

01060

4

205

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

LOS INGENIEROS GEOGRAFOS DE MEXICO, 1823-1915

T E S I S
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRIA EN GEOGRAFIA
S U S T E N T A

HECTOR MENDOZA VARGAS

MEXICO, 1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

Agradecimientos

Introducción

I. Dos vertientes de la Geografía académica de Europa siglos XVIII-XIX: ingeniería geográfica y geografía universitaria

1. Un lugar para la ingeniería geográfica en la historiografía de la Geografía	1
2. Antecedentes principales de la ingeniería geográfica de Europa	8
a) Abraham Ortelius (1527-1598)	10
b) Peter Apianus (1495-1552)	12
c) Oronce Finé (1494-1555)	12
d) Gerardus Mercator (1512-1594)	13
3. Elementos que desarrollaron a la ingeniería geográfica	15
a) Construcción y empleo de instrumentos científicos	16
b) Sistemas de proyección cartográfica a partir de principios matemáticos	20
c) El advenimiento de la ingeniería de Europa	26
4. La Ingeniería geográfica de España	30
a) Felipe II y el proyecto del mapa de España	31
b) Los ingenieros militares del siglo XVIII	34
c) La ingeniería geográfica de España, siglo XIX	36
5. La ingeniería geográfica de Francia	39
a) Formación y enseñanza de los primeros ingenieros geógrafos	45
b) La Escuela de Ingenieros geógrafos de París	48
c) Los primeros ingenieros geógrafos del Depósito de la Guerra francés	53
d) La influencia de Napoleón en los trabajos de la ingeniería geográfica	56
6. Los ingenieros geógrafos y los proyectos de la Carta de Francia en la primera mitad del siglo XIX	60
a) Primer proyecto de la Carta de Francia 1817-1821	63
b) Segundo proyecto de la Carta de Francia 1821-1824	66
c) Tercer proyecto de la Carta de Francia 1824-1825	68

II. Panorama de la geografía de la Nueva España. Siglo XVIII.

1. Participación de corporaciones técnico-científicas en la geografía colonial.	
a) Labor geográfica de la compañía de Jesús	74
b) Los tlacuilos-agrimensores	76
c) Labor geográfica de los científicos novohispanos del siglo XVIII: José Antonio Alzate (1737-1799), Joaquín Velázquez de León (1732-1786), Antonio de León y Gama (1735-1802) y José Ignacio Bartolache (1735-1790)	81
d) Los ingenieros militares de la Nueva España	97
2. El Real Seminario de Minería de la Ciudad de México	102
a) La práctica geográfica en el Real Seminario de Minería	106
b) La cátedra de Geografía 1802-1806	109
3. ¿Alejandro de Humboldt, ¿ingeniero geógrafo?	116

III. Planes e institucionalización de la ingeniería geográfica de México

1. La ingeniería geográfica de México	128
a) La ingeniería geográfica en el plan educativo de 1823	130
b) La ingeniería geográfica en el plan educativo de 1826	135
2. La reforma educativa de 1833	141
a) Sustitución del ingeniero geógrafo por el "agrimensor geógrafo" en el plan educativo de 1833	143
b) El plan de estudios del "agrimensor geógrafo"	144
3. La ingeniería geográfica en el Colegio de Minería 1843-1859	147
a) La ingeniería geográfica en el plan educativo de 1843	148
b) La ingeniería geográfica en el plan educativo de 1854	153
c) La ingeniería geográfica en el plan educativo de 1859	156
4. La ingeniería geográfica en el período de 1861-1867	158
5. La ingeniería geográfica en el período de 1867-1881	163

6. La ingeniería geográfica en el plan de 1883	173
7. La ingeniería geográfica ante las reformas de 1892	176
8. La ingeniería geográfica en el plan de 1897	185
9. La ingeniería geográfica en el período de 1900-1910	187
10. Desaparación de la ingeniería geográfica de México	197
11. Los ingenieros geógrafos de México 1856-1917	204
IV. Profesionalización de la ingeniería geográfica de México	
1. Papel social de la ingeniería geográfica de México	213
a) Determinación de límites estatales de la federación	218
b) Los trabajos geográficos de Tomás Ramón del Moral 1827-1829	219
c) Proyectos geográficos de Lucas Alamán (1831) y de Tadeo Ortiz de Ayala (1832)	231
2. El Estado como promotor de la ingeniería geográfica de México	239
3. Nuevos horizontes académicos y oficiales para la ingeniería geográfica de México al mediar el siglo XIX	244
4. Dos trayectorias científicas de la geografía de México	248
5. La ingeniería geográfica en los proyectos tecnocientíficos del Imperio de Maximiliano 1863-1867	260
6. La ingeniería geográfica en los proyectos tecnocientíficos de la República restaurada 1867-1877	270
7. La ingeniería geográfica y el regreso del militarismo al gobierno mexicano 1877-1910	278
a) La Comisión Geográfico-Exploradora	282
b) El Cuerpo Especial de Estado Mayor del Ejército Mexicano	285
c) El Observatorio Astronómico Nacional	287
d) La Comisión Geodésica Mexicana	289
8. El trabajo de los ingenieros geógrafos de México	295

Conclusiones

Indice de Cuadros

Bibliografía

AGRADECIMIENTOS

El Dr. Juan José Saldaña ha sido clave en el abordaje del tema, pues además de recibir y dirigir este proyecto como parte del Seminario de Investigación y Tesis de Historia de la Ciencia y de la Tecnología en México que imparte en la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Filosofía y Letras, ha diseñado la estrategia teórica de la ciencia y la tecnología nacionales basada en el conocimiento histórico.

Este trabajo recoge la serie de valiosos comentarios y críticas anotados por los lectores del Departamento de Geografía de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Filosofía y Letras, a saber Dr. Gerardo Bustos Trejo (revisor), Dra. Atlántida Coll-Hurtado, Mtro. Victor Manuel Martínez Luna y Dr. José Omar Moncada Maya.

La nula atención de la ingeniería geográfica por parte de la historia tradicional de la geografía fue planteada al Dr. Horacio Capel de la Universidad de Barcelona y al Dr. Hernán Santis Arenas de la Pontificia Universidad Católica de Chile. En 1990, revisaron el plan de trabajo. Desde España y Chile respondieron la creciente cantidad de dudas que surgían del tema. Con claridad mental y entusiasmo formularon interesantes respuestas y dedicaron tiempo para leer y criticar la versión preliminar de la investigación.

Una noción de la nueva ingeniería geográfica fue proporcionada por el ingeniero geógrafo Victor Julio Alvarez, Presidente de la Asociación de Ingenieros Geógrafos de Colombia y por la ingeniera geógrafa María Augusta Fernández, Presidenta del Colegio de Ingenieros Geógrafos de Pichincha del Ecuador. Ambos estuvieron de acuerdo en el intercambio de experiencias y el estudio comparativo de la historia de la ingeniería geográfica de Latinoamérica.

Alrededor de la mesa de trabajo del Seminario de Investigación y Tesis de Historia de la Ciencia y de la Tecnología en México, se ha reunido un reducido pero emprendedor grupo de trabajo que investiga el pasado científico de México, con resultados originales sobre la botánica, la física, la geografía, la geología, la ingeniería, la medicina, la psicología y la química, entre otras disciplinas. En ese lugar fueron presentados los avances sobre los ingenieros geógrafos desde la primavera de 1991, así como en el II y III Seminarios Abiertos de marzo de 1992 y 1993, respectivamente.

La sala de cómputo "Giordano Bruno" de la Facultad de Filosofía y Letras requiere mejor equipo y ampliar el horario de servicio, no obstante el Ing. Mauricio Macías y su equipo de trabajo facilitaron la labor en el sótano de la Torre I de Humanidades. La impresión electrónica estuvo a cargo del Ing. Antonio González, jefe del Departamento de Servidores a la Red de la Dirección de Cómputo para la

Investigación de la Dirección General de Servicio de Cómputo Académico de la U.N.A.M.

El geólogo Raúl Rubínovich Kogan en todo momento estuvo dispuesto a brindar su ayuda. En los momentos críticos para terminar esta investigación, arregló separarse de su computadora y la cedió para no interrumpir el trabajo de noche, los fines de semana, vacaciones y días feriados.

La participación de la familia es evidente. Al saber del proyecto, no perdieron la confianza e intervinieron con un trabajo que subyace en la investigación. El enfrentamiento con el tema de los ingenieros geógrafos de México fue soportado por Adriana Sánchez Valadez. Esa extraordinaria experiencia duró muchos meses. Al final, tenía paciencia para preparar el índice onomástico.

En la investigación, los expertos de la ciencia de la información brindaron su experiencia. Cabe mencionar de la Universidad Nacional a la Dra. Elsa Barberena Blásquez, coordinadora de la biblioteca "Samuel Ramos" de la Facultad de Filosofía y Letras, Mtra. Concepción Basilio de la biblioteca del Instituto de Geografía, Mtra. Piedad Déctor Gutiérrez, jefa de la Unidad de Indicadores de la Coordinación de la Investigación Científica, Mtra. Marianela Heredia Abarca, de la biblioteca del Instituto de Investigaciones Históricas, Mtra. Margarita Lugo Hupp, de la biblioteca del Instituto de Geología y la Mtra. Aurelia Orozco Aguirre de la biblioteca del Instituto de Biología.

La Lic. Patricia Ontiveros facilitó el acceso a la biblioteca del Colegio Militar de Tlalpan y Victor Hernández Ortiz dio amplias facilidades para consultar las colecciones de la Mapoteca "Manuel Orozco y Berra" de la S.A.R.H.

La señora Gertrude Dealbert y el Lic. Juan Conde del Departamento de Información y Documentación Internacional del Centro de Información Científica y Humanística, se encargaron, vía fax, de conseguir los artículos sobre la ingeniería geográfica y de dirigir el acceso a los sistemas de información de Estados Unidos y Europa. El Dr. Harry P. Hewitt de la Midwestern State University, Texas, facilitó amablemente sus investigaciones sobre las Comisiones de Límites fronterizos de México y los Estados Unidos.

La Universidad Nacional Autónoma de México, a través de la Dirección General de Personal Académico, proporcionó los fondos para estudiar y redactar la investigación. Las autoridades y personal administrativo de la Facultad de Filosofía y Letras, a pesar de la compleja e intensa vida académica, conservaron la sensibilidad de atender peticiones que requieren de un trato personal.

Sin la colaboración de todas las personas e instituciones mencionadas, este trabajo no habría tenido un final feliz.

INTRODUCCION

En Europa, los orígenes de la organización académica de la ingeniería geográfica se remontan al siglo XVI y XVII. En España y Francia la geografía profesional surgió al margen de la universidad.

En el siglo XVIII, esa geografía consiguió mejores condiciones de enseñanza al quedar incorporada dentro de los proyectos educativos oficiales, para responder a las necesidades económicas y militares de la administración central. En Francia, la fundación de escuelas politécnicas y profesionales para las distintas especialidades de la ingeniería, por parte del Estado, fue decisiva para la institucionalización y profesionalización de la geografía con estudios formales y remunerados.

De esa manera, fue implementado un primer modelo sobre la organización y administración de estudios profesionales basado en la ingeniería geográfica. Por tanto, corresponde a la historia de la geografía estudiar esa parte de la memoria geográfica e integrarla al pasado científico de la disciplina. Opinión compartida por Capel, pues la relevancia de conocer esos orígenes crece en el momento de pensar en el futuro de la geografía contemporánea y buscar nuevas salidas profesionales.

La geografía en México, a diferencia de la astronomía, la botánica, la física, la geología, las matemáticas o la química fue de las selectas disciplinas que, dentro de las especialidades de la ingeniería, fueron organizadas como profesión después de la guerra de independencia nacional.

La historiografía tradicional de la geografía de México no había tenido en cuenta a la ingeniería geográfica como objeto de estudio. Tampoco había introducido al Estado, la legislación, la burocracia, el trabajo o el militarismo como categorías analíticas para explicar la vida académica y profesional de la ingeniería geográfica de México.

Sobre los orígenes profesionales de la geografía de México, la historia de la geografía nacional había dedicado un desigual tratamiento. La obra clásica de la historiografía geográfica del siglo pasado, es decir los *Apuntes* de Manuel Orozco y Berra, no contiene ningún capítulo de los estudios profesionales de la geografía (Orozco y Berra, 1881).

En las investigaciones recientes no hay consenso en los resultados. Un estudio reconocía los orígenes del geógrafo profesional de México en el año de 1843 (Vivó, 1956). Otras investigaciones informan que esos orígenes se remontan al

año de 1833, con las reformas educativas de los liberales (Civeira, 1970; Talavera, 1973 y Moncada, 1989).

Recientemente, otro estudio introduce mayor confusión sobre los orígenes de la profesión, pues sin el menor cuidado entremezcla los orígenes del geógrafo profesional con los del topógrafo (Ruiz de Esparza, 1991). Los resultados anteriores reportan una historia falsa que, en buena medida, desconoce las fuentes de información.

La incorporación de la ingeniería geográfica a la historiografía de la geografía de México, permite conocer un primer ciclo de estudios profesionales durante el siglo XIX e, igualmente, invalida criterios apriorísticos que intentan imponer una imagen de la geografía basada exclusivamente en el modelo universitario del siglo XX (véase el concepto de "Geografía" en: Fontanillo, 1986 y R.J. Johnston, Derek Gregory y David M. Smith, 1987).

Desde esta perspectiva, la historia de la geografía debe postular la existencia de modelos educativos de la geografía profesional. En Europa, la ingeniería geográfica contó con un amplio periodo de vigencia, alrededor de tres siglos. A fines del siglo XIX, la geografía fue incorporada a la universidad y convertida en una disciplina universitaria.

De manera semejante, pero con un periodo de menor amplitud, la geografía profesional de México surge al margen de la vida universitaria. Como ingeniería geográfica perdura alrededor de un siglo. Con la reapertura de la Universidad de México en 1910, fue establecida otra administración y normatividad científica de los estudios y la investigación profesional de la geografía.

Este planteamiento de los grandes ciclos evolutivos de la geografía profesional requiere una atención especial. En ese sentido, la documentación histórica y los estudios de caso, no sólo de México, sino de otros países, por ejemplo de la región Iberoamericana, abrirán rumbos inéditos a la teoría e historia de la geografía.

Todo parece apuntar en esa dirección. En países como Argentina, Chile, Colombia, Ecuador o bien España se registran noticias de la existencia de la ingeniería geográfica durante el siglo XIX que, a diferencia de México, ha penetrado al siglo XX y, actualmente, coexiste con la geografía universitaria.

Varios aspectos se desprenden de lo anterior. La historia de la geografía debe formular un modelo general sobre la secuencia de esos ciclos de largo alcance, el agotamiento y la alternancia de la formación de geógrafos profesionales.

Otro aspecto interesante de cada modelo, es el establecimiento de una normatividad legal, administrativa y

académica propia; métodos, medios y trabajo geográfico distinto. En el primer modelo responden al del ingeniero y en el segundo al del científico. Este hecho, aparentemente sin importancia, representa un viraje teórico y práctico del ejercicio de una profesión. Por último, Capel apunta el interés de conocer "las razones por las que se produjo una disociación entre la geografía universitaria y la ingeniería geográfica".

Las hipótesis de trabajo precedentes integran las fuentes de una amplia y nueva investigación de la historia de la geografía. Las investigaciones particulares permitirán revelar los orígenes de la geografía profesional de cada país, en especial de la región Iberoamericana.

El planteamiento de esas bases, orientaron el objeto principal de esta investigación, el conocimiento de un primer modelo profesional de la geografía de México basado en la presentación histórica.

Esta tesis complementa la anterior de licenciatura, presentada en 1989, sobre la historia de la Geografía en México. En aquella ocasión no fue considerado el tema de la formación profesional de los geógrafos de México.

Las motivaciones personales para presentar otra tesis sobre la historia de la geografía de México fueron hacia el exterior de la comunidad de geógrafos y hacia el interior de ésta. En el primer aspecto, contribuir a la formación de una imagen pública de la geografía, dar a conocer a los miembros de otras comunidades científicas el pasado de la geografía profesional, buscar la identidad, "la validez y, a veces, incluso el carácter científico de la disciplina" (Capel, 1990). En el segundo caso, para tratar de socializar los resultados de la historia de la geografía en el seno de la comunidad de geógrafos.

Además, la historia de la geografía permite establecer la tradición científica de la geografía, fundamentar el prestigio académico y profesional y dotar de una comprensión histórica a la teoría y práctica geográfica, a la docencia e investigación geográfica, a la política y administración geográfica y al ejercicio profesional de la geografía.

METODOLOGIA

En cuanto a la metodología empleada, la historia social de la ciencia propone una interesante alternativa de trabajo. La investigación de los elementos socio-culturales, en especial la política, permite conocer la organización responsable de convertir la ciencia en una empresa "viable", como práctica útil de cara a las demandas particulares de la sociedad que la alberga. Una investigación basada en esa

perspectiva requiere de la búsqueda y selección de nuevas fuentes de información.

La lectura de esas fuentes también es diferente, de la que surge otra visión no imaginada de cada disciplina (Saldaña, 1992 y 1993). Para los estudios de la ciencia del periodo nacional, Saldaña explica las características de ese enfoque cuando escribe que

... en la actualidad se empieza a integrar una visión de la ciencia nacional no imaginada por la historiografía anterior. Se están abriendo nuevos campos de investigación. Se nos empieza a revelar un mundo hasta ahora insospechado de conceptos y teorías científicas que tuvieron vigencia en su momento; de personajes e instituciones hasta ahora no considerados, o no considerados bajo el ángulo de la historia social de la ciencia; de actividades y resultados científicos cuya importancia no debe desestimarse, sino por el contrario valorarse contextualmente por su significado para la vida del país; de nexos e interrelaciones usualmente desatendidos entre por una parte los científicos, la ciencia, la técnica y, por la otra, el estado y otros actores sociales, que son fundamentales para entender la experiencia científica nacional (p.37-38).

Para el tema de los ingenieros geógrafos de México la metodología de la historia social de la ciencia permite establecer, principalmente, nexos causales entre la práctica geográfica y la política, relación que anteriormente no había sido considerada en las investigaciones.

El periodo de estudio comprende de 1823 a 1915. Esos años marcan las coordenadas extremas del surgimiento y eliminación de la ingeniería geográfica de México dentro del marco de la legislación. En el caso de las profesiones, el marco jurídico representa el punto de arranque a subsecuentes etapas de la organización, administración y operatividad de proyectos educativos previamente creados.

Por tanto, los objetivos de esta investigación cubren los siguientes apartados. Primeramente, una revisión selecta de la historia tradicional de la geografía, de la que surge una crítica por el prolongado silencio que registran esas obras de la ingeniería geográfica.

La primera parte, constituye un resumen de la bibliografía europea disponible en México sobre la ingeniería geográfica del siglo XVI al XIX en Europa. La influencia oficial para la creación formal y operatividad institucional del modelo educativo de los ingenieros geógrafos y aspectos destacados de la organización académica y trabajo profesional realizado, además de los resultados particularmente de España y de Francia.

Después, se apuntan algunos antecedentes importantes al tema, en la obra científica de varios personajes, particularmente del siglo XVIII de la Nueva España. Destacan las consideraciones teóricas de la geografía de José Antonio de Alzate y el trabajo geográfico práctico de Alejandro de Humboldt, durante su visita a la Nueva España entre 1803 y 1804.

La tercera parte analiza los mecanismos de aparición y de eliminación de los estudios profesionales de la ingeniería geográfica de México. La participación del Estado, por medio de la legislación, para promover la institucionalización de la ingeniería geográfica. Se incluye una completa y detallada serie de planes de estudio que regularon la profesión y las opiniones de los catedráticos sobre las reformas educativas de la ingeniería y el futuro del ingeniero geógrafo al finalizar el siglo XIX.

La cuarta y última parte, presenta la práctica profesional del ingeniero geógrafo de México. El papel social de la ingeniería geográfica y la responsabilidad del Estado como promotor de esa especialidad. También, la influencia social sobre el desempeño profesional, la burocracia oficial y la incorporación del ingeniero geógrafo en esa estructura. Una parte especial se dedica al análisis del papel del Poder Ejecutivo Federal y el militarismo para promover o disminuir el ejercicio profesional de los ingenieros geógrafos. Finalmente, se incluye el perfil del trabajo del ingeniero geógrafo de México.

