

# LOS INGENIEROS Y LA CIMENTACIÓN DE LA REPÚBLICA COLOMBIANA

Asdrúbal Valencia Giraldo  
Grupo Ingeniería y Sociedad\*

## INTRODUCCIÓN

Durante la Independencia y los primeros años de la República de Colombia, estaba ya avanzada la Revolución Industrial y la Ingeniería se consolidaba en Europa y Estados Unidos; la ingeniería militar española era importante, pero no en la Nueva Granada y, tal vez por eso, a esta profesión la Historia no le ha señalado ningún rol en los acontecimientos relacionados con la cimentación de esta República. Sin embargo, se sabe que jugó un papel importante en esos procesos y lo hizo en tres aspectos principales: la Ingeniería Militar –fabricación y acopio de armas, pólvora y municiones, fortificaciones, mapas y obras–, el desarrollo de las vías de comunicación –camino, puentes y navegación fluvial– y la mejora del laboreo de las minas, para ayudar a la maltrecha economía.

Lo anterior no se ha valorado suficientemente y para tener una idea del papel que jugó la Ingeniería, se hace este breve recuento de lo realizado por algunos ingenieros, extranjeros y colombianos, en aquellos tiempos cruciales para la forja de la nacionalidad.

El papel de esta profesión, en todos los momentos, se puede entender si se comprende que el quehacer de la Ingeniería está ligado indefectiblemente al devenir de los pueblos, a la concreción de su cultura material, como lo expresó Ortega y Gasset, porque la Ingeniería es la encarnación de la Técnica, es decir, de la manera como la humanidad ha adaptado el mundo a sus necesidades: “La técnica es lo contrario de la adaptación del sujeto al medio, puesto que es la adaptación del medio al sujeto. Esto ya bastaría para hacernos sospechar que se trata de un movimiento en dirección inversa a todos los biológicos. Esta reacción contra su entorno, este no resignarse contentándose con lo que el mundo es, es lo específico del hombre. Por eso, aún estudiado zoológicamente, se reconoce su presencia cuando se encuentra la naturaleza deformada; por ejemplo, cuando se encuentran piedras labradas, con pulimento o sin él, es decir, utensilios. Un hombre sin técnica, es decir, sin reacción contra el medio, no es un hombre”.<sup>1</sup>

De modo que mal podría haber estado ausente la Ingeniería en los duros tiempos en que se empezó a construir la nacionalidad, y que se nutría del pasado indígena y español. La herencia de los primeros lo evidencian los vestigios prehispánicos –camino, puentes, construcciones líticas, hipogeos, cerámicas, salinas, minas, metalurgia, terraplenes, obras hidráulicas, etc.–; y de la segunda son testimonio los rastros de la limitada ingeniería española de la Colonia –construcciones militares de Cartagena, minas, camino, puentes, catedrales–.

---

\* Grupo de Investigación de la Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia, Medellín.

## LA PROFESIÓN DE INGENIERO

En realidad, la Ingeniería es relativamente nueva en el sentido moderno de lo que es una profesión, pero es un oficio tan antiguo como el Hombre mismo. Al principio el oficio de ingeniero tuvo connotaciones militares, pero también civiles y su perfil se confundía con el del arquitecto.

Como señala el gran medievalista Lynn White, “la baja Edad Media señala el período de evolución decisiva en la historia de la aplicación mecánica de las fuerzas de la naturaleza. Lo que hasta entonces había sido tanteo empírico, se convirtió con creciente rapidez en un programa deliberado y general, tendiente a dominar y encauzar las energía observables en torno del hombre y ese programa ya había predominado en las ambiciones de generaciones de *ingenieros* que desde largo tiempo atrás producía resultados.”<sup>2</sup> Es decir, la ingeniería moderna no empezó con la Revolución Industrial sino en esa época y la noción del deber ser del ingeniero ya la tenía clara Vitruvio, mil doscientos años antes.

El mismo White anota que un gran historiador de la técnica como F. M. Feldhaus<sup>3</sup> asegura que la palabra ingeniero apareció por primera vez en los Annales Placentini de Johannes Codagnellus, los cuales aunque escritos a comienzos del siglo XIII, mencionan, refiriéndolo al año 1196, a un tal “Alammannus de Guitelmo, enceinerus comunis Mediolnai”. Feldhaus sostiene que la palabra proviene de *incingere*, “fortificar”. Sin embargo, como argumenta White, en 1190-92 en *L’Estoire de la gerre sante*, de Ambrosio, se relaciona explícitamente a los ingenieros con las máquinas: “engineors qui savaient d’engines plusors” y añade que no pudo hallar el término con anterioridad a 1170, cuando aparece en Dirham “Ricardus ingeniator, vir artificiosus ... et prudent architectus”, aunque indica que otros autores han señalado que “Ailnoth ingeniator” floreció entre 1157 y 1190.<sup>4</sup>

En síntesis, el título de ingeniero se utilizó por primera vez en la Edad Media (entre 1150 y 1200.). Las palabras “ingenio” e “ingenioso” provienen del latín *ingenerare*, que significa crear. Por tanto la persona que creaba o diseñaba máquinas de guerra (arietes, catapultas, torres de asalto, etc.) y otros ingenios mecánicos, vino a ser conocido como el *ingeniator* o “ingeniero”. No es casual que esto haya ocurrido en esa época, porque fue cuando el saber teórico se aproximó sistemáticamente al práctico, para producir esos sabios pragmáticos que son los ingenieros. Aunque debe señalarse que esto ya había ocurrido en menor medida en Alejandría y en ese sentido son ingenieros modernos, Ctesibio, Herón de Alejandría, Filón de Bizancio y, por sobre todo, Arquímedes de Siracusa, quienes unieron la ciencia griega y la praxis oriental.

De modo que una profesión milenaria, coetánea con la invención del fuego, apenas adquirió su nombre en la Edad Media y vino a definirse durante el Renacimiento.

Es decir, que con los siglos la Ingeniería se fue perfilando como una profesión, tal proceso empezó en Italia en el siglo XVI<sup>5</sup>, y se consolidó en el siglo XVIII, en Francia, primero con el Cuerpo de Ingenieros Militares, creado por Vauban; después con el Cuerpo de Puentes y Calzadas, en 1716, del cual derivó la Escuela de Puentes y Calzadas, creada en 1747. A su vez, la Escuela de Ingeniería Militar de Mézières fue fundada en 1748. Luego, en 1756 se fundó, en La Frère, *l’École des élèves du corps de l’Artillerie*; en 1765, en París, *l’École pour les élèves*

*ingénieurs de la Marine* y *l'École des Mines*, establecida en París en 1783 y *l'École des Mines* estaba en fase de consolidación cuando llegó la Revolución.<sup>6, 7, 8, 9, 10</sup>

En tiempos de la Revolución Francesa, a fines de 1793 y principios de 1794, la Escuela de Puentes y Calzadas fue llamada *Escuela Central de Obras Públicas*, la cual devino en la innovadora, *Escuela Politécnica*, fundada en 1794, que lo fue por las muchas centenas de alumnos reclutados por concurso en vez de las pocas decenas que recibían las antiguas escuelas de ingenieros. La principal originalidad de la Institución estuvo, sin embargo, en el lugar incomparablemente más importante que la Matemática, la Mecánica y la Física ocupaban, más que en la Escuela de Puentes y Calzadas o en la de Mézières.<sup>11, 12, 13</sup>

Es decir, la Escuela Politécnica es la primera Facultad de Ingeniería moderna creada en occidente, bajo el influjo de las ideas de la Revolución Francesa, las mismas ideas que agitaron el ambiente en el Nuevo Mundo y condujeron al proceso de la emancipación.

Esas ideas fueron adoptadas en España por Manuel Godoy, que fue primer ministro entre 1792 y 1798, cuando se crearon, entre otros establecimientos, la Dirección de Trabajos Hidrográficos, la primera Escuela de Ingenieros de Caminos, Puentes y Calzadas, el Gabinete de Máquinas del Buen Retiro, la Escuela de Construcción de Instrumentos ópticos, el Real Observatorio Astronómico, la Escuela de Arquitectura Hidráulica y la Escuela de Ingenieros Industriales. A lo cual siguieron otras de escuelas de ingenieros en diferentes lugares de España.<sup>14, 15, 16, 17</sup>

Sin embargo, no debe olvidarse la relevancia de la famosa Escuela de Minas de Friburgo, en Sajonia; allí estudiaron varios de los ingenieros que vinieron a la Nueva Granada; por allí pasó Humboldt y ya se sabe del influjo de éste sobre las ideas de Francisco José de Caldas.

Todo esto tuvo algún eco en la Nueva Granada: en 1803 se empezó la construcción del Observatorio astronómico, que se inauguró el 20 de agosto de 1804 y el 4 de junio de 1805 se ordenó la creación de una escuela de Minas en Bogotá, cosa que nunca se concretó.<sup>18</sup>

## LOS INGENIEROS MILITARES

La presencia de ingenieros militares españoles en la América se remonta a las postrimerías del siglo XVI, momento a partir del cual comenzaron a desarrollar actividades ligadas a la protección de los territorios conquistados organizando un importante sistema defensivo para el golfo de México, mar Caribe y América Central. Asimismo, en razón de la escasez de técnicos disponibles, los ingenieros militares intervinieron ya desde el mismo siglo XVI en labores no castrenses como la arquitectura civil y religiosa o la ampliación de ciudades. Sin embargo, apenas a principios del XVIII, con la creación del Real Cuerpo de Ingenieros Militares en 1711 y la aprobación de las primeras ordenanzas de la institución en 1718, se establecieron claramente las funciones que el cuerpo debía desempeñar, las cuales respondían a tres objetivos básicos: asegurar la defensa del territorio, intervenir en el mismo mediante la construcción de obras públicas y proporcionar conocimientos geográficos a través de informes territoriales o trabajos cartográfico.<sup>19, 20</sup>

En Colombia no ocurrió como en Venezuela, donde tanto los ingenieros reales como los oficiales obtuvieron permiso de los gobiernos de las provincias para enseñar; algunos circunscribían su acción educativa a los oficiales y cadetes de las tropas destacadas en la zona, pero otros también aceptaban a civiles. En aquel país la primera academia de la que se tiene información fue la de Geometría y Fortificación de Caracas (1760-1768) a cargo del Teniente Coronel Nicolás de Castro (1710-1772), quien había llegado en 1740. Contemporáneo con Castro, el Capitán de artillería Manuel Centurión abrió una Academia Militar de Matemáticas en la Guaira (1761) donde impartió clases a militares y civiles.

