

INTRODUCCIÓN

En este libro presentamos varios estudios sobre la formación de la cultura científica en Colombia que confiamos contribuyan a comprender mejor las condiciones de nuestra inserción histórica en la modernidad. La débil tradición en los estudios históricos sobre el desarrollo de las ciencias en Colombia es una de las mayores dificultades para entender los procesos de elaboración, apropiación y transformación de teorías y saberes en el contexto sociocultural del país. Siempre que nos lo ha permitido la información disponible, hemos tratado de combinar el enfoque tradicional del análisis histórico y epistemológico, con indagaciones sobre aspectos como las relaciones de tales teorías con otros sistemas conceptuales y culturales.

Con el fin de dar un marco de referencia sobre el período anterior a los años 1880, empezamos por aplicar el enfoque analítico antes mencionado al estudio de las actividades de Caldas, Restrepo, Liévano y Garavito, pioneros todos ellos del desarrollo de las ciencias en los momentos más decisivos de la formación del estado colombiano en el siglo XIX. Se mostrará que su obra y sus actividades estuvieron ciertamente influidas por las tendencias científicas y filosóficas dominantes en Europa, particularmente en Francia. Pero sus posiciones también tuvieron que ver con la idea que ellos compartían del por qué y el para qué de la investigación, con la manera como se representaban la modernización social, cultural, económica del país, e incluso con las circunstancias universitarias y académicas entonces prevalecientes en las instituciones en que trabajaron. La explicación matemática de la naturaleza y de la realidad, asumió para ellos las mismas características de necesidad de sobrevivencia cultural, como cualquier otra actividad considerada vital para el desarrollo humano y social durante el naciente régimen republicano. Por tal razón, sus prácticas matemáticas y las producciones a las que dieron lugar,

estuvieron impregnadas de las tonalidades intelectuales particulares al momento en que se desempeñaron.

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. Como veremos en los estudios subsiguientes, una concepción formada en este período que se proyectará hacia el siglo XIX, es la idea peregrina de dar prioridad a lo «clásico» en educación y ciencia. Esta idea se encuentra en el origen de ciertas escogencias epistemológicas y de prácticas pedagógicas sobre los temas de la enseñanza de las matemáticas y la física. Ella 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 al hecho que nuestros grupos y comunidades académicas han entrado en periodos de hibernación intelectual, que los ha llevado a perder el sentido de riesgo y de exposición permanente al cambio propio 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.

Uno de los problemas de investigación adelantados como tesis doctoral dentro de este proyecto, ha sido el estudio del proceso de instauración de las técnicas del infinito actual en nuestras instituciones de educación superior. Este problema ha sido abordado en dos niveles íntimamente relacionados. Por una parte se trata de examinar la difusión en el país de tales técnicas mediante el estudio de textos de matemáticos colombianos. Por otra parte, analizamos este proceso de instauración en el contexto de los centros europeos que históricamente jugaron un papel determinante en la producción y transmisión de las nociones y principios del infinito y el continuo matemático.

El este libro nos limitamos a presentar los resultados a los que hemos llegado en nuestra investigación sobre la teoría de los inconmensurables del matemático colombiano Indalecio Liévano Reyes. Esta cuestión se ha constituido en un elemento importante para comprender la aclimatación en nuestra realidad de un pensamiento matemático sobre el infinito. Es sabido que de alguna manera Liévano se «adelantó» a los matemáticos europeos con su construcción de los números inconmensurables ; lo cual es tanto más notable en la medida que esta teoría fue uno de los pilares en el proceso de la

instauración del infinito en acto. Pero la aceptación del infinito actual va más allá de su adopción en el ámbito filosófico. El infinito actual ingresa a las matemáticas, a través de unas técnicas muy específicas. En este sentido, debemos decir que, en rigor, en Liévano no hay una incorporación de estos procesos. Como lo explicamos en el anexo de este informe, lo anterior se entiende por su apego a ciertas concepciones e intuiciones geométricas que, por la época en que Liévano escribe su tratado, habían sido sometidas a fuertes críticas de parte de quienes abogaban por la adopción de los nuevos cánones de rigor en los fundamentos del análisis.