A lo largo del trabajo fueron apuntados diversos conceptos que requieren una explicación. El término tecno-ciencia fue propuesto por Bruno Latour para vincular los elementos sociales de la actividad científica y tecnológica. Seguir las influencias sociales y la compleja negociación que los científicos y tecnólogos establecen para realizar su actividad (Latour, 1987). La tecno-ciencia resulta de la fusión de la ciencia y la tecnología.

La utopía tecnológica no se comprende como algo irrealizable, sino como la existencia de iniciativas, por ejemplo legislativas, que anticipan futuros posibles a partir de necesidades específicas. En ese sentido fue relevante la temprana presencia de la ingeniería geográfica de México.

La geografía ortodoxa fue la ingeniería geográfica por haber tenido unas bases legales y académicas que regularon un desempeño profesional propio. La geografía heterodoxa o independiente, en cambio, fue aquella que no contaba con esas bases legales y académicas y, por consiguiente, empleaba distintos métodos geográficos y formaba otros resultados del trabajo geográfico.

FUENTES DE INFORMACION

Sólo resta mencionar las fuentes de información utilizadas en esta investigación. Desafortunadamente no hay información oral disponible, pues el último de los ingenieros geógrafos del país murió en 1965.

Así, fue necesaria la consulta de información bibliográfica, cartográfica y manuscrita propias de la ingeniería geográfica de México, consistentes en libros, mapas, memorias, informes, proyectos, cartas, circulares, bandos, decretos y planes elaborados por los protagonistas políticos, académicos o militares vinculados a la organización de la profesión.

De la información bibliográfica general sobre la educación de México, existe un sensible desequilibrio. Los resultados publicados se inclinan del lado de la educación primaria. En el otro extremo, la educación superior no ha recibido el mismo tratamiento de detalle.

No obstante el énfasis en las "condiciones" de la enseñanza de la ingeniería (Ruiz de Esparza, 1991), perdura el desconocimiento de las fuentes primarias de información y, sobre todo, la reflexión e interpretación de relaciones causales de cada especialidad y los componentes sociales que permiten conocer la creación, administración y profesionalización de la ingeniería de México.

La voluntad, experiencia y conocimiento permitieron superar la dispersión e inexactitud de la información. La primera parte, referida a la ingeniería geográfica de Europa fue hilvanada con la literatura impresa existente en la biblioteca del Centro de Estudios de Historia de México, CONDUMEX, del Colegio Militar, de El Colegio de México, de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, la contigua al Instituto Panamericano de Geografía e Historia y de la Universidad Nacional Autónoma de México. Otra información geográfica, en forma de artículos, procede de bibliotecas de los Estados Unidos y Europa, tramitada por el Centro de Información Científica y Humanística.

Para la institucionalización de la ingeniería geográfica de México fue necesario utilizar la legislación mexicana, que contiene las comunicaciones del gobierno como decretos, planes y proyectos de la educación nacional, diseñados por comisiones o ministros de Estado. Igualmente útil resultan las memorias de los ministerios como Guerra, de Relaciones y del Interior y de Fomento.

Los manuscritos más importantes de la ingeniería geográfica de México permanecen resguardados en los archivos. Al carecer de un inventario o de guías certeras de información

sobre el tema de los ingenieros geógrafos, fue necesario entresacar noticias de obras publicadas y de catálogos generales, publicados o de uso interno en los archivos.

El Archivo Histórico del Palacio de Minería contiene información para el tema hasta mediados del siglo XIX. Para la segunda parte del siglo fue indispensable consultar el Centro de Estudios sobre la Universidad, en particular el fondo de la Escuela Nacional de Ingeniería.

Otra información valiosa procede del Archivo General de la Nación, de los fondos Instrucción Pública y Gobernación. Diversas consultas fueron realizadas en la Mapoteca "Manuel Orozco y Berra" de la SARH, en donde se revisaron documentos geográficos elaborados por los ingenieros geógrafos de México.

La consulta de la prensa periódica del periodo de estudio, fue realizada en la Hemeroteca Nacional. De ésta fuente proviene una parte de la información requerida sobre la docencia y los planes de estudio de la ingeniería geográfica, además de algunos discursos de profesores y autoridades administrativas del plantel de Minería.

"Acaso no está lejos el tiempo en que veamos a los alumnos de Minería encadenando los mares que bañan nuestras costas, con grandes triángulos que faciliten la formación de una carta general de la República..."

Tomás Ramón del Moral, 1843

"Una de las ciencias de más útil aplicación en nuestro país es la geografía"

Luis Robles Pezuela, 1866

"Los Geógrafos son buscados con empeño para los observatorios, las comisiones de límites internacionales o entre los Estados, las comisiones geográficas, así como para los levantamientos de algunas vastas propiedades de la República, y esta demanda, tropieza desde luego con la dificultad de que son solamente 7 los Ingenieros Geógrafos titulados en todo el país"

Adolfo Díaz Rugama, 1892

I. Dos vertientes de la Geografía académica de Europa siglos XVIII-XIX: ingeniería geográfica y geografía universitaria

1. Un lugar para la ingeniería geográfica en la historiografía de la Geografía

La historiografía tradicional de la Geografía, desde el siglo XIX hasta el presente, registra una sensible laguna en la investigación elaborada sobre el pasado de la disciplina: existe una permanente omisión de la ingeniería geográfica como parte integrante de este pasado.

Una revisión a la literatura representativa sobre el tema de la historia de la Geografía no reconoce lo que fue la ingeniería geográfica europea.¹ La historiografía de la Geografía francesa del siglo XIX,² de manera notable, tampoco incorpora el periodo de la ingeniería geográfica.

La historia escrita de la Geografía ha olvidado por completo el nivel de la ingeniería alcanzado en el trabajo geográfico por países europeos como España y Francia, desde el siglo XVI, y principalmente en el siglo XVIII.

El tema de la formación de geógrafos profesionales ha sido estudiado de manera unidireccional. La atención fue puesta

¹ Algunos autores son: Claval, Paul. *Géographie humaine et économique contemporaine*. Presses Universitaires de France. Paris. 1984. Clozier, René. *Les étapes de la Géographie* 2e ed. Presses Universitaires de France. Paris. 1949. p.30. Daus, Federico Alberto. *Qué es la Geografía*. Editorial Columba. Buenos Aires. 1961. Kish, George. *A source book in Geography*. Harvard University Press. Cambridge. 1978. Kretschmer, Konrad. *Historia de la Geografía*. 3a ed. Editorial Labor. Barcelona. 1942. p.147. Martone, Emmanuel de. *La evolución de la Geografía*. Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. (tr. del original en francés de 1934 por Miguel A. Sánchez Lamego) México. 1954. Pinchemel, Philippe. "L'histoire de la Géographie. Évolution chronologique". *Encyclopaedia Universalis*. Encyclopaedia Universalis France. Corpus 8. Paris. 1985. p.445-448. Robert Moraes, Antonio Carlos. *Geografía pequena história crítica*. HUCITEC. Sao Paulo. 1990. Vilá Valentí, Joan. *Introducción al estudio teórico de la Geografía*. Editorial Ariel. Barcelona. 1983. Stoddart, David R. "Altas miras para una Geografía de final del siglo". en Josefina Gómez Mendoza et al. *El pensamiento geográfico*. 2a ed. Alianza Universidad Textos/45. 1988. p.531-545. Livingstone, David N. "Geography", in R.C. Olby, G.N. Cantor, J.R.R. Christie y M.J.S. Hodge (ed.) *Companion to the History of Modern Science*. Routledge, Londres. 1990. p.743-760.

² Malte-Brun, Conrad. *Geographie Universelle, ancienne et moderne, mathématique, physique, statistique, politique et historique des cinq parties du monde*. Chez Desray, libraire. Paris. 1810-1817. T.I. Vivien de Saint-Martin, Louis. "Historia de la Geografía". *Nueva Geografía Universal*. J.F. Parres y Compañía, editores. México. 1878. T.I. p.3-179.

principalmente en la organización de la geografía como disciplina universitaria a fines del siglo XIX, no así en los orígenes como una disciplina tecnológica que recibió en su trabajo, la influencia y modificaciones procedente de la revolución científica de los siglos XVI-XVII y de la revolución tecnológica e industrial del siglo XVIII.

Se mantiene una versión de la historia de la geografía parcial, ya que sólo refleja una interpretación y explicación limitada del conocimiento y experiencia geográfica. Este trabajo fue incapaz de imaginar y formular otro modelo histórico para la trayectoria de la formación de geógrafos profesionales poco después del Renacimiento europeo.

Los autores que más se acercaron al problema, describieron esta época principalmente por el trabajo de la "Geografía matemática" y los protagonistas como "cartógrafos". De esta forma, la historia de la geografía dio cuenta del pasado de la ingeniería geográfica, considerándola como "Geografía matemática", en una somera descripción como una de las ramas de la geografía.

En la historia de la geografía, se llegó a afirmar, que el periodo comprendido entre 1650 a 1850, se caracterizaba por "unas ciertas carencias de creatividad u originalidad por cuanto a los conocimientos geográficos".³ Esta opinión se ha extendido a otros autores, que no investigaron la existencia de la ingeniería geográfica.⁴

Autores franceses del presente siglo, como Emmanuel Louis-Eugène de Martonne (1973-1955), atribuyeron los trabajos de la ingeniería geográfica a la "Geografía matemática" de los siglos XVII y XVIII, cuando tuvo un gran impulso: se fijaron las dimensiones y forma del globo terrestre, el aplanamiento de los polos y el ensanchamiento del Ecuador.⁵

Por su parte Federico Daus explicó que la geografía, después del siglo XVI, se distanciaba "cada vez más a medida que avanzaba la Edad Moderna, de las bases técnicas indispensables para alcanzar la necesaria penetración en la naturaleza de los fenómenos...".⁶

La geografía, alejada de esas "bases técnicas" -escribió Daus- no pasó de seguirse cultivando desde Estrabón (s.II

³ Los tres periodos que se reconocen son: La Geografía antigua, fundamentalmente griega (siglo VII a. de C. a siglo II); la Geografía renacentista y posrenacentista (de finales del siglo XV a la primera mitad del XVII); y la Geografía contemporánea, especialmente a finales del siglo XIX y primera mitad del actual. Vilá Valentí, Joan. *op cit.* p.62.

⁴ Hernández Iriberri, Luis Ignacio. *Geografía: fundamento de su teoría del conocimiento*. UNAM-FFyL. Colegio de Geografía. México. Tesis profesional. 1983. p.30.

⁵ Martone, Emmanuel de. *op cit.* p.21 y 22.

⁶ Daus, Federico Alberto. *op cit.* p.12.

ane) y durante diecinueve siglos, en forma "meramente descriptiva, con los caracteres adicionales de amena, digna y utilitaria...".⁷ Ésta geografía, advirtió Daus, perduró inexplicablemente hasta fines del siglo XVIII y "reaparece" con Alejandro de Humboldt en la primera mitad del siglo XIX.

Lo anterior propició la creencia sobre la inexistencia del geógrafo profesional durante los siglos XVII o XVIII. En la historia de la geografía, David R. Stoddart, no reconoce ninguna corporación de geógrafos profesionales, anterior a la segunda mitad del siglo XIX. Conocemos a Estrabón, Eratóstenes, Ptolomeo, Varenio o Humboldt -afirmó Stoddart- sólo que ninguno "de esos hombres era geógrafo profesional..."⁸

El relato que presenta la historia de la geografía decimonónica, que se repite actualmente, no permite conocer el quehacer geográfico regido por la ingeniería y sobre los rumbos que, como disciplina tecno-científica, avanzó la geografía durante los siglos XVI al XVIII.

Desde la antigüedad Clásica la geografía había quedado definida, en su quehacer científico, por medio de los trabajos geográficos agrupados en dos tendencias: por una parte, la labor realizada por Anaximandro, Aristarco, Dicearco, Eratóstenes, Hiparco, Marino de Tiro y Ptolomeo fue identificada como la *Geografía científica*, ya que se desarrolló a través de una metodología matemática cada vez más rigurosa para fijar la posición de puntos (longitudes y latitudes) así como la representación espacial de la superficie de la Tierra por medio de mapas y globos; por la otra, la obra realizada por Herodoto, Polibio y Estrabón se identificó como la *Geografía descriptiva*, ya que su metodología se basaba, además de la observación, en el énfasis por la descripción de todo cuanto existía en la superficie terrestre.⁹

De modo que los hombres del Renacimiento encontraron dos formas científicas del trabajo geográfico alcanzado por los antiguos griegos. Ambas tendencias mantuvieron su influencia de manera alternativa durante el periodo de la Edad Media.

Los árabes recibieron influencias de la India, de Persia y, desde el siglo XIII, de Grecia de la *Geografía* de Ptolomeo,¹⁰ que contiene los fundamentos de la geografía científica con la exposición de métodos para la representación cartográfica por medio de posiciones

⁷ *Ibidem*. pp.12-13.

⁸ Stoddart, David R. *op cit.* p.532.

⁹ Paul Claval. *op cit.* pp.17-19. Hettner, Alfred. "La naturaleza y los cometidos de la Geografía". *Geocritica*. Cátedra de Geografía Humana de la Universidad de Barcelona. 70. Julio. 1987. p.35-36.

¹⁰ Ishaq ibn al-Hasan al-Zayyat. *El Dikr Al-Aqalim* (Tratado de Geografía Universal). Francisco Castelló (ed.). C.S.I.C. Universidad de Barcelona. 1989. p.27-29.

relativas con base en las distancias y la construcción de proyecciones cartográficas.¹¹ El trabajo de los viajeros y exploradores fue aprovechado por la geografía descriptiva. Por lo menos desde la época de los Polo (1260), estos personajes recorrieron, recogieron y redactaron informes y relaciones geográficas, que permitieron ampliar el conocimiento geográfico.¹²

La geografía descriptiva, podemos mencionar brevemente, está representada y se encuentra sintetizada, entre los siglos XVI y XVII en las obras: *Cosmographia* (1544 y 1552) de Sebastian Münster (1489-1552), la *Geography Delineated Forth in Two Books* (1625 y 1635) de Nathanael Carpenter (1589-1628?); y del siglo XVIII la *Geographie Universelle* (1762) de Anton Friedrich Büsching (1724-1793).

En conjunto la presencia de estas obras no tuvieron mayor influencia inmediata en el ámbito de la universidad europea. Merece anotarse que a lo largo de los siglos XVI, XVII, XVIII y todavía el XIX, esta vertiente de la geografía fue invariablemente practicada dentro de un contexto teológico. La geografía y la teología se mezclaban en las páginas de los textos geográficos, como de la ciencia en general.¹³

Bernhard Varenius (1622-1650), en su *Geographia Generalis* (1650 y 1672) presentó ambas tendencias geográficas como vigentes y partes integrantes de la geografía. Su tratado tiene semejanzas con las obras de Martín Fernández de Enciso *Summa de Geographia* (1519) y de Alonso de Santa Cruz *Libro de las longitudes* (c.1550). Por tanto, Varenius surge como un personaje integrador de la geografía a mediados del siglo XVII.¹⁴

La apertura de los cursos de geografía de Immanuel Kant (1724-1804) en la Universidad de Königsberg impartidos entre 1756 y 1796,¹⁵ no representaron, todavía, un estímulo significativo en las universidades europeas. Fue durante la segunda mitad del siglo XIX que se dan los factores "externos" o sociales para la institucionalización de esta geografía en Alemania (1860), Francia (1870), Rusia (1880) y

¹¹ Cohen, Morris R. y I. E. Drabkin. *A source book in greek science*. Harvard University Press. Cambridge. 1969. Véase: "Mathematical Geography". p.143-181.

¹² Michel Mollat. *Los exploradores del siglo XIII al XVI*. Primeras miradas sobre nuevos mundos. F.C.E. México. 1990.

¹³ Livingstone, David N. *op cit.* p.747.

¹⁴ Capel, Horacio. "La personalidad geográfica de Varenius", en Varenius, Bernhard. *Geografía general en la que se explican las propiedades generales de la Tierra*. 2a ed. Ediciones de la Universidad de Barcelona. 1980. p.58-60.

¹⁵ May, J.A. *Kant's concept of geography and its relation to recent geographical thought*. Department of Geography. University of Toronto Press. 1970. p.3.

Gran Bretaña (1887) como lo demuestran las investigaciones de Horacio Capel.¹⁶

Esta geografía universitaria fue definida como "una ciencia integradora de fenómenos físicos y humanos que se dan en la superficie terrestre... Era, de hecho la creación de una ciencia nueva, que -por razones que pueden y deben explicarse- recibió el nombre de geografía como podía haber recibido otro diferente".¹⁷

Por su parte la tendencia conocida como la geografía científica, y que en el siglo XIX fuera historiada por el geógrafo danés Malte-Brun (1775-1826) y por Louis Vivien de Saint-Martin como "Geografía matemática" tuvo su propio avance desde el momento en que surge la ciencia y la técnica moderna renacentista.

Con el advenimiento de la ingeniería en Europa durante el siglo XVIII, la ingeniería geográfica fue promovida por el Estado europeo, pero el reconocimiento dentro de las disciplinas físico-matemáticas proviene de las sociedades científicas (*sociétés savantes*) de fines del siglo XVII.

Esta ingeniería geográfica, como la ingeniería en general, se mantuvo al margen de la institucionalidad académica de la universidad europea. De manera individual y un tanto informal, registró sus avances a través de otros sectores organizados de la sociedad, en los que la técnica tuvo recepción y difusión.

Lafuente y Mazuecos identificaron con precisión el momento del cambio de la geografía y su preparación hacia su conformación como ingeniería: durante la Revolución Científica "el remozamiento de antiguos métodos de observación y la aparición de nuevos instrumentos de medida permitían el nacimiento de una geografía cuya mayor precisión estaba en consonancia con las nuevas exigencias planteadas por los descubrimientos ultramarinos y la nueva escala que adquirirían los intercambios comerciales en el sistema economía-mundo".¹⁸

En cuanto a los precursores y personajes de la ingeniería geográfica, fue común encontrar en la literatura su ligero tratamiento como "cartógrafos", por el simple hecho de constatar que su trabajo se realizaba con mapas. La literatura especializada, no sólo de México sino incluso del extranjero, muestra trabajos de Ptolomeo, Mercator o Humboldt como "cartógrafos".

¹⁶ Capel, Horacio. *Filosofía y Ciencia en la Geografía contemporánea*. 2a ed. Barcanova. Barcelona. 1983. p.80 y ss

¹⁷ *Ibidem*. p.80.

¹⁸ Lafuente, Atonio y Antonio Mazuecos. *Los caballeros del punto fijo*. Ciencia, política y aventura en la expedición geodésica hispanofrancesa al virreinato del Perú en el siglo XVIII. SERBAL/C.S.I.C. Madrid. 1987. p.13.

La existencia de la figura del "cartógrafo" fue reconocida con mayor precisión hasta mediados del siglo XIX, como el autor de una producción cartográfica especializada. Varios autores coinciden en que el advenimiento de la producción de los atlas y el desarrollo de la cartografía temática de Europa, fueron los precedentes metodológicos del "cartógrafo".¹⁹

En cuanto al uso generalizado de la palabra cartografía, las sociedades geográficas europeas, por medio de la publicación periódica la incorporaron tardíamente en francés en el *Bulletin de la Société de Géographie de Paris* en diciembre de 1840 y en inglés en el *Journal of the Royal Geographical Society* en 1843.²⁰

Por supuesto que, durante los últimos 3000 años, los hombres elaboraron mapas, pero ésta práctica científica estuvo orientada en su diseño, realización y actualización por otros personajes, a saber: agrimensores, geómetras, ingenieros geógrafos e ingenieros militares, corógrafos, cosmógrafos y geógrafos llamados a colaborar, cada uno con sus propias características de trabajo, en las necesidades del poder real de las cortes europeas.

Por tanto, debe reconocerse la existencia de ambos proyectos contenidos en la historia de la geografía, útiles para la formulación y propuesta de dos modelos históricos para la formación de geógrafos profesionales, cada uno con su propia explicación. El primer modelo corresponde a la ingeniería geográfica y el segundo a la geografía como ciencia universitaria.