A principios del siglo XIX (1808) Cumaná y Caracas contaron con dos Academias de Matemáticas. La de Cumaná estaba a cargo del ingeniero real Juan Pires, era una escuela de ingeniería militar y uno de sus alumnos fue el joven Antonio José de Sucre, quien luego se trasladó a Caracas, donde continuó sus estudios en la Academia de Caracas, a cargo de José Tomas Mires.<sup>21</sup>

Tal cosa no ocurrió en Colombia y por tal razón es todavía más meritoria la labor de Francisco José de Caldas como promotor de la creación de Cuerpos y Academias de Ingenieros. Además Caldas fue maestro de Don Lino de Pombo, el primer colombiano que tuvo educación formal como ingeniero y quien, a su vez, influyó sobre generaciones posteriores de ingenieros.<sup>22</sup>

## LOS INGENIEROS EXTRANJEROS EN LA COLONIA

Hay que reiterar el influjo que, sobre las ideas de Caldas, tuvo –además de los modelos españoles y franceses– la Escuela de Minas de Friburgo, donde estudiaron Humboldt y D'Eluyar y de la cual tenía Mutis amplias referencias.

A instancias de Mutis el virrey Caballero y Góngora trajo a Juan José D'Elhuyar, quien había estudiado en la Escuela de Minas de Friburgo, en Sajonia y alta química en Upsala y llegó a la Nueva Granada, traído por para mejorar la industria de las minas en especial en Mariquita, en el real de Santa Ana.<sup>23, 24</sup> En efecto, por solicitud del Virrey, el 31 de diciembre de 1783, el rey Carlos III dispuso de su erario la contratación de dos mineralogistas españoles –porque debían ser católicos– uno fue D'Elhuyar y el otro su cuñado Ángel Díaz Castellanos, para dirigir la Real Compañía de Minas de Plata de Mariquita: pero Mutis redujo a D'Elhuyar a la simple condición de administrador de un centro minero, quitándole la posibilidad de ejercer como director científico, que era su formación académica. Así el científico fracasó en el intento de rescatar las minas de Mariquita y se frustró como investigador.<sup>25</sup>

Sin embargo, la traída de D'Elhuyar y Díaz a las minas de Mariquita no hizo olvidar una vieja idea de la Corona española, la de contratar mineralogistas alemanes, muy apetecidos por su pericia. Para ello, en 1785, el rey nombró a Faustino D'Elhuyar, hermano mayor de Juan José para hacer las gestiones en Hungría y Sajonia y, en casi seis meses, logró formar, en Sajonia, un grupo de 30 mineros que sería enviado a México, Perú y la Nueva Granada; y cuyos contratos se firmaron el 28 de octubre 1787, de los cuales siete se destinaron a Mariquita; ellos fueron Emmanuel Gottlieb Dietrich, Cristian Friedrich Klein, Jacob Benjamín Wiesner, Johann Abraham, Friedrich Bhar, Johann Buckkard, Johann Samuel Bormann y Friedrich Nengricitz y llegaron a la mina de Santa Ana en febrero de 1789.

De Mariquita salieron luego para Pamplona y Almaguer, regiones que los solicitaron. De esta población caucana partieron para Quiebralomo, en 1790, los sajones alemanes Juan Abraham Federico Bähr (hoy Báyer) y Johann Burckhardt. Fueron ellos los primeros de los, aproximadamente, 286 ingleses, alemanes, franceses, daneses, italianos y de otras nacionalidades que llegaron en los cien años siguientes a Marmato, Supía y Riosucio.<sup>26</sup>

## JACOBO WIESNER (1763 – 1842)

Fue un mineralogista e ingeniero alemán, que estudió Minas y Metalurgia en la escuela de Minas de Friburgo, Sajonia, quien llegó a la Nueva Granada a finales del siglo XVIII y trabajó con don Juan José D' Elhúyar en las minas de Santa Ana. Tras la muerte de D'Elhuyar pasó a Pamplona donde se había formado una compañía anónima para explotar las minas plata de esa provincia y una de oro de Girón, de modo que la mina Santa Ana quedó casi abandonada.

En Girón Wiesner contrajo matrimonio con Ignacia Arriaga y Quesada con quien tuvo diez hijos. En 1797, al disolverse la compañía anónima de minas pasó a trabajar en las de plata de esa ciudad, que eran de propiedad de la Real Hacienda. Allí lo encontró en 1801 su paisano el Barón de Humboldt, quien recomendó a las autoridades que aprovecharan los servicios Wiesner, sobre todo en la mina cerrada de sal gema de Zipaquirá que debía ser excavada por el sistema de socavones y en la Memoria que escribió sobre el tema anotó Humboldt que los mineralogistas alemanes vivían ganando sus sueldos en Honda pero sin ocupación alguna y que bien podían ser empleados como ayudantes de Wiesner.<sup>27</sup>

En el año de 1814 Wiesner descubrió minerales de hierro en Pacho y por orden del General Nariño, antes de su partida para el Sur, el mismo mineralogista buscó y halló allí mismo una mina de plomo.<sup>28,29</sup>

Wiesner concretó la sugerencia de von Humboldt sobre la construcción de túneles subterráneos para conseguir el mineral más puro en las salinas de Zipaquirá. La tarea la realizó en el segundo nivel de explotación ubicado en la cota de 2 710 metros sobre el nivel del mar, además cartografió otras salinas, como las de Sesquilé, y en septiembre de 1819 fue nombrado Director General de Salinas por el Libertador.

Entre 1822 y el 23 dirigió los trabajos de ingeniería para desaguar La laguna de Guatavita mediante contrato con el empresario José Ignacio París. En 1824 el gobierno del General Santander le concedió a Wiesner un privilegio para montar una ferrería en Pacho y por ello regresó con el objeto de principiar los edificios y establecimientos de la fábrica de ferrería. Construyó una ramada de cincuenta varas de largo con dos cuartos a las extremidades, hizo un horno y fundió mineral de hierro. Años más tarde el Vicepresidente Santander le confirió el empleo de Director de mina y fábrica de sal de Zipaquirá, donde se mantuvo hasta su jubilación. Con posterioridad se dedicó a la fabricación de jabones y velas.

En la ferrería de Pacho y luego en las de Pradera, Samacá y Amagá los técnicos colombianos tomaron contacto con la Revolución Industrial. Esta ferrería, con Jacobo Wiesner y los ingenieros franceses que los sucedieron, fue escuela práctica de siderurgia, química férrea,

mineralogía y técnicas de combustión. En ésta y las otras aprendieron el manejo del alto horno, minería del carbón, fusión de hierro en crisol y técnica del soplado. La herrería de Pacho duró 72 años pero tuvo que cerrar en 1896 después de numerosas vicisitudes técnicas y económicas.

## FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS (1768 – 1816)

Caldas estudio Derecho, pero tuvo como maestro a José Félix de Restrepo, de quien recibió su inicial formación científica, como él mismo lo relata: “Por fortuna me tocó un catedrático ilustrado que detestaba esa jerga escolástica que ha corrompido los más bellos entendimientos; me apliqué bajo su dirección al estudio de aritmética, geometría, trigonometría, álgebra y física experimental, porque nuestro curso de filosofía fue verdaderamente un curso de física y matemáticas... Me entregué a cultivar los elementos que había recibido en el curso de filosofía. Conocí que éstas no eran sino bellas semillas de las ciencias”.<sup>30</sup>

Luego, al lado de Mutis y con los influjos de Humboldt, D´Elhuyar y sus lecturas, se desempeñó como ingeniero militar, a pesar de su vocación como científico. Caldas se formó a sí mismo como ingeniero, pues no asistió a una escuela de Ingenieros porque en Colombia no las había como en Venezuela.

En su Historia de la *Revolución de la República de Colombia*, José Manuel Restrepo relata que durante la época de la Colonia las cuatro quintas partes de la población no aprendían a leer, porque eran escasas las escuelas primarias, que los hijos de los criollos acomodados aprendían a leer, escribir y contar, y algunos seguían estudios en los colegios para hacerse clérigos o abogados, únicas profesiones posibles. La química, la mecánica, la hidráulica y casi todas las demás ciencias físicas y matemáticas eran desconocidas, y estaba prohibido enseñarlas en los colegios de la Nueva Granada, al igual que el derecho público y la política; los hombres inquietos sólo podían conocerlas en secreto, con el riesgo de ser enjuiciados por la Inquisición. Se enseñaban algunos principios de gramática latina, sin conocer antes los de la lengua castellana, la filosofía peripatética era estudiada en latín, y en jurisprudencia se enseñaban el derecho civil de los romanos, el canónigo y las bulas papales.<sup>31</sup>

Una muestra patética de estas políticas fue el caso de la metalurgia. Las tribus prehispánicas sufrían la enorme desventaja de carecer de la rueda y el hierro; por ello usaban el bronce, una aleación cuya difusión se veía obstaculizada por la relativa escasez de minerales de cobre en el país. De ahí la importancia que tuvo la metalurgia del oro.

Aunque supuestamente Colombia entró en la edad de hierro con la llegada de los españoles, la muy escasa aplicación de ese metal y su altísimo costo mostraron que la edad de bronce no se superó completamente. Durante la colonia los españoles tuvieron que usar la misma coa que los indígenas, hacer arados de madera y cuidar las hoces y los machetes como joyas, por la virtual ausencia de hierro. Todo se tenía que importar de España y también casi todos los equipos e instrumentos metálicos; de la metrópoli venía el acero, el hierro y el cobre con los que aquí se fabricaban algunas herramientas y utensilios. Sólo se fundían campanas, pero toda actividad metalúrgica estaba controlada por razones militares. Los herreros, que hacían las herraduras, eran los principales artesanos del metal, pero ese mercado no era muy grande, porque solamente le

estaba permitido a la clase alta tener caballos, para evitar que el pueblo pudiera utilizarlos al rebelarse contra el dominio español. Esto muestra la importancia de la maestranza que el sabio Caldas estableció en Rionegro durante la guerra de independencia.<sup>32, 33</sup>

Los diez primeros años del siglo XIX fueron, en la Nueva Granada, una prolongación intelectual de la época preindependiente y en tales tiempos Francisco José de Caldas se preocupaba por difundir el conocimiento y educar a los criollos reducidos a la ignorancia por el régimen español. En sus primeros años, terminada su carrera, propuso que la educación fuera obligatoria para todos los menores sin ocupación u oficio, hombres o mujeres, desde los siete años hasta los veinticinco, sin distinción de clases ni condición, nobles o plebeyos. E, inclusive, a la fuerza y contra sus padres si éstos no estuviesen de acuerdo.<sup>34</sup>

