

Después de 1902, son visibles en Colombia los contornos de la nueva sociedad industrial e insistente la preocupación por movilizar todos los recursos internos en tal dirección. Un paso adelante se había dado en las últimas décadas del siglo XIX con la creación de la *Facultad de Ingeniería* de Bogotá y la *Escuela Nacional de Minas* de Medellín, aunque la vinculación de la ingeniería con ese naciente proceso industrial aun no había sido definida en sus términos exactos. Con los presagios de la nueva época, una pregunta inquietaba a los directores de ambas escuelas: ¿Qué tipo de matemáticas enseñar a los estudiantes de ingeniería? Tan pronto como los términos del problema fueron dis-

puestos en una nueva relación lógica, fue posible que ocurriera una primera aproximación entre ingeniería e industria de consecuencias favorables sin antecedentes para el desarrollo de las *fuerzas productivas* del trabajo nacional.

I

A lo largo de la centuria pasada el país había presenciado la discusión entre sus reformadores sociales acerca de la necesidad de educar al colombiano medio en el modelo del hombre anglosajón, cuyas virtudes de entrega al trabajo, espíritu de empresa, valoración positiva de la ciencia y de la técnica, debían supe-

rar el viejo arquetipo hispánico (JARAMILLO, 1964), idea que guió la fundación de ambas escuelas aunque con énfasis distintos. Así, los planes de estudio y la enseñanza de las matemáticas en la Facultad de Bogotá fueron organizados según el modelo francés en ciencias, predominante entre los más notables profesores e ingenieros-matemáticos del siglo XIX, desde Lino de Pombo e Indalecio Liévano hasta Julio Garavito (ARBOLEDA, 1984), ascendiente que sintetizaba así uno de esos profesores: "En el *pensum* que ha regido desde hace muchos años en Bogotá y que se informó en el espíritu de la enseñanza oficial francesa, priva la idea de constituir materias o asignaturas correspondientes a cien-

Matemáticas y subdesarrollo: La disputa sobre su enseñanza en la ingeniería colombiana de principios del siglo XX

Alberto Mayor Mora

cias determinadas. Por ejemplo, el curso de Cálculo o el de Mecánica racional, siguen el plan de la Escuela Politécnica de París, adoptado en tiempos de Sturm o Moigno, plan que consiste en desarrollar una materia completamente hasta agotarla, en lecciones dictadas por un solo profesor durante un año escolar. Es evidente que este sistema respeta mucho más la unidad científica y se presta al desarrollo ordenado de los conocimientos humanos" (ALVAREZ, 1916). Se privilegiaban, así, la visión completa de cada rama científica en la respectiva asignatura, la imagen del hombre de ciencia y, por consiguiente, la formación de un ingeniero-matemático. La *afinidad electiva* por el modelo francés se ex-

plicaba, además, por los valores dominantes en los círculos intelectuales de Bogotá, que veían en el ingeniero un profesional altamente cultivado y socialmente superior, llamado a ocuparse de las cuestiones burocráticas del Estado (SAFFORD, 1976), al modo de los egresados de la *Ecole Polytechnique* de París (SHINN, 1978). La estimación de las matemáticas como el elemento más importante de la enseñanza y la identificación de ese saber con la superioridad intelectual* y el poder

* Una expresión de lo cual fue el funcionamiento en Bogotá, entre 1899 y 1902, del "Círculo de los Nueve Puntos", grupo esotérico de ingenieros cultivadores

social tenían su mejor personificación en el ingeniero-matemático Julio Garavito, director del Observatorio Nacional y profesor de Astrono-

de las matemáticas congregado alrededor de Garavito, al cual sólo se tenía entrada si se comprobaba capacidad matemática, especialmente en Geometría, y si se podía demostrar el teorema de Euler, que daba el nombre al grupo (Anales de Ingeniería, Bogotá, 1920). Este "Círculo" fue quizá el principal medio de reclutamiento de los que fueron durante 20 y más años los profesores de los diferentes campos de la matemática en la Facultad de Ingeniería de Bogotá, a los cuales se *socializaba* en valores tales como el carácter no utilitario de las matemáticas.



mía; y en el ingeniero-matemático Henri Poincaré, el arquetipo.

En Medellín, el modelo francés de estudio de las matemáticas introducido en la década de 1870 por un egresado de la *Ecole Central* de París, Eugene Lutz (DE GREIFF, 1966), fue atemperado por la experiencia norteamericana de los fundadores de la Escuela de Minas, Tulio y Pedro Nel Ospina, quienes fueron a estudiar ingeniería metalúrgica a Berkeley enviados por su padre el reformador social Mariano Ospina Rodríguez. Este guió sus estudios con máximas del siguiente tenor: "No se metan con lo más alambicado de la mecánica analítica y de las matemáticas trascendentales, consagrándose de preferencia a *lo aplicable en la práctica*, y procurando adquirir los conocimientos de los que llaman ingenieros mecánicos... Hay ciencias muy atractivas, pero poco provechosas, como la Botánica, la Zoología, la Astronomía, que deben dejarse a los ricos". (Carta de 1877, en MAYOR MORA, 1982). No había tiempo, pues, para el dominio ni de las ciencias matemáticas puras ni para las de paciente observación. A su regreso, los ingenieros Ospina organizaron, en 1887, la Escuela de Minas de Medellín siguiendo el modelo, en cuanto a los estatutos y al plan de estudios, de la escuela similar de la Universidad de California, limitando considerablemente los cursos de matemáticas superiores y dando la mayor importancia a las nociones introductorias

que sacrificaban toda unidad científica, al contrario de lo que sucedía en Bogotá (Véase CUADRO N° 1).

Seguir el modelo de la ingeniería americana, en vez del europeo, significaba identificarse con ese poderoso movimiento pragmatista de la segunda mitad del siglo XIX que —sobre la base de un uso de la ingeniería "barato, extenso y práctico"— defendía una concepción militante de la universidad como organismo guía voluntario y racional de la vida comunitaria; evitaba la separación entre la escuela de la industria y la escuela de la ciencia, que "produce pedantes en la universidad y practicones en los talleres"; y, en fin, se fundaba en una teoría de la educación absolutamente instrumental: ¿qué conocimientos son los más importantes? Por ello, hasta los ingenieros británicos de la época se sintieron atraídos por el modelo americano: "En la ingeniería y en la práctica de la ingeniería de los Estados Unidos —decía un periódico inglés hacia 1869— podemos encontrar un modelo mucho más justo que el que ofrecen Francia y Alemania" (Citado por ARMYTAGE, 1970). Era natural, entonces, que en Medellín tuviera más prestigio social y profesional un ingeniero-matemático práctico como José María Villa, antiguo alumno de Lutz y egresado del Stevens Institute de los Estados Unidos, y quien había llegado a la cátedra de Cálculo Infinitesimal en la Escuela de Minas teniendo como curriculum el ha-

ber participado en la construcción del puente de Brooklyn y el haber construido, a su vez, el puente similar más importante de Colombia.