Cronológicamente, ambos modelos fueron extemporáneos en Europa, pues cada uno tuvo su respectiva trayectoria. La ingeniería geográfica a partir del siglo XVI y penetra al XIX; la geografía universitaria, con una vida media mucho menor, surge a fines del siglo XIX y continúa en la actualidad.

De lo anterior se desprende una serie de planteamientos en torno a la institucionalización y profesionalización de la ingeniería geográfica europea. Desde el punto de vista de la institucionalización académica ¿qué era el ingeniero, en particular el ingeniero geógrafo? ¿Cuándo y para qué surge la ingeniería geográfica en el sistema de educación superior europeo?

Desde el punto de vista de la profesionalización ¿cómo fue la participación de la ingeniería geográfica en la sociedad europea? ¿Qué tipo de problemas resolvieron los ingenieros

¹⁹ Wolter, John A. "Cartography - An emerging discipline". Reprinted from the *Canadian Cartographer*, V. 12. No. 2. Dec. 1975. p.210-216. Robinson, Arthur H. *Early Thematic mapping in the history of cartography*. The University of Chicago Press. 1982. p.26.

²⁰ *Ibidem*. p.211.

geógrafos? Desde el punto de vista político ¿qué participación recibió la ingeniería geográfica en la sociedad y el Estado moderno europeo, particularmente, a partir del siglo XVIII?

La historia de la geografía, señala una rica y compleja tradición del proyecto teórico-educativo para formar geógrafos profesionales. Es evidente que la promoción de un relato histórico que no tenga en cuenta a la ingeniería geográfica, contribuye a perpetuar el desconocimiento sobre la presencia, preparación y formación de geógrafos profesionales.

La geografía, ya sea como ingeniería o como disciplina universitaria, se enfrentó al reto de la enseñanza y de la formación de cuadros profesionales. Las teorías, métodos, conceptos, resultados y alcances de cada una de ellas las hizo diferentes en cuanto a su presencia, responsabilidad y reconocimiento en dos frentes: la sociedad y el poder político del Estado nacional europeo.

El trabajo de Capel, arriba mencionado, contribuyó para la comprensión de los factores y el contexto en que surgió la geografía universitaria europea en la segunda mitad del siglo XIX. Pero, hay que decirlo y explicarlo, la geografía conserva en su memoria histórica otra experiencia más de trabajo.

La historia de la geografía desempeña, pues, un papel fundamental para comprender, en el plano educativo, la formación profesional de geógrafos como ingenieros y como científicos. Los resultados de éstas investigaciones pueden fructificar si se aprovechan, sobre todo en el momento que se intente reorganizar la estructura educativa de la geografía, buscar su vinculación con el aparato productivo y ofrecer nuevas salidas profesionales.

Es importante conocer la existencia, institucionalización y profesionalización de la ingeniería geográfica europea, la mundialización y transferencia occidentales. Sin embargo, tiene mayor interés investigar la ingeniería geográfica en otros contextos culturales, como fue el caso de la región iberoamericana.

En efecto, actualmente existe un crecido interés en Latinoamérica, por investigar y presentar una explicación propia de lo que fue la tecnociencia de las tierras americanas.²¹ Esta necesidad debe ampliarse a la ingeniería de esta región del planeta.

²¹ Trabulse, Elías. "Latinoamérica y la ciencia: un problema de identidad". En *Quiipu Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*. México. Vol.2. Núm.3. 1985. p.443-451.

En 1967, George Basalla dio a conocer su modelo sobre la mundialización de la ciencia.²² Basalla supuso la "representación de las etapas o fases como las secuencias de un mismo y único proceso de desarrollo".²³ Al analizar este modelo eurocéntrico, Xavier Polanco lo corrige, ya que sería un error creer que la mundialización histórica de la ciencia se dio de forma lineal sin tener en cuenta el contexto del sistema internacional de conocimiento.

En esta primera parte se estudian los antecedentes de la ingeniería geográfica de Europa, en la obra de los personajes claves del quehacer geográfico del siglo XVI. Se sigue con los factores principales que dieron origen al surgimiento de la ingeniería geográfica de esa región del siglo XVII y XVIII; se termina con el tema de la ingeniería geográfica en dos países representativos: España y Francia.

2. Antecedentes principales de la ingeniería geográfica de Europa

La fase descriptiva y crítica de la revolución científica del Renacimiento en la Geografía clásica la estaban protagonizando las exploraciones más allá del mundo conocido por los griegos y romanos, los viajes por la periferia africana y hacia el sureste asiático de los portugueses y, más tarde, la expansión europea militar, comercial, colonial y misional por el resto de las aguas oceánicas.

En tan sólo cuarenta años (1480-1520) fue superado el paradigma de la Tierra plana, por el de la Tierra redonda. La primera imagen había quedado establecida con la noción bíblica medieval, representada simbólicamente en los mapas romanos de la "T en O" de los siglos XII al XV; la segunda, postulada por los antiguos griegos Pitágoras, Parménides y Aristóteles fue aceptada empíricamente hasta 1738, bajo el concepto de globo terráqueo.²⁴ La Geografía recuperaba una figura geométrica útil para su trabajo, mucho tiempo atrás conocida.

La Geografía científica tiene en la obra *Geografía* de Ptolomeo su último representante del periodo medieval, que fue conocida gracias a la versión latina a cargo de Jacopo d'Angelo de 1406. Más tarde la imprenta vino a difundir la obra Ptolomeica a partir de 1472.

²² Basalla, George. "The spread of western science". *Science*. Vol.156. núm. 3775. mayo 1967. p.611-622.

²³ Polanco, Xavier. "La ciencia como ficción. Historia y contexto". en Juan José Saldaña (Ed.) *El perfil de la ciencia en América*. Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología. (Cuadernos de Quipu: 1). México. 1986. p.51.

²⁴ Randles, W.G.L. *De la tierra plana al globo terrestre. Una rápida mutación epistemológica, 1480-1520*. F.C.E. México. 1990. p.120.

Resulta evidente que la Geografía no tenía incorporados "los grandes descubrimientos marítimos, que, por vez primera, bordean el planeta"²⁵ por lo que recibió críticas de los comerciantes, militares y políticos sobre la falta de actualidad científica y precisión de la información.

Por esa época Cristóbal Colón (1492), Vasco de Gama (1497), Americo Vespucio (1500), Núñez de Balboa (1513), Magallanes y Elcano (1519-1522) ampliaron el conocimiento geográfico y el hombre europeo admiró las enormes dimensiones del océano Atlántico y de las tierras alejadas del Mediterráneo. Muy pronto se obvió la necesidad de actualizar la información geográfica de Ptolomeo por medio de una "Tabulae Modernae", publicada junto con la Geografía.

Alrededor de 1482, en Italia los geógrafos introdujeron la "tabulae modernae" en la Geografía ptolomeica; la edición de Estrasburgo de 1513 incluyó una sección de veinte "tabulae modernae" de Walseemüller; la edición de Basel de 1540 apareció con veintiuna de ellas de Sebastian Münster; y la edición de Venecia salió con treinta y tres "tabulae modernae" a cargo de Giacomo Gastaldi.²⁵ Muy pronto la "Tabulae Modernae" comenzó a ocupar ya no un sitio complementario que actualizaba la obra del geógrafo alejandrino, sino que fueron aumentando su presencia y relevancia, hasta que por último sustituyó por completo la Geografía de Ptolomeo.²⁷

En Europa, un reducido grupo de hombres de Francia, Alemania, Holanda, Bélgica y España impulso con su trabajo personal a la geografía con unas bases tecnocientíficas. Autores como Pedro de Esquivel, Peter Apianus, Oronce Finé o Gerardus Mercator contaron con elementos geográficos disponibles en la primera mitad del siglo XVI, como: nueva información geográfica, traducción de textos tecnocientíficos, nuevas metodologías analíticas de trabajo para la elaboración de proyecciones cartográficas y de los levantamientos de campo, desarrollo de las matemáticas, instrumentos de precisión, entre otros, que anunciaban los cambios para la geografía.

Por tanto, a continuación se apuntan los principales rasgos biográficos de algunos de ellos, no quiero decir que fueron ingenieros geógrafos, tan sólo anticiparon elementos que fueron como introducción a la ingeniería geográfica del

²⁵ Deschamps, Hubert. *Historia de las exploraciones*. Oikos-tau. Barcelona. 1971. p.14. Wolf, Abraham. *A History of science, technology, and phylosophy in the 16th & 17th centuries*. The Macmillan Company. 1935. Véase: "I. Geographical Exploration". p.372-381. Sánchez, Pedro C. *Evolución de la Geografía*. México, D.F. 1935. p.11.

²⁶ Ortelius, Abraham. *Theatrum Orbis Terrarum*. With an introduction by R.A. Skelton. Meridian Publishing Co. Amsterdam. 1964. T.III., "Bibliographical Note". p.V.

²⁷ Joly, Fernand. *La Cartografía*. Editorial Ariel. Barcelona. 1979. p.296.

siglo XVI. Se pueden considerar ingenieros geógrafos por el contenido y sentido de su trabajo para la conformación de la ingeniería geográfica de Europa.

a) Abraham Ortelius (1527-1598)

El responsable de introducir una cuidadosa labor editorial geográfica y contribuir a la paulatina retirada de la predominante *Geographia* ptolomeica, fue Abraham Ortelius.²⁸

Ortelius nació en Amberes en el seno de una familia católica, fue hijo de un comerciante que no lo envió a la Universidad para adquirir una formación académica. Comenzó su carrera a los veinte años, cuando fue admitido como iluminador de mapas en la hermandad de St. Luis de la ciudad.

Muy pronto se ganó la vida al comprar, colorear y vender mapas de geógrafos europeos. Esta actividad lo llevó a viajar ampliamente por Europa, en especial a Italia antes de 1558, acumular amigos y establecer contactos con la comunidad científica y de exploradores marinos. Entre sus amigos se contaba Mercator, con el que viajó por Francia (Lorraine y Poitou) entre 1559-1560. Mercator confirmó en él la vocación para que se dedicara al grabado de mapas de manera práctica.

Ortelius visitaba frecuentemente las ferias de Frankfurt con sus productos, el primero de ellos fue un mapa del mundo en ocho hojas publicado en 1564, al que le siguieron los de Egipto en dos hojas en 1565, el de Asia en dos hojas en 1567 y en 1570 un mapa de España en seis hojas.

En Europa crecía rápidamente la demanda de mapas, a partir de la ampliación del capitalismo mercantilista, el comercio y la colonización, lo que condujo a la producción de colecciones completas de mapas de varias escalas, tamaños y lo más importante de lugares lejanos recién explorados.

Desde el punto de vista de la técnica de impresión, a fines del siglo XV Italia había introducido un cambio importante en los materiales para el grabado de los mapas. Se eliminó el tradicional uso de la madera o sistema de la xilografía y se pasó al empleo del cobre en las placas de impresión.²⁹

Ortelius había recibido la sugerencia del gremio de comerciantes de la ciudad para elaborar un atlas del mundo, que mostrara en formato pequeño, el nuevo horizonte geográfico. En mayo de 1570 y con el propósito de satisfacer

²⁸ Pederson, Olaf. "Ortelius (o Oertel), Abraham, 1527-1598". en Guillispie, Charles Coulston (ed.). *Dictionary of Scientific Biography*. Charles Scribner's Sons. Nueva York. 1973. T.X. p.22-25.

²⁹ Woodward, David (Ed.) *Five centuries of map printing*. The University of Chicago Press. Chicago. 1975. p.51.

el llamado de los comerciantes holandeses, salió a luz la obra titulada *Theatrum Orbis Terrarum* en un solo volumen e impreso en Amberes, con 53 hojas y un total de 70 mapas y 35 hojas de texto.

Debido al empleo de las placas de cobre Ortelius consiguió una impecable y fina impresión en el *Theatrum*. Este documento demuestra que Ortelius fue más un editor de mapas que un 'precursor' de la ingeniería geográfica.

A diferencia de Mercator, Ortelius nunca inventó nuevas proyecciones cartográficas, publicó tratados o construyó instrumentos científicos, en parte por no haber asistido a la Universidad y por no tener una relación, como la tuvieron Frisius y Mercator. De todos modos el *Theatrum* le valió a Ortelius el suficiente prestigio para ser nombrado geógrafo del rey Felipe II de España.

El mérito geográfico de Ortelius fue la metodología de trabajo empleada en el *Theatrum*. Primeramente consiguió los derechos de propiedad para utilizar mapas producidos por otros autores, después procedió a su actualización y a reducir su escala en formato uniforme, además aprovechó la información disponible de autores, viajeros marinos y de la técnica de impresión con planchas de cobre.

El *Theatrum* registra las fuentes de información de Ortelius: un listado con 87 autores, muchos de ellos precursores poco conocidos en el panorama de la Geografía durante los siglos XV y XVI.

Ortelius consiguió un éxito sin precedentes con el *Theatrum*, alcanzando 40 ediciones, en latín, entre 1570 y 1624. La obra fue traducida al holandés, alemán, francés, español, italiano e inglés. En 1625 Willem Blaeu adquirió los derechos de la obra, y más tarde en 1634 editó su propio *Theatrum Orbis terrarum sive atlas novus*.

Ortelius siguió sus viajes para reunir nuevos materiales geográficos. En 1577 visitó Inglaterra e Irlanda donde fue recibido por los británicos John Dee, Cadmen y Richard Hakluyt de quienes obtuvo materiales cartográficos e información geográfica. Hacia los últimos años de su vida Ortelius se interesó por los estudios clásicos, incrementar su colección de monedas, estudiar la Geografía histórica, para la que preparó una serie de mapas (40 en total) publicados como su *Parergon*, que tiempo después se incorporó al *Theatrum*.

No obstante que la obra de Ortelius representó el derrumbamiento del panorama geográfico ptolomeico, no era suficiente. De manera efectiva "el imperio de Ptolomeo en Europa y durante buena parte del siglo XVI fué absoluto. No se concebía la geografía fuera de las normas y contenido

trazados por Tolomeo. Su Geografía era la geografía por antonomasia".³⁰

Amando Melón consideró este suceso como el comienzo de un período con características bien definidas de la historia de la Geografía: "el dogmatismo de Ptolomeo, de su supremo magisterio geográfico y cartográfico, el arranque de una época en que se impone estimar como la más útil labor en el campo de la ciencia geográfica el estudio, comentario y complementación de la Geografía del alejandrino".³¹

b) Peter Apianus (1495-1552)

En Alemania el profesor Peter Apianus enseñó matemáticas en Ingolstadt, a partir de 1527, hasta el año de su muerte acaecida en 1552. En las cátedras de matemáticas de ésta época se enseñaba la geografía como parte de los cursos.

Técnicamente contribuyó con el diseño y construcción de diferentes instrumentos astronómicos para medir los ángulos celestes. Su primera contribución a la geografía fue en 1520 con la publicación de un mapa del mundo en el que ya aparecen las tierras americanas. En 1524 publicó su libro *Isagoge*, el cual contiene una serie de propuestas para la construcción de proyecciones cartográficas con forma de corazón y uso de mapas mundiales.

Sin embargo, en 1524 se sitúa la mayor contribución de Apianus a la geografía de la época, cuando fue publicada su *Cosmographicus*, revisada y corregida por Gemma Frisius en 1533.³² En ésta obra, la geografía fue diferenciada de la cosmografía, por una parte y de la corografía de la otra.

En las páginas de la *Cosmographicus* expone los métodos, conocidos y empleados hasta entonces, para determinar la latitud de un lugar, a partir de la altura del polo o bien de la altura meridiana del Sol; para la longitud el procedimiento consistía en la observación de los eclipses lunares o por medio de la distancia angular de la Luna con las estrellas. De todas formas el problema de la longitud geográfica no tendría nuevas alternativas antes de la primera mitad del siglo XVIII.

³⁰ Melon, Amando. *op.cit.*, p.297. George Sarton al respecto señaló "...la Geografía fue la Biblia geográfica. El nombre de Tolomeo equivalió al de geografía para los geógrafos...". Véase *Ciencia antigua y civilización moderna*. F.C.E. México. 1980. p.63 y ss. (Breviarios del FCE:155).

³¹ Melon, Amando. "Ocaso de la Geografía clásica". en *Estudios Geográficos*. C.S.I.C. Instituto "Juan Sebastian Elcano". XXXVIII, 146-147. febrero-mayo. Madrid. 1977. p.295-296.

³² En esta edición Gemma Frisius incluyó su *Libellus de Locorum describendorum ratione*, en el que expone los métodos de la triangulación terrestre.

c) Oronce Finé (1494-1555)

En Francia la obra científica de Oronce Finé, nacido en Briançon, contiene una mayor influencia de los nuevos procedimientos matemáticos que anunciaban el cambio en las metodologías de trabajo, no sólo de la Geografía, sino de la ciencia en general.

La trayectoria de Finé fue semejante a la de Apianus. También se dedicó a la enseñanza de las matemáticas, por su parte, en el Royal Collège de Paris (actualmente Collège de France) a partir de 1530 y hasta su muerte en 1555.

Publicó tratados sobre astronomía, aritmética y geometría, a saber: en 1532 *Protomathesis* y en 1556 *De rebus mathematicis hactenus desideratis*. Con estas obras Finé contribuyó a perfeccionar la metodología matemática en la construcción de proyecciones cartográficas. A él se debe también el primer mapa de Francia impreso en París en 1525.³³

Finé dio a conocer las técnicas del levantamiento de gran escala, la construcción de nuevos instrumentos de observación y de medición, y la compilación de tablas lunares para la determinación de la longitud geográfica. Entre 1551 y 1555 publicó en Paris su obra: *Le sphère du monde*. Esta obra contiene, en el libro V, lo que se conoce como la proyección de Oronce Finé basada en el triángulo esférico que da como resultado un mapa equidistante.

En el libro VI de la obra de Finé, intitulado: "De la composition des cartes géographiques, des provinces et régions particulières" presentó las instrucciones necesarias para el levantamiento a detalle de una localidad.³⁴

d) Gerardus Mercator (1512-1594)

Para la segunda mitad del siglo XVI, la figura de Gerardus Mercator.³⁵ ofrece los elementos para la superación definitiva del trabajo de la Geografía Clásica³⁶ representada por Ptolomeo y, a su vez, completa la labor iniciada por Apianus y Finé. Su trabajo geográfico se caracteriza, además de la tradicional compilación cartográfica, por haber introducido nuevos métodos geográficos durante la segunda mitad del siglo XVI.

³³ Debuss, Allen G. (Ed.). *World Who's who in science*. A biographical dictionary of notable scientists from antiquity to the present. Marquis-who's who inc. 1968. p.566. Grimal, Pierre, *Dictionnaire des biographies*. Presses Universitaires de France. Tomo primero. Paris. 1958. p.530.

³⁴ Bagrow, Leo. *History of cartography*. Revised and enlarged by R.A. Skelton. C.A. Watts & Co. Ltd. London. 1964. p.160.

³⁵ Kish, George. "Mercator, Gerardus (o Gerhard Kremer), 1512-1594". en Guilloispie, Charles Coulston (ed). *op.cit.*, T.IX. p.309-310.

³⁶ Melon, Amando. *op.cit.*, p.293-316.

Mercator inició estudios de filosofía y teología en la Universidad de Louvain, Bélgica; en 1532 obtuvo el grado de Bachelor of Arts. Poco después, paso a estudiar, de manera informal, matemáticas y astronomía con Reiner Gemma Frisius (1508-1555). Su primer trabajo geográfico fue la construcción de un globo terrestre en 1536, al año siguiente publicó su primer mapa: de Palestina.

Durante 22 años (1530-1552) permaneció en la Universidad de Louvain, adonde preparó sus primeros trabajos geográficos. En ese lugar construyó mapas del mundo según el conocido método de la compilación cartográfica, globos terrestres e instrumentos científicos, además de practicar diferentes métodos matemáticos de campo, aprendidos directamente de Gemma Frisius, para el levantamiento y construcción de mapas. Entre 1537 y 1540 aplicó ésta enseñanza para ejecutar el mapa de Flanders.