Algunos años antes de la Guerra de Independencia, había propuesto la creación de un Cuerpo Militar de Ingenieros Mineralógicos en el virreinato, redactado el plan de estudios y el reglamento de dicho Cuerpo. Para justificar la propuesta, consideraba que en una colonia casi sin industria y poca población, era necesario promover el comercio, y por ello indispensable estimular la explotación de las ricas minas, de manera que abundase la plata y el oro que facilitasen el dinero para el pago de los bienes que se transaran; de otro modo, con el trueque, se envilecía el precio de las mercancías y se arruinaba poco a poco el comercio.<sup>35, 36, 37</sup>

El plan que presentaba Caldas buscaba socorrer a la nobleza criolla, facilitándole una ocupación distinguida con qué subsistir, fomentar el progreso de la Nueva Granada al familiarizar a sus moradores con el conocimiento de las ciencias útiles, sin las cuales era imposible aprovechar los tesoros, desconocidos por falta de educación, que encerraba la Naturaleza y asegurar al Rey el dominio y la defensa de la Colonia, debido al agradecimiento de sus vasallos, en caso de invasión enemiga, ya que el Monarca contaría para su protección con un preparado cuerpo de oficiales, pertenecientes a familias de la nobleza criolla, pobres y arruinadas, las que constituían el más seguro apoyo del Gobierno. Consideraba Caldas, además, que el sostenimiento del Cuerpo no era gravoso para el fisco, que se autofinanciaba y dejaba utilidad por los mayores ingresos que una explotación adecuada de las minas generarían; éstas se explotaban en esos tiempos con procedimientos anacrónicos e ineficientes, sin economía, y con impericia, heredados de los indígenas, con los que la mayor parte del mineral se perdía. En las Salinas de Zipaquirá, por ejemplo, el Barón de Humboldt había asegurado, como experto en la materia, que si no se reformaban los trabajos se perdería la mina, sepultada en los derrumbes que debía ocasionar la mala dirección que tenía.

Con la creación del Cuerpo Militar de Ingenieros Mineralógicos, Caldas quería establecer una escuela de educación superior para recoger la experiencia disponible de los pocos doctos que había en la Nueva Granada y formar con ella, en las ciencias útiles, a las nuevas generaciones. Se sabía que el laboreo de las minas de Mariquita, dirigido por Juan José D'Elhuyar, había sido inteligente y muy exitoso, pero con la muerte de éste se perdían la experiencia y la esperanza de instruir a los mineros en ese tipo de explotación, después de los gastos en que había incurrido el Erario. Caldas temía que, al morir Mutis, quizá se sepultasen con él sus sabios descubrimientos y los inmensos conocimientos adquiridos con la Expedición Botánica.<sup>38</sup>

El Cuerpo se proponía con el carácter de militar y con una escala jerárquica bien establecida para administrarlo y desarrollar las labores académicas, con el fin de dar al Estado la ventaja de

disponer de un número de oficiales listo para afrontar cualquier situación en que aquél se viese amenazado y porque era conveniente que los estudiantes tuviesen el carácter de cadetes; de esa forma se acostumbraban a mandar y a obedecer, y se les contenía la natural inconstancia de la juventud, que en especial se manifestaba en el estudio. En su proyecto, Caldas detallaba cuidadosamente, artículo por artículo, el reglamento que debía gobernar al Real Cuerpo Militar de Ingenieros Mineralógicos del Nuevo Reino de Granada, bajo cuya dirección estarían todas las minas, salinas y fábricas de salitre y pólvora existentes en éste; se establecía su sede en la ciudad de Santafé de Bogotá, en donde tendría una casa con la debida capacidad para albergar todas las escuelas, la biblioteca, un gabinete de historia natural y los laboratorios. Para la admisión de cadetes se exigía que supieran leer y escribir, una edad entre ocho años cumplidos hasta catorce, y se prefería a los que acreditasen descender de los primeros conquistadores y pobladores.

El plan de estudios estaba más orientado hacia las necesidades civiles que a las militares; el curso duraría seis años y el Cuerpo tendría seis escuelas. En la primera, y primer año de curso, se enseñarían aritmética, geometría, dinámica e hidrodinámica; en la segunda, segundo año de curso, se estudiaría la física experimental; en la tercera, y tercer año, se explicarían la historia natural y la botánica; en la cuarta, y cuarto año, la mineralogía; en la quinta, y quinto año, la química; y en la sexta, y último año, la dosimétrica y metalurgia. El curso completo tomaría, entonces, seis años y otros tantos maestros, que cada año repetirían la enseñanza de su Facultad. Para cada uno de los cursos ofrecidos en la escuela se imprimirían los libros necesarios, cuidándose en su redacción de limitar su extensión a lo indispensable, de manera que se pudiesen aprender cómodamente en el tiempo destinado para su enseñanza.

Para la subsistencia y funcionamiento del Cuerpo, ya que éste estaba destinado al fomento y auxilio de los mineros, Caldas proponía cobrarles a éstos una cuota módica que saliese de la renovación en el laboreo obtenida por la asesoría del Cuerpo; las Reales Casas de Moneda deberían aportar también para el sostenimiento, ya que aumentarían sus utilidades por la mejora en la explotación de las minas y estarían bajo la dirección del Cuerpo.<sup>39</sup>

El proyecto estaba bien pensado y era factible, su principal propósito era el de incrementar la producción minera de la Nueva Granada, realizar estudios geográficos, levantar mapas topográficos y geológicos, y planear caminos; de haber sido acogido por la administración del virreinato, se hubiese creado con ese Cuerpo la primera escuela de ingeniería de Colombia. Sin embargo, el gobierno colonial, fiel a su política de mantener a los criollos en la ignorancia y limitado por los acontecimientos que se vivían en Europa, donde Napoleón expandía su imperio y los ideales de la Revolución Francesa, no lo apoyó. Caldas, en cambio, no lo olvidó y lo tuvo muy en cuenta al fundar en Antioquia, con el respaldo del dictador Juan del Corral, la Escuela de Ingenieros

Declarada la Independencia, en 1811 Nariño creó el Cuerpo Militar de Ingenieros Topógrafos y designó a Caldas como capitán y a Luciano D' Elhuyar como alférez. Este cuerpo elaboró inicialmente mapas de caminos e itinerarios de marchas y posteriormente estudios para comunicar el altiplano con el Orinoco.

Francisco José de Caldas nació en Popayán en 1768 y allí obtuvo su educación básica, en el Colegio Seminario; en éste, como ya se anotó, tuvo la fortuna de contar con un maestro como José Félix de Restrepo, un catedrático ilustrado, que detestaba la jerga escolástica y religiosa con

que se educaba a los escolares y le enseñó aritmética, geometría, trigonometría, álgebra y física experimental. Su curso de filosofía era un curso de física y de matemática. Gracias a su maestro, Caldas pudo desplegar su talento y genio, encontrar su camino hacia la ciencia y aprender en poco tiempo los escasos principios matemáticos, físicos y geográficos que podían encontrarse en los libros disponibles.<sup>30, 31</sup> En 1801 empezó una nutrida correspondencia con Mutis; a finales de 1805 asumió la dirección del Observatorio Astronómico de Bogotá, y comenzó a publicar allí mismo un periódico científico, titulado *El Semanario del Nuevo Reino de Granada*.

Involucrado en los acontecimientos revolucionarios del 20 de julio de 1810, Caldas editó, junto con Joaquín Camacho, el *Diario Político de Santafé de Bogotá* y, como ya se dijo, en 1811 ingresó en el ejército patriota con el grado de capitán y se ocupó de organizar el cuerpo de ingenieros de las fuerzas comandadas por Antonio Nariño. Sin embargo, poco tiempo después, junto con Ricaurte, Baraya y otros, Caldas se alineó con las ideas del Congreso y se enfrentó a Nariño.<sup>40</sup>

En 1813, después de que Nariño derrotó a las fuerzas del Congreso, Caldas partió rumbo al Cauca y llegó hasta Cartago; sin embargo, al enterarse de que las tropas españolas habían ocupado Popayán, eligió un nuevo refugio y decidió viajar hacia Medellín. Allí, Juan del Corral se había levantado en armas contra el dictador de Cundinamarca para preservar la unidad y soberanía de su territorio. Colaboraban estrechamente con del Corral, José Manuel Restrepo y Francisco Antonio Ulloa, amigos de Caldas. En Antioquia, Caldas estuvo entre 1813 y 1815, y fue muy bien acogido por Juan del Corral, quien le otorgó el grado de coronel y le nombró ingeniero general del Estado, director de fábricas y de la Escuela de Ingenieros Militares y también se le confió el encargo de fortificar los pasos montañosos de Bufú, La Cana y Arquía, al sur de la Provincia, sobre el Cauca, y para ejecutarla ideó un sistema de fortines a lo largo de la escarpada cordillera que protegieran los pasos, dotándolos de refugios para guarniciones considerables y emplazando en Bufú once piezas de artillería.<sup>41, 42, 43</sup>

Tras concluir la construcción de los fuertes, Caldas regresó a Rionegro para fundar la Maestranza, donde permaneció más de un año, allí se fabricaron fusiles, cañones, cuchillos, lanzas, bayonetas, espadas, escudos, cartuchos y otros numerosos elementos de guerra, y se fundieron los cañones. Caldas también estableció la Casa de la Moneda, fabricando las máquinas indispensables para la amonedación, efectuó investigaciones en los nitros descubiertos en el Departamento de Medellín y, aprovechándolos, fundó una fábrica de pólvora en la Villa, y produjo, pese a la imperfección y rapidez con que se practicaron los primeros ensayos, cerca de sesenta libras de nitro puro.<sup>44, 45, 46, 47</sup>

Para concretar la fundación del Cuerpo de Ingenieros, Caldas recogió algunos de los alumnos de José Félix de Restrepo y organizó la que fue la primera escuela de ingeniería que funcionó en el país, inaugurada formalmente en Medellín con un discurso preliminar, en 1814, cuando ya había fallecido del Corral.<sup>48</sup>

Las primeras actividades de la Escuela se realizaron en Rionegro, en vida del dictador del Corral y antes de la inauguración protocolaria, con los cadetes Manuel Antonio Jaramillo, Vicente Uribe y Celedonio Benítez; de éstos, dos se retiraron. En un informe de su gestión, en 1814, del Corral comunicaba que en Rionegro ya se habían establecido la maestranza de artillería, la compañía de artilleros conscriptos y la escuela práctica de esta clase.<sup>49, 50</sup>

El 3 de junio de 1814, el Supremo Gobierno de la República de Antioquia aprobó la propuesta de Caldas de completar con nueve candidatos los doce cadetes de la Escuela. Luego, la Escuela fue trasladada a Medellín, donde la inauguración oficial y definitiva se realizó a fines de agosto o comienzos de septiembre de 1814, aunque los estudios formales, con los estudiantes matriculados, se iniciaron en octubre de 1814.<sup>51</sup>