II

Hacia 1912, la introducción en el plan de estudios de la Escuela de Minas de un programa de nociones de Estadística y Contabilidad empezó a replantear la vieja unión entre matemáticas e ingeniería la cual, a pesar de todo, continuaba prevaleciendo. En efecto, casi cien años de estudios matemáticos en Bogotá no habían conducido a algún tipo de investigación básica en ingeniería y a invenciones o aplicaciones prácticas, sino a un tipo de trabajo matemático artesanal, repetitivo, recreativo, sin posibilidades de producir algo nuevo en ese campo (ARBOLEDA, 1984). Matemáticas e ingeniería aparecían yuxtapuestas. Líder intelectual de la Escuela de Minas y decidido opositor a esta antigua tradición, el ingeniero civil —y diplomado como profesor de Matemáticas— Alejandro López abanderó el replanteamiento partiendo de la firme creencia de que una combinación entre matemáticas e ingeniería que ayudara a transformar al país debía producirse quizá no a nivel de las matemáticas "superiores", sino en un eslabón más débil, el de las matemáticas "inferiores" aplicadas (MAYOR MORA, 1984b).

CUADRO N° 1. Programas de matemáticas en la Facultad de Ingeniería de Bogotá (1892) y en la Escuela de Minas de Medellín (1887).

Ingeniería Civil (Bogotá)	—Aritmética Analítica —Algebra Superior	—Geometría Superior —Geometría Analítica —Geometría Descriptiva	—Cálculo Infinitesimal —Mecánica racional	—Trigonometría plana y esférica —Astronomía y Geodesia
Ingeniería de Minas (Medellín)	—Algebra	—Geometría Elemental —Geometría Analítica —Geometría Descriptiva	—Nociones de Cálculo Infinitesimal	—Trigonometría rectilínea y esférica

FUENTE: RUEDA, 1982.

Se reiniciaba, así, una larga e intensa disputa —de la cual quedan aún hoy resonancias en el seno de la SCI* sobre la orientación matemática deseable para los estudios de ingeniería. En 1917, López conmocionó a los cultos ingenieros-matemáticos bogotanos con esta proposición que buscaba extender la reforma que él había introducido en Medellín: “La Sociedad Colombiana de Ingenieros resuelve excitar muy encarecidamente al Señor Rector de la Facultad de Ingeniería de Bogotá para que... introduzca en el *Pensum* de la Escuela el curso de Estadística” (AI, 1917). Las matemáticas puras debían empezar a ceder terreno frente a las aplicadas, pues en un país atrasado como Colombia las altas matemáticas no se justificaban como profesión científica: “Las matemáticas —decía López— no son una profesión, a menos que sea la de enseñarlas” (AI, 1917). E insistía: “Las matemáticas, como *profesión*, no sirven sino para enseñarlas como la Gramática” (AI, 1918). Es decir, era impensable para el país en ese momento el ingeniero-matemático de las naciones avanzadas el cual se dedicaba bien a renovar las matemáticas, bien, a partir de sus conceptos abstractos, a inventar cosas que nunca se habían inventado antes. “Las matemáticas son un medio y no un fin. Son parte integrante de la ingeniería, pero no son la ingeniería. Cultivar las matemáticas como recreación científica, como se cultiva el arte por el arte, es burlar las esperanzas del país, es desviar la orientación de la educación técnica” (LOPEZ, 1918). La ingeniería debía progresar en sus diversos campos con ayuda de las matemáticas, pero sin intentar renovarlas. Había precisamente un campo, el área del *trabajo humano*, donde la unión de la ingeniería con las matemáticas aplicadas era prometedora: el ingeniero, continuaba López, “como M. Jourdan hablaba en prosa sin saberlo, emplea la estadística sin darse cuenta de que esto es todo una ciencia que sus maestros debieron enseñarle... De la estadística de las cosas inanimadas ha pasado a la humana, a la que se refiere al factor humano que con tanta frecuencia maneja” (LOPEZ, 1918). Consecuentemente, en el programa de *Estadística y Economía Industrial* López

había empezado a preparar a sus estudiantes de ingeniería de Medellín con las nociones, hoy sencillas, de cifras absolutas y relativas, promedios y coeficientes, ley de los grandes números (AENM, 1918), a fin de que supieran apreciar “científicamente” las variaciones en los precios de costo, en la producción física, en los ahorros de materias primas y de trabajo vivo, en los movimientos del trabajador y en empleo del tiempo de trabajo. En una palabra —y esta era la clave—, en la productividad del trabajo. “Darse cuenta de las diferencias, explicarse esas diferencias racionalmente y ponerles remedio si lo tienen... Las diferencias de unas situaciones con otras se conocen por medio de la *Estadística*” (LOPEZ, 1920). Incluso tradujo del francés un tratado elemental de estadística (LOPEZ, 1914). Pero el modelo francés era algo ya secundario, pues era en las obras de F. W. Taylor, Emerson y Gantt y demás ingenieros americanos —aunque también de H. Fayol— donde el ingeniero López enseñaba que “la mejor obra de ingeniería... (es) aquella que responde a las necesidades con el menor costo” (AENM, 1913).

López, que quizá fue el primer ingeniero en América del Sur en enseñar los sistemas de Taylor, comprendió como nadie que la *medida* del trabajo y la idea del *costo por unidad*, eran las que otorgaban a la industria moderna su significado distintivo como nuevo medio de vida, incluso todavía más que la introducción de la fábrica. Colombia, país pobre y atrasado, necesitaba justamente una transformación de su vida productiva desde un nivel *cualitativo* a uno *cuantitativo*, para lo cual era indispensable colocar al ingeniero nacional en una nueva relación con su sociedad que lo convenciera de que la realidad matemática del trabajo del obrero, de su productividad, de los costos de producción, era algo análogo a la standarización del movimiento cósmico. En adelante, en el plano de la economía la mínima unidad de movimiento y la mínima unidad de tiempo pasaban a ser la medida de la contribución de un hombre al trabajo.