En 1544, fue arrestado y acusado de herejía debido a sus creencias protestantes, por lo que tuvo que salir de Flanders con su familia para trasladarse a Duisburg, donde se convirtió, en 1564, en cosmógrafo del Duque de Jülich. En Duisburg reabrió su establecimiento geográfico de venta de instrumentos de observación y de cartas geográficas. Entre los clientes del nuevo establecimiento se encontraba el Rey Carlos V.

En ese lugar, el trabajo geográfico de Mercator se transforma radicalmente ya que tuvo la habilidad de innovar nuevos productos geográficos. De hecho ya había tenido la experiencia de elaborar sus mapas a partir de fuentes secundarias, como las relaciones e informes de los exploradores europeos, en los que procedió con un crítico cotejo de los materiales, en vez de recurrir a la tradicional autoridad de Ptolomeo. Con esta metodología fueron publicados los mapas de Europa (1554) y Bretaña (1564).

En la época de Mercator era común el empleo del plano como modelo en la construcción de las proyecciones cartográficas, conocidas como perspectivas. Mercator, modificaría la teoría general de las proyecciones, al introducir la figura del cilindro y crear una nueva proyección, de enorme utilidad para el tránsito de los barcos por las rutas que se abrían a la exploración, explotación y comercio intercontinental.

Hacia el final de su vida Mercator había grabado e iniciado el trabajo de una colección de mapas del mundo, conocido como: *Atlas Sive Cosmographicae Meditationes de Fabrica Mundi et Fabricati Figura*, publicado por su hijo Rumold en 1595, tras la muerte de aquél el 2 de diciembre de 1594. Mercator, al igual que Ortelius, había introducido en la terminología geográfica el concepto de atlas a la colección de mapas encuadernados.

El trabajo de Mercator contiene los trazos de una ingeniería geográfica que coexiste, en la práctica, con los antiguos métodos geográficos. Por una parte preparó los instrumentos y realizó el levantamiento de campo para los mapas de Flanders y de Lorraine, por el otro acudió a la compilación cartográfica para elaborar los mapas de Europa y Bretaña. Introdujo el diseño y rediseño de proyecciones cartográficas. Publicó una edición de la *Geographia* de Ptolomeo, la de 1578.

Por último, presentó la edición de un libro de mapas totalmente nuevo en su composición: el atlas geográfico. Todo ello, simultáneamente con su dedicación a la docencia, la construcción de instrumentos científicos, la administración de su empresa geográfica, los viajes que hizo por Europa y el cuidado de sus relaciones con la iglesia católica.

La activa participación de varios sectores de la sociedad europea y de dinámicos gobernantes, marinos, constructores, comerciantes, inversionistas y grabadores contribuyeron a "desbancar" la autoridad geográfica de Ptolomeo. Se trata no sólo de su desaparición. Significó el surgimiento de cambios en la geografía posrenacentista.

Desde la primera mitad del siglo XVI se estaba conformando una ingeniería geográfica con características prácticas. Aislada de los campos universitarios y dirigida de forma individual por un reducido grupo de innovadores al servicio del Estado. Los factores que precedieron a su integración, van a concurrir particularmente en la cultura española y francesa.

En la labor geográfica de Ortelius surge la fase crítica y el complejo remplazo a la geografía moderna, caracterizada por la separación del mundo heredado por Ptolomeo y perpetuado sucesivamente por varias ideologías religiosas medievales. Se superpone un periodo de rica creación individual e innovación técnica con Frisius, Apianus, Finé y Mercator que eran portadores y daban existencia a una todavía indefinida y no declarada oficialmente, ingeniería geográfica durante el siglo XVI.

3. Elementos que desarrollaron a la ingeniería geográfica

Durante el periodo que va de 1570 en que aparece el *Theatrum* a 1669, año en que Gian Domenico Cassini (1625-1712) comienza las observaciones para la medición de un arco de meridiano entre Paris y Amiens, la *Geographia* adaptó nuevas formas y métodos de trabajo en la resolución de problemas.

En poco tiempo, las aportaciones individuales del trabajo geográfico de Apiano, Finé y Mercator, contrastó con el trabajo realizado en los gabinetes. En las cortes europeas los "geógrafos" del rey recogieron, compilaron y prepararon mapas generales presentados en formatos nacionales, regionales o continentales como el *mapamundi*.

Los más representativos de esta labor fueron, además de Ortelius, Nicolás Sanson (1600-1667), Guillermo Delisle (1674-1726), Juan Bautista Bourguignon D'Anville (1697-1782) y Philippe Buache (1700-1773) en Francia y Tomás López (1731-1802) en España.

Por su parte, la ingeniería geográfica integró nuevos métodos de las teorías científicas, físicas, matemáticas y, sobre todo, penetró en las nuevas perspectivas políticas y económicas bajo el reinado de la monarquía europea.

a) Construcción y empleo de instrumentos científicos.

La historia de los instrumentos científicos conduce necesariamente a la historia de la técnica y a la historia de los materiales.

A partir del siglo XVI, la "ciencia se convirtió entonces definitivamente en el arte de medir, pesar y calcular, combinando con la aplicación del razonamiento inductivo y deductivo para establecer las leyes físicas o someter a prueba las hipótesis".³⁷ La invención de nuevos instrumentos científicos fue una necesidad para el desarrollo del método experimental.

El instrumental científico permitió, en opinión de John D. Bernal, "ampliar y hacer más precisa nuestra percepción sensorial del mundo".³⁸ Esta precisión comenzó a alterar el trabajo y los resultados de los ingenieros no sólo, como se verá más adelante, en la construcción civil o militar sino también en los productos terminados, como los mapas.

Desde el punto de vista de la construcción de instrumentos científicos, dos etapas caracterizan el trabajo de la ingeniería, no sólo geográfica sino también la militar.

En la primera de ellas, los propios científicos e ingenieros se encargaron de diseñar y producir los instrumentos necesarios para su trabajo en los talleres familiares de una forma limitada y artesanal. Para los siglos XVI y XVII, estos talleres se encuentran principalmente establecidos en la región atlántica del continente europeo.

La segunda época, que ya corresponde al siglo XVIII, se caracteriza por la diversidad de centros que producen instrumentos de precisión como Leyden, París, Londres y Edimburgo, además de que los científicos e ingenieros "ya no necesitaban construir sus propios instrumentos, ni pulir sus lentes, como lo habían tenido que hacer Huygens y otros en

³⁷ Forbes, Robert James. *Historia de la técnica*. F.C.E. México. 1958. p.150-51

³⁸ Bernal, John D. *La ciencia en la historia*. UNAM-Nueva Imagen. 8a ed. 1986. p.49.

las épocas anteriores; ahora se podían comprar hechos a la nueva clase de los hábiles fabricantes de instrumentos".³⁹

De la primera fase, el ejemplo más representativo para el caso de la ingeniería geográfica, lo constituye la pareja formada por Gemma Frisius y Gerard Mercator. Ambos lograron reunir los conocimientos teóricos y prácticos para la construcción de los mejores instrumentos científicos del siglo XVI.

Gemma y Mercator se habían asociado durante su juventud en la Universidad de Lovaine, a donde el segundo había llegado en 1530. Éste pasó por un período de práctica en el taller artesanal de instrumentos científicos que Gemma Frisius había fundado en 1545. Para entonces, sus trabajos habían dado a la región de Bélgica fama y prestigio como la mejor en la construcción del instrumental europeo.

Tras las lecciones de matemáticas (en las que se impartían temas geográficos) y astronomía, es decir los elementos teóricos, Mercator se desempeñó en el arte del grabado sobre cobre y el fino acabado de los instrumentos de observación astronómica, los cuales ya había tenido la experiencia de poner en práctica en el levantamiento geométrico de Flandes entre 1537 y 1540. Además aprendió el manejo del buril, de la pluma y, al mismo tiempo, redactó un pequeño tratado de caligrafía para uso de la producción cartográfica.⁴⁰

Muy pronto Mercator no sólo aprendió el grabado de cartas geográficas, como el ejecutado para los mapas de Finé, sino que también el aprendizaje se extendió al diseño y fabricación de instrumentos de medición científica, formándose como uno de los mejores discípulos de Gemma. Con el tiempo, se ocupó del cargo de 'director técnico' del taller. El resultado fue una relación en la que Gemma era el cerebro y Mercator la mano.⁴¹

Del taller de Gemma salieron instrumentos que despertaron interés entre las autoridades de España, Inglaterra y Francia; como Carlos V, que pidió instrumentos de observación, perdidos en un incendio en 1546 y reemplazados por el taller sólo seis años después en 1552.

En el grabado de precisión que se produjo hacia mediados del siglo XVI, los instrumentos científicos registraron innovaciones tanto en la técnica de construcción como en los materiales empleados para su fabricación.

El material empleado en Europa para construir instrumentos científicos había sido tradicionalmente el latón. A mediados del siglo XVI, Henri Michel señala que en la región belga,

³⁹ Forbes, R. J. op cit. p.187-189.

⁴⁰ Michel, Henri. "Astrolabistes, Géographes et Graveurs Belges du XVIIe siècle". en *La science au seizième siècle*. Hermann. Paris. 1960. p.20.

⁴¹ *Ibidem.*, p.16.

el desarrollo y origen del grabado de precisión se vió determinado por un factor "externo" como fue el monopolio financiero y comercial ejercido por los Fugger, banqueros inversionistas de la región alemana de Augsburg, que acapararon la producción europea de las minas de cobre, plata y plomo

A ellos había que recurrir para adquirir el cobre rojo, necesario en los nuevos procedimientos que se estaban innovando en los talleres artesanales. Pero no sólo era el monopolio de compra-venta; almacenada la producción en la región de Amberes, promovieron la creación de grupos dedicados al grabado en esta región.

En 1546, Enrique VIII les encargó cobre para fabricar instrumentos y artesanos constructores de esa ciudad, con el objeto de introducir la práctica de la cosmografía en Inglaterra; de igual forma hizo Tycho Brahe para mandar fabricar sus cuadrantes y teodolitos.⁴²

Una segunda razón, de orden técnico, para el desarrollo del grabado en esta región se perfeccionó notablemente con el empleo de la técnica del laminado de cobre, por medio del cual los gremios de artesanos podían obtener láminas con una superficie mucho más homogénea empleados en la modelación de los instrumentos.

Con anterioridad las placas eran enderezadas en el torno del que se obtenían láminas de un espesor muy irregular. Hasta el siglo XVII, el torno fue un instrumento de precisión. El laminado de cobre se mantuvo desde entonces en secreto por los dueños del monopolio del metal y con ello contribuyeron a guardar los detalles de la técnica.

La regularidad de la superficie del metal era una condición indispensable para el buen manejo del buril en los trazos, geométricos y a mano libre, para marcar las cifras, señales y letras; un ejemplo fueron los astrolabios que eran trazados, sobre una proyección estereográfica, ortográfica o bien la horizontal, empleando la regla y el compás, a partir de la segunda mitad del siglo XVI, éstos se diferencian de los anteriores, por su fino y elegante acabado.

Una tercera observación que hace H. Michel se refiere a los primeros artesanos del grabado de precisión. El conocimiento empírico los condujo a ejercer una función profesional como geógrafos pues encontraron en el grabado geográfico una carrera más remunerativa ante el auge que se levantaba sobre los productos cartográficos en esta época. La figura más respresentativa para la geografía del periodo fue Ortelius. El seguimiento de estos grabadores profesionales hizo saber que sus descendientes se orientaron finalmente hacia el grabado de arte que prácticamente llenó con sus obras el siglo XVII.⁴³

⁴² *Ibidem.*, p.22.

⁴³ *Ibidem.*,

Un siglo después, las sociedades científicas de Londres y París recibieron en sus salones aquellos hombres prácticos y talentosos, que poseían una sólida formación teórica-científica, junto con una práctica semejante a la del artesano. La invención técnica de los instrumentos, a cargo de hombres talentosos, produjo numerosos instrumentos que "fueron sometidos a prueba, desarrollados y mejorados. Los miembros de estas sociedades dieron al mundo el telescopio, el microscopio, el termómetro, el barómetro, la bomba neumática, los nuevos relojes de cuerda de escape y péndulo...".⁴⁴

Ingenieros especialistas en el diseño y construcción de instrumentos de precisión fueron los ingleses Jesse Ramsden (1735-1800) y Edward Troughton (1753-1836). Con su trabajo, basado en las matemáticas, óptica y física, desarrollaron técnicas que les permitieron incrementar considerablemente la precisión en los equipos astronómicos, de navegación y de levantamiento terrestre con fines cartográficos.

Desde el punto de vista tecnológico, en su trabajo combinaron los conocimientos teóricos con el diseño y la construcción, de modo que no sólo pasaron del diseño y modelo inicial de los instrumentos a la producción en serie, sino que cada uno de ellos se encargó de la administración y gerencia, de la comercialización y de la distribución de los productos que llegaron a difundirse tanto en Europa como en América.

Troughton perfeccionó el cuadrante de Hadley (1788), el péndulo de mercurio (1790) y el círculo de reflexión de Borda (1796). Fue el responsable de sustituir los filamentos de tela de araña por cabello o alambre en los micrometros ópticos. Se le reconoce como su más notable logro el perfeccionamiento del método de dividir el círculo. Estos aportes de Troughton lo llevaron a recibir reconocimientos por parte de la Royal Society de Londres de la que fue *fellow* en 1810.

A Ramsden le correspondió llevar la precisión de los instrumentos a un lugar nunca antes alcanzado. Con la perfección para dividir el círculo, le permitió producir instrumentos que redujeron de tres a medio segundo de arco los errores de la observación en la medición angular, lo que le valió el reconocimiento de la Oficina de Longitudes de Londres en 1777.

Al igual que Troughton, Ramsden abrió su tienda de instrumentos en Londres, en la que cuidaba el no menos importante ramo de la comercialización de la producción de su fábrica de aparatos. Para 1789 había producido varios cientos de sextantes, teodolitos, micrómetros, niveles, barómetros y otros instrumentos que requerían los

⁴⁴ Forbes, R. J. *op.cit.* p.150-51. Wolf, Abraham. *op.cit.* pp.9-10.

científicos de la época. La Royal Society lo recibió como fellow en 1786. Fue también responsable de proporcionar a los observatorios europeos telescopios acromáticos con círculos divididos de alta precisión.

La reputación de ambos constructores de instrumentos creció rápidamente, no sólo entre los ingenieros, sino también en la administración pública de los estados que llevaban a cabo el levantamiento cartográfico de sus territorios y el equipamiento de los observatorios astronómicos. Con base en las innovaciones tecnológicas que prepararon en el campo de la observación y de la medición, con el empleo de la ciencia, su labor permitió, durante la segunda mitad del siglo XVIII y primer cuarto del XIX, introducir rigurosas modificaciones a los diseños existentes y precisión de los instrumentos.

Estos instrumentos, junto con otros procedentes de Alemania e Italia, forman parte de la tecnología disponible sólo hasta la segunda mitad del siglo XVIII y a lo largo del siglo XIX en las expediciones científicas alrededor del mundo, en la producción de mapas practicados en Europa, África y América, en los observatorios astronómicos, en los laboratorios y la enseñanza técnica de las escuelas superiores de ingeniería y de la industria europea.

La ingeniería europea fue usuaria de este instrumental y su perfeccionamiento se consiguió con el trabajo realizado por los ingenieros geógrafos y otros más para la administración central estatal y del aparato militar.

Por medio del instrumental de precisión, el levantamiento horizontal (planimetría) y vertical (altimetría) con propósitos cartográficos de gran escala, recibió un estímulo significativo en las rutinas y en los métodos de trabajo pues ofrecieron la posibilidad de controlar y repetir la observación y medición terrestre en la preparación de mapas.

b) Sistemas de proyección cartográfica a partir de principios matemáticos.

Aspectos como la forma esférica de la Tierra con los polos, el ecuador y los trópicos; el sistema de longitudes y latitudes, las primeras proyecciones geométricas y el cálculo de la dimensión del planeta fueron los elementos principales que se conocieron por parte de la geografía científica de los griegos. Desde entonces se estaba en condiciones de llevar a cabo la representación de la superficie terrestre por medio de dos sistemas de referencia: el globo terráqueo y el mapa.

Para el Renacimiento una compleja situación caracterizada por una serie de factores políticos (como encontrar oro para mantener los ejércitos, la economía y satisfacer las crecientes exigencias de los reyes), económicos (como reanudar la interrumpida relación comercial con Asia, financieros de empresas de navegación, capitalismo

mercantilista, explotación económica de los descubrimientos), técnicos (instrumentos de navegación, la carabela, la imprenta, el cañón, el mosquete, la imprenta, el grabado metálico, la información geográfica), religiosos (expansión misional de las órdenes y la conversión de los indios) se conjugaron para demandar nuevas relaciones de la geografía con la sociedad y el poder europeo.

La geografía tuvo que resolver internamente problemas teórico-metodológicos los cuales habían ya anunciado en su momento los geógrafos griegos, árabes y Ptolomeo. De esta manera desde el último cuarto del siglo XV recuperar la figura redonda de la Tierra fue el primer paso para salir adelante con los nuevos vientos de modernidad.

Tanto Martín Behaim (1459-1507) como Cristóbal Colón se sirvieron de la esfericidad de la Tierra para diseñar y llevar a cabo sus respectivos proyectos. Behaim construyó su globo terrestre en 1492 y fue considerado, por sus detalles, como el más importante documento geográfico de su tipo en el período de los descubrimientos.⁴⁵

Con más dificultades, en ese año Cristóbal Colón tuvo que convencer al poder real de los beneficios de su proyecto para conseguir cuantiosos apoyos económicos y materiales y realizar la idea de "navegar a las regiones del Este por el Oeste".

Más tarde la práctica de Colón al explorar el Mediterráneo americano vendría a modificar la teoría geográfica representada en el globo de Behaim. Los globos terráqueos de la primera mitad del siglo XVI, como los construidos por el geógrafo italiano Vincenzo Maria Coronelli (1650-1718) para el rey Luis XIV de Francia, incorporaron el nuevo horizonte geográfico ampliado por Colón, Magallanes-Elcano, Vespucio y los que siguieron.

De esta forma el globo terráqueo se constituyó en la más fiel representación que se tenía de la Tierra. Por medio de su red de paralelos de latitud y de meridianos de longitud era posible el trazo de las tierras continentales e insulares exploradas por los europeos, conservando la correspondencia de los ángulos, las distancias y las áreas del planeta sobre una esfera artificial reducida a escala.

El problema que se le presentó a la geografía fue reproducir la red geográfica del globo terráqueo sobre un plano. El asunto no era nuevo, Ptolomeo ya lo había intentado, sólo que hacia los siglos XV y XVI surgieron por

⁴⁵ Un estudio sobre los globos terráqueos del siglo XV y de la primera mitad del siglo XVI puede verse en: Nordenskiöld, Nils Adolf Erik. *Facsimile Atlas to the early history of cartography with reproductions of the most important maps printed in the XV and XVI centuries*. Translated from the Swedish original by Johan Adolf Ekelöf and Clements R. Markham. Kraus Reprint Corporation. New York. 1961. p.71-83.

primera vez condiciones novedosas en el conocimiento científico y técnico que le dieron solución.

Es pertinente recordar brevemente que, desde el siglo XIII, Europa contaba con las cartas de rumbos que le permitieron al marino dirigir las embarcaciones sobre las aguas del Mediterráneo. Estas cartas se construyeron, según el principio de la triangulación magnética, "basada únicamente en las direcciones, deduciéndose las distancias por la suma de un gran número de puntos situados en la costa y, más o menos, alejados unos de otros".⁴⁶

Estas cartas de rumbos se caracterizaron por "no tener en cuenta -se podría muy bien hablar de ignorancia- las investigaciones astronómicas sobre las latitudes y longitudes, sobre la forma y configuración de la tierra, así como aquellas conexas con la superficie del globo y de las masas continentales".⁴⁷

De modo que las cartas de rumbos medievales fueron construidas con un orden geométrico propio. Construidas como cartas planas, no tuvieron en cuenta la esfericidad del planeta.⁴⁸

El Renacimiento significó un periodo de extraordinaria riqueza para la invención de proyecciones cartográficas. El empleo de conocimientos científicos y técnicos, cada vez más perfeccionados, contribuyó a difundir una cultura geográfica útil al Estado. Los cambios sociales, económicos y políticos incrementaron la necesidad de recuperar los viejos, pero no olvidados, sistemas de proyección inventados por los griegos.