En Medellín, el Colegio de los franciscanos, futura Universidad de Antioquia, sirvió de base para la Escuela y allí, algunos de los jóvenes que con el doctor Restrepo se habían iniciado en la carrera de las letras en ese Colegio, se aplicaron en estudiar el plan de estudios establecido por Caldas. Constancia de esa actividad académica son las notas de clase, en manuscrito elaborado por un alumno, que se conserva en Bogotá en la Biblioteca Nacional, con el título de: *Lecciones de fortificación y arquitectura militar dictadas en la Escuela de Ingenieros de Medellín por el Coronel de Ingenieros Francisco José de Caldas, de principios de octubre de 1814 a mediados de 1815*. Estas son, al parecer, las primeras notas de una clase de ingeniería en Colombia y se tomaron en aulas de la naciente Universidad de Antioquia; una fotocopia del manuscrito, que el autor del presente escrito tuvo a la vista, se pudo obtener para el Centro de Documentación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia<sup>52, 53</sup>

Durante la inauguración, en el discurso pronunciado por Caldas, los noveles cadetes, de los que algunos sólo tenían 14 años, escucharon una frase difícil de olvidar como divisa propuesta para la Escuela que se iniciaba en ese día y que era la enseña de Roma: “Vencer o morir”; consigna con la que José María Córdoba, general de división del ejército de Colombia y uno de los cadetes formados por la Escuela, respondió a la intimación que las fuerzas del Libertador Simón Bolívar, en ese momento Presidente de la República, le hicieron 15 años más tarde en el campo de batalla del Santuario, para que depusiera las armas y se rindiera.<sup>54, 55, 56</sup>

Ese discurso es una pieza extraordinaria en la que Caldas demostró pleno conocimiento del plan de estudios y de las aptitudes y virtudes necesarias para el buen desempeño de los ingenieros militares; entre éstas destacaba el honor, la obediencia, el secreto en las operaciones, el celo, la paciencia, la prudencia, la verdad, la sencillez, la ecuanimidad, la amabilidad y otras; virtudes todas que confiere la gloria militar. Era el discurso de un científico nato, disertando sobre el servicio militar y la Ingeniería; del geógrafo, divagando sobre el arte de la guerra; del astrónomo, encaminando la virtud del soldado, el honor del oficial y la fama militar; era, en resumen, la proclama de un patriota, que exponía en brillante estilo los pensamientos del científico. Aquel discurso es digno de ser suscrito por cualquiera de los grandes militares del mundo, y todo soldado colombiano debería portarlo, como guía de su conducta para la vida pública y privada.<sup>57</sup>

En el diseño, organización, administración y ejecución del respectivo plan de estudios seguramente influyeron las ideas que Caldas había elaborado y decantado cuando propuso al Virrey, años atrás, el plan de estudios y el reglamento para el Real Cuerpo Militar de Ingenieros Mineralógicos del Nuevo Reino de Granada.

Al final del discurso, Caldas les informó a los cadetes cómo serían los estudios durante ese curso militar. Éstos se compondrían de seis tratados, sin contar con los preliminares de aritmética, geometrías –clásica y analítica–, trigonometría y álgebra. El primer tratado versaría sobre la arquitectura militar o de las fortificaciones, en el que estudiarían cómo fortalecer plazas, cubrir la

campaña y atacar al enemigo atrincherado, y aprenderían la forma de suplir la falta de hombres, de artillería y de fusiles. El segundo tratado estudiaría la artillería; primero se ocuparían de la delineación, el perfil, el molde, la fundición, el torno, el taladro, el montaje de cañones, morteros, obuses y de todas las piezas que han inventado los hombres para la guerra, y luego, de los principios de la bombardería. El tercero versaría sobre la arquitectura hidráulica; canales, acueductos, molinos, esclusas, bombas, norias y toda la fuerza de las aguas aprovechadas sería el objeto de esa parte. El cuarto estaría dedicado a la geografía militar; diseño, grabado, signos de convención, golpe de ojo, planos y cartas militares de todo género llenarían las actividades de ese tratado. El quinto se ocuparía de los principios de la táctica. Y el sexto estaría consagrado a la arquitectura civil; ésta levanta templos, palacios, casas, puentes, calzadas y caminos para la utilidad general, y llena la vida de comodidades. Todos esos conocimientos los consideraba Caldas útiles y necesarios para un militar, el que debía despreciar las disciplinas estériles y llenas de sutilezas, y ocuparse sólo del hombre, porque la ciencia de sus necesidades y de los medios de remediarlas era la que forjaba verdaderos sabios.<sup>58</sup>

En el establecimiento se impartieron clases de manera continua durante poco más de un año y medio, entre 1814 y 1816, y pese al poco tiempo de funcionamiento el curso logró avanzar bastante.

La reconquista española destruyó el gobierno independiente de Antioquia, anuló los esfuerzos del dictador del Corral y, en consecuencia, terminó con la naciente institución educativa.

## **JUAN BERNARDO ELBERS (1776 – 1853)**

Este mas que ingeniero fue un empresario alemán, pionero de la navegación a vapor en Colombia, tanto, que se ha dicho que fue a la navegación fluvial, lo que Francisco Javier Cisneros al desarrollo de los ferrocarriles. Sin embargo, se comportó como un ingeniero, porque abrió caminos, construyó aserraderos movidos a vapor, operó astilleros y en fin introdujo al país avances tecnológicos recientes en ese tiempo. Johann Bernhard Elbers, nació en Mulheim Am Rhein, Rheinland, actual partido de la ciudad de Colonia, el 29 de diciembre de 1776, hijo menor del matrimonio de Peter Wilhelm Elbers, y Katharina Dorotea Jaeger, familia de tradición germana, y dueños de una buena fortuna<sup>59</sup>

Su conocimiento de la primera arteria fluvial de Europa le permitió aprender sobre el comercio y las actividades fluviales y marítimas, además perteneció al ejército prusiano. Luego se radicó en los Estados Unidos, país donde el sistema del barco de vapor fue instaurado en el río Mississippi en el año de 1811, este artefacto tuvo en sus inicios una serie de dificultades de orden técnico, debido a su gran calado. Paulatinamente se realizaron una serie de trabajos en el río Mississippi para su adecuación, invirtiendo una gran cantidad de capital tanto humano como monetario. A partir de esta experiencia Colombia quiso implementar este modelo en el río Magdalena, sin embargo no tuvo en cuenta factores geográficos, culturales y económicos entre muchos otros, lo que finalmente condujo al fracaso inicial de este sistema<sup>60, 61</sup>

Elbers vino a las Antillas Menores hacia 1816, trayendo consigo una gran fortuna, quinientos mil pesos moneda española, suma habida de la venta de sus propiedades y mientras trabajaba como comerciante y armador marítimo trabó amistad con el capitán Luís Brion, a través de quien se

vinculó a las fuerzas navales patriotas que luchaban en el Caribe contra los españoles. El apoyo que prestó a la naciente marina de guerra de la Nueva Granada, en forma de créditos en efectivo, suministro de víveres, armas, municiones y uniformes, y el préstamo de sus buques corsarios, fue definitivo para el triunfo de las armas patriotas en 1819.<sup>62</sup>

Hacia 1823 se radicó en Bogotá, se hizo ciudadano colombiano y presentó ante el Congreso una oferta en la cual se comprometía a traer buques de vapor para transporte de carga y pasajeros en el río Magdalena y a desarrollar puertos en los extremos norte y sur de la ruta, con conexiones terrestres a Cartagena, Santa Marta y Bogotá. A cambio de lo anterior el gobierno le concedería el privilegio exclusivo de navegación a vapor en el río, por 20 años. Esto quedó consignado en un contrato no demasiado claro, lo que daría origen a muchos problemas.<sup>63</sup>

La propuesta de Elbers fue acogida por el Congreso y por el vicepresidente Santander en 1823. En 1824 trajo el vapor *Filadelfia*, con 40 caballos de fuerza y en 1825 llegaron dos barcos el *Santander* y el *Libertador*. Pero las múltiples dificultades hicieron que Elbers perdiera mucho dinero y retardara la puesta en servicio de líneas regulares de vapores.

Recuperado de la primera frustración, formó una nueva compañía en 1827, pero algunos rumores acerca de la intención de Elbers de vender la concesión a los norteamericanos, originaron la cancelación de su privilegio en 1829, por orden del *Libertador*. Aunque Santander le confirmó de nuevo el privilegio en 1834, Elbers no pudo cumplir con sus obligaciones, y su privilegio fue cancelado por segunda vez en 1837, ante su incapacidad para mantener transporte regular por el río.<sup>64</sup>

Los obstáculos para el desarrollo de la navegación a vapor en el siglo XIX eran, según Salvador Camacho Roldán, la escasez de capital, la carencia de tecnología y técnicos, la falta de industrias que proveyeran de carga suficiente y permanente a los vapores, la poca disponibilidad de buenos combustibles, la incapacidad de los pilotos para operar las naves en el río, la hostilidad de los habitantes ribereños y los bogas del bajo Magdalena hacia los vapores, la turbulencia política del país y la implantación de los monopolios estatales sobre la navegación.<sup>65</sup> Por ejemplo, en 1839 un grupo de empresarios ingleses antioqueños trajo un vapor de 416 toneladas y 120 caballos de potencia, al mando de un capitán inglés, que sólo duró hasta 1841 cuando lo hundió una bala en un episodio de la guerra civil de ese año.<sup>66</sup>

## **DON LINO DE POMBO (1797 – 1862)**

Si Caldas fue nuestro primer ingeniero, don Lino de Pombo fue el primer colombiano que tuvo una educación formal como ingeniero. Nació en Cartagena en 1797, hijo de don Manuel de Pombo y la dama española Beatriz O'Donnell y Anthau, estudió en el Colegio del Rosario de Bogotá, donde cursó matemáticas, artillería, fortificación, ataque y defensa de plazas, con el sabio Francisco José de Caldas. Ingresó al ejército republicano como cadete en 1810 cuando apenas contaba trece años y formó parte del Cuerpo de Ingenieros comandado por aquél, donde aprendió las artes de la ingeniería militar y empezó a amar la profesión.<sup>67</sup>

Cuando Caldas se enfrentó a Nariño, el ya teniente de ingenieros, Pombo pidió traslado a Cartagena donde combatió a los españoles y llegó a capitán de ingenieros, cayó prisionero, se escapó del fusilamiento por la intervención de la familia O´Donnell y fue remitido a España.