De otro lado, nuestro trabajo se orientó a estudiar aspectos especializados de las construcciones de los números irracionales en tratados de análisis que circularon en Francia a finales del siglo XIX y principios del XX. Para ello fue muy valiosa la pasantía realizada en París como parte de las actividades financiadas por ECOS, pues pudimos consultar distintos fondos documentales y bibliográficos de archivos, institutos y universidades. Entre tales obras mencionamos, la *Théorie des fonctions d'une variable* de Tannery, en la segunda edición de 1904; la *Introduction a la Théorie des fonctions d'une variable* del mismo Tannery, en la primera edición de 1886, las *Lecons sur les théories générales de l'analyse* de Baire en la edición de 1907; el *Cours d'Analyse* de Humbert (1903); y el *Cours d'Analyse* de Jordan en la edición de 1893. Del estudio de estas obras se han derivado importantes insumos para nuestra investigación en Colombia. Por ejemplo, la mayoría de estos matemáticos tomaron como modelo la construcción de Dedekind, y no la de Méray que parece haber estado aislado de la comunidad de matemáticos parisinos. Este asunto puede revelarse importante en conexión con la construcción de Liévano toda vez que Garavito involucra a Méray al defender la prioridad de su maestro. También hemos examinado los distintos estilos de construcción de los irracionales presentes en las tratados antes mencionados, con el objeto de disponer de una tipología de textos y una malla analítica suficientemente detallada, que nos sean útiles en el examen de los procesos de difusión y enseñanza de este nuevo paradigma en el contexto de nuestras instituciones educativas.

El tercer capítulo está consagrado a estudiar algunos procesos significativos para la formación de una cultura moderna de las matemáticas en nuestras incipientes instituciones universitarias. Se ha escogido el caso de la de formación de un pensamiento estándar en las nociones y conceptos básicos del análisis matemático (variable, números reales, infinitesimal, límite, función, función continua, derivada, diferencial, integral definida, primer teorema fundamental del cálculo, etc.). Como se observará este tema es transversal a los distintos problemas de esta investigación sobre las matemáticas en Colombia. Existe una vasta literatura internacional sobre la

transformación de la enseñanza del cálculo a nivel internacional, que ambos equipos han aprovechado de manera compartida en la ejecución del proyecto. El equipo de Cali es responsable de la enseñanza de cursos universitarios en estos problemas, en los cuales se han producido varios informes de investigación, estudios monográficos y tesis de posgrado.

En el libro se analizan comparativamente cuatro momentos claves en la recepción, difusión y apropiación de los fundamentos del cálculo en los siglos XIX y XX. Ellos están relacionados con el papel protagónico que ciertos pioneros como Mutis, Bergeron, Garavito y Acosta jugaron en la introducción de esta enseñanza en el país y su transformación a lo largo de cien años. Cada uno de estos casos particulares se estudia con base en fuentes documentales primarias, principalmente manuscritos de los cursos impartidos (Mutis en 1772, Bergeron en 1851, Garavito en 1912), y publicaciones originales poco conocidas como el primer libro de análisis escrito y publicado en Colombia (Acosta 1951). Además se han reconsiderado y actualizado interpretaciones convencionales sobre otros tratados. Desde este punto de vista, la investigación pretende contribuir a la recuperación y valoración de nuestro patrimonio histórico en matemáticas. Hemos procurado situar cada momento en su respectivo contexto institucional y en su correspondiente fase de profesionalización de las matemáticas. Se ha tratado así mismo de caracterizar las prácticas pedagógicas asociadas con los distintos tipos de enseñanza del cálculo en los establecimientos de educación superior.

La investigación se adelantó sobre materiales educativos producidos en Colombia dentro de procesos de enseñanza inspirados en tratados y planes de estudio franceses. Nos hemos apoyado para ello en la tipología elaborada por uno de los miembros del equipo francés de nuestro proyecto, el matemático e historiador francés Martín Zerner. Zerner organiza la producción educativa francesa en análisis matemático, dentro de tres generaciones de tratados. Sugiere una caracterización didáctica y epistemológica de tales tratados con base en las modalidades de presentación didáctica de los fundamentos del cálculo, y teniendo en cuenta su circulación dentro en las instituciones de enseñanza superior. En este informe presentamos los primeros resultados de aplicar esta metodología al contexto colombiano. Nuestra conclusión es que en el periodo de cien años que van desde 1912, año en que Bergeron enseñó su curso de cálculo diferencial en el Colegio Militar, hasta la publicación del libro de Acosta en la Universidad Nacional en 1951, se aclimató en el país una cultura sobre los fundamentos del análisis de corte esencialmente francesa. Los planes de estudio de los colegios e instituciones universitarias legitimaron esta influencia, por lo menos en lo que se refiere al último año de la formación en cálculo

diferencial, integral, ecuaciones diferenciales (en épocas más recientes) y mecánica racional.