El procedimiento para transformar una parte de la Tierra sobre una superficie plana, fue realizado sistemáticamente por Tales de Mileto, Eratóstenes e Hiparco, con el empleo de proyecciones azimutales.⁴⁹

Hasta el siglo XVI las proyecciones perspectivas ortográfica y estereográfica se denominaron "analemma" y "planisphaerum" respectivamente. En 1613 el matemático jesuita Francois D'Aguillon (1546-1617), inspirado en *De Architectura* de Pollio Vitruvius (25 a.n.e) renombró las

⁴⁶ Fall, Yoko K. "Las cartas de rumbos y su utilización en los siglos XIV y XV". en *Revista de Indias*. Instituto "Gonzalo Fernández de Oviedo". Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. Vol. XLIII. Núm. 172. julio-diciembre 1983. p.427.

⁴⁷ *Ibidem*. p.429.

⁴⁸ D'Avezac, Marie. "Coup d'oeil historique sur la projection des cartes de géographie", en *Bulletin de la Société de Géographie*. Paris. avril et mai 1863. p.463.

⁴⁹ Proyecciones que conservan la correspondencia entre los azimutes de todas las líneas que irradian desde el punto central o polo geográfico con los de la esfera. Algunas de éstas proyecciones son perspectivas, otras no.

antiguas proyecciones perspectivas empleadas en el diseño de cartas del cielo y astrolabios.⁵⁰ Otra proyección perspectiva se conoció, hasta el siglo XIX, como "horologium" cuando fue renombrada como gnomónica.

Durante la Edad Media, Ptolomeo y Marino de Tiro hicieron uso, cada uno, del sistema de azimutal, particularmente la forma equidistante para representar en sus mapas el mundo conocido hasta entonces.⁵¹ En el Renacimiento fue nuevamente empleado para representar los territorios localizados a más de 40 grados de latitud norte y sur del Ecuador.⁵²

Fue hasta el siglo XVI y principios del XVII, cuando el uso de los principios de la perspectiva se constituyó como una práctica tradicional en la formación de proyecciones para los mapas. Se representó la superficie de la Tierra entera como en los mapamundi o bien una parte de ella como los hemisferios.⁵³

Otras proyecciones para mapas fueron introducidas durante el siglo XV y la primera mitad del XVI.⁵⁴ En su diseño no se sujetaron a los principios de la perspectiva. Conocidas como proyecciones convencionales, no se sujetaron a las leyes de la perspectiva. Son ejemplo la proyección de Leonardo da Vinci, de Orontius Finé, de Guillaume Le Testu, de Jean Cossin, de Roger Bacon.⁵⁵

Así, desde los más antiguos orígenes hasta el siglo XVI el empleo del plano y la perspectiva fueron recursos útiles en las necesidades de la astronomía práctica en la creación de cartas del cielo y de instrumentos científicos como el astrolabio.

A fines de ese siglo, la aplicación de las proyecciones, a los fines de la geografía, se difundió rápidamente como un conocimiento nuevo en los proyectos geográficos oficiales.

El problema que significaba la representación de la superficie esférica de la Tierra sobre un plano requería de otros procedimientos matemáticos. Sin embargo, el trabajo geográfico incorporó nuevas figuras geométricas como modelos para representar la superficie terrestre.

El razonamiento matemático, característico de la ciencia moderna del siglo XVI, permitió aplicar y perfeccionar nuevas rutinas, principalmente analíticas, en el diseño y

⁵⁰ Keuning, Johannes. "The history of geographical map projections until 1600". *Imago Mundi*. XII. Londres. 1955. p.6. D'Avezac, Marie. op cit. p.332-334.

⁵¹ Keuning, Johannes. op cit. p.9 y ss. D'Avezac, Marie. op cit. p.p.282-288.

⁵² *Ibidem.*, p.4-5. Nordenskiöld, N.A.E. op cit. p.85.

⁵³ Nordenskiöld, N.A.E.. op cit. p.92-93.

⁵⁴ *Ibidem.* p.98-116.

⁵⁵ Keuning, Johannes. op cit. p. 22-24. Nordenskiöld, N.A.E. op cit. p.86 y ss.

construcción de mapas.⁵⁶ Durante el siglo XVIII los sistemas de transformación empleados para trasladar las coordenadas geográficas de longitud y latitud sobre un plano, fueron modificados, empleándose leyes matemáticas que dieron origen a nuevos sistemas cartográficos.

En el diseño de mapas, se incorporaron figuras proporcionadas por la geometría como el cilindro y el cono. Conocidas como sistemas de proyección por desarrollo, fueron empleados para proyectar, sobre su superficie, los diferentes puntos de la Tierra. Estos modelos condujeron la construcción de las proyecciones cartográficas, además de la forma geométrica, por la formulación de una relación matemática que, entre otros, modificaría el trabajo geográfico durante el siglo XVII.

La Tierra fue "envuelta" por las figuras del cilindro y del cono. Sobre éstas se proyectaron las coordenadas geográficas por medio de leyes matemáticas que buscaron reducir las deformaciones lineales, angulares o superficiales del mapa.

En el siglo XVI, Gerhard Mercator introdujo la figura del cilindro en el trabajo geográfico. La teoría general de las proyecciones iniciaba la ampliación de sus contenidos, con nuevos modelos. Mercator había rediseñado la proyección cónica, empleada en el siglo XV para publicar los mapas de la *Geografia* de Ptolomeo.⁵⁷

Pero con lo que Mercator ofrece un aporte significativo a la teoría general de las proyecciones fue en el diseño de la proyección cartográfica que lleva su nombre. El mapamundi preparado en 1569, que lleva por título: *Nova et aucta orbis terrae descriptio ad usum navigantium emendate accommodata* proporcionaba un nuevo auxilio metodológico para la pujante navegación de la época.

Se trata de una proyección cilíndrica tangente al ecuador representado por una línea recta, con los meridianos espaciados paralelos y de forma perpendicular. Los paralelos de latitud son líneas rectas perpendiculares a los meridianos con los grados de latitud incrementándose hacia

⁵⁶ Wallis, Helen M. y Arthur H. Robinson. *Cartographical Innovations. An International Handbook of Mapping Terms to 1900*. Map Collector Publications Ltd. 1982. p.192. Joly, Fernand. op cit. p.19.

⁵⁷ En su forma tangente la proyección cónica, toca la superficie de la esfera a lo largo de un paralelo de latitud, pasando en medio de la zona que se representa en el mapa. El mapa se distorsiona y tiende a exagerar los paralelos de latitud cerca de las regiones norte y sur del mapa. Mercator rediseñó este procedimiento haciendo la proyección en forma secante, donde el cono corta la esfera, en dos paralelos de latitud, comprendidos en el mapa. Con la proyección cónica rediseñada Mercator elaboró su mapa *Europae descriptio* de 1554.

los polos. En 1541 Mercator dibujó sobre su globo terrestre líneas loxodrómicas, que se presentan en forma de líneas espirales. Se sugiere que, al no existir las tablas de secantes, Mercator empleó triángulos loxodrómicos de metal, para delinear el azimut que debían seguir los barcos en la navegación.⁵⁸

Al no sufrir ninguna deformación angular, la proyección tiene una gran utilidad para la navegación de altura. El curso del barco, que se dirigía con rumbo fijo, apareció como una línea recta (loxodrómica) y corta los meridianos en el mismo ángulo sobre el mapa, tal como lo hace el barco con los meridianos de la esfera terrestre. De modo que a partir del siglo XVI, las rutas de navegación en dirección a Asia o bien hacia América, podían seguirse y medirse como líneas rectas con el compás a bordo de los barcos durante la travesía.

Esta proyección de Mercator facilitó la navegación oceánica. Efectivamente, desde el siglo XII y hasta el XVII las cartas de rumbo fueron el auxiliar imprescindible de la navegación mediterránea, que aseguraba las travesías de los barcos por medio de los rumbos y distancias que registraban las cartas.

Correspondió al matemático alemán Johann Heinrich Lambert (1728-1777) participar significativamente en la teoría de la construcción de mapas. Las condiciones matemáticas para conservar los ángulos y las áreas fueron desarrolladas por él y, según los propósitos, cada una de esas condiciones no compatibles, podían satisfacerse.

En el siglo XVIII, el análisis algebraico e infinitesimal influyó notablemente en las matemáticas. Leonhard Euler (1707-1783), Joseph-Louis Lagrange (1736-1813), Adrien-Marie Legendre (1752-1833) y Carl Friedrich Gauss (1777-1855) crearon, consolidaron y difundieron las formulaciones superiores del análisis infinitesimal y de una teoría matemática avanzada. La teoría general de las proyecciones cartográficas fue un campo particularmente propicio para desarrollar y mostrar las aplicaciones de las matemáticas superiores.⁵⁹

La teoría matemática permitió transferir la red de coordenadas geográficas al cilindro o al cono en condición tangente o secante ya no al modelo de la esfera, sino al elipsoide de revolución. De este modo, algunos geógrafos se preocuparon de la forma y dimensiones de la Tierra en su actividad profesional.

Creció el interés por conocer el tamaño de los ejes: polar y ecuatorial, el aplanamiento terrestre, la influencia de la gravedad en el cálculo de las coordenadas geográficas y

⁵⁸ Keuning, Johannes. op cit. p.16-17.

⁵⁹ D'Avezac, Marie. op cit. p.355-358, 438-439

otros elementos físicos del planeta que afectaban de modo directo la precisión del trabajo geográfico.

Lambert, en su obra *Beiträge* de 1772, presentó un nuevo arreglo a la proyección Mercator, con el cilindro en forma transversa e inició los arreglos y adaptaciones de las proyecciones cilíndricas.⁶⁰

El empleo del cono como figura útil en el campo de la construcción de mapas fue generalizado en el siglo XVIII. Lambert presentó la teoría matemática de las proyecciones cónicas. En 1772, dio a conocer su proyección cónica conforme. En 1805, Albers presentó su proyección cónica equi-área y en 1820 Ferdinand Rudolph Hassler (1770-1843) dio a conocer la proyección policónica.⁶¹

Lo importante de los avances realizados a la teoría general de las proyecciones, desde el punto de vista geográfico, fue su incorporación como estudio formal en la organización profesional de la Escuela de Aplicación de los ingenieros geógrafos de París. Su estudio implicaba unas sólidas bases de la teoría matemática del siglo XVIII y el tratamiento analítico de las figuras del plano, el cilindro y el cono.

En la segunda mitad del siglo XVIII, la teoría matemática permitió al ingeniero geógrafo trasladar analíticamente, no sólo de modo gráfico, sobre una hoja de papel el trabajo que había ejecutado sobre el campo con la elaboración de mapas de gran escala.

c) El advenimiento de la ingeniería de Europa

Una de las preguntas que debe responder la historia de la tecnología es ¿cuándo fue el advenimiento de la ingeniería de Europa? ¿Qué sucedió en la educación superior particularmente en la segunda mitad del siglo XVIII? Se sabe de la importancia que, al menos, desde la Edad Media, tuvo la ingeniería militar en los trabajos de defensa y fortificación, apoyo y estrategia de los ejércitos del rey.

Sin embargo, nuevas áreas del conocimiento y necesidades sociales, dieron origen a otras especialidades de la ingeniería, a saber, geográfica, de construcción naval, de caminos, canales y puentes, de minas o de bosques.

Por tanto, entre los antecedentes que incidieron directamente para la formación de ingenieros profesionales, se cuenta: el surgimiento institucional de la ingeniería europea que, en general, forma parte de los factores que dieron lugar al surgimiento de la tecnología y, con el tiempo, al auge de la revolución industrial en esa área

⁶⁰ Snyder, John P. *Map projections Used by the U.S. Geological Survey*. Geological Survey Bulletin 1532. 2d ed. 1984. p.53.

⁶¹ *Ibidem*. p.93, 101 y 123.

geográfica; y la relación entre la ciencia y la tecnología, más específicamente la relación entre la ciencia y la ingeniería, por lo menos, desde la revolución industrial inglesa.

Especialistas de la historia económica europea coinciden en señalar a Inglaterra como el lugar donde comenzó la Revolución Industrial durante el siglo XVIII. El desarrollo tecnológico y económico se vio favorecido, especialmente en el periodo de 1740 y 1770, con la industria lanera.⁶²

El avance industrial europeo puede ser explicado, por un lado, como respuesta a presiones endógenas hacia el cambio, por el otro, como reacción frente a los nuevos métodos de industrialización ingleses.⁶³

En Europa, los descubrimientos e invenciones fueron producto del sincretismo técnico y de una preparación muy larga y diversa, que permitió la formación de una cultura e innovación técnica surgida del contexto social, económico y político de la civilización europea que, como escribió Forbes, dejó de ser ante todo mediterránea para convertirse definitivamente en cultura occidental.⁶⁴

El acelerado avance tecnológico industrial inglés motivo a los países del Continente, particularmente al finalizar el siglo XVIII, a emular el modelo inglés de producción y bienestar social. Por tanto, como señala David Landes, a "medida que la tecnología del Continente fue mejorando y que el impacto de la revolución industrial se movió hacia el Este y el Sur, los países del borde occidental del Continente, sobre todo Bélgica y Francia, se convirtieron progresivamente en depósitos de capital y de técnica".⁶⁵

La independencia tecnológica del Continente fue en parte como resultado de la "transmisión de conocimientos sobre una base individual, en el propio lugar de trabajo".⁶⁶ La educación técnica tuvo un papel, de forma inmediata, de menor importancia, pero de mayores consecuencias a largo plazo, puesto que "el aprendizaje formal de mecánicos e ingenieros" fue realizado, por vez primera, en escuelas técnicas. En ese sentido, la contribución del Estado fue más importante.⁶⁷

En efecto, la inversión inicial para la puesta en marcha de una red de centros educativos "al nivel más alto", por parte de Francia y Prusia, fue responsabilidad de los gobiernos, que pudieron comprometerse a dar las facilidades para la organización y difusión entre la sociedad.

⁶² Landes, David S. *Progreso tecnológico y revolución industrial*. Editorial Tecnos. Madrid. 1979. p. 60 y ss.

⁶³ *Ibidem*. p. 143.

⁶⁴ Forbes, R.J. *op cit.* p. 150.

⁶⁵ Landes, David S. *op cit.* p. 167.

⁶⁶ *Ibidem*. p. 168

⁶⁷ *Ibidem*.

Debido a los beneficios monetarios demasiados distantes, la iniciativa privada sólo pudo dar su bendición a la educación técnica superior y, por lo pronto, apoyar "a aquellas escuelas de nivel más elemental cuyos cursos cortos estaban encaminados a preparar para entrar directamente en las fábricas".⁶⁸

Para Europa, una red de escuelas de educación superior técnica, "no sería sino un instrumento para el desarrollo y la movilización de capacidades y conocimientos productivos".⁶⁹

El segundo aspecto se refiere a las relaciones entre la ciencia y la ingeniería. Hasta el Renacimiento, ésta última seguía siendo esencialmente empírica. Por más de cuarenta siglos de registro histórico, lo que posteriormente se conocería como "filosofía natural" y la antigua práctica de las artes, conocidas después como ingeniería, siguieron su propio camino, prácticamente independientes en cuanto a sus trayectorias e intereses.⁷⁰

Por un lado la invención de las cosas y los procesos, por el otro el descubrimiento de su naturaleza y leyes. Durante mucho tiempo las limitaciones y frecuentemente equivocadas especulaciones de la temprana ciencia ofrecieron poco o prácticamente ningún valor de utilidad al ingeniero o al técnico. Durante ese tiempo la ingeniería estuvo ampliamente limitada en sus aplicaciones al trabajo, en el que había poca necesidad o apremio por un exacto conocimiento científico.⁷¹

Durante la Revolución Científica de los siglos XVI-XVII cambió el espíritu y el método de la ciencia. No obstante las relaciones entre la ciencia y la ingeniería se mantuvieron prácticamente sin modificar, no hubo una revolución de la ingeniería al lado de la revolución científica.⁷²

La invención del método experimental no tuvo relación directa industrial en el monopolio del gremio poseedor de un limitado conocimiento, habilidad y experiencia. La invención recibió un incentivo especial fuera de esta situación, especialmente entre los ingenieros militares con el diseño de fortificaciones, canales y armas.⁷³

⁶⁸ Ibidem.

⁶⁹ Ibidem. p. 169. Véase la nota 40.

⁷⁰ Kip Finch, James. "Engineering and Science: A Historical Review and Appraisal". En *Technology and Culture*. Detroit. Vol. II. No. 4. 1961. p. 319.

⁷¹ Ibidem.

⁷² Rupert Hall, A. "Engineering and the Scientific Revolution". En *Technology and Culture*. Detroit. Vol. II. No. 4. 1961. p. 337.

⁷³ Mumford, Lewis. *Técnica y civilización*. Alianza Universidad 11. Madrid. 1987. 4a reimp. p. 149 y 240.

El método de la práctica empírica, mediante ensayo y selección fue característica del trabajo de los hombres prácticos de las minas, las fábricas, los talleres de máquinas, los de relojería y de cerrajería que no vieron gran ayuda, en su labor, por el lado de la ciencia.

El método científico, el telescopio de reflexión, el cálculo diferencial, el reloj de péndulo fueron invenciones del periodo, que constituyeron el núcleo de un conocimiento en aumento y a su vez eran medios para otras invenciones.⁷⁴

La ciencia incrementó su prestigio considerablemente en la sociedad inglesa y francesa a fines del siglo XVII, después de la agricultura y de la medicina, a la ingeniería le correspondió un desdeñoso tercer sitio en el reconocimiento otorgado por parte del Estado moderno.⁷⁵

Poco a poco la noción científica de exactitud comenzó a afectar a los ingenieros. Esto fue más evidente en los trabajos de campo: mediciones y nivelaciones, obtención de datos numéricos y registros de la producción de mapas. En el plano de la construcción los errores en la medición podrían ser catastróficos.⁷⁶ Una parte del problema lo constituía el desarrollo de modelos geométricos para el levantamiento de campo que permitieran la repetición y el control de las operaciones; la otra, era la precisión de los instrumentos empleados en la medición angular o lineal.

Alrededor de 1750, la ciencia y la técnica llegaron a tener un punto de coincidencia en sus relaciones de trabajo. Tal encuentro procedía de la fundación de escuelas técnicas de educación superior. No obstante esta primera experiencia de la enseñanza técnica persistía en las escuelas características propias del gremio.

Al iniciar el siglo XIX, las escuelas de ingeniería jugaron un papel decisivo en el surgimiento de la tecnología, ya que por primera vez se reunieron en la enseñanza y trabajo de la ingeniería el conocimiento científico y técnico, dispuesto de forma racional y sistemática.⁷⁷

En la "interpretación y en la aplicación de la ciencia apareció un nuevo grupo de hombres, o, más bien, una antigua profesión cobró nueva importancia. Entre el industrial, el simple obrero y el investigador científico, apareció el

⁷⁴ *Ibidem.* p.148-149.

⁷⁵ Rupert Hall, A. op cit. p.339-340.

⁷⁶ *Ibidem.* p.337.

⁷⁷ Salomon, Jean Jacques. "What is technology? The issue of its origins and definitions". En *History and Technology*. Vol. 1. 1984. p.142 y ss.

ingeniero".⁷⁸ En palabras de Bernal, el ingeniero fue "...un nuevo fenómeno social".⁷⁹

Estos ingenieros -escribió Mumford- tenían que dominar todos los problemas que suponía el desarrollo de las nuevas máquinas y obras, y la aplicación de las nuevas fuentes de energía.⁸⁰ Representantes del exacto análisis y de la observación controlada comenzaron a penetrar en cada sector de la actividad humana.

No fue sino hasta los años 1850 y 1860, cuando la ciencia y la ingeniería se convirtieron en un "importante recurso industrial, y los países continentales vieron cómo lo que antes había sido un factor compensador de limitaciones pasaba a convertirse en una ventaja diferencial importante".⁸¹

En ese periodo, en Francia y Prusia el ingeniero fue capaz de separarse del carácter pragmático de los artesanos y del conocimiento teórico de los savant para formar una nueva empresa institucionalizada, obtener un reconocimiento entre las ciencias y las artes útiles, y buscar una imagen propia en la sociedad.