Gracias a su tío Enrique O´Donnell, en 1818 ingresó a la Academia de Ingenieros de Alcalá de Henares con el grado de capitán. Allí continuó sus estudios de artillería y arte militar. Luego se unió a la insurrección de Riego, fue capturado por los franceses, logró escapar y llegó a Londres, donde recibió la protección del gobierno neogranadino, estuvo allí como diplomático y regresó a la patria en 1825. Realizó varias tareas ingenieriles y al año siguiente fue enviado por Santander a estudiar a la Escuela de Puentes y Calzadas de Francia.<sup>68</sup>

En 1827 volvió al país y se reincorporó al servicio con el grado de coronel de ingenieros, con el cargo de segundo ayudante del Estado Mayor General, calidad en la que intervino en las guerras de civiles de entonces. Hastiado de éstas solicitó la baja, que fue firmada por Bolívar, y se dedicó a la enseñanza. Luego participó en el gobierno de Santander como secretario del interior y relaciones exteriores, cargo en el que estuvo hasta 1839, mientras continuaba con sus cátedras.

Además de dictar clases en la Universidad de Popayán, a principios de 1850, Pombo se desempeñó como profesor de matemáticas en el Colegio Militar de Bogotá (1848 – 1854), en el Colegio de la Independencia de Bogotá (1853 – 1855), y en el Colegio de San Bartolomé (1857 – 1858). Publicó las *Lecciones de geometrías analítica* (1851) y *Lecciones de aritmética y álgebra* (1858).<sup>69</sup>

Continuó prestando sus servicios en diferentes cargos, haciendo cuanto estuvo a su alcance para favorecer la educación científica y el progreso material; murió en Bogotá. Fue padre del poeta Rafael Pombo, quien también fue ingeniero.<sup>70, 71, 72</sup>

## **GENERAL JOAQUÍN ACOSTA (1800 – 1852)**

Militar que luchó en las guerras de independencia tuvo gran interés en las ciencias y la Ingeniería. Abandonó los estudios de derecho en el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, después de que Simón Bolívar lo integró, en 1819, dentro de las fuerzas revolucionarias patriotas, dirigiendo la campaña libertadora en el Valle del Cauca y Chocó. En Bogotá hizo amistad con los sabios franceses Boussingault y Roulin. Ellos le prestaban libros, le daban lecciones y por último lo recomendaron a sus amigos y parientes en Europa. Con la ayuda del gobierno Acosta salió de Bogotá el 11 de Octubre de 1825 y llegó a París, pasando por los Estados Unidos, al principiar el mes de febrero del siguiente año.<sup>73</sup>

Este viaje a Europa lo acercó a los estudios de mineralogía, geología e ingeniería militar. A su regreso a Colombia, en 1832, asumió el cargo de Ingeniero Director de caminos de Cundinamarca y fue miembro fundador de la Academia Nacional. En 1833 fue nombrado catedrático de Química en la Universidad y comandante al mando de medio batallón de artillería. En 1834 intentó una medición científica del país entre Socorro y el río Magdalena. Siete años después exploró la parte occidental de Colombia desde Antioquía hasta Anserma y estudió su topografía, su historia natural y los rastros de sus habitantes aborígenes. En 1845 fue a España para examinar el material documental entonces accesible acerca de Colombia y su historia

colonial; tres años después, publicó el *Compendio histórico del descubrimiento y colonización de Nueva Granada*.

En 1835 fue diputado al Congreso. En adelante y por muchos años, el general Acosta hizo parte de las distintas comisiones para la inspección y propuestas de trazado de caminos; para el análisis de los modos de explotación de las minas del país; para el estudio de las prisiones de la Costa y los puntos adecuados para establecer colonias agrícolas; y para la observación de los canales y la navegación a vapor.<sup>74</sup>

Además de su *Compendio*, donde incluyó un amplio mapa de la República de la Nueva Granada, tradujo las Memorias que Jean-Baptiste Boussingault había presentado en la Academia de Ciencias de París: *Viajes científicos a los Andes ecuatoriales 1826-1830*, y reprodujo el *Semanario* de Francisco José de Caldas.<sup>75</sup>

## LOS INGENIEROS EXTRANJEROS DURANTE LA REPÚBLICA

Por donde pasaron las tropas españolas de la reconquista, al mando del pacificador Pablo Morillo, los intelectuales fueron silenciados, perseguidos o asesinados, los libros incinerados, especialmente los escritos en una lengua extranjera, como el inglés, el francés y el italiano, y cerrados los colegios y universidades. Los colegios del Rosario y San Bartolomé fueron convertidos en cárceles y cuarteles, y fusilados sus alumnos y egresados más brillantes.<sup>76</sup>

El exterminio de los intelectuales y de los pocos hombres preparados en Ciencia y Tecnología, como consecuencia de la Guerra de Independencia, perjudicó la transmisión de esos conocimientos, retrasó la formación de un grupo interesado en la investigación y el desarrollo de las potencialidades del país mediante la Ingeniería, y dejó un inmenso vacío de maestros e ideólogos para formar los ciudadanos, magistrados, legisladores, jueces ilustrados, políticos y economistas de la República; en resumen, faltaban los intelectuales orgánicos capaces de orientar y gobernar la Sociedad.<sup>77</sup>

Con la instauración de la República, se pensó, al principio, que el gobierno republicano apoyaría las ciencias con la misma generosidad de los Borbones durante la época de la Ilustración, pero la República era débil política y fiscalmente; en consecuencia, la actividad científica recibió aprobación oficial y poco apoyo económico. La mayor parte de los secretarios del interior que ocuparon el cargo entre 1820 y 1845, como José Manuel Restrepo, Lino de Pombo y Mariano Ospina, tuvieron un gran interés por las ciencias y por su enseñanza, y por promover los conocimientos útiles, pero fueron superados por las circunstancias.<sup>78</sup>

La educación formal de ingenieros militares, ideada por Caldas, tuvo corta vida y los colegios provinciales, impulsados por Santander y Bolívar, por lo menos hasta la década de 1860, tendieron a favorecer los estudios de derecho, según la vieja tradición colonial, y retrasaron ostensiblemente la formación de médicos e ingenieros; además, todo el sistema educativo sufrió el desastroso impacto de las continuas guerras civiles y del desorden político. En consecuencia, los pocos científicos criollos que lograron sobrevivir a la guerra se dispersaron, el país quedó sin un grupo tecnológico científico capaz de iniciar una labor educativa y el renacimiento de la ciencia y el desarrollo de Colombia quedaron suspendidos; como ejemplo, en Bogotá no había

más de media docena de colombianos que se ocupaban del estudio de las ciencias en la década de 1830.<sup>79, 80, 81</sup>

Pese a las dificultades, la educación era prioritaria para el nuevo régimen republicano que consideraba la ignorancia como responsable de la desigualdad y de la pobreza; de la universalización de la educación se esperaba la vulgarización de la lectura, de la escritura y de los fundamentos de la aritmética, para impulsar, con todo ello, la agricultura, el comercio y la industria y, por tanto, la economía nacional. Esto porque en la población, el vacío de conocimientos básicos y técnicos en particular, era inmenso. La explotación minera se hacía con métodos artesanales, heredados de los indígenas y de los españoles, lo que la hacía costosísima y la mayor parte del oro se perdía.<sup>82, 83, 84</sup>

Para reemplazar a los sabios que perecieron en la época de la Independencia y puesto que el desarrollo del país y, en particular, de la industria minera, no daba espera, el gobierno tuvo la idea de traer científicos europeos. Por ello Santander, en 1821, solicitó a Francisco Antonio Zea, representante de Colombia en Europa, que hiciera los contactos pertinentes. Zea contrató al ingeniero mejicano José María Lanz para levantar el mapa de la nueva República; un año después, reunió un grupo de cinco científicos y técnicos para fundar en Bogotá una Escuela de Minería, semejante a la que ya existía en México, y un Museo de Historia Natural. Zea escogió a Mario Rivero, ingeniero metalúrgico y de minas peruano, a Jean Baptiste Boussingault, graduado de la Escuela de Minas de Saint-Etienne, a Francisco Desiré Roulin, médico y zoólogo, a Justin Goudot, botánico y preparador, y a James Bourdon, entomólogo. Humboldt, entusiasmado con la orientación científica que tomaba la nueva República, escribió a Bolívar para sugerirle que estos sabios se ocupasen de estudiar la explotación de los yacimientos metálicos de la Nueva Granada y de investigar la nivelación del istmo de Panamá y de Cupica. Sin embargo, estos científicos vinieron de paso y escribieron sus memorias científicas especialmente para sus pares europeos; al final, esta expedición benefició más las carreras de los expertos mismos que el desarrollo del país.<sup>85, 86</sup>

El director de la expedición, Mario Rivero, aceptó transportar hasta Bogotá una biblioteca científica y equipos de laboratorio para fundar un Museo Natural, una Escuela Nacional de Minas y ejercer la función de Director Nacional de Minas; según el contrato, la Escuela debía recibir por lo menos un estudiante de cada Provincia del país, y el personal del Museo enseñar ciencias. El programa no se llevó a cabo por completo, pero algunos cursos se dictaron y la Escuela fue abierta oficialmente, aunque sin mayores éxitos. Mario Rivero y sus colegas adelantaron pocas tareas de enseñanza, pero realizaron algunas investigaciones de mucho valor sobre los yacimientos de hierro de la cordillera occidental. La Escuela de Minería formó parte de un movimiento general de reforma más amplio, puesto que la enseñanza de la minería había sido ya ordenada en los colegios provinciales de Popayán y Medellín.<sup>87</sup>

Jean Baptiste Boussingault firmó un contrato por cuatro años, de 1823 a 1827, para enseñar mineralogía y química en aquella Escuela de Minas, y como mineralogista investigador e ingeniero de minas en la Nueva Granada. Permaneció diez años en el territorio nacional y sus trabajos estuvieron orientados hacia la inspección de minas, el ensaye de metales y la dirección de los estudios geológicos en Antioquia, Chocó y Mariquita. Él y otros ingenieros europeos que estuvieron en Antioquia introdujeron la máquina para triturar minerales, conocida como molino de piones y arrastre, hecha con acero, cuyo éxito se debió a lo fácil de su construcción; todo ello

incrementó la producción de las minas de oro de Antioquia. Como educador, orientó sus enseñanzas hacia la agricultura y la química, publicando varios trabajos científicos, y estudió las aguas minerales y el origen del bocio, ya que la sal de Guaca tenía la propiedad de evitarlo. Hacia 1824 empezaron a explotarse en Anorí algunos ricos filones, y un industrioso artesano, Gregorio Baena, construyó allí el primer molino de pisones, hechos de madera, que se conoció en la Provincia de Antioquia. En 1828 se introdujo en Marmato la amalgamación de los minerales de plata, y la rica mina de Frontino se estableció en 1833.<sup>88, 89</sup>