En nuestras instituciones circularon textos de análisis de primera, segunda y tercera generación que venían precedidos del prestigio de haber sido empleados para la enseñanza en escuelas y facultades francesas. Sin embargo, las concepciones de los pioneros de esta enseñanza, las prácticas pedagógicas de naturaleza operatoria e instrumental, los débiles intercambios con los medios matemáticos internacionales, la precariedad de monografías y memorias originales en nuestras bibliotecas y la casi inexistente demanda interna de conocimientos avanzados en matemáticas puras y aplicadas, favorecieron que esta cultura llevara la impronta del libro más influyente del período estudiado por nosotros: el curso de Sturm, una obra de segunda generación. Esta situación es la misma aún en la etapa de los años 1940 cuando en el marco de esta cultura operatoria, se expresaron tímidamente corrientes del rigor del análisis pertenecientes a textos de la tercera generación como el Humbert. Estos libros se encontraban de tiempo atrás en las bibliotecas públicas y privadas en donde nuestros profesores y estudiantes más aventajados los consultaron para su formación personal; pero no se generó ningún interés de apropiarse de tales obras para transformar cualitativamente las muy conservadoras prácticas pedagógicas públicas.

El cuarto y último problema matemático abordado es el estudio de la influencia del bourbakismo en la enseñanza universitaria en Colombia. Este ha sido adelantado por Maribel Patricia Anacona en el marco de la preparación de una tesis. Ha contado para ello con la asesoría de los investigadores del equipo del proyecto en Cali y París. Se ha aprovechado información poco conocida sobre este asunto en archivos, fuentes primarias y bibliotecas especializadas. Con recursos del proyecto se han realizado dos pasantías en la Biblioteca de matemáticas de la Universidad de París 7, y en el Archivo Bourbaki del Instituto Henri Poincaré de París. Se ha hecho una cuidadosa recopilación, clasificación y caracterización (epistemológica y didáctica) de textos universitarios franceses y colombianos que se refieren al problema de la investigación. Se ha generado información especializada no existente hasta el momento. En París se ha entrevistado a matemáticos e historiadores de las matemáticas que han conocido de cerca (o participaron en) las actividades del grupo Bourbaki. En Colombia a matemáticos que estuvieron de alguna manera comprometidos en la recepción y difusión de la enseñanza de Bourbaki en nuestras universidades.

En cuanto a los resultados propiamente científicos, se ha elaborado una tipología de la propuesta epistemológica de Bourbaki y de las distintas formas de su presentación en los textos de enseñanza. Esto se ha hecho a partir de un estudio sobre la construcción de los números reales realizada por Bourbaki en su obra fundamental, "Eléments de mathématique". También se estudiaron los enfoques de construcción de los reales en textos de cálculo diferencial e integral como los de Choquet, Dieudonné y Dixmier, de gran importancia para la enseñanza superior en Francia en los años 1955-1970.

Esta forma de presentación del discurso matemático, se caracteriza especialmente por la claridad y el rigor de las exposiciones, por un estilo axiomático-deductivo impecable y sobre todo por el papel fundamental que juegan las estructuras en la construcción epistemológica del discurso. Los números reales en particular son presentados en los textos antes referidos, desde el punto de vista de tres estructuras fundamentales: algebraicas, de orden y topológicas. Dentro de este engranaje conceptual de estructuras, los números reales aparecen como un conjunto sobre el cual se han definido unas operaciones y se verifican determinadas propiedades; pero no existe como ente individual y, en este sentido, no tiene posibilidad ontológica. Los únicos objetos matemáticos con vida propia son las estructuras. Esta caracterización se estudia con detalle en esta parte de nuestro informe.

La propuesta estructuralista Bourbaki se empezó a conocer en Colombia en el comienzo de los años 1950, fundamentalmente a través de libros, cursos, seminarios y conferencias profesadas incluso por algunos miembros del Grupo Bourbaki. Este nuevo discurso jugó un papel importante en los distintos procesos de institucionalización y profesionalización de las matemáticas en nuestro país. Sin embargo, a nivel de la enseñanza del cálculo especialmente en las décadas siguientes (1970-1980), fueron unos textos más bien tardíos, como los de Apostol y Spivak, los cuales eran resultado de esa gran producción de libros que originó el movimiento internacional de la "reforma de las matemáticas modernas", los que más se estudiaron en Colombia, y a través de los cuales buena parte de nuestros matemáticos conocieron el espíritu de Bourbaki. El estudio sistemático sobre las consecuencias de esta corriente formalista en la enseñanza, seguirá completándose a partir de los elementos acumulados en este proyecto y se presentará en el informe final de la tesis.

La parte física de este proyecto estuvo bajo la responsabilidad de dos investigadores del equipo Rehseis: Michel Paty et Regino Martinez-Chavanz. El objetivo general fue de una parte, actualizar y estudiar el proceso de incorporación e implantación de las ciencias físicas en las

instituciones universitarias colombianas, durante los períodos colonial y republicano hasta la primera mitad del siglo XX y, por otra, precisar la influencia que tuvieron en este proceso otros centros internacionales de producción y difusión científica, particularmente la influencia francesa.