Desde entonces, el *leit motiv* de la Escuela de Minas fue preparar, en una nación de *medios* escasos, un ingeniero capaz de administrarlos económicamente, es decir, en estricto sentido, en las condiciones de *máxima* calculabilidad, bien se tratara de construir un puente, una carretera o un ferrocarril, bien fuera montar una

fábrica, explotar una mina o dirigir una empresa. En la construcción de puentes y ferrocarriles el ingeniero de Bogotá se había caracterizado precisamente por el derroche de recursos (SAFFORD, 1976). A mediados de los años 10, el curso de Economía Industrial sufrió una primera diferenciación al desprenderse de él el programa de *Contabilidad Industrial* (APENDICE A), cuyos métodos de partida doble, balance de prueba, teneduría de libros y contabilidad de costos, aseguraban que la actividad económica desplegada por el ingeniero fuera rentable de manera *continua*. En los años 20, el programa de *Estadística* también se independizó del de Economía Industrial y entró a familiarizar a los estudiantes con nociones un poco más complejas como las de promedios geométrico y armónico, mediana y dominante, números índices, serie estadística, teoría de las probabilidades, error y leyes de distribución de los errores, dedicando, por otra parte, más de un tercio del curso a las nociones introductorias de una nueva disciplina, la Demografía (APENDICE B; véase también RODRIGUEZ, 1928).

Alejandro López avizoraba, pues, que el ingeniero como causa eficiente de cambios tecnológicos y sociales no sólo debía mantenerse al corriente del adelanto en las ciencias exactas, sino también en las ciencias económicas y administrativas. Era, entonces, necesaria una comprensión global del funcionamiento de la estructura económica de la sociedad, aparte de la capacidad instrumental para influir sobre ella. De ahí que en la Escuela de Minas toda aquella disposición “administrativa” se completó, o mejor, se reubicó, en el marco del estudio de la teoría del “análisis marginal”, en la obra de Alfred Marsall, cuyo principio angular, la “utilidad marginal”, no podía ser entendido, por lo demás, sino en términos de incrementos y decrementos infinitesimales del deseo (LOPEZ, 1928; MAYOR MORA, 1984a).

III

La oposición a la iniciativa de López en los círculos de ingenieros de Bogotá no se hizo esperar, apoyándose en el sistema de valores imperantes: “Si la educación de nuestros Ingenieros —decía un profesor— se hubiera conducido por el estrecho carril de la llamada instrucción práctica... tendríamos hoy

* Abreviaturas usadas: SCI, Sociedad Colombiana de Ingenieros. AI, Anales de Ingeniería. AENM, Anales de la Escuela Nacional de Minas.

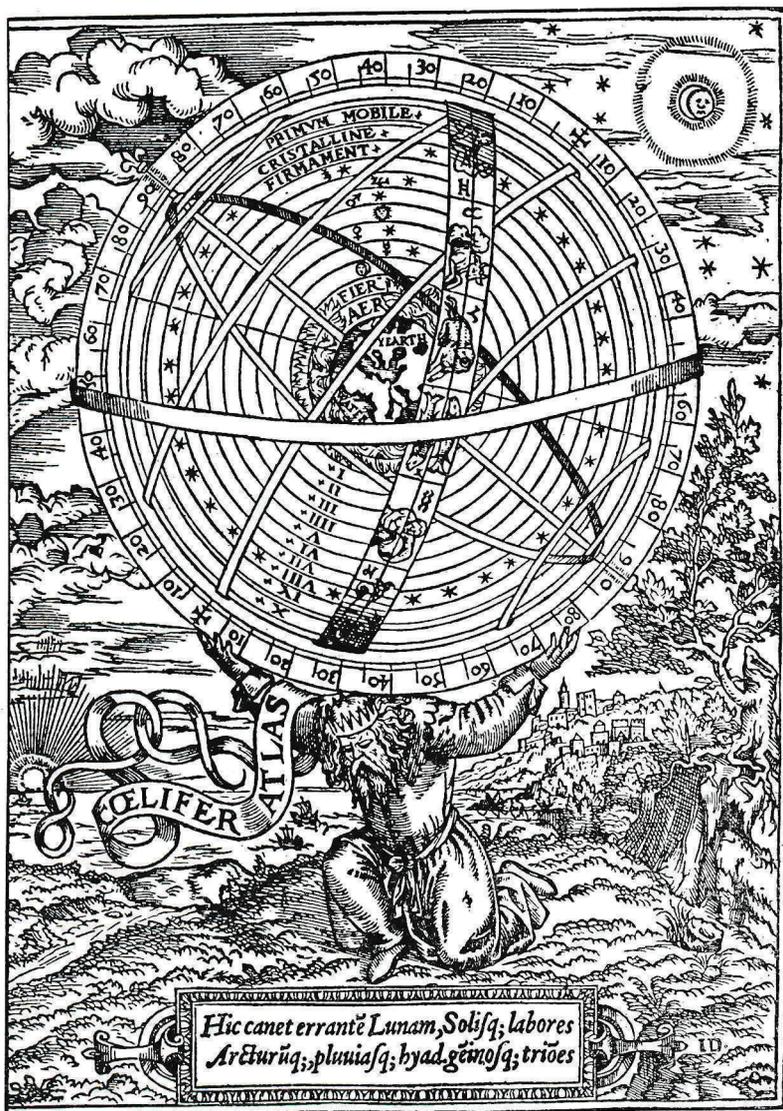
famosos albañiles, buenos mecánicos y hasta hábiles agrimensores, pero careceríamos de verdaderos ingenieros y hombres de ciencia" (AI, 1917). "No es de la Escuela de Ingeniería de donde deben salir industriales de ninguna clase, sino de las de Artes y Oficios... Recurrir a las teorías más avanzadas que nos suministran el Cálculo y la Mecánica para llegar a darnos media idea del mecanismo íntimo y complejo de los fenómenos termodinámicos... (no) sirve para la educación de los entendimientos inferiores... de los obreros que no analizan, ni investigan, ni razonan sino que aplican directamente los resultados hallados por otros. Constituyen estos tales el gremio de 'engineers' que en los países de industrias avanzadas se ocupan de manejo de calderas, conducción de estaciones ferroviarias, dirección de talleres de torno, forja y moldeo, etc., de mil oficios que requieren conocimientos sencillos de inmediata aplicación. No es éste el objeto

de la ingeniería civil... El ingeniero civil debe ser un espíritu altamente cultivado, capaz de pensar con independencia e inclinado a una investigación precisa y cuidadosa... Entendimientos ejercitados (los ingenieros), desarrollados por una gimnasia intelectual que ha comunicado nervio a los mayores genios de la especie humana" (ALVAREZ, 1916). "Las matemáticas son un gimnasio para la inteligencia" (AI, 1917). "Tanto se ha hablado de la necesidad... de los estudios prácticos, en especial refiriéndose a los de ingeniería, que nos ha hecho pensar que está por demás la Facultad... Despójese al ingeniero de las matemáticas y redúzcase el conocimiento de estas a la aritmética y algo de geometría y álgebra; de una plumada y para siempre habremos destruído el empuje colosal que en nuestros tiempos ha tomado la industria; díganlo si no Lord Kelvin, Maxwell, Hamilton y tantos otros que, gracias a sus investiga-

ciones científico-matemáticas, han prestado una eficaz ayuda a la civilización" (AI, 1918).