Los técnicos e ingenieros extranjeros que vinieron al país, en especial a Antioquia, además de poseer una amplia educación, procedían de familias distinguidas de sus propios países y se preocuparon por el mejoramiento técnico de la actividad minera y el desarrollo de la provincia; su actividad puede catalogarse como un factor de enseñanza técnica, como escuela práctica de ingeniería e industria en la que muchos de sus auxiliares nativos se formaron. También puede considerarse como agente educativo para los trabajadores, por inducción, la acción de las empresas en las que laboraban, como las minas de Marmato y El Zancudo, los laboratorios de fundición y análisis de minerales, las ferrerías, en especial la de Amagá, y la casa de moneda, pues en éstas se convirtieron en auxiliares esenciales de toda obra de ingeniería.<sup>90</sup>

Se observa pues que, tan pronto pasaron las guerras de independencia, en el país, especialmente en Antioquia, las actividades mineras se reanudaron con nuevo brío y al lado del mazamorreo se desarrolló un sector de empresarios mineros que trataron de introducir nuevas técnicas en las minas de aluvión y explotar las minas de veta, poco trabajadas por los españoles. Así en los primeros años de la república comenzó el proceso de inmigración de ingenieros, administradores y técnicos europeos con destino a las prósperas zonas mineras del país. En 1825 y en los dos o tres años siguientes vinieron a las minas de plata de Santa Ana y a las de oro de Marmato y Supía varios ingenieros de minas europeos traídos por el nuevo gobierno colombiano o por empresarios particulares. En este grupo se encuentran, entre otros, los ingleses James Tyrell Moore Stewart, Edward Nicholls Heus, William Cock Williamson, Carlos Johnson, Thomas Johns, Thomas Eastman, Roberto White y Juan Henrique White; los franceses Gabriel Tisnés, Pablo de Bedout, Pedro Bouhot, Eugene Lutz y Adolfo Ghaisne, "Conde de Bourmont"; los alemanes Carlos Greiffenstein, Felipe Hencker, Enrique Haeusler, Agustín Freydel, Jorge Federico Gartner, Reinhold Paschke, Reginaldo y Guillermo Wolff, y los suecos Pedro Nisser, Carlos Ulrich von Hauswolff y Carlos Segismundo Tromholt von Greiff.

Robert Stephenson, hijo de George, el célebre ingeniero del ferrocarril y la locomotora, fue director de la mina de Santa Ana entre 1825 y 1827. Santa Ana se llama actualmente Falan, en honor del ingeniero y poeta Diego Fallon, nacido allí e hijo del médico irlandés Thomas Fallon, que llegó en 1822 a trabajar en las minas.<sup>91</sup>

Estos profesionales modernizaron la minería de socavón y la aluvial; formaron capataces con mejores conocimientos; enseñaron mineralogía, hidráulica práctica y agrimensura; y sembraron la aspiración en las regiones mineras de crear y desarrollar la profesión de la ingeniería. La moderna tecnología que ellos le inyectaron a la minería benefició especialmente a la minería de socavón, que adquirió así una gran importancia que antes no tenía.<sup>92</sup> Algunos de esos ingenieros regresaron a sus patrias, como Boussingault, Nisser, Dogenhardt y Stephenson. Otros permanecieron en el país y fundaron familias que aún existen, como De Greiff, Walker, Wills, Moore, Johnson y White.

De modo pues, que lo que no hizo la educación formal lo realizó, entonces, el desarrollo tecnológico de la minería, especialmente después de 1830. Su legado fue, entre otras, en las áreas de la mineralogía, la geología, la hidráulica, la mecánica, la termodinámica, la química inorgánica, los métodos geofísicos, la refinación de oro y plata, la construcción de vías, la rueda hidráulica y los monitores, la fundición de metales y las máquinas de vapor. La ingeniería regional, entonces, tomó el rumbo determinado por las necesidades de la minería.<sup>93,94</sup>

Von Hauswolff fue el pionero de aquella fiebre áurea y llegó a Cartagena en 1822; obtuvo la concesión de una mina y en 1823 viajó a Londres para conseguirle socios a su empresa, la que fracasó y regresó pobre a su patria Suecia. Pedro Nisser, un ingeniero de minas nacionalizado en Suecia, vino en la expedición que organizó Hauswolff, se estableció en la Provincia de Antioquia, en 1825, para trabajar en una mina pequeña a la que se dio el nombre de Oscarberg; con sus aportes científicos transformó las técnicas en el laboreo de las minas, haciendo énfasis en la explotación de la minería de veta que, en su criterio, era más rentable para el enorme potencial minero de la agreste geografía antioqueña; fueron los mineros traídos por Nisser en uno de sus viajes, los que por primera vez instalaron los molinos de bocarte en lo que hasta entonces eran incipientes establecimientos mineros en el norte y nororiente de Antioquia. Nisser escribió un tratado retrospectivo sobre los yacimientos de oro en Colombia y sobre la forma de su explotación, por el que le dieron en Rusia una gran medalla de oro; confeccionó mapas, y se dedicó a las ciencias naturales y al ejercicio de la medicina, con base en conocimientos adquiridos en Suecia.<sup>95,96</sup>

Carlos Segismundo de Greiff, nacido en Suecia, estudió en la Universidad de Upsala y en el Colegio Militar de Carlburg, fue capitán de Estado Mayor y cuñado de Hauswolff; instruido en matemáticas, latín e idiomas modernos, llegó a la Provincia del Antioquia en 1826 con su esposa, su hermana y un cuñado ruso, que era químico, en virtud de un contrato con la casa inglesa B. A. Goldsmith & Co. Estableció por primera vez los molinos de piones metálicos en las vetas de Amalfi, Anorí y Remedios y firmó un contrato para instalar un bocarte en esta región; fue encargado de la apertura del camino de Murindó en la región occidental, hacia el Golfo de Urabá. En esa época, de Greiff escribió importantes informes sobre el proyecto de canalización del Istmo de Panamá, trazó el primer mapa de la Provincia de Antioquia y lo hizo litografiar a su costa en París, en 1857 y escribió unas *Apuntaciones históricas y geográficas de la antigua Provincia de Antioquia*.<sup>97,98</sup>

Tyrrell Moore, educado en Inglaterra y graduado de la Escuela de Minería de Friburgo, en Alemania, llegó a Antioquia llamado por Boussingault, administrador en ese momento de las minas de Marmato, y luego se dedicó a la minería en Santa Rosa y Anorí; construyó e instaló varios molinos de pisón, enseñó a trazar socavones, introdujo el uso de la pólvora, importó mejores herramientas manuales e instaló ruedas hidráulicas para accionar las máquinas. Moore se asoció con Julián Vásquez, en 1828, para explotar algunas minas e inició en Marmato la explotación de la plata, trabajó en la mina del Zancudo en Titiribí, una de las empresas mineras más grandes de Antioquia, donde estableció la explotación científica de los minerales, dirigió los trabajos subterráneos y desarrolló técnicas nuevas para fundir minerales; construyó los primeros hornos de fundición que hubo en Antioquia e introdujo instrumentos, herramientas y métodos hasta entonces desconocidos; hizo construir, en 1831, varios molinos Cornish para enseñar su fabricación y manejo a los mineros locales; fundó la empresa de Sitioviejo, o hacienda de

fundición de Titiribí; realizó el estudio topográfico de las tierras vírgenes cercanas a Valdivia y participó en la construcción del camino hacia Ayapel; levantó un mapa científico de Antioquia, que más tarde sirvió de modelo a la comisión corográfica de Codazzi. En la década de 1840 Moore había alcanzado una posición tan prominente que, con el comerciante Gabriel Echeverri, donó los terrenos que ocupan hoy el Parque de Bolívar y la Catedral Metropolitana de Medellín.<sup>99, 100</sup>

Para ejecutar algunas obras, Tyrell Moore trajo varios mecánicos europeos, entre ellos al alemán Enrique Haeusler, en 1839, quien diseñó y construyó maquinaria para minas, firmó un contrato con el gobierno de Antioquia para construir varios puentes de piedra, entre ellos el primer puente sobre el río Medellín en la calle Colombia, el que comunica a Rionegro con San Antonio de Pereira y el puente de Guayaquil en Medellín. Haeusler fue Director de la Escuela de Artes y Oficios, fundada en 1864, y estableció un taller de carpintería en Medellín que empleaba 20 obreros. Tyrell Moore también trajo, en 1858, al metalurgista Carlos Greiffenstein, para trabajar en la mina de El Zancudo; éste permaneció por 15 años en Titiribí y luego pasó a las minas de Marmato, se casó en estas tierras y su familia puso sus habilidades técnicas y empresariales al servicio de varias industrias manufactureras incipientes, ubicadas en Medellín.<sup>101, 102</sup>

Otros ingenieros extranjeros que es necesario recordar son los relacionados con las ya mencionadas ferrerías; en conjunto a las ferrerías de Pacho, Samacá, La Pradera y Amagá llegaron técnicos siderúrgicos extranjeros provenientes de Inglaterra, Francia y Estados Unidos. De acuerdo con Mayor Mora a la ferrería de Pacho arribó, en primera instancia un núcleo que venía de una de las regiones siderúrgicas más desarrolladas de Francia: Grenoble. Después, cuando se optó por la tecnología inglesa hubo técnicos de Escocia, Sttaforshire y otros lugares no especificados.<sup>103</sup>

En La Pradera y Samacá, a su vez, al principio hubo técnicos ingleses de la ferrería de Pacho y luego hubo también de Estados Unidos. Por su parte en Amagá el núcleo provenía de París y también hubo ingenieros alemanes y de otras regiones.<sup>104, 105</sup>

## CONCLUSIONES

Los tratadistas colombianos no han valorado suficientemente el papel de la Ingeniería en todos estos procesos históricos y este pequeño esbozo es apenas una invitación a ahondar en estos temas. Esto es así porque todos los aspectos de la civilización –incluidas la guerra y la paz– se asientan sobre bases materiales, las mismas que fundamentan los ingenieros, como lo afirman Burke y Ornstein en su libro *Del hacha al chip*, donde a esos personajes los denominan *los fabricantes de hachas*: “Este libro trata de las personas que nos ofrecieron el mundo a cambio de nuestra mente. Los dones que aceptamos de ellos nos dieron la capacidad de alterar nuestro modo de vida, y al hacerlo se modificó también nuestra forma de pensar. Este pacto fáustico quedó sellado hace más de un millón de años...”