En resumen, desde el Renacimiento a partir de 1440 y hasta la segunda mitad del siglo XVII, la geografía reunió tres importantes elementos metodológicos que la llevarían a consolidarse, con plena expresión en una disciplina tecnocientífica, a saber: 1) la construcción y empleo de instrumentos científicos; 2) las investigaciones sobre la teoría de las proyecciones cartográficas a partir de principios matemáticos; y 3) el advenimiento de la ingeniería.

Hasta entonces, la geografía estuvo en condiciones de integrar factores tecno-científicos, todos ellos útiles para el estudio del espacio geográfico bajo una novedosa forma de trabajo, enseñanza y metodología sistemática, acorde con los nuevos rumbos de la técnica y la sociedad europea.

4. La Ingeniería geográfica de España

El caso de España guarda un especial interés para el tema de la ingeniería geográfica, pues la reforma administrativa y económica que se pretendía a fines del siglo XVII, enfrentó la falta de producción cartográfica nacional.⁸²

Del reinado de Felipe II (1527-1598), procede el origen de un ambicioso proyecto para dotar a España de un mapa nacional. Nuevas y documentadas investigaciones han salido a

⁷⁸ Mumford, Lewis. *op cit.* p.239-240.

⁷⁹ Bernal, John D. *op.cit.* p.525.

⁸⁰ Mumford, Lewis. *op cit.*

⁸¹ Landes, David S. *op cit.* p.169.

⁸² Capel, Horacio. *Geografía y Matemáticas en la España del siglo XVIII.* oikos-tau. ediciones. Barcelona. 1982. p.125.

luz sobre el interés de este monarca por las ciencias y sus aplicaciones civiles y militares. Rey de España en 1556, Felipe junto con sus asesores, impulsaron la cosmografía con fines geográficos y de navegación; proyectos técnicos para la guerra como la construcción de barcos, artillería y municiones, invenciones secretas de guerra; la minería como suministro de financiamiento del Estado; y la medicina hospitalaria.⁸³

a) Felipe II y el proyecto del mapa de España

A diez años de haber llegado a la cumbre de la sociedad española, Felipe promovió amplios reconocimientos de España y de las colonias americanas, nunca antes intentados en una extensión como España, la Nueva España y hasta Filipinas. Se encargó a Pedro de Esquivel, profesor de matemáticas de Alcalá de Henares, la preparación del proyecto de la parte peninsular.

El cronista del rey Ambrosio de Morales, apuntó que "mirando por vista de ojos pudiese hacer la descripción de España tan cierta y cumplida, tan particular y exquisita, como su Majestad lo deseaba y el maestro Esquivel podía hacerla".⁸⁴ La formación de una geografía detallada de España "tendría que incluir información de todos los lugares, ríos, arroyos y montañas, por pequeños que fuesen".⁸⁵

Esquivel conocía la obra de Gemma Frisius que enseñaba los métodos de la triangulación terrestre, por medio de una traducción castellana de 1548. Los elementos teóricos para la formación de mapas provenían de ese autor. Además Esquivel se propuso corregir la posición geográfica de muchas ciudades españolas registradas en la *Geographia* de Ptolomeo.

En la práctica, Esquivel procedió a ejecutar un reconocimiento geodésico. Durante varios años recorrió el territorio español con los instrumentos a lomo de mulas y, con la ayuda de Diego y Felipe de Guevara realizó las observaciones angulares y practicó mediciones lineales. Esquivel empleó métodos astronómicos para determinar coordenadas geográficas y aplicó técnicas de triangulación sobre el terreno. También "utilizó largas cadenas de medida e inventó grandes instrumentos de madera. Pero el reconocimiento de España nunca se completó".⁸⁶

⁸³ Goodman, David. *Poder y penuria. Gobierno, tecnología y sociedad en la España de Felipe II*. Alianza Editorial. Madrid. 1990.

⁸⁴ López Piñero, José María. *Ciencia y técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII*. Editorial Labor. Barcelona, 1979. p.220.

⁸⁵ Goodman, David. *op cit.* p.86.

⁸⁶ *Ibidem*. p.87.

Esquivel murió y al poco tiempo su sucesor Diego de Guevara, dejando al rey la preocupación por los materiales, instrumentos y la terminación del mapa de España hasta el último instante de su vida. Este proyecto, en opinión de Capel, hizo de España "el primer país europeo que en la segunda mitad del siglo XVI había abordado decididamente la realización de un mapa científico de todo su territorio".⁸⁷

De lo que precede se desprende que la cosmografía oficial combinaba conocimientos de la geometría, astronomía y geografía. Los cosmógrafos y geógrafos "se dedicaron no sólo a la descripción de las tierras y mares conocidos y a la confección de cartas y mapas de ellos sino también al estudio del movimiento de los cuerpos celestes y a la elaboración de cartas y tablas astronómicas, pues ambos temas estaban íntimamente relacionados debido a que los datos astronómicos eran imprescindibles para el trazado de las cartas y padrones, tanto terrestres como marítimos".⁸⁸

En la persona del cosmógrafo quedó integrada una labor de ingeniero geógrafo, al ocuparse del quehacer práctico de la geografía. El puesto de cosmógrafo fue creado en el seno del Consejo de Indias en 1571. Éstos debían residir en la corte y viajar a donde se les indicara. El número de cosmógrafos no pasó de dos, por lo que problemas oficiales como la navegación, requerían de una atención más amplia.

Felipe II decidió crear en la corte "un centro de formación de nuevos cosmógrafos", al margen de la Casa de Contratación y de la universidad española. En 1580 Felipe II fue proclamado sucesor a la corona portuguesa, lo que de paso, terminó con la pugna hispano-portuguesa por el mar. Este hecho abrió la vía para fundar una academia, de la que salieran cosmógrafos al máximo nivel.

El 25 de diciembre de 1582, fue expedida la real cédula con el nombramiento de Joan Baptista de Lavaña, cosmógrafo en la corte portuguesa y con formación matemática en Italia, profesor de matemáticas, cosmografía, geografía y topografía de la academia y de su ayudante Pedro Ambrosio de Ondéiz.⁸⁹ El rey pretendía que en su reino hubiera expertos, entre otras materias, en las matemáticas prácticas.

Los cursos se iniciaron en octubre de 1583, pues hubo necesidad de disponer sitio a la academia en un convento cercano al Alcázar real. Hasta 1592, año de la muerte de Felipe II, la academia había traducido al castellano las obras más importantes de la geometría griega y preparado un

⁸⁷ Capel, Horacio. *Geografía y Matemáticas...* op cit. p.132.

⁸⁸ Vicente Maroto, M.I. y Esteban Piñero, M. *Aspectos de la ciencia aplicada en la España del siglo de oro*. Junta de Castilla y León. Consejería de Cultura y Bienestar Social. Salamanca. 1991. p.76.

⁸⁹ *Ibidem*. p.80-81. Capel, Horacio. *Geografía y Matemáticas...* op cit. p.133.

tratado de navegar.⁹⁰ La academia pasó a depender del Consejo de Indias en 1591 y siguió funcionando en el reinado de Felipe III y de Felipe IV hasta 1628.

Se puede aceptar que el proyecto del mapa de España pasara a discutirse en la academia,⁹¹ no así su realización. Las actividades que prevalecieron en ese centro fueron la docencia, la traducción de libros y la elaboración de cartas de marear para la navegación.⁹² Además, el número de cosmógrafos de la academia, no más de tres, era insuficiente para continuar la labor de Esquivel.

En 1591, Lavanaña había dejado la academia para regresar a Portugal como cosmógrafo mayor y fue sustituido por Ondériz. Al depender la academia del Consejo, las actividades fueron vinculándose a los problemas de la navegación y de los asuntos de las colonias americanas.⁹³ Entre 1610 y 1611 Lavanaña regresó a España para realizar, a petición de los diputados de Aragón, el mapa de ese reino, acabado en 1615.

El asunto del mapa fue atendido de forma eventual por Felipe III y Felipe IV, sin que el proyecto original de Esquivel pudiera terminarse. En la segunda mitad del siglo XVII, necesidades administrativas y militares locales obligaron a ejecutar series de mapas regionales en Toledo, Valencia o Barcelona pero la idea original de contar con un riguroso mapa de gran escala se desvaneció al paso del tiempo.

Así las cosas, España entró al siglo XVIII con una enorme carencia de series de mapas. Los existentes provenían del siglo anterior o bien fueron proporcionados por los grabadores extranjeros que reproducían año tras año, la misma información geográfica.⁹⁴

Felipe V (1683-1746), primer rey de la casa Borbón, ocupó el trono de España en 1700. A él correspondió llevar a cabo reformas oficiales que requerían de una buena dotación de mapas, a saber: administrativas y territoriales; catastrales; y de caminos y canales.⁹⁵

Había que esperar hasta 1751 cuando Jorge Juan, ya de regreso de Sudamérica, redactó un informe en el que recuperaba la idea de que España dedicara esfuerzos para

⁹⁰ *Ibidem*. p.88-94

⁹¹ Capel, Horacio. *Geografía y Matemáticas...* op cit. p.133.

⁹² Vicente Maroto, M.I. y Esteban Piñero, M. op cit. p.84.

López Piñero, op cit. p.228.

⁹³ *Ibidem*. p.101-102.

⁹⁴ Capel, Horacio. *Geografía y Matemáticas...* op cit. p.134-135. Capel, Horacio. "Geografía y Cartografía", en Sellés, Manuel, Peset, José Luis y Lafuente, Antonio. (Comps). *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*. Alianza Editorial. Madrid. 1988. p.99-126.

⁹⁵ *Ibidem*. p.136-145.

proporcionarse un mapa "por medio de triángulos observados por buenos cuartos de círculo".

Jorge Juan y Antonio de Ulloa fueron escuchados por el marqués de Ensenada, ocupado en la economía española, sobre la necesidad del mapa de España. El político español reconoció en uno de los memoriales al rey de 1753, tres importantes rasgos: la consideración del mapa como un instrumento de gobierno, los avances de las triangulaciones francesas y la participación de Jorge Juan y Antonio de Ulloa como responsables del proyecto español.⁹⁶

Se prepararon unas instrucciones y la organización para iniciar los trabajos en los alrededores de Toledo, al sur de Madrid, como prueba inicial. No obstante se desconoce los resultados y la interrupción del trabajo. Capel afirma que debido a dificultades tecno-científicas y a la ausencia de personal entrenado no pudo avanzar, además de no contar con buenos grabadores que dieran por terminada la realización de campo, con la impresión de las hojas.⁹⁷

Con objeto de suplir esa deficiencia fueron enviados a París Tomás López y Vargas Machuca (1731-1802) y Juan de la Cruz Cano (1734-1790). Ambos se encargarían de aprender las técnicas del grabado en los talleres de D'Anville, geógrafo del rey de Francia. A su regreso de París, cada uno trabajó con destinos distintos, como geógrafo erudito de gabinete recolector, sintetizador de materiales y editor de mapas durante la segunda mitad del siglo XVIII.⁹⁸

El trabajo geográfico de gran escala promovido en la segunda mitad del siglo XVI, sólo tendría impulso tres siglos después. Entretanto, fue apoyada una labor geográfica de gabinete, con producciones de formato y escala pequeña de España y de las colonias americanas.

b) Los ingenieros militares del siglo XVIII

Además de los cosmógrafos, coexistieron en la sociedad española los ingenieros militares, con larga tradición. En su conformación recibieron influencia de parte de la tradición de la ingeniería española y de la presencia de los ingenieros franceses.⁹⁹

Esta corporación forma parte de los antecedentes directos y de similitud con la imagen de la ingeniería geográfica de Europa. De la primera mitad del siglo XVIII procede su reorganización. El 21 de abril de 1711 fueron nombrados ingenieros formados y con experiencia.

⁹⁶ *Ibidem*. p.148-151.

⁹⁷ *Ibidem*. p.152.

⁹⁸ *Ibidem*. p.153-180 y 181-193.

⁹⁹ Capel, Horacio. et al. *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*. SERBAL\CSIC. 1988. p.256.

El peso de lo militar-territorial, junto con una insuficiencia de la base cultural y científica existente a principios del siglo XVIII, harían que las circunstancias, los problemas, los objetivos de la ingeniería de España fueran distintos a otras regiones de Europa.¹⁰⁰

Las obras de defensa fueron las principales tareas a la que se dedicaron, como las fortificaciones, los refugios, puentes provisionales y cuarteles de servicios, el arreglo de los terrenos de maniobra de los ejércitos. También estuvieron a su cargo importantes proyectos de construcción para el imperio del rey. Desde este punto de vista, proyectaron y realizaron los caminos, puentes, edificios administrativos e iglesias.

Desde el siglo XVI y hasta la época de las guerras de independencia en el XIX, la producción de mapas fue ejecutada por los ingenieros militares, no sólo en su territorio, sino también de la enorme extensión de tierras de las colonias americanas y Filipinas.¹⁰¹ El principal objeto en su diseño fue de estrategia militar y construcción civil, de defensa y explotación española dentro del continente americano.

Pero la guerra no fue el único sector demandante de la producción de mapas en el siglo XVIII. Las reformas administrativas y económicas de los borbones también exigieron su presencia. Para ello, en agosto de 1796 se creó el Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos de Estado, inspirado en parte -señala Capel- en el de Ingenieros Geógrafos de Francia.¹⁰²

El cuerpo "se constituyó para el estudio y cultivo de la astronomía y su aplicación a la geografía y estaba integrado por un director, seis profesores, cuatro sustitutos y doce aspirantes alumnos".¹⁰³ Con su organización se recuperaba la idea de Felipe II de proporcionar a España de un mapa general.

Estos ingenieros debían tener a su cargo el Observatorio de Madrid y su plan de estudios comprendía las siguientes materias: aritmética, análisis finita y geometría; cálculo infinitesimal y mecánica sublime; trigonometría plana y esférica; óptica general; astronomía sintética; astronomía práctica; formación de cartas geográficas y geométricas; meteorología y sus aplicaciones; hidrostática e hidráulica; astronomía física; diseño y formación de planos y observación astronómica.¹⁰⁴

100 *Ibidem.* p.268.

101 *Ibidem.* p.255 ss.

102 Capel, Horacio. *Geografía y Matemáticas...* op cit.

p.339-341.

103 *Ibidem.*

104 *Ibidem.*

Sólo que la presencia de este cuerpo "suponía una competencia para el de ingenieros militares, por lo que hay que suponer que su desaparición en 1804 se debió en buena parte precisamente a presiones de estos".¹⁰⁵

Un primer resumen indica que España fue de los primeros países europeos que realizó actividades tecno-geográficas de manera decidida desde el siglo XVI, y que la sitúan como promotora de una labor propia de la ingeniería geográfica, de frente a la necesidad de dotar a la administración pública de un mapa de gran escala de su territorio.

c) La ingeniería geográfica de España en el siglo XIX

A fines del siglo XVIII, una serie de elementos se conjugaron para activar la idea original del mapa de España. El viaje político, comercial y científico de Alejandro Malaspina (1789-1794) tendría sus frutos con la fundación, en 1797, del Depósito hidrográfico. En ese lugar los miembros de la expedición José María Espinosa Tello (1763-1815) y Felipe Bauzá y Cañas (1767-1834) propusieron el proyecto para el mapa de España.¹⁰⁶

El plan consistía en que los miembros de la expedición Malaspina realizaran el trabajo sobre el terreno. Dionisio Alcalá Galiano (1760-1805) también se apuntó al proyecto. Esta iniciativa tampoco pasó al plano operativo, al igual que la del Cuerpo de ingenieros cosmógrafos de 1796.

Un nuevo intento fallido procede del año 1821, cuando los liberales en el poder, pusieron al frente de la Comisión de División del Territorio a Bauzá. Éste presentó el 7 de abril de ese año, un proyecto que conduciría a la formación del mapa geográfico de España, por cuenta de la hacienda española.

A partir de 1840, la idea del mapa de España "se relacionaría cada vez más con la necesidad fiscal y administrativa de legislar un catastro parcelario".¹⁰⁷ El catastro parcelario fue concebido como "el instrumento fundamental de la estadística territorial" y una de las aspiraciones más anheladas por reformistas liberales españoles de la época. En su parecer, "mapa topográfico, catastro y estadística debían formar parte de una única empresa de información territorial al servicio de la administración pública".¹⁰⁸

¹⁰⁵ *Ibidem*. El Cuerpo de Topógrafos y del Cuerpo de Geodestas (1877) fueron concentrados en el Cuerpo de Ingenieros Geógrafos en 1900.

¹⁰⁶ Nuestro trabajo resume, con otra perspectiva, los resultados de las investigaciones presentadas por: Nadal, Francesc y Luis Urteaga. "Cartografía y Estado: los mapas topográficos nacionales y la estadística territorial en el siglo XIX". *Geocrítica*, Núm. 88. jul. 1990, Barcelona. p.33.

¹⁰⁷ *Ibidem*. p.35.

¹⁰⁸ *Ibidem*.

En noviembre y diciembre de 1840, aparecieron las disposiciones legales del gobierno liberal para la formación del mapa de España, que vendría a sustituir el trabajo geográfico de Tomás López del siglo anterior. La legislación completó el proyecto cuando el 23 de septiembre de 1843, expidió un decreto "sobre la organización del personal de las operaciones y trabajos" del mapa nacional. Sin embargo este importante esfuerzo no prosperó, ante la llegada al poder político de los moderados en mayo de 1844.¹⁰⁹

Los trabajos se reactivaron al mediar la centuria. El 11 de enero de 1853 el ministro de Fomento creó la Junta Directiva de la Carta Geográfica de España. El plan del mapa pasó a depender del Ministerio de la Guerra a fines de ese año, responsabilizándose de reconocer todo el país. El trabajo incluyó el diseño de una red geodésica del territorio peninsular "en cuadriláteros de 2 grados de lado aproximadamente, tomando como líneas de partida el meridiano y el paralelo de Madrid. Además de éstas cadenas, otra debería seguir la dirección de las costas con el objeto de poder determinar el perímetro de la península".¹¹⁰

En la práctica, los trabajos se iniciaron el 23 de marzo de 1854, pero dos años después fueron fusionados con los trabajos estadísticos y catastrales, en la Comisión de Estadística. Los planes recibieron modificaciones con la llegada del ingeniero militar Francisco Coello.

El 5 de junio de 1859, fue expedida la Ley de Medición del Territorio, "que establecía la necesidad de dotar al Estado de una red geodésica fundamental, así como la cartografía marítima, geológica, forestal, itineraria y parcelaria".¹¹¹ La ley dio origen a planteles de educación media para la formación de ayudantes o topógrafos, encargados de las triangulaciones, nivelaciones y comprobaciones. La Comisión de Estadística funcionó hasta 1859.

En abril de 1861, el general O'Donnell, de ideas liberales, creó la Junta General de Estadística, dependiente de la presidencia del gobierno. La junta quedó organizada en dos secciones: la geográfica y la estadística. Coello fue el autor del Reglamento General de Operaciones Topográficas-Catastrales, aprobado el 5 de agosto de 1865. Por primera ocasión quedaron reunidos los trabajos geodésicos, topográficos y catastrales, algo inusual en Europa.

A pesar de los esfuerzos organizados entre 1850 y 1860, la alternancia de los grupos de poder político en la dirección del gobierno español, retardó la empresa del mapa de España, a su vez, puso de manifiesto "los fuertes intereses económicos y corporativos" para su realización.¹¹²

¹⁰⁹ Ibidem. p.37.

¹¹⁰ Ibidem.

¹¹¹ Ibidem. p.40.

¹¹² Ibidem.