Se mantenían, en última instancia, los supuestos que en 1898 habían inspirado a Garavito para la modernización, a la francesa, de los programas de matemáticas en ingeniería: no confundir el ingeniero con el mecánico: "La palabra *engineer* tiene dos acepciones diferentes: ingeniero y también maquinista y fabricante de máquinas, es decir, herrero mecánico. Es por esto por lo que algunos confunden aquí al ingeniero con el herrero" (GARAVITO, 1898). Hombres de ciencias, espíritus cultivados, mayores genios, gimnasio de la inteligencia: detrás de todas estas manifestaciones se reiteraban concepciones no utilitarias de las matemáticas, poca valoración del trabajo manual e incluso cierto desdén por los artesanos y obreros, actitudes todas incompatibles, por lo demás, con el clima "igualitario" de los nuevos sistemas administrativos. Pero también se reflejaba una posición social diferente. Mientras los ingenieros de Bogotá alternaban, por lo general, sus clases en la Facultad de Ingeniería con empleos en las obras públicas o con cargos de funcionarios del Estado, los ingenieros dedicados a la docencia en la Escuela de Minas de Medellín fueron, al mismo tiempo, quizá la primera generación de ejecutivos y empresarios en el sentido moderno del término que tuvo el país (MAYOR MORA, 1984a).

Hubo en Bogotá, con todo, algunas voces de apoyo a López, aunque *cum grano salis*. Así, un ingeniero que había trabajado al lado de Garavito en el Observatorio Nacional afirmaba: "La Estadística también tiene por objeto en un ferrocarril dar a conocer de los particulares, interesados, Gobierno, etc., la marcha de la empresa, comparando los datos de diferentes años; dentro de la misma empresa sirve para... ver qué sistema de Administración y Organización le conviene más, y corregir defectos, etc. Hay que tener cuidado de que la estadística no vaya a degenerar en simple recolección de datos; uno de los objetos principales de ella, es, como hemos dicho, analizar y descubrir leyes y causas, y en esto pueden entrar las altas matemáticas, análisis, teoría de los errores y cálculo de las probabilidades. Así fue como el sabio astrónomo Le Verrier descubrió el planeta Neptuno; observando ciertas perturbaciones en el movimiento de la luna, dedujo, por los cálculos de



las probabilidades, análisis y errores, la existencia de tal astro, y no se limitó únicamente a escribir tales perturbaciones en un cuadro o gráfico, sino que investigó las causas" (GONZALEZ, 1918). Incluso hubo un intento por adaptar el programa de la Facultad de Bogotá al de Medellín (AI, 1918), pero fue sofocado por la oposición de Garavito (AI, 1920). Otra tentativa posterior de crear especialidades de Ingeniería Industrial y de Ingeniería de Minas en la Facultad de Bogotá tampoco prosperó (AI, 1921). Todavía en una fecha tan tardía como 1931 se hacían esfuerzos para reformar el programa de ingeniería civil adaptándolo "a las prácticas del día y al progreso inmenso de la tecnología y de las industrias en los últimos tiempos", tratando de superar los sistemas franceses de enseñanza técnica aún predominantes (AI, 1931).

López, sobre quien llovían todas aquellas críticas, afirmaba con poca exasperación: los socios de la SCI "orientados en otro sentido... no (están) preparados para oírme" (AI, 1918), pues desde luego él estaba hablando desde otro sistema de coordenadas, a saber, desde la perspectiva de la productividad del trabajo: qué parte del *tiempo disponible social* podía gastar la sociedad colombiana de comienzos de siglo, primero, en preparar cierto número de ingenieros-matemáticos y, segundo, en dedicarlos únicamente a esa actividad. A la réplica de que el Observatorio Astronómico era ejemplo de un centro, *con éxito*, de investigación matemática, López respondió: "Es que en el Observatorio no hay puesto sino para uno" (LOPEZ, 1918) *, o sea, el país no debía preparar más ingenieros-matemáticos de los que necesitaba y, en verdad, sólo requería en ese momento de uno. Hacia los años 1916-1917 las diferencias en el énfasis matemático de la enseñanza en las dos escuelas estaban ya consolidadas (CUADRO N° 2).

* "Cuántos de nosotros, al calor de los diez y ocho años, hemos soñado en pasarnos la vida en una torre de marfil como el Observatorio de Bogotá, alejados del mundo, entregados a la contemplación de las estrellas, buscando en el mundo de arriba la saciedad en el deseo de exactitud, de la precisión, huyendo de las imperfecciones de este mundo! Pero es que en el Observatorio no hay puesto sino para uno, y en cambio la patria nos llama, nos necesita" (Ibid.).

IV

En la disputa de la década de 1910, Garavito es, *mutatis mutandis*, el Poincaré colombiano en tanto que López representa a Taylor; aunque tal vez, en el fondo, ambos eran más bien expresión de dos contextos sociales diferentes. Con todo, el desarrollo histórico posterior parece haberle dado la razón a López. Para el *despegue* económico del país fue definitivo que contara con hombres claves en el momento oportuno, y estos fueron justamente los ingenieros-administradores —de cuya socialización se encargó la Escuela de Minas (CUADRO N° 3)— quienes llevaron a las empresas conocimientos parciales, pero aplicables de matemáticas "inferiores": estadísticos, contables y demográficos. Las tesis de grado se orientaron en esta dirección y la del ingeniero Alfonso Mejía M., titulada *El obrero y el trabajo en Antioquia* (AENM, 1917), es quizá el primer intento de *medi-*

ción de la productividad del obrero nacional mediante el empleo de la estadística. Empresas oficiales como el Ferrocarril de Antioquia o privadas como Coltabaco crearon, desde mediados de la década de 1910 o comienzos de la siguiente, sus Departamentos de Estadística y de Contabilidad, a instancias de los ingenieros de la Escuela de Minas.