“Llamaremos a aquellos con quienes establecimos el pacto *fabricantes de hachas*. Pero fabricaban más cosas. Fabricaban todo, incluidas nuestras esperanzas y sueños. Y siguen fabricando cuanto amamos y odiamos, ya que producen los instrumentos que cambian nuestro entorno. Y cuando aceptamos sus innovaciones y las usamos, con ello configuramos el mundo en

que vivimos, las creencias por las que luchamos y morimos, los valores de los que nos nutrimos, y nuestra propia naturaleza.”<sup>106</sup>

De acuerdo con estas afirmaciones y con los datos que se han aportado, es evidente que la Ingeniería jugó su papel durante de la época de la Independencia y los primeros años de la República, lo que se hace evidente en las realizaciones de Francisco José de Caldas y los demás ingenieros reseñados.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) Ortega y Gasset, José, “Meditación de la Técnica”, *Obras Completas*; Revista de Occidente, Madrid, 1964, 6 a ed., Vol. V, p. 304.
- (2) White, Jr., Lynn, *Medieval Technology and Social Change*, Oxford, 1962, p. 96.
- (3) Feldhaus, F. M., *La técnica de la Antigüedad y de la Edad Media*, Potsdam, 1931, p. 277.
- (4) White, Jr., Lynn, *Op. Cit.*, p. 175.
- (5) Valencia G., Asdrúbal, *La evolución de la cultura material. Una historia de la Ingeniería*, Editorial Universidad de Antioquia. Colección Reimpresos, Medellín, 2006, p. 321.
- (6) « École National du Ponts et Chaussées », disponible en : [http://www.enpc.fr/fr/enpc/historique/realisation\\_hist.htm](http://www.enpc.fr/fr/enpc/historique/realisation_hist.htm), consultada el 06 – 08 - 2009.
- (7) Picon, Antonine, « Le corps des Ponts et Chaussées. De la conquête de l'espace national à l'aménagement du territoire. », *La génie en France*, disponible en <http://www.enpc.fr/enseignements/Picon/CorpsPC.html>, consultada el 06 – 08 - 2009.
- (8) Brunot, André *Le Corps des Ponts et Chaussées*, CNRS Editions - Histoire de l'administration française, Paris, 1982, p. 28.
- (9) Taton, René, “L'École Royale du génie de Mézières”, *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIIIe siècle*, Tatón, René (ed.), Hermann, París, 1964, p. 559.
- (10) Belhoste, Bruno, “Du dessin d'ingénieur à la géométrie descriptive. L'enseignement de Chastillon à l'École royale du génie de Mézières », *In Extenso*, No 13, juin 1990, p. 103.
- (11) Bruno, «L'École du Génie de Mézières. L'alliance entre théorie et pratique» *La Recherche*, N° 300, 1997, p. 40.
- (12) Sanzo, Ubaldo, « Alle origine dell'École Polytechnique », *Matematicamente*, p. 234. Disponible en : [ttp://www.matematicamente.it/arche/volume4art09.pdf](http://www.matematicamente.it/arche/volume4art09.pdf), consultada el 06 – 08 - 2009.
- (13) Belhoste, Bruno, « De l'École des ponts et chaussées à l'École centrale des travaux publics », *Bulletin de la société des amis de la bibliothèque de l'École polytechnique*, No 11, février 1994, p. 1.
- (14) Requejo, José Hernando, “Don Juan Subelcarse Cretz. Director de la escuela de camino, canales y puertos...”, *Revista de Obras Públicas*, Diciembre de 1986, p. 973.
- (15) Sáenz Ridruejo Fernando, “Los primeros ingenieros de caminos (1799 – 1839), *Revista de Obras Públicas*, Mayo, 1983, p. 369.
- (16) Rumeu de Armas, Antonio, *Ciencia y Tecnología en la España Ilustrada, La escuela de caminos y canales*, Ediciones Turner, Madrid, 1980, p. 43.
- (17) González T., Ignacio e Isabel Velásquez S., *Ingeniería civil en España: precedentes, historia y técnicas*, Ediciones El Umbral, Madrid, 2008, p. 27.
- (18) Torres Sánchez, Jaime y Luz Amanda Salazar Hurtado, *Historia de la Ingeniería y la Educación en Colombia*, Universidad Nacional, Bogotá, 2002, p. 98.

- (19) Moncada, Omar. *Ingenieros militares en Nueva España. Inventario de su labor científica y espacial*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1993, p. 2.
- (20) Jori, Gerard, “El ingeniero militar Antonio Álvarez Barba...”, *Revista bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, Vol. XII, N° 710, 10 de marzo de 2007; [http://www.ub.es/geocrit/b3w-710.htm#\\_edn2](http://www.ub.es/geocrit/b3w-710.htm#_edn2).
- (21) Moncada, Omar. *Ingenieros militares en Nueva España. Inventario de su labor científica y espacial*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1993, p. 2.
- (22) Jori, Gerard, “El ingeniero militar Antonio Álvarez Barba...”, *Revista bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, Vol. XII, N° 710, 10 de marzo de 2007; [http://www.ub.es/geocrit/b3w-710.htm#\\_edn2](http://www.ub.es/geocrit/b3w-710.htm#_edn2).
- (23) Palacios Remondo, Jesús, “Juan José Delhuyar y Lubice”, *Fundación Ignacio Larramendi. Documentos*, Logroño, [s.f]; disponible en [http://www.larramendi.es/Poligrafos/DOCUMENTOS/POLIGRAFOS\\_ESP/DELHUYAR/Juan%20Jos%C3%A9%20Delhuyar%20y%20Lubice.pdf](http://www.larramendi.es/Poligrafos/DOCUMENTOS/POLIGRAFOS_ESP/DELHUYAR/Juan%20Jos%C3%A9%20Delhuyar%20y%20Lubice.pdf), consultado 01- 09- 2009.
- (24) Palacios Remondo, Jesús, *Los Delhuyar: La Rioja en América: biografía de los hermanos Juan José y Fausto a través de fuentes y bibliografía*, Consejería de cultura, deportes y juventud, Logroño, 1992, p. 26.
- (25) Gartner, Álvaro, *Los místeres de las minas. Crónica de la colonia más grande de Colombia en el siglo XIX, surgida alrededor de las minas de Marmato, Supía y Riosucio*, Editorial Universidad de Caldas, Manizales, 2005, p. 98.
- (26) ---, *Ibidem*, p. 98.
- (27) Wiesner Gonzalez Nelson Leonardo, “La vida del abuelo Jacobo Wiesner”, puesto en la Web el miércoles 19 de septiembre de 2007: <http://nelsonwiesner.blogspot.com/2007/09/la-historia-del-abuelo-jacobo-wiesner.html>
- (28) “Pacho: 404 años de historia”; disponible en <http://pachocundinamarca.gov.co/sitio.shtml?apc=I1----&x=2795228>
- (29) Ibáñez, Pedro M., *Crónicas de Bogotá*, Tomo III; disponible en <http://www.lablaa.org/blaavirtual/historia/cronic/cap43.htm>.
- (30) Caldas, Francisco José de, “Cartas de Caldas”, *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias exactas, físicas y naturales*. 1978. p. 99.
- (31) Restrepo, José Manuel. *Historia de la Revolución de la República de Colombia*. Medellín, Bedout, 1969, tomo I, p. 37.
- (32) Vargas, Pedro Fermín, *Pensamientos políticos*, Universidad Nacional, Santafé de Bogotá, 1968, p. 75.
- (33) La Pedraja Román, René de, *Fedemetal y la industrialización de Colombia*, Fedemetal, Santafé de Bogotá, 1986, p. 5.
- (34) Peralta, Jaime Andrés, *Esa sed insaciable de saber*, Edición del autor, Medellín, 1991, p. 118.
- (35) Bateman, Alfredo D., *Páginas para la historia de la Ingeniería colombiana*, Editorial Kelly, Bogotá, 1972, p. 253.
- (36) Vejarano, Jorge Ricardo, *Nariño: su vida, sus infortunios, su talla histórica*, edición de la Caja de Crédito Agrario, Bogotá, 1972, p. 182.
- (37) Bateman, Alfredo D., *Francisco José de Caldas: el hombre y el sabio*, Bogotá, 1998, p. 418.
- (38) Restrepo, José Manuel, *Op. Cit.*, p. 292.
- (39) Tisnés Jiménez, Roberto M., *Don Juan del Corral libertador de los esclavos*, Biblioteca Banco Popular, Cali, 1980, p. 138.

- (40) Bateman, Alfredo D., *Francisco José de Caldas: el hombre y el sabio*, Bogotá, 1998, p. 418.
- (41) Restrepo, José Manuel, *Historia de la Revolución en Colombia*, Editorial Bedout, Medellín, 1969, Tomo I, p. 292.
- (42) Tisnés Jiménez, Roberto M., *Don Juan del Corral libertador de los esclavos*, Biblioteca Banco Popular, Cali, 1980, p. 138.
- (43) Santamaría Álvarez, Peter, *Op. Cit.*, tomo I, p. 22.
- (44) Bateman, Alfredo D., *Op. Cit.*, 1998, p. 418.
- (45) Tisnés Jiménez, Roberto M., *Op. Cit.*, p. 139.
- (46) Duque Betancur, Francisco, *La historia del Departamento de Antioquia*, Albón – Interprint, Medellín, 1968, p. 454
- (47) Díaz Piedrahita, Santiago, *Nueva aproximación a Francisco José de Caldas*, Academia colombiana de historia, Bogotá, 1997, p. 45.
- (48) Pombo, Lino de, “Francisco José de Caldas. La vida del sabio”, *Francisco José de Caldas*, Lino de Pombo, Luis María Murillo y Alfredo D. Bateman, Suplemento de la Revista de la Academia colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Bogotá, 1958, p. 44.
- (49) Tisnés Jiménez, *Op. Cit.*, p. 219.
- (50) Schumacher, Hermann A., *Biografía cultural del sabio Caldas*, Editora Guadalupe, Bogotá, 1976, p. 141.
- (51) Tisnés Jiménez, *Op. Cit.*, p. 218.
- (52) *Lecciones de fortificación y arquitectura militar dictadas en la Escuela de Ingenieros de Medellín por el Coronel de Ingenieros Francisco José de Caldas, de principios de octubre de 1814 a mediados de 1815*. Fotocopia. Centro de Documentación. Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín.
- (53) López Bermúdez, Andrés. “La Academia de Ingenieros Militares”, *Universidad de Antioquia, historia y presencia*, María Teresa Uribe, coordinadora, Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, 1998, p. 24.
- (54) Tisnés Jiménez, *Op. Cit.*, p. 226.
- (55) Caldas, Francisco José, *Obras Completas*, Universidad Nacional, Bogotá, 1966, p. 55.
- (56) Morales de Mosquera, Luz Yolanda, “Coronel Francisco José de Caldas, un investigador pionero de la ingeniería colombiana”, *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, No. 12, junio de 2002, p. 81.
- (57) Caldas, Francisco José de, *Op. Cit.*, p. 77.
- (58) Wilton Apel, John, “Francisco José de Caldas. A scientist at work in Nueva Granada”, *Transactions of the American Philosophical Society*, Vol. 84, pat 5, 1994, p. 106; disponible en:  
[http://books.google.com.co/books?id=5x4LAAAIAAJ&dq=Francisco+Jose+de+Caldas&printsec=frontcover&source=bl&ots=oGm3mq5DAf&sig=6iZwhNhuQKcPA1pHkQtpuf9BL L4&hl=es&ei=I2mySp\\_dGYKItgei7visDg&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=1#v=onepage&q=Francisco%20Jose%20de%20Caldas&f=false](http://books.google.com.co/books?id=5x4LAAAIAAJ&dq=Francisco+Jose+de+Caldas&printsec=frontcover&source=bl&ots=oGm3mq5DAf&sig=6iZwhNhuQKcPA1pHkQtpuf9BL L4&hl=es&ei=I2mySp_dGYKItgei7visDg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1#v=onepage&q=Francisco%20Jose%20de%20Caldas&f=false); consultado el 11 – 09 – 2009.
- (59) Pizano de Ortiz Sophy, "Don Juan Bernardo Elbers, fundador de la navegación por vapor en el río Magdalena". *Boletín de Historia y Antigüedades*, Vol. XXIX, 1942, p. 867.
- (60) Bejarano, Juanita, Álvaro José Mesa y Carolina Sepúlveda, “Navegación fluvial en el río Magdalena. De los champanes, bongos y piraguas al barco a vapor”, *Historia de la*