Una vez se ubicaron los diversos factores locales que entrabaron el desarrollo científico en el país, nos consagramos, con base en documentos de fondos de archivos, a describir las instituciones universitarias, a identificar la élite científica de la época, a especificar el género de enseñanza dispensado, a señalar los temas de investigación más frecuentes y, finalmente, a repertoriar las principales publicaciones científicas.

Nuestra investigación sobre la física se propuso igualmente considerar el marco general de la recepción de los sistemas copernicano y newtoniano, la física clásica, y la nueva física relativística y cuántica. La adopción en el país de los sistemas copernicano y newtoniano había sido estudiada antes en detalle por varios autores, en particular por Regino Martínez-Chavanz. En consecuencia, en este proyecto nos concentramos en el caso específico de un período reciente: la recepción de la teoría de la relatividad en Colombia. Esta escogencia se explica porque se trata del caso de una teoría “moderna” que transformó a fondo el orden clásico de la física y, además, porque su recepción nos informa sobre el estado del desarrollo de las instituciones y de la ciencia en Colombia. Por otra parte, ello nos ha permitido hacer un análisis comparativo con las circunstancias de la aclimatación de la misma teoría en dos otros países, Francia y Brasil, anteriormente estudiados por uno de los autores de esta investigación, Michel Paty. Hemos dejado de lado a propósito el caso de la recepción de la teoría cuántica (sobre la cual disponemos de una masa importante de informaciones recogidas antes y durante la ejecución del proyecto), para no hacer excesivamente pesado este estudio. Sin embargo éste será el objeto de una próxima investigación.

La recepción de la teoría heliocéntrica de Copérnico dio lugar a controversias entre diversas órdenes religiosas en su carácter de guardianes de la interpretación literal de las Sagradas Escrituras; las discrepancias se expresaron más dentro de la ideología religiosa que en el terreno científico. Por el contrario, la recepción de la teoría de Einstein es un caso muy instructivo porque se trata esta vez de una fractura en la ideología científica y epistemológica; fractura que fue consecuencia directa, en Colombia, de la herencia filosófico-religiosa, de la concepción utilitaria de la física y de la perennidad anacrónica. A través del estudio del ejemplo en consideración, se ponen de manifiesto los actores de las controversias, la naturaleza de los

debates, las publicaciones en pro o en contra de la relatividad, y sus consecuencias en la enseñanza de la física.

Estos elementos proveen la base de apoyo para análisis comparativos con otros casos de recepción de la misma teoría de la relatividad en distintos países de Europa (Francia) o de América Latina (Brasil). Estas comparaciones siempre se revelan significativas, sea que permitan establecer semejanzas o que muestren diferencias. También permiten evidenciar ciertas características estructurales de la recepción de una nueva teoría científica (incluyendo por supuesto puntos de vista sobre datos experimentales), que se refieren a problemas de naturaleza conceptual (la dificultad de concebir reformas radicales de conceptos tan fundamentales como espacio y tiempo, o de sacar la mecánica de su pedestal), como también a situaciones contextuales, tributarias de ciertos fenómenos políticos y económicos, y del papel que cumplan en ellas la ciencia, su desarrollo, la organización de la «comunidad científica», y de la mayor o menor capacidad para admitir las nuevas ideas (y ante todo, la capacidad de informarse seriamente sobre ellas). En Colombia, los *desiderata* de la sociedad en su conjunto, en la época que nos ocupa, con respecto a la ciencia en tanto que conocimiento fundamental, y el espíritu fuertemente jerárquico que anima la organización de la «comunidad científica», reforzaron la influencia de la corriente que negaba las nuevas concepciones. Sin embargo, no es posible limitarse a esta constatación negativa, porque aquellos que se opusieron a la teoría de Einstein (por más tiempo que en otros países), y que no habiendo sido formados en la investigación fueron autodidactas, en todo caso a través de su enseñanza despertaron el deseo de conocer que en lo sucesivo conllevaría la formación de una nueva generación de profesores e investigadores abiertos a las concepciones de la ciencia viva. Este rasgo que se constata en relación con la física, es igualmente observable para las matemáticas, pues actores en ambas ciencias eran a menudos los mismos.

LUIS CARLOS ARBOLEDA
MICHEL PATY
Editores

Formación de Cultura Científica en Colombia

Ensayos sobre Matemáticas y Física

Maribel Anacona
Gabriela Arbeláez
Luis Carlos Arboleda
Regino Martínez-Chavanz
Michel Paty

LUIS CARLOS ARBOLEDA, MICHEL PATY
EDITORES