Los cultores de la matemática "superior" mantuvieron un relativo predominio en la Facultad de Ingeniería de Bogotá, en el Observatorio Astronómico y en la SCI, congregados alrededor de Garavito cuyo liderazgo parece no haber sido siempre benéfico: así, una temprana iniciativa para el estudio del *Algebra Lineal* en ingeniería (AI, 1890) pasó inadvertida más de sesenta años; lo mismo sucedió con la estadística que, presentada de una manera moderna y avanzada en 1922 (AI, 1922), tampoco llegó a constituirse en programa académico sino hasta los años 40s; en tanto que el recha-



CUADRO N° 2. Programas de matemáticas para el plan de ingeniería civil en la Facultad de Ingeniería de Bogotá y en la Escuela de Minas de Medellín (1916-1917).

Bogotá	—Aritmética	—Geometría Elemental	—Cálculo Infinitesimal	—Trigonometría rectilínea y Cosmografía	
	—Algebra Elemental	—Geometría Superior	—Mecánica Racional	—Astronomía y Geodesia	
	—Algebra Superior	—Geometría Analítica			
		—Geometría Descriptiva			
Medellín	—Algebra	—Geometría plana y del espacio	—Cálculo Infinitesimal	—Trigonometría plana	—Estadística y Economía Industrial
		—Geometría Analítica	—Mecánica Analítica	—Trigonometría esférica y nociones de Astronomía y Geodesia	—Contabilidad Industrial
		—Geometría Descriptiva			

FUENTE: AI, 1916. AENM, 1917.

CUADRO N° 3. Distribución de 452 ingenieros colombianos por escuela de origen y tipo de carrera socio-profesional hecha entre 1910-1960

	Empresario	Ejecutivo	Técnico	Político	Profesor	Total
Escuela de Minas (Medellín)	11.7	31.4	50.0	3.2	3.7	100.0
Facultad de Ingeniería (Bogotá)	3.4	9.5	82.2	1.9	3.0	100.0
	(n = 11)	(n = 84)	(n = 311)	(n = 11)	(n = 15)	(n = 452)

FUENTE: MAYOR MORA, 1984a.

zo por Garavito de las teorías relativistas parece haber atrasado varias décadas las investigaciones en *Física matemática* (ALBIS GONZALEZ, 1984). En contraste con lo cual, los ingenieros discípulos de López desarrollaron las matemáticas "inferiores" de mucha aplicabilidad sobre cuya base se abrieron nuevos campos a la investigación: Jorge Rodríguez, en Estadística (RODRIGUEZ, 1928); Germán Uribe, en Contabilidad (MAYOR MORA, 1984a); Luis de Greiff, en aplicaciones a la teoría de la triangulación y la

restitución cartográfica de las ecuaciones de la Geometría Diferencial; Alvaro López, en la teoría de las ecuaciones integrales aplicadas al crecimiento poblacional y a problemas de ergodicidad; Juan de Dios Higuera, en Demografía (POVEDA RAMOS, 1972); inclusive, investigadores en estadística matemática de época más reciente, como Iván Obregón (OBREGON, 1977), que no han perdido de óptica las aplicaciones en las empresas, pueden considerarse como hijos de ese proceso iniciado por Alejandro López.

V

Hoy pudiera pensarse acaso que Garavito y su círculo estaban en lo justo al hacer hincapié más en la ciencia matemática abstracta que en las técnicas aplicadas, pues la ingeniería debe aceptar que las ciencias básicas vuelven rápidamente anticuada cualquier clase de pericia práctica. Pero sin necesidad de recurrir al patrón de la matemática contemporánea para medir la contribución de Garavito —lo cual no ten-

dría sentido—, en la actualidad* se duda del nivel “científico” de sus investigaciones. También pudiera considerarse como pionero su esfuerzo para sacar un hombre de ciencia a partir de un ingeniero. Pero los directores de las escuelas de ingeniería contemporáneas —por ejemplo, las de Estados Unidos— saben que en el mundo profesional parece ser más fácil que el hombre de ciencia se convierta en un ingeniero a que un ingeniero adiestrado pueda dominar la nueva ciencia requerida por una tecnología dinámica (PRICE, 1967). En el presente, ninguna escuela de ingeniería que pretenda reclutar de entre sus egresados parte de sus investigadores científicos duda en prepararlos sólida y sistemáticamente en las ciencias básicas, en lugar de darles una mera educación instrumental. Pero también saben que se debe ir más allá de las solas ciencias exactas, pues en una época como la actual donde el ingeniero se está convirtiendo en la causa eficiente de un rápido cambio en el medio económico, social y cultural, basado en la tecnología, es necesario educarlo —como intuyó brillantemente López— en las disposiciones *económicas y administrativas* que lleven a un constante incremento de la rapidez de los cambios técnicos y sociales dentro de la sociedad en general. En fin, se conoce hoy por hoy que la relación más dinámica entre ingeniería e industria depende de que la profesión se base más bien en las ciencias fundamentales que en las técnicas de rutina aplicadas de determinadas industrias. Sin embargo, se sabe también que la práctica que tiene en la actualidad mayor influencia no es la que ata al ingeniero a los lineamientos dictados por las necesidades de una corporación, por ejemplo, para mejorar un producto o crear uno nuevo, sino aquella que conduce al ingeniero, aún con muy poco capital, a crear *nuevos mercados y nuevas industrias*, manteniendo una

* Ya desde 1931 empezaba, aún en Bogotá, a contemplarse críticamente su obra en sus dimensiones reales: “Ni aquí podemos soñar —decía el director de los AI— con la industrialización de Norte América, ni tampoco tendremos ocasión de servir como avanzada en el campo de las investigaciones científicas, como lo prueba el caso de Garavito, aventajadísimo matemático, genio analítico por excelencia, que no pudo formar escuela ni dejó obra perdurable aceptada por la ciencia universal” (AI, 1931).

actitud agresiva por medio de un amplio apoyo al talento científico (PRICE, 1967).

La *eponimia* de la ciencia no siempre es justa. Mientras recompensó la memoria de Garavito con su nombre en uno de los cráteres de la luna, nadie sabe en Colombia que existe en Antioquia una remota estación del ferrocarril que se llama Alejandro López. Con todo, la eponimia, si injusta, no por ello menos exacta: ambos están en el cuerpo celeste que les corresponde.

APENDICE A

PROGRAMA DE CONTABILIDAD INDUSTRIAL (1917) EN LA ESCUELA NACIONAL DE MINAS DE MEDELLIN

(Profesor: Ingeniero Germán Uribe H.).