A raíz de la revolución liberal de 1868, nuevas circunstancias rodearon la ejecución del mapa de España. El 12 de septiembre de 1870, fue creado por decreto el Instituto Geográfico que "respondía a la necesidad de dotar a los trabajos del mapa topográfico y del catastro de una unidad y autonomía organizativa y evitar ingerencias externas a su desarrollo".¹¹³

El director del instituto fue Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero (1825-1891), antes destacado promotor del mapa en los años 1850 y 1860 bajo regímenes liberales. El plan de trabajo institucional incluyó: "la determinación de la forma y dimensiones de la Tierra; triangulaciones geodésicas de diversos órdenes; nivelaciones de precisión; triangulación topográfica; topografía del mapa y del catastro; y determinación y conservación de los tipos internacionales de pesas y medidas".¹¹⁴

El instituto contó con la participación de 10 jefes, 89 oficiales y 179 topógrafos, organizados en cinco secciones: geodesia; topografía; edición del mapa; metrología y contabilidad. La red principal, al no contar con ingenieros geógrafos, fue asignada a los oficiales de artillería, los ingenieros militares y del Estado Mayor, pues la experiencia anterior enseñaba la importancia de repartir entre éstas corporaciones por igual, las obligaciones del trabajo.¹¹⁵ La red secundaria, el levantamiento de planos para el catastro y su conservación los ejecutarían los topógrafos.

El instituto recibió arreglos y modificaciones durante la reforma republicana en 1873 y 1877, que especificaban las tareas del mapa y de otras funciones. Merece destacarse de la reforma, la adaptación y ciertamente transformación de otras especialidades de la ingeniería como la de caminos, de minas o de montes en funciones propias de la ingeniería geográfica.¹¹⁶

Al finalizar el siglo, el instituto rindió frutos con la edición de casi un centenar de hojas en escala 1:50 000, la publicación de las *Memorias* y estadísticas poblacionales, además del reconocimiento internacional, en la figura de su director Ibáñez de Ibero. El proyecto siguió su marcha, no sin dificultades económicas y de administración, después de la salida del primer director.

Sin embargo, se sugiere que el ritmo de trabajo del instituto fue suficiente para que, por decreto del 15 de febrero de 1900, fuera creado el cuerpo de ingenieros geógrafos que, en 1908 tenía 108 miembros dedicados al mapa nacional. En 1925 el ingeniero geógrafo fue definido como:

¹¹³ *Ibidem.* p.47.

¹¹⁴ Decreto del 12 de septiembre de 1870, *Ibidem.* p.47.

¹¹⁵ *Ibidem.* p.48.

¹¹⁶ *Ibidem.* p.52.

Funcionario encargado de las operaciones geodésicas, y de observaciones astronómicas para determinar la posición geográfica de puntos convenientes de la Península; de los trabajos de investigación de la fuerza de gravedad y longitud del péndulo de segundos; de las nivelaciones de precisión por todo el territorio nacional, y observaciones relativas a la determinación del nivel medio de los mares y servicio de mareógrafos, triangulación, nivelaciones y planos geográficos para la formación del mapa nacional, catastro y su conservación; de los trabajos especiales de hidrografía y meteorología, e igualmente de los que se juzguen necesarios para la formación del mapa especial magnético del país y de cuantos estudios se refieran en general a la física terrestre; publicación y conservación del mapa general topográfico del territorio y demás trabajos relativos a las diversas provincias y a zonas o regiones determinadas.¹¹⁷

En resumen, España entró al siglo XIX con la necesidad de realizar el levantamiento del mapa de gran escala. La reforma liberal otorgó el financiamiento y la consolidación del proyecto, por el tiempo que mantuviera el poder político, con utilidad directa en los planes oficiales de la administración y obra pública.

En el plano operativo, el caso de España muestra que la ausencia de una tradición docente y profesional de la ingeniería geográfica no impidió la promoción de proyectos nacionales para la formación del mapa de gran detalle de su territorio.

El Estado español no dejó de utilizar a la ingeniería, como tecnología de trabajo, para el mapa nacional. La labor del ingeniero geógrafo fue sustituida por otras especialidades de la ingeniería, tanto militar como civiles. A partir del siglo XX el proyecto del mapa de España fue ejecutado por los ingenieros geógrafos, salida profesional vigente para la geografía de la época.

5. La ingeniería geográfica de Francia

En el siglo XVII Francia, primer Estado centralista de la Europa Occidental, experimentó la demanda de mapas y cartas de forma notable, no sólo con fines militares sino también para cubrir las exigencias del proyecto económico nacional.

Jean-Baptiste Colbert (1619-1683), ministro de Estado de Luis XIV, impuso por todos los medios oficiales el orden mercantilista, según el cual la riqueza de un Estado se basaba en la acumulación de metales preciosos. Por ello Francia tuvo que ejercer el control de una política interna y externa que otorgaría un balance favorable a la economía.

¹¹⁷ *Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo-Americana*. Hijos de J. Espasa, Editores. Barcelona, 1925. Primera parte. T.XXVIII. p.1475.

En lo interior el "colbertismo" orientó la economía francesa sobre una política comercial (control de las importaciones, la conquista comercial del mundo por medio de "les compagnies", la explotación de las colonias y el poderío marítimo), una política industrial (protección y reglamentación a las manufacturas), una política agrícola, así como un control aduanal.

Esta nueva organización de la economía nacional requirió "la consolidación de una burocracia estatal o metropolitana",¹¹⁸ y del desarrollo de métodos precisos para la construcción de mapas. La mejoría de los servicios públicos y las recientes exigencias de la administración de caminos, aduanas, impuestos, construcción de canales, intercambio comercial y explotación de los recursos naturales requería de mapas de formatos grandes y en otras escalas.¹¹⁹

El Estado no podía aprovecharse de los mapas generales, de escala pequeña, formada tras los esfuerzos individuales de Ptolomeo, Ortelius, Mercator, Delisle y D'Anville, con formatos de presentación de una, cuatro o seis hojas. Tampoco de los planos de ciudades, plazas, bosques, fuertes y campos de batalla que cubrían otras necesidades, la mayoría manuscritos sin haber pasado a las prensas de impresión.

Por tanto, "sólo aquellos estados cuya mayor complejidad requiere técnicas más sofisticadas de intervención sobre el espacio, habrían de promover un cierto nivel de institucionalización de los saberes geográficos".¹²⁰ En efecto, Colbert había diseñado el mapa industrial de Francia, del mismo modo diseñó el mapa general de Francia a través del apoyo oficial otorgado a una corporación técnico-científica que se encargaría de esta clase de trabajos.

En 1668, el italiano Gian Domenico Cassini I (1625-1712) había aceptado ir a Francia, contratado directamente por el Estado absolutista para construir el Observatorio Nacional. De inmediato procedió no sólo a su construcción, adaptando la técnica disponible para la instalación, sino que también diseñó un plan de trabajo geográfico y astronómico.

Con los recursos económicos asignados por el Estado, Cassini I adquirió instrumentos científicos (cuadrantes, octantes, ecuatoriales, telescopios y círculos azimutales) que fueron empleados por él para perfeccionar el método para obtener la longitud geográfica por medio de los satélites de Júpiter. El instrumental fue empleado también en numerosas comisiones geográficas y astronómicas patrocinadas por el

¹¹⁸ Lafuente, Antonio y Antonio Mazuecos. *op cit.* p.13

¹¹⁹ Crone, Gerald Roe. *Maps and their makers. An introduction to the History of cartography.* 5th ed. Dawson. Archon Books. 1978. p.85 y ss.

¹²⁰ Lafuente, Antonio y Antonio Mazuecos. *op.cit.* p.13 y 14.

Observatorio que, como se verá más adelante, contarán con la participación de los ingenieros geógrafos.

La expedición de Jean Richer (1630-1696) a Cayenne en 1672-1673 tuvo implicaciones para los geógrafos, que no habían tenido la necesidad de tener en cuenta la esfericidad de la Tierra para la realización de cartas geográficas. El problema surgió cuando en la práctica, Richer observó que la oscilación del péndulo era menor en un segundo en Cayenna que en París. Cassini I creía en la esfericidad de la Tierra y explicó el fenómeno por las diferencias de temperatura de cada lugar.

La solución del problema requería de más y mejores medidas de arcos de meridiano. Con el apoyo del gobierno, Cassini I procedió a realizar la medida de un arco terrestre, más amplio que el practicado de 1668 a 1670 por el padre Jean Picard (1620-1682) entre Sourdon, al sur de Amiens y Malvoisine al sur de París. Las medidas realizadas, a partir de 1683, al norte y sur de París llevaron a Cassini I a formular una hipótesis sobre el alargamiento del esferoide terrestre.

Mientras tanto, en Londres Isaac Newton (1642-1727) había publicado los *Principia* (1687) que postularon un modelo teórico para la forma de la Tierra que, según la ley de la gravitación universal, resultaba una figura completamente diferente, una Tierra achatada por la línea de los polos.¹²¹

Estas hipótesis condujeron rápidamente a la pugna entre los "teóricos" ingleses y los "prácticos" franceses, cada uno del otro lado del Canal de la Mancha. Cada bando defendió sus respectivas posiciones, convirtiéndose en una de las polémicas más interesantes de la historia de la ciencia.¹²²

La defensa de las teorías encontradas por parte de instituciones, como la Royal Society de Londres y la Academie des Sciences de París, pronto protagonizaron una disputa en la que -como dice Antonio Lafuente- "el debate en torno a la figura de la tierra sufre un paulatino proceso de ideologización, en el que los argumentos extracientíficos y

¹²¹ Greenberg, John. "Issac Newton et la théorie de la figure de la Terre". *Revue d'histoire des sciences*. T.XL. 3-4. 1987. p.357-366. Lafuente, Antonio. "Los elementos de un debate científico durante la primera mitad del siglo XVIII: la cuestión de la figura de la tierra". *Geográfica*. Cuadernos Críticos de Geografía Humana 46. Universidad de Barcelona. julio 1983. *La Condamine y la expedición de los académicos franceses al Ecuador 250 aniversario 1735-1985*. Actas del coloquio internacional. I.P.G.H./Universidad Paris X-Nanterre. México. 1987.

¹²² Antonio Lafuente et José L. Peset. "La question de la figure de la Terre. L'agonie d'un debat scientifique au XVIIIe siècle". *Revue d'histoire des science*. T. XXXVII. 3-4. 1984. p.235-254.

de carácter nacionalista van ganando creciente audiencia".¹²³

Newton había señalado en sus *Principia* que "la solución del problema de la figura de la tierra no podría tener ninguna repercusión inmediata de tipo práctico... Sin embargo, en la Academia francesa la convicción de que la figura era oblonga y no achatada por los polos le llevaba a pensar que el esclarecimiento de este problema sí tendría consecuencias notables".¹²⁴

En París el geógrafo del rey, D'Anville, había apoyado la idea de una Tierra oblonga con el sólo análisis "de las cartas geográficas existentes" ya que de confirmarse la hipótesis newtoniana, escribió Lafuente, ésta vendría a "alterar considerablemente la cartografía existente".¹²⁵

Como consecuencia de los trabajos de Cassini I y Philippe de La Hire (1640-1718), de Jacques Cassini II (1677-1756), Gabriel-Philippe de La Hire (1677-1719) y Giacomo Filippo Maraldi (1665-1729) se obtuvieron resultados sobre la forma de la Tierra que contradecían los *Principia* de Newton.

Por ello el gobierno francés, a través de los ministros Cardenal de Fleury y Conde de Maurepas, decidió apoyar una propuesta de D'Anville (1735) para que la Academia de Ciencias organizara y se responsabilizara de 1) revisar las operaciones geométricas ejecutadas en Francia, y 2) la medida de dos nuevos grados de meridiano en Laponia y Quito.¹²⁶

Una vez concluida la revisión de los trabajos geométricos llevados a cabo en suelo francés desde 1668 hasta la medida de arcos de meridiano en Laponia y el Virreinato del Perú,¹²⁷ la Academia de Ciencias de París decidió "reemprender" los trabajos geométricos de Francia en mayo de 1739, tendentes a la producción de una nueva serie de mapas con alcances nacionales.

123 Lafuente, Antonio. "Una ciencia para el Estado: la expedición geodésica hispano-francesa al virreinato del Perú (1734-1743)". en *Revista de Indias*. Instituto "Gonzalo Fernández de Oviedo". Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. Vol. XLIII. Núm. 172. julio-diciembre 1993. p.550.

124 *Ibidem*. p.556.

125 *Ibidem*. p.556.

126 *Ibidem*. p.551.

127 Véase: Lafuente, Antonio y Antonio J. Delgado. *La geometrización de la Tierra: observaciones y resultados de la expedición geodésica hispano-francesa al virreinato del Perú (1735-1744)*. C.S.I.C. Madrid. 1984. (Cuadernos Galileo de Historia de la Ciencia 3). Tardi, Pierre. "L'oeuvre de l'académie des sciences dans la détermination de la forme et des dimensions de la Terre". en *Troisième Centenaire 1666-1966*. Institut de France-Académie des Sciences. Paris. T.I. 1967. p.307-330.

A partir de entonces, en Europa la "labor del geógrafo aislado en su gabinete sintetizando mapas o informaciones diversas es a finales del siglo [XVIII] claramente insuficiente..."¹²⁸ En efecto, Capel explica que los nuevos proyectos geográficos no podían realizarse por un solo individuo; todo lo contrario, requerían de amplios recursos económicos, técnicos y humanos.

Mientras tanto, en el Continente, Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759), se había convertido en uno de los principales difusores de la teoría newtoniana en Francia y Prusia. En sus *Éléments de géographie* (1742) señaló la necesidad de realizar cambios a la metodología geográfica y el surgimiento de una "nueva geografía" hacia la segunda mitad del siglo XVIII. Se trataba de una geografía nueva que tendría en cuenta la forma y dimensiones de la Tierra para su trabajo.¹²⁹

En España, Manuel de Aguirre dio a conocer su libro *Indagaciones y reflexiones sobre la Geografía* (1782). Esa obra recoge interesantes comentarios sobre la "nueva geografía" que impulsaban los geógrafos modernos. Para Capel la de Aguirre es "sin duda, la que con más propiedad puede considerarse heredera del proyecto de Maupertuis de fundamentar una "geografía nueva".¹³⁰

Aunque de Aguirre se había propuesto explicar la parte teórica y práctica de la Geografía, su libro sólo comprende la primera parte de la disciplina, dejando la parte práctica al cuidado del gobierno español que, por las dimensiones escapaba a los esfuerzos de trabajo de Aguirre.

Para él, la parte práctica de la Geografía consistía en la ejecución de un plan para recolectar "todas las noticias, que se tuvieran por indispensables" con la participación de los embajadores y enviados a las cortes extranjeras con el fin de que enviaran "las descripciones, tarifas, reglamentos y ordenanzas, con que logran las Naciones fomentar el comercio, población y poder...". Para Aguirre la "confrontación de las situaciones y distintos límites de las Provincias y Reynos en los antiguos y modernos tiempos daba motivo de contemplar los diferentes aspectos, que ha presentado la Geografía en las diversas edades..."¹³¹

¹²⁸ Capel, Horacio. *Geografía y Matemáticas... op cit.* p.333.

¹²⁹ Maupertuis, P.L. Moreau de. "Éléments de Géographie". En *Oeuvres*. Georg Olms Verlagsbuchhandlung Hildesheim. Germany. Vol. III. 1965. Préface. p.3.

¹³⁰ Capel, Horacio. "Manuel de Aguirre y la nueva geografía española del siglo XVIII". en Aguirre, Manuel de. *Indagaciones y reflexiones sobre la Geografía con algunas noticias previas indispensables (1782)*. Edición y Estudio Introdutorio por Horacio Capel. Universidad de Barcelona. Barcelona. 1981. p.15.

¹³¹ Aguirre, Manuel de. *op.cit.* p.338.

Como parte de la metodología geográfica, Aguirre expone los diferentes procedimientos para construir mapas. A partir de la construcción de globos artificiales terráqueos se pueden preparar -consideraba Aguirre- mapas continentales como, por ejemplo, de Europa, de Asia, de Africa o de América.

Para construir mapas de Provincias y terrenos se requería de otra metodología, que explica: se necesita conocer las longitudes y latitudes de los lugares. Para la latitud se debe conocer la altura del polo sobre el horizonte de cada punto del terreno, o extensión, que se intenta colocar en el plano; para conocer la longitud le parece que se trataba de un procedimiento más complicado, por lo que recomendaba la observación de "las inmersiones y emersiones de los satélites de Júpiter".

La "pericia de los Geógrafos modernos" -escribió Aguirre- proporcionaba, por esa época, "una exacta noticia de las longitudes y latitudes de todos los puntos de la tierra y mares que quieran representarse en los mapas...".¹³²

La importancia de la opinión de Aguirre sobre la metodología geográfica, reside en el valor que concedió al trabajo de los geógrafos que se dedicaban a preparar estos mapas. De ellos anotó Aguirre: "Ha llegado la prolixidad de algunos Geógrafos a señalar con arcos elípticos, a más del plano de proyección, los meridianos del mapa universal..., sin duda para adaptarse más escrupulosamente a la verdadera figura de la tierra".¹³³

Como puede apreciarse, para Aguirre, el que "algunos Geógrafos" hayan conseguido colocar no sólo la cuadrícula de la proyección, previamente calculada y dibujada, sino además el canevá de paralelos y meridianos terrestres sobre el mapa, no era motivo de interés ya que, concluye: "no produce en la práctica ventajas dignas de la molestia de su construcción".

Por tanto, pone a un lado esa metodología de trabajo geográfico, practicada por "algunos Geógrafos" y, en cambio, se extiende en la explicación de la construcción de mapas corográficos (los de Reynos, Provincias y regiones), los topográficos o de terrenos más reducidos, de las ciudades y de sus inmediaciones, más fáciles de dibujar, "después que se habfa conseguido la primera delineación general de todo el globo...".

En resumen, para él la construcción del mapa particular o regional (como el de España) de la Tierra, no era otra cosa "mas que reducir a escala mayor su representación estrechada en el globo artificial, o Mapamundi". Según él, los geógrafos en su trabajo, de los "mapas generales pasaron a

132 *Ibidem.* p.166.

133 *Ibidem.* p.170.

los particulares de grandes proporciones de la superficie terraquea; desde estos a los de las Regiones, Reynos, Provincias y Distritos; y de aquí en fin a los terrenos muy reducidos, Ciudades y Pueblos..."¹³⁴ Al final estos mapas se podían uniformar en un formato único y encuadernar, logrando "la mayor comodidad en su uso, formando libros de mapas llamados Atlas, de los que no debe carecer todo hombre sensato y curioso".¹³⁵

No cabe duda que Aguirre diferenció dos metodologías y de ejercicio profesional por parte del geógrafo. Una de ellas, por la que se mostró a favor, consistía en un trabajo de gabinete, la formación de atlas, la recopilación de noticias y estadísticas para la descripción y comparación de provincias o regiones en diferentes épocas. La otra metodología, la que impulsaba la escrupulosidad de "algunos geógrafos", se basaba en los resultados sobre la forma y dimensiones de la Tierra.

Los escasos geógrafos que ponían en práctica su "pericia" técnica en el trabajo, por la época en que Aguirre redactó su obra 1782, no eran otros que los ingenieros geógrafos de Francia, que estaban procediendo con otra metodología de trabajo geográfico e intentaron llevar a cabo un proyecto para dotar a este país de una rigurosa serie de mapas de gran escala a finales del siglo XVIII.

a) Formación y enseñanza de los primeros ingenieros geógrafos

El origen, la organización y las funciones que realizaron los ingenieros geógrafos de Francia se localizan a finales del siglo XVII. En 1696 el aparato militar francés decidió crear un servicio especial denominado Ingenieros de Campamentos y del Ejército (*Ingenieurs des Camps et Armées*).

En 1726, se les denominó Ingenieros Geógrafos de Campamentos y del Ejército (*Ingènieurs geographes des Camps et Armées*). No obstante los primeros cambios, el cuerpo de ingenieros geógrafos presentó unas características semejantes al gremio. Desde el punto de vista de la educación y del trabajo, la ingeniería guardaba semejanzas con los oficios en su forma de organización, empleo y transmisión de conocimientos.

Así como los gremios de los comerciantes dictaban sobre qué productos importar, del mismo modo el gremio de las profesiones ejercía el control sobre la organización y las formas de aprendizaje. Entre las características del grupo estuvieron la transmisión del conocimiento de generación en generación por medio del tradicional método oral, de observación, de ensayo y error del *know-how*.

¹³⁴ *Ibidem*. p.177.

