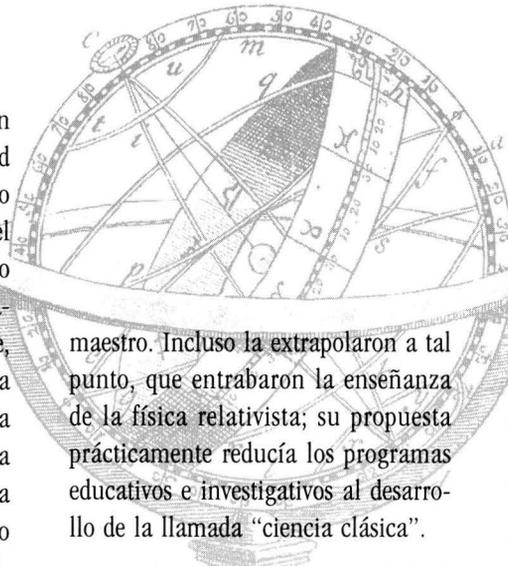
de los conceptos de espacio y tiempo con base en sus lecturas de Euclides, Descartes, Kant y Poincaré. A partir de allí, y de una reflexión personal sobre las obras de Lobachévski y Riemann, cuestionó la pertinencia de divulgar e incluir las geometrías no-euclidianas (GNE) en los planes de enseñanza. Así pues, quien por una parte fue responsable de la modernización educativa, además de promotor de paradigmas de rigor de pensamiento, y quien sentó las bases para la profesionalización de la investigación en matemáticas en el país, aparece por otra parte asumiendo posiciones contrarias a la introducción y divulgación entre nosotros, de las GNE uno de los avances matemáticos y científicos más fecundos del siglo XIX.

Esta actitud no fue el resultado del atraso cultural del medio, ni del aislamiento de Garavito con respecto a los



■
*JULIO GARAVITO ARMERO.
BOGOTÁ, ENERO 5 DE 1865 - BOGOTÁ, MARZO 11 DE 1920.
RETRATO AL ÓLEO DEL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO, PINTADO POR CANO.*

*Tomado de la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
Vol II. No. 6. Abril, mayo, junio y julio. Año 1938. pp. 177.*



centros intelectuales europeos, ni de un capricho de un individuo. Esta actitud se explica ante todo por la manera como Garavito representa la formación en el pensamiento de la noción de espacio geométrico. En otra parte hemos tratado de caracterizar esta concepción que, si no estamos equivocados, comporta una ambigüedad filosófica sobre la cual Garavito pasa de largo. Por una parte toma partido por la idea kantiana de espacio, en virtud de la cual nuestro conocimiento de las propiedades de dimensión-3 y de continuidad del espacio son empíricas, es decir, deducibles de los fenómenos. En consecuencia, el objeto legítimo de la geometría es ese espacio inherente a nuestro ser y que corresponde perfectamente a la realidad. Por otra parte, a partir de su lectura de Poincaré, Garavito le reconoce a otras geometrías la posibilidad de existir, pero como entes imaginarios, como artefactos teóricos, como constructos mentales que, en todo caso, no pueden explicar la realidad.

La conclusión de esta forma de argumentar era la esperada: Por su pertinencia conceptual, comodidad y carácter intuitivo, la geometría euclidiana era la única geometría que podía tener cabida en los programas educativos y en los espacios sociales de formación de cultura científica. Esta posición refractaria frente a la introducción de las GNE en la enseñanza, fue asumida a rajatabla por varios de los alumnos de Garavito. Mientras él mantuvo un debate académico abierto con base en la publicación de sus argumentos filosóficos y pedagógicos, otros como Álvarez Lleras asumieron una defensa dogmática de las ideas del

maestro. Incluso la extrapolaron a tal punto, que entrabaron la enseñanza de la física relativista; su propuesta prácticamente reducía los programas educativos e investigativos al desarrollo de la llamada “ciencia clásica”.

La idea peregrina de dar prioridad a lo “clásico” en educación y ciencia, ha tentado a nuestros intelectuales, sobre todo en las épocas conservadoras de encerramiento del país, frente a las corrientes intelectuales internacionales. A veces ha sido la consecuencia de una forma equivocada de entender el proyecto republicano de ciencia utilitaria y autóctona, al separarlo de la componente de universalidad y de relación con el mundo científico que comportaba en su origen. Otras veces ha obedecido a que nuestros grupos y comunidades académicas han entrado por momentos, en períodos de hibernación intelectual, que los ha llevado a perder el sentido de riesgo y de exposición permanente al cambio, propios de la creatividad científica. Por lo mismo, han terminado asimilando en su actividad las costumbres políticas del *statu quo* en la gestión del régimen y el continuismo excluyente en el ejercicio del poder, el peor de los males de nuestra historia republicana.

A guisa de conclusión

Los casos antes mencionados de Caldas, Restrepo, Liévano y Garavito

muestran que en ese período de la historia colombiana, a los miembros más influyentes de la intelectualidad del país se les hizo imprescindible cultivar las matemáticas como proyecto de vida. La explicación matemática de la naturaleza y de la realidad, asumió para ellos las mismas características de necesidad de sobrevivencia cultural que otras actividades consideradas vitales para el desarrollo social y humano de la sociedad durante el naciente régimen republicano. Por tal razón, sus prácticas matemáticas y las producciones a las que dieron lugar, estuvieron impregnadas de los colores particulares del momento en que se desempeñaron.

Estos individuos sabían por otra parte que, en el fondo, los problemas a los cuales la matemática aportaba solución, eran comunes a otras naciones y trascendían por ello las fronteras del país. Generalmente la clase de matematizaciones que les era familiar, resultó de ejercitar el razonamiento matemático en sus funciones básicas de medir, calcular, aproximar. Pero, de nuevo, no les era desconocido que este universal de la razón matemática se declinaba de manera diferente según el contexto socio-cultural, ya que los logros esperados en términos de desarrollo y progreso, de prestigio y ascenso social a través de la ciencia, y de obtención de beneficios en oficios y profesiones calificadas, jamás eran comparables en las potencias imperiales y en las repúblicas emergentes. A pesar de esta inequidad estructural y del desasosiego producido por un entorno con un comportamiento cada vez más imprevisible, estos pioneros perseveraron en sus empeños de desarrollar una razón matemática culturalmente diversa como proyecto de vida. ■