CONTABILIDAD INDUSTRIAL

PARTE PRIMERA

Generalidades

Definiciones. Distinción entre la Teoría de la Contabilidad y la Teneduría de Libros. Objeto e importancia de la Contabilidad. Su estudio inculca hábitos de orden y honradez.

Teoría de la Contabilidad

Ecuación fundamental. Distintas clases de transacciones. Su representación algebraica. Simple cambio. Transacciones que afectan el Capital. Transacciones mixtas. Ejemplo numérico, cuadro. Clasificación racional de las Cuentas. Dos grupos de Cuentas. Este doble sistema de cuentas constituye la esencia de la Partida Doble. La teoría es una, aplicable a toda clase de contabilidades. Varias clases de Contabilidad práctica. La Contabilidad debe seguir de cerca la organización, debe retratarla.

PARTE SEGUNDA

Estudio analítico del Sistema de Partida Doble

La Cuenta

Su naturaleza. Su forma. Su construcción. Significado de cada lado.

El Resultado. Cuentas de Bienes. Cuentas de Deuda. Cuentas de Capital. Expresión algebraica del resultado de cada clase de Cuentas.

La Transacción

Ecuación del Balance General. Punto de partida. Expresión algebraica de la Transacción. Seis casos posibles de los cuales toda Transacción debe contener por lo menos dos. Análisis de la Transacción. La personificación ficticia de las cuentas es innecesaria e inaplicable en la mayoría de los casos. Manera de imputar sin personificar.

El Balance General

Su importancia. Sus elementos. Activo. Pasivo. Capital. Ecuación algebraica. Cómo se construye el Balance. Por inventario. Por derivación. Correcciones. Orden en que deben colocarse las cuentas. Modelos para diferentes clases de contabilidad. Formas para los ferrocarriles prescrita por la Comisión norteamericana. Grado de precisión. Balance de una persona, de una compañía, de una sociedad. Negocios que no tienen Balance General. Contabilidad municipal. Contabilidad profesional.

Bienes y Avalúos Estudio del Activo

Cosas y derechos. Su intercambiabilidad. Los derechos provienen de contratos parcialmente cumplidos. Capital de trabajo. Capital invertido en otras empresas. Dificultad de distinguir entre inversión de capital y ciertas partidas de gastos. Importancia de esta distinción. Problemas de inventario.

1. ¿Qué debe incluir el inventario? 2. ¿Qué es precio de costo? 3. ¿Cuál es la base para revaluar? Precio de adquisición, corriente, de liquidación, de reproducción, para una empresa en actividad. Bienes fijos, Bienes flotantes. Bienes inmateriales. Clientela, patentes, privilegios. Bases más generales aceptadas sobre avalúos. Prescripciones legales.

Deudas Estudio del Pasivo

Su concepción como Bienes negativos. Como merma futura de bienes.

Como derechos de terceros. Como contratos parcialmente ejecutados. Como capital tomado en préstamo. Las deudas tienen valor definido y los bienes, variable. Deuda a largo plazo. Flotantes. Eventuales: documentos descontados, fianzas, garantías; deben mostrarse en el Balance General.

Capital

Estudio de las Cuentas de Capital

Riqueza del propietario. Cuenta de capital de una persona, de una compañía, de una sociedad. Acciones. Fondos de reserva. Su objeto. No pueden estar representados en determinados bienes. Fondos de amortización.

Cuentas Económicas o de Resultado Estudio de las Cuentas de Capital

Objeto de las transacciones. Objeto de las cuentas económicas. El período. Estudio de las unidades de tiempo. Las cuentas económicas deben limitarse a períodos iguales. Gasto y desembolso. El resumen económico. Cuenta de pérdidas y ganancias. Su forma y sus elementos. Importantes problemas de pérdidas y ganancias. El estudio de la cuenta de pérdidas y ganancias resume toda la teoría de la contabilidad. Subdivisiones de la cuenta de pérdidas y ganancias. El resultado comercial. Resultado de la producción. La cuenta sui-géneris de productos y gastos de un ferrocarril. Su forma técnica. El gran desarrollo que ha adquirido. Modelo prescrito por la Comisión norteamericana de ferrocarriles.

Depreciación

Su significado económico. Su relación con las utilidades. Prescripciones de la Comisión norteamericana sobre depreciación en los ferrocarriles. Métodos para registrar la depreciación, para estimar su valor. Depreciación. Renovación. Desgaste.

PARTE TERCERA

Los Libros

La contabilidad necesita ser diseñada como un puente. Los libros, como miembros de una estructura

tienen funciones especializadas. El Diario. Su forma clásica, hoy anticuada; su desaparición gradual. Análisis de las transacciones. La imputación se hace mecánicamente en los sistemas modernos de contabilidad. Funciones técnicas del diario. Los libros auxiliares, comprobantes y otros papeles desempeñan hoy las funciones del diario. El mayor. Sus funciones técnicas. Generalmente está distribuido en varios libros. Mayor reservado. Grado de las cuentas. Cuentas de control. Sistema tabular.

El Balance de Prueba. Precauciones contra el error y manera de descubrirlo.

Auditor

Funciones del Auditor. Imperfecciones de la partida doble. El balance de prueba no muestra los errores de principio, ni las omisiones, ni el fraude. El Auditor completa el sistema. Objetivo principal del auditor: descubrir y mostrar a los interesados la verdad de las cuentas. Ventajas de la revisión de cuentas por el auditor. La marcha de los negocios apreciada por un criterio imparcial. El crédito se facilita con la presentación de cuentas certificadas por el auditor. Con un examen continuo se evitan dificultades entre socios. Precave a los empleados; robo y fraude tienen por causa la mala organización más bien que la mala fe de los empleados. Protege a los accionistas y al público. Facilita la venta de un negocio.

Contabilidad de costo o industrial

Su objeto. Su importancia para los ingenieros. La más moderna de las ramas de la contabilidad. Muestra la eficiencia de la administración. Diferentes conceptos del costo. Elementos del costo. Gastos directos. Materia prima. Salarios. Gastos indirectos de la fábrica. Gastos generales. Distribución de gastos. Unidad de costo. Productos secundarios. El sistema de costo debe formar parte de la contabilidad general. Aproximación que se debe obtener. Gastos que demanda. Precauciones en el uso de los datos. La técnica de la contabilidad de costo.

FUENTE: AENM, N° 16, noviembre de 1917, Medellín.

APENDICE B

PROGRAMA DE ESTADISTICA
(1931) EN LA ESCUELA NACIONAL DE MINAS DE MEDELLIN
(Profesor: Ingeniero Jorge Rodríguez)

ESTADISTICA

Preliminares

I. *Definición y concepto de la estadística.* Etimología. Definiciones. Límites de la estadística.

II. *Historia de la estadística.* En la antigüedad. En la edad media. Estadística moderna. Historia de la doctrina estadística.