- tecnología. Sección II, Universidad de los Andes, Bogotá, 2004; disponible en <http://tecnologiaysociedad.uniandes.edu.co/BorradoresTyS/navegacion.pdf>
- (61) García Bernal, Ricardo, “Juan Bernardo Elbers patriota y pionero”, *Revista Armada*, edición No. 88 junio 15 de 2005; disponible en <http://www.armada.mil.co/?idcategoria=89280>
- (62) Molina, Luis Fernando, “Juan Bernardo Elbers”, Biblioteca Virtual del Banco de la República; disponible en <http://www.lablaa.org/blaavirtual/biografias/elbejuan.htm>
- (63) Gilmore, Robert Louis. y John Parker Harrison, "Juan Bernardo Elbers y la introducción de la navegación a vapor en el río Magdalena", *El siglo XIX en Colombia visto por historiadores norteamericanos*. Jesús Antonio Bejarano (comp.), La Carreta. Medellín, 1977, p. 177
- (64) García Bernal, Ricardo, *Juan Bernardo Elbers del Rhin al Magdalena*, Edición del autor, Bogotá, 2007.
- (65) Camacho Roldán, Salvador, *Notas de viaje*, Banco de la República, Bogotá, 1973, Tomo I, p. 133.
- (66) Poveda Ramos, Gabriel, *Ingeniería e Historia de las Técnicas*, Colciencias, Bogotá, 1993, tomo 1, p. 66
- (67) Espinosa, Germán, *Lino de Pombo el sabio de las siete esferas*, Colciencias, Bogotá, 1998, p. 36
- (68) Mier, José M. de, *El ingeniero Don Lino de Pombo O'Donnell*. Sociedad Colombiana de Ingenieros, Bogotá, 2003, p. 23.
- (69) Safford, Frank, *El ideal de lo práctico. El desafío de formar una élite técnica y empresarial en Colombia*, Empresa Editorial Universidad Nacional, Bogotá, 1989, p. 170.
- (70) Alfredo D. Bateman, “Lino de Pombo”. *Boletín de Historia y Antigüedades*, Vol. 50, 1963, p. 100.
- (71) Cuartas Chacón, Carlos Julio. “Don Lino de Pombo”. *Anales de Ingeniería*, No. 886, 1966, p. 24.
- (72) Cuartas Chacón, Carlos Julio, “Elogio de Don Lino de Pombo”, Cartagena 24 se septiembre de 2003; disponible en <http://www.acofi.edu.co/portal/documentos/LINO%20Elogio%20Cartag%2024%20sep%2003.pdf>,
- (73) Daun, P., *Biografía del general Acosta. Discurso pronunciado por el señor Doctor Jacobo Páez en la sesión solemne de la Sociedad de San Vicente de Paul de Chiquinquirá*, Imprenta del Neo Granadino, Bogotá, 1853.
- (74) Gómez Giraldo, Lucella, “Joaquín Acosta”, Biblioteca virtual del Banco de la República; disponible en <http://www.lablaa.org/blaavirtual/biografias/acosjoaq.htm>.
- (75) Acosta de Samper, Soledad, *Biografía del general Joaquín Acosta, prócer de la independencia, historiador, geógrafo, hombre científico y filántropo*. Bogotá, Librería Colombiana Camacho Roldán-Tamayo, 1901; disponible en <http://www.lablaa.org/blaavirtual/historia/bio/indice.htm>.
- (76) Santa María, Peter, “La Ingeniería”, *Historia de Antioquia*, Jorge Orlando Melo (editor), Suramericana, Medellín, 1988, p. 402.
- (77) Ibáñez, Pedro María. *Crónicas de Bogotá*, Imprenta Nacional, Bogotá, 1923, tomo 3; <http://www.lablaa.org/blaavirtual/historia/cronidos/capitxlix.htm>
- (78) Safford, Frank, *Op. Cit.*, p. 52.
- (79) Forero, Manuel José, *Santander, su vida, sus ideas, su obra*. Prólogo de Laureano García Ortiz. , Ed. Águila, Bogotá, 1937, 3a ed., p. 142.

- (80) Dollero, Adolfo, *Cultura colombiana. Apuntaciones sobre el movimiento intelectual de Colombia, desde la conquista hasta la época actual.*, Editorial Cromos, Bogotá, 1930, p. 318.
- (81) Santamaría Álvarez, Peter. *Op. Cit.*, Tomo I, p. 65.
- (82) Restrepo, Vicente, “La minería en Antioquia”, *La minería antioqueña*, Asociación Colombiana de Mineros, Bogotá, 1972, p. 91.
- (83) Restrepo, Vicente, *Estudio sobre las minas de oro y plata en Colombia*, FAES, Medellín, 1979, p. 201.
- (84) *Documentos biográficos relativos a Carlos S. De Greiff y sus hijos*, compilador Luis de Greiff, Editorial Bedout, Medellín, 1955, p. 29.
- (85) Santamaría Álvarez, Peter. *Op. Cit.*, Tomo I, p. 66.
- (86) Margarita Combes, *Roulin y sus Amigos: burguesía desvalida y arriesgada 1796 – 1874*, Biblioteca Popular de Cultura Colombiana, No 30, Editorial A. B. C. Bogotá, 1942, p. 5.
- (87) Vezga, Florentino, *La expedición botánica*, Carvajal, Cali, 1971, p. 178.
- (88) Boussingault, J. B., *Viajes científicos a los Andes Ecuatoriales o colección de memorias sobre física, química e historia natural de la Nueva Granada, Ecuador y Venezuela, presentadas a la Academia de Ciencias de Francia por M. Boussingault, su actual Presidente, y Miembro del Consejo de Estado de la República; y por el Sr. Dr. Roulin: Traducidas con anuencia de los autores por J. Acosta, y precedidas de algunas nociones de geología, por el mismo*. Librería Castellana, Lasserre Editor, París, 1849.
- (89) Poveda Ramos, Gabriel, *Minas y mineros de Antioquia*, Departamento Editorial del Banco de la República, Medellín, 1981, p. 49.
- (90) García Estrada, Rodrigo de J., “Extranjeros en Medellín”, *Boletín Cultural y Bibliográfico*, No. 44, Volumen XXXIV - 1997 - editado en 1998; <http://www.lablaa.org/blaavirtual/publicacionesbanrep/boletin/bolet1/bol144/bol144d.htm>
- (91) Ramírez, Natalia M., “Diego Fallon”; <http://bama.ua.edu/~tatuana/numero2/images/revfallon.pdf>
- (92) Brew, Roger, *El desarrollo económico de Antioquia desde la Independencia hasta 1920*, Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, 2000, p. 118.
- (93) Poveda Ramos, Gabriel, *Minas y mineros de Antioquia*, Banco de la República, Medellín, 1981, p. 53
- (94) Liesegang, Carl, *Deutsche Berg-und Hüttenleute in Süd-und Mittelamerika*, Hamburg, Heitmann, 1949, p. 49.
- (95) Nisser, Pedro, *La Minería en la Nueva Granada*, Banco de la República, Bogotá. 1990, p. 11.
- (96) Santamaría Álvarez, Peter. *Op. cit.*, Tomo I, p. 73
- (97) Santamaría Álvarez, Peter. *Ibid.*, Tomo I, p. 76.
- (98) *Documentos biográficos relativos a Carlos S. De Greiff y sus hijos*, compilador Luis de Greiff, Editorial Bedout, Medellín, 1955, p. 57.
- (99) Echavarría Misas, Guillermo, “James Tyrrel Moore Stewart”, *Repertorio Histórico de la Academia antioqueña de historia*, Vol. 26, Jul. – sept., 1971; disponible en: [http://biblioteca-virtual-antioquia.udea.edu.co/pdf/11/11\\_350250372.pdf](http://biblioteca-virtual-antioquia.udea.edu.co/pdf/11/11_350250372.pdf)
- (100) Ospina, E. Libardo, “El señor Moore, la minería y el parque de Bolívar”, *La ciudad y sus cronistas*, Miguel Escobar Calle (comp.), ITM, Medellín, 2003, p. 143.
- (101) Nicholls H., Edward, “Europeos en Colombia”, mayo 22 de 2006; [http://el-universal-de-jujuy.blogspot.com/2006\\_05\\_01\\_archive.html](http://el-universal-de-jujuy.blogspot.com/2006_05_01_archive.html)

- (102) Botero, María Mercedes, *La ruta del oro: una economía primaria exportadora, Antioquia 1850 – 1890*, Fondo Editorial EAFIT, Medellín, 2007, p. 49.
- (103) Mayor Mora, Alberto, *Cabezas duras y dedos inteligentes: estilo de vida y cultura técnica de los artesanos colombianos del siglo XIX*, Colcultura, Bogotá, 1997, p. 49.
- (104) Pedraja, René Román de la, *Fedemetal y la industrialización de Colombia*, Fedemetal, Bogotá, 1995, p. 6.
- (105) Poveda Ramos, Gabriel, *Simesa: Medio siglo de Siderurgia en Colombia*, SIMESA, Medellín, 1998, p. 14
- (106) Burke, James y Roberto Ornstein, *Del hacha al chip*, Planeta, Barcelona, 2001, p. 15.