III. *Utilidad de la estadística.*

Técnica estadística

I. *De las investigaciones estadísticas.* Región a que se refieren. Estadística pública y privada. Investigaciones continuas, periódicas y ocasionales. Investigación directa: automática y reflexiva. Investigaciones indirectas: por proporcionalidad, por analogía, por indicios, por apreciación. Unidad estadística: natural, cosas concretas producidas, objetos institucionales, unidades físicas de medida, unidades pecuniarias. Diversas fases de la investigación directa.

II. *Preparación.* Organización, propaganda, personal. Estadística centralizada y descentralizada. Cuestionario: condiciones que debe llenar. Cuestionarios individuales y colectivos.

III. *Recolección de los datos.*

IV. *Crítica de los datos.* Errores constantes y accidentales. Métodos de encontrarlos.

V. *Elaboración.* Dato estadístico. Nomenclaturas. Escrutinio. Escrutinio directo, por fichas. Cuadros de simple entrada y de doble entrada.

VI. *Publicación.* Reglas que deben seguirse. Período de las publicaciones. Gráficos de puntos. De líneas: diagramas de situación, de sucesión, acumulativos; diagramas polares. Gráficos de superficie. Gráficos de volumen.

VII. *Números relativos.* Su importancia. Coeficientes. Promedio arit-

mético, simple y compuesto. Promedio objetivo y subjetivo. Promedio típico y promedio índice. Todo coeficiente es un promedio. Los promedios no se promedian, Promedio geométrico. Promedio armónico. Mediana. Dominante. Números índices. Números índices aplicados al costo de vida.

VIII. *Teoría de las probabilidades*. Nociones. Leyes de distribución de los errores accidentales.

IX. *Ley de los grandes números*.

X. *Interpretación estadística*. Cánones de Quetelet y de Messedaglia: de la ecuanimidad, de la imparcialidad, de la causalidad, de la comparabilidad, del positivismo, de la parsimonia. Comparabilidad. Causalidad. Reglas de J. Stuart Mill: método de las concordancias; método de las diferencias; método de los residuos; método de las variaciones concomitantes. Las regularidades estadísticas y el libre arbitrio.

Estadística Expositiva

I. *División de la estadística*.

II. *Estadística del territorio*. Estado físico. Meteorología (temperatura, presión atmosférica, caída de lluvias). Catastro.

III. *Estadística de la población (Demografía)*. Etimología y definición. División en estática y dinámica.

Demografía estática. Censo de población: absoluto, relativo y específico. Población de hecho, población de derecho, población aglomerada. Cuestionario del censo: análisis de las diversas cuestiones. Distribución de la población. Población urbana y rural. Clasificación por sexos, edad, estado civil y otras condiciones. Densidad de la población: condiciones que influyen en ella. Centro de gravedad y mediana de la población.

Demografía dinámica. Movimiento de población. Fuentes de los datos primarios.

Nupcialidad. Coeficiente de nupcialidad. Frecuencia relativa del matrimonio; edad y estado civil de los contrayentes.

Natalidad. Coeficiente de natalidad. La natalidad disminuye. Sexualidad. Legitimidad: coeficiente de legitimidad. Viabilidad: coeficiente de viabilidad. Fecundidad: coeficiente de fecundidad; fecundidad monógena y biógena.

Mortalidad. Coeficiente de mortalidad. La mortalidad disminuye. La mortalidad por edades: coeficiente específico. Tablas de mortalidad: su confección y uso. Vida probable. Cantidad de existencia. Vida media. Vida normal. Mortalidad infantil: coeficiente, causas principales. La mortalidad y el estado civil. La mortalidad por profesiones. Causas de la mortalidad (nosología): nomenclatura de Bertillon. Declaración de la causa de la muerte: aclaraciones, dificultades; enfermedades principales. Estadística de las enfermedades. Migración. Emigración e inmigración. Interna y externa. Motivos que influyen en la migración.

Crecimiento y leyes de la población. Crecimiento vegetativo. Crecimiento migratorio. Cálculo del crecimiento de la población: progresión aritmética, progresión geométrica, método de Wappäus. Ley de Malthus. Leyes de Bertillon.

IV. *Estadística económica*. Estadística extractiva. Estadística agrícola. Estadística pecuaria. Estadística manufacturera y fabril. Estadística comercial. Estadística de transportes. Estadística obrera. Estadística de precios y valores. Estadística bancaria.

Semiología económica. Métodos de indicio único y de indicio totalizador. Indicios favorables y desfavorables. Corrección de los últimos por el complemento y por la recíproca. Dificultades por el indicio totalizador.

V. *Estadística intelectual*. Analfabetismo. Estadística escolar.

VI. *Estadística moral*. Estadística criminal: dificultades para su comparación. Homicidios (influencia de la edad, el estado civil, la instrucción, el alcoholismo, etc.). Suicidios (influencia de la edad, el estado civil, la religión, la raza, etc.). Divorcios. Alcoholismo: como se mide.

VII. *Estadística política*. Finanzas públicas. Presupuesto de rentas y de gastos. Estadística electoral, militar, etc.

La estadística en Colombia

I. *Resumen histórico de la estadística en Colombia*.

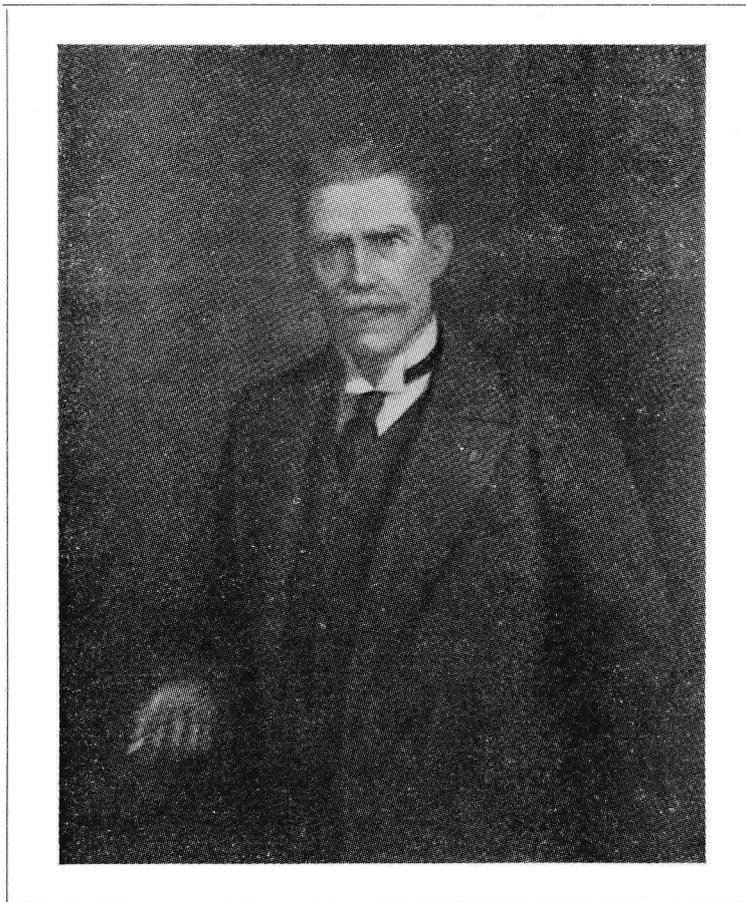
II. *Legislación estadística en Colombia*. Ley 63 de 1914. Ordenanza N° 17 de 1918 de Antioquia.

FUENTE: AENM, N° 30, octubre de 1931, Medellín.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALBIS GONZALEZ, Víctor (1984). Un programa de investigación en la historia de las matemáticas en un país latinoamericano, Rev. Quipu, Vol. I, N° 3, pp. 391-400, México.
- ANALES DE INGENIERIA. Organó de la Sociedad Colombiana de Ingenieros, Nos. 1 a 459, 1887-1931, Bogotá.
- ANALES DE LA ESCUELA NACIONAL DE MINAS, Nos. 1 a 30, 1912-1931, Medellín.
- ALVAREZ, Jorge (1916), Reformas en la Escuela de Ingeniería, Anales de Ingeniería, Nos. 285-286, pp. 209-222, Bogotá.
- ARBOLEDA, Luis C. (1984), Esquema de un programa de investigación sobre la historia social de las matemáticas en Colombia, mimeógrafo, COLCIENCIAS, Bogotá.
- ARMYTAGE, W.H.G. (1970), *Historia social de la tecnocracia*, Ediciones Península, Barcelona.
- BARNES, B. -KHUN, T.S.- MERTON, R.K. et alii (1980), *Estudios sobre sociología de la ciencia*, Alianza Editorial, Madrid.
- BELL, Daniel (1976), *El advenimiento de la sociedad postindustrial*, Alianza Editorial, Madrid.
- DE GREIFF, Luis (1966), Las matemáticas en Antioquia, Rev. Dyna, N° 80, pp. 55-58, Medellín.
- GARAVITO, Julio (1898), Ignorancia industrial, Anales de Ingeniería, Nos. 122-124, pp. 293-297, Bogotá.
- GONZALEZ, Fabio (1918), Trazado y localización económica de los ferrocarriles, Anales de Ingeniería, Nos. 299-302, pp. 289-300, Bogotá.
- JARAMILLO, Jaime (1964), *El pensamiento colombiano en el siglo XIX*, Editorial Temis, Bogotá.
- LOPEZ, Alejandro, traductor (1914), *Tratado elemental de estadística*, de Fernand Faure, en LOPEZ, Alejandro y RODRIGUEZ, Jorge, (1914), *Estadística de Antioquia*, Imp. de la Gaceta Antioqueña, Medellín.
- LOPEZ, Alejandro (1918), Orientaciones de la educación técnica, Anales de Ingeniería, Nos. 305-306, pp. 122-126, Bogotá.
- LOPEZ, Alejandro (1920), Informe del Director de la Sociedad El Zancudo, 1° de julio al 31 de diciembre de 1919, Medellín.
- LOPEZ, Alejandro (1928), *El Trabajo. Principios fundamentales*, Dangerfield Printing Co. Ltda., London.
- MAYOR MORA, Alberto (1982), La Escuela Nacional de Minas de Medellín y la educación de la burguesía industrial antioqueña, Rev. Colombiana de Sociología, Vol. 2, N° 2, pp. 23-67, Bogotá.
- MAYOR MORA, Alberto (1984a), *Etica, trabajo y productividad en Antio-*

- quia, Ediciones Tercer Mundo, Bogotá.
- MAYOR MORA, Alberto (1984b), El ingeniero Alejandro López. Biografía intelectual, manuscrito, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- MERTON, Robert K. (1977), *La sociología de la ciencia*, 2 Vols., Alianza Editorial, Madrid.
- OBREGON, Iván (1977), *Teoría de la probabilidad*, Limusa, México.
- POVEDA RAMOS, Gabriel (1972), Reflexiones sobre matemática y subdesarrollo, Rev. Dyna, N° 87, pp. 54-62, Medellín.
- PRICE, Don K. (1967), *El imperio de la ciencia*, Ed. Roble, México.
- REVISTA DE INSTRUCCION PUBLICA, Ministerio de Educación Pública de Colombia, Vols. X a XIX, 1899-1918, Bogotá.
- RODRIGUEZ, Jorge (1928), *Lecciones de Estadística*, Imp. Oficial, Medellín.
- RUEDA, Juan (1982), La profesionalización de la ingeniería en Colombia hasta finales del siglo XIX, Monografía de grado del Departamento de Sociología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- SAFFORD, Frank (1978), *The Ideal of the Practical. Colombia's Struggle to Form a Technical Elite*, Texas Press.
- SHINN, Terry (1978), Des Corps de l'Etat au Secteur industriel: genese de la profession d'ingenieur, 1750-1920, Revue Francaise de Sociologie, XIX N° 1, pp. 39-71, Paris.



En un artículo a mi modo de ver sustantivo para el conocimiento de la epistemología de Karl R. Popper y sus relaciones con el positivismo lógico, afirma Víctor Kraft:

“Cuando Popper entró en contacto con el Círculo de Viena, al terminar la década del 20 de

nuestro siglo, su pensamiento ya había tomado una dirección independiente. Muy temprano, en 1919, se encontró enfrentado al problema: ¿En qué consiste, precisamente, el carácter científico de una teoría? Este problema sigue ocupando el centro de sus investigaciones. Y en forma completamente personal había encontrado una respuesta en el criterio de falsabilidad. Por eso se enfrentó Popper desde un principio al Círculo de Viena con sus propias ideas, desde las cuales desarrolló naturalmente una actitud crítica hacia el neopositivismo vienés. Pero no estuvo únicamente en oposición a los filósofos vieneses, —tam-

La epistemología de Karl R. Popper: Racionalismo y empirismo

Rubén Sierra Mejía