¹³⁵ *Ibidem*. p.182.

La enseñanza del ingeniero geógrafo se ofreció fundamentalmente por medio de un aprendizaje recibido directamente *sur la tas*. Una tradición técnica artesanal de carácter familiar o gremial cuidaba de los jóvenes con aspiraciones a incorporarse a los ingenieros geógrafos. Cuerpo formado, a iniciativa del gobierno francés durante el siglo XVII, con técnicos de alto nivel militares y civiles.¹³⁶

Su preparación tenía como base dos tipos de conocimiento: uno teórico y otro práctico. Cuando se combinaban ambos conocimientos se trataba de una enseñanza familiar, en la que la teoría, unos cursos de matemáticas, era impartida de padre a hijo. Esto condujo, con el tiempo, a que unas familias dominaran el diseño y preparación de la educación en monopolios. Por otra parte, la falta de un tutor privado obligaba al aspirante a incorporarse a la práctica de alguna corporación, como la de los jesuitas, reservándose el aprendizaje principalmente sobre el terreno en calidad de aprendiz.¹³⁷

El gobierno francés llegó a regular la dinámica del aprendizaje de los oficios y profesiones de los gremios, a través de un calendario, que establecía al año. No obstante, los primeros niveles de la enseñanza quedó al margen de la esfera de acción del Estado, por lo que ésta se encontraba en manos de las congregaciones religiosas, pequeñas escuelas y de tutores particulares que se sostenían de los diezmos recaudados en las localidades.

Bajo este esquema de trabajo los jóvenes, entre los 14 y 16 años, recibían su formación directamente de sus padres o del gremio en calidad de ayudantes, combinando los ejercicios matemáticos con la práctica ejecutada en el terreno para el levantamiento de mapas locales para la administración civil o eclesiástica de Francia.

Con los años, la experiencia acumulada y la constante supervisión vendrían a obtener el título, otorgado por el gobierno, de ingeniero geógrafo, al que correspondía un grado militar inicial como teniente. Más tarde pasaban a sustituir a los oficiales superiores del Cuerpo de ingenieros geógrafos. Con el trabajo realizado se estrechaba el sentimiento de fraternidad entre los integrantes.

La enseñanza matemática y técnica, para levantar planos geográfico-topográficos, guardaba todavía, en la primera mitad del siglo, las características gremiales. Los candidatos dependían, para su formación, de un profesor particular que los atendiera; después de un tiempo de práctica, según sus "calificaciones" y capacidad demostrada

¹³⁶ Crone, G. R. *op cit.*

¹³⁷ Dainville, Francois de. "Enseignement de "géographes" et des "géomètres", en René Taton (dir.) *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIIIe siècle*. Hermann. Paris. 1960. p. 484.

el profesor-ingeniero los recomendaba para su ingreso a las escuelas de ingeniería, abiertas más tarde durante la segunda mitad del siglo XVIII.

Uno de los tutores con mayor prestigio e influencia fue Jean-Rodolphe Perronet (1708-1794). En 1747 fue llamado por el gobierno de París, para dirigir la Escuela de Caminos, Canales y Puertos, y de la impartición de la instrucción matemática para los jóvenes iniciados en la ingeniería.

Los candidatos con interés en la práctica del levantamiento de mapas, recibían instrucción matemática y técnica, en casa de Perronet durante las mañanas y las tardes; después de un tiempo, juzgaba la capacidad de los aspirantes y los recomendaba para ingresar a estudiar la producción de mapas en la escuela.

Sin embargo, la complejidad de las necesidades de tipo administrativo, económico y militar del gobierno francés dieron ocasión para que la enseñanza superior, en especial la técnica se institucionalizara con la creación de las primeras escuelas de ingeniería durante la segunda mitad del siglo XVIII.

A la Escuela de Caminos, Canales y Puertos (Ecole des Ponts et Chaussées), destinada principalmente para los requerimientos de tipo social como la producción de mapas, le siguieron, en 1772 la Escuela Real de Ingeniería de Mezières (Ecole Royale de Génie de Mezières), para la formación y necesidades militares y en 1783 la Escuela de Minas (L'école des mines), para la explotación minera.

No obstante la altura académica de las escuelas de ingeniería, en el sistema escolar existían deficiencias de tipo administrativo y de enseñanza semejantes al gremio. Entre las administrativas se cuenta la falta de coordinación entre las escuelas, ya que cada una mantenía su propio sistema de reclutamiento de alumnos y la ausencia de una planta de maestros amplia y variada.

En cuanto a la enseñanza, los alumnos no asistían a clases diariamente, se les dejaba ejercicios de tipo teórico o práctico y, aunque existían programas de estudio y de aplicación, casi no había clases regularmente organizadas. Los profesores consideraban a los alumnos como aprendices y la preparación se realizaba delante de ellos.

A pesar de la presencia de hombres de la talla de Lagrange, Delambre, Maupertuis o Monge, la enseñanza estaba todavía lejos de incorporar los avances de la ciencia moderna de la época, ya que de ella se encargaban los *gradués*, es decir los tres primeros alumnos de las tres clases en que eran repartidos.¹³⁸ Permanecía una deficiencia de los medios de enseñanza y en la organización educativa.

¹³⁸ Fayet, Joseph. *La Révolution française et la science 1789-1795*. Librairie Marcel Rivière. Paris. 1960. p.264 ss.

Al finalizar la segunda mitad del siglo XVIII, la educación dirigida por la tradición familiar y de las órdenes religiosas fue radicalmente modificada. Al quedar suprimidos los diezmos, no pudieron sostenerse más y poco a poco dejaron en el abandono la educación, sobre todo en el periodo de 1789-1795.

Como desde 1762 habían sido expulsados los jesuitas, se propuso al Estado como el responsable de la organización de la enseñanza pública en sus tres niveles: elemental, medio y superior. A partir de la Revolución, correspondió al Estado la responsabilidad de administrar una educación con carácter nacional respetuosa de los derechos y de la libertad, así como civil y laica.¹³⁹

b) La Escuela de Ingenieros geógrafos de Paris

La serie de insurrecciones y guerras que empezaron con la Revolución Francesa y terminaron en Waterloo significó el bloqueo del avance tecnológico continental; la destrucción de capital y pérdidas de recursos humanos; inestabilidad política y un estado generalizado de inseguridad social; grupos de empresarios debilitados; interrupciones al comercio; inflación así como dificultades para la difusión de las nuevas técnicas procedentes de Inglaterra.¹⁴⁰

Ante la inminente desorganización de la sociedad francesa, fue necesario la sustitución de todo lo antiguo. Saltó la urgencia de organizar un nuevo modelo político, económico, social y científico. Una especial atención requería el sistema educativo de la sociedad en todos los niveles.

En el plano educativo significó el cierre de escuelas superiores del antiguo régimen, como la de ingeniería de Mezières en 1794. En plena revuelta social surgió la Escuela Politécnica. Esta escuela apareció como un nuevo modelo de enseñanza que rompía con la dominante tradición educativa.

La finalidad de la Escuela Politécnica era introducir, en la educación formal, a los ingenieros geógrafos, civiles, militares y de minas. Desde entonces se combinó un alto nivel de instrucción científica con una enseñanza técnica basada en el riguroso estudio de reglas y principios complementándose con el trabajo práctico. La Escuela Politécnica ejerció un monopolio sobre el ingreso a las escuelas superiores de ingeniería.¹⁴¹

La Escuela estaba destinada a difundir una noción previa en matemáticas, física, química y de las artes gráficas, particularmente para la formación de los alumnos de las

¹³⁹ *Ibidem.* p.175 ss.

¹⁴⁰ Landes, David S. *op.cit.* p.160-163.

¹⁴¹ Langis, Janis. "Sur la première organisation de l'Ecole polytechnique. Texte de l'arrêt du 6 firmaire an III". En *Revue d'histoire des sciences*. T. XXXIII. 4. 1980. p.297.

escuelas de aplicación. En el largo plazo, éstas escuelas formaban una parte, "la más importante, de un sistema educativo más amplio, diseñado para introducir las nuevas técnicas y difundirlas a través de la economía".¹⁴²

Igualmente cobró mayor importancia para el gobierno francés disponer de cuadros profesionales para satisfacer sus necesidades en materia técnico-científica. Entre las escuelas de aplicación se encontraba la de ingenieros militares (tierra y mar), la de minas y la de los ingenieros geógrafos.

La Escuela politécnica fue la primera en ofrecer la instrucción teórica y práctica, y en combinar la educación y la investigación. Fue la primera institución en introducir el laboratorio en la educación superior.¹⁴³

Con su creación se atendió el nivel medio superior de la enseñanza que los alumnos requerían para ingresar a las escuelas de aplicación como las de ingeniería. La Escuela politécnica sustituyó a la enseñanza artesanal anteriormente practicada, supervisada y controlada por las familias con experiencia técnica y tradición oral.

La Escuela Politécnica fijó en treientos el número de alumnos de todo el país. Para ingresar los candidatos debían ser de nacionalidad francesa y contar entre 16 y 20 años de edad. El gobierno convocaba cada año al registro y presentación pública de un examen. En su registro el candidato informaba qué ingeniería deseaba cursar, de la que no podía cambiar después.

Para su admisión eran examinados por los dos profesores de matemáticas, reunidos en París, que conformaban el jurado de admisión. Al interesado se le exigían conocimientos previos de matemáticas como "los elementos de la aritmética, del álgebra, de la geometría y mecánica".¹⁴⁴

Al ser admitidos en la escuela Politécnica, a los alumnos se les otorgaba el grado de sargento de artillería y un trato acorde con su rango. La enseñanza dada a los alumnos tanto en los estudios como en el trabajo, tenía como base las matemáticas, la física, la química y el dibujo.

En cuanto a las matemáticas los alumnos incrementaban sus conocimientos sobre la mecánica racional, en unos cursos tanto teóricos como prácticos, además de otros más sobre la aplicación de la geometría a los trabajos civiles, de fortificación, de arquitectura, de las minas, a las máquinas y a las construcciones navales.

¹⁴² Landes, David S. *op.cit.* p.168.

¹⁴³ Salomon, Jean-Jacques. *op.cit.* p.143.

¹⁴⁴ Malte-Brun, Conrad. *Geographie Universelle*. Chez Desray, Libraire. Paris. T.VI. Francia, primera parte. s/a. p.124.

En la física y la química, los alumnos tenían cada año, un curso de física general, uno de química elemental, otro de mineralogía y química aplicada, y la práctica sobre el trabajo de laboratorio. El dibujo estaba encaminado a que los alumnos adquiriesen destreza manual y el refinamiento de su gusto artístico.¹⁴⁵

Los anteriores estudios el alumno los cursaba en el plazo de dos años, durante el cual cada uno gozaba del apoyo del gobierno, que tenía asignada una partida mensual para su mantenimiento. En la escuela se portaba uniforme y los alumnos eran divididos en dos clases: los del primero y los del segundo año. Para pasar al segundo se tenía que presentar un examen.

Al salir de la Escuela, cada alumno debía presentar tres exámenes: el primero de matemáticas; el segundo de geometría descriptiva y dibujo; y el tercero de física y de química. Cuatro profesores y el director del plantel se encargaban de calificar y notificar los resultados. Este examen era público y, cuando era aprobado, le daba derecho de ingresar, según el número disponible de lugares, a las escuelas de aplicación o de ingeniería.

De ese modo, la tradición oral y monopólica que había regido la formación de los ingenieros geógrafos durante los siglos XVII y parte del XVIII llegó a su término cuando: interviene el Estado con la fundación de la Escuela Politécnica, se encarga de la educación de los candidatos a las escuelas superiores y se convierte en el principal usuario de los cuadros profesionales de las distintas especialidades de la ingeniería, entre las que se cuentan los ingenieros geógrafos.

En 1809, el Estado promovió la fundación de una escuela de ingeniería dedicada a la formación de geógrafos profesionales. En el Depósito de la Guerra, fue organizada y en operación la Escuela de Ingenieros geógrafos de París (L'Ecole des Ingénieurs géographes).

Sólo el gobierno pudo responsabilizarse de poner en marcha la escuela de ingenieros, facilitar sus instalaciones y establecer un programa económico que mantuviera a los estudiantes en sus estudios. Además en una segunda fase, no menos importante, se encargó de coordinar a los egresados para incorporararlos en los programas del servicio geográfico del ejército francés.

Los alumnos que ingresaban a la Escuela de Ingenieros Geógrafos eran introducidos a un amplio y riguroso programa basado en ciencias físico-matemáticas. En ese sentido, la formación incluía cursos superiores a los recibidos en la Escuela Politécnica.

¹⁴⁵ *Ibidem.* p.124-125.

La enseñanza teórica comprendía diferentes problemas prácticos de la trigonometría rectilínea y esférica, durante dos años, aplicados a los problemas particulares de la geodesia. En particular los cursos de matemáticas estaban orientados a resolver las operaciones trigonométricas, las observaciones astronómicas para la determinación de coordenadas geográficas, para el diseño y construcción de las diferentes clases de proyecciones cartográficas y la representación geométrica del terreno.¹⁴⁶

La teoría general de las proyecciones cartográficas comprendía la más amplia variedad de diseños, con una particular aplicación a la carta de Francia; se incluía la teoría de las perpendiculares a la meridiana y la manera de construir las cartas a pequeña escala y los globos terráneos.¹⁴⁷

En la parte práctica, los alumnos aprendían las diferentes maneras de conocer la marcha del péndulo; el trazo de la meridiana; la determinación de la latitud y la longitud, tanto en tierra como en el mar y sobre la orientación del mapa.

Se enseñaba a los alumnos a conocer y distinguir la naturaleza de los suelos, rocas, y, en general, de los minerales que encontraban en las grandes montañas, especial cuidado se ponía en su representación sobre el mapa, ya sea por medio del color o bien por la preparación de una simbología equivalente.

También se consideraba necesario que los alumnos recibieran un conocimiento elemental sobre los yacimientos, la dirección e inclinación de los bancos de rocas y de minerales, sobre la forma de los filones, grietas, estratos, masas y sus dimensiones.

La parte de la física que recibían los alumnos comprendía la refracción celeste y terrestre y algunas nociones de la dióptrica directamente aplicadas a la construcción de lentes. Se incluía la teoría de la nivelación, por medio del barómetro, y su aplicación a las superficies elevadas.

En cuanto a las habilidades del dibujo, que formaban parte de la formación de los geógrafos, comprendía todo lo relacionado a su trazo y su puesta en limpio. Considerado como un lenguaje convencional, el dibujo era un medio para expresar diferentes rasgos culturales con el empleo de la tinta y de las líneas.

Con el dibujo representativo de objetos, la ayuda de los colores, de la perspectiva aérea y de la proyección del sombreado, se mostraban los edificios, las montañas, las rocas, las canteras, las tierras sin cultivo, bosques, plantaciones, y todos los accidentes del terreno: los ríos,

¹⁴⁶ *Ibidem.* p.131.

¹⁴⁷ *Ibidem.* p.131-132.

arroyos, lagos, embalses, saltos de agua, cascadas, mar y otros, todo ello proyectado sobre el plano horizontal.

El manejo y práctica del instrumental de precisión tenía una parte especial en la formación del ingeniero geógrafo, ya que le permitía: 1) la obtención de datos de las observaciones y mediciones de la superficie terrestre; 2) la repetición y control de las observaciones para obtener un promedio de las magnitudes medidas e introducir correcciones; 3) formular hipótesis matemáticas, con base en las magnitudes, para la construcción de modelos geométricos; y 4) comprobar y confirmar el trabajo realizado sobre el terreno para los elementos del caneavá del mapa.

Los alumnos se ejercitaban en la observación con el círculo repetidor y procedían a deducir, de las observaciones, la paralaje horizontal y la refracción, las latitudes, las longitudes y los azimutes para las series de mapas. Se preparaban para medir las bases y realizar una serie de triángulos con el círculo repetidor; a levantar los detalles topográficos de un terreno con la brújula y la plancheta; a practicar las nivelaciones con varias clases de niveles y a medir las alturas con el barómetro. Se les enseñaba diferentes formas de preparar las minutas y los registros de las operaciones de campo.

Se pretendía que los alumnos adquirieran un hábito, cada vez más perfecto, sobre el uso de las tablas de logaritmos y el conocimiento y el uso de las tablas astronómicas, para ejecutar con rapidez, y sin error, los cálculos que servirían al orientar los mapas, así como a determinar las latitudes y las longitudes sobre el esferoide.

En resumen, los alumnos eran entrenados en los diferentes métodos de producir los planos y mapas, según las minutas y los registros de las operaciones de campo; el trazo de las diferentes proyecciones, que se habían enseñado en la teoría de los cursos, para después elaborar los mapas, según las diferentes necesidades del gobierno francés, en éstas proyecciones.¹⁴⁸

En los estudios dedicaban dos años a la parte teórica y práctica de la geodesia, complementada por la topografía, al igual que practicaban el dibujo, con la realización de la carta denominada militar o carta perspectiva en la parte correspondiente al paisaje (árboles y plantas) y todo lo relacionado a los diferentes cortes o perfiles de un terreno.

Por otra parte la práctica se realizaba durante cuatro meses al año en el terreno, bajo la supervisión de los profesores de la escuela e ingenieros geógrafos del gobierno, vinculados directamente con el proyecto de la carta topográfica de Francia a la 1:80 000.

¹⁴⁸ *Ibidem.* p.132-133.

De manera personal y aislada, los orígenes de la ingeniería geográfica como actividad práctica se remontan a los siglos XVI y XVII en las sociedades española y francesa respectivamente. En la segunda mitad del siglo XVIII, la ingeniería geográfica fue promovida, desde el aparato estatal y en el plano académico por el gobierno francés, donde la docencia y desarrollo profesional se encontraron íntimamente relacionados, teórica y prácticamente, con la producción del mapa nacional.

c) Los primeros ingenieros geógrafos del Depósito de la Guerra francés

A César-Francois Cassini de Thury III (1714-1784) tocó el difícil reconocimiento de la teoría newtoniana del esferoide terrestre, que su padre Cassini II se resistió aceptar, lo que orientó su labor tecno-científica al mapa de Francia.

Entre 1733 y 1740, Cassini III con ayuda del Observatorio Astronómico de París, de Maraldi, de La Caille y de los ingenieros geógrafos, dirigió un proyecto para formar la *Description Géométrique* a lo largo de las costas y las fronteras del reino, que suministraría las bases para un nuevo mapa nacional de Francia. Se trataba de siete cadenas de triángulos perpendiculares al meridiano de París y por cuatro cadenas paralelas al meridiano, todas ellas dispuestas a 60,000 toesas de distancia.

Con el empleo del micrómetro en los instrumentos, se midieron ángulos con una aproximación de 10 segundos de arco que representaron la triangulación de primer orden. Se midieron 19 bases y más de 3,000 puntos fueron observados. En 1744 fue publicado el mapa de triángulos de Francia. Estos trabajos dieron origen, con la preparación de la proyección de Cassini, a la ejecución de la carta topográfica.¹⁴⁹ Ese trabajo sólo había sido una práctica preliminar para los ingenieros geógrafos.

En 1746, Cassini III fue encargado de ligar el arco terrestre medido por Snellius, al último lado del triángulo de Dunkerque. Aprovechando la presencia del ejército francés en Flandes se le ordenó, además, ejecutar la triangulación de esa región que apoyara los levantamientos de los oficiales.

El 7 de julio de 1747, Cassini III presentó al rey Luis XV (1710-1774) los trabajos de Flandes. El rey quedó satisfecho por la correcta disposición de sus tropas y del detalle de los mapas. De inmediato expresó su deseo de que el mapa de

¹⁴⁹ Berthaut, Henri Marie Auguste. *La Carte de France. Etude Historique 1750-1898*. Paris. 2 vol. 1898. Tomo primero. p.60. p.41 y ss.

Francia fuera levantado de igual forma y delegó la responsabilidad a Cassini III.¹⁵⁰

Cassini III diseñó un plan de operaciones para ejecutar una carta bien detallada en sus rasgos. El proyecto estimaba un gasto de 700,000 *livres*, la participación de veinte ingenieros y la producción de diez hojas por año. Según este plan, Francia tendría su carta compuesta de 182 hojas, después de veinte años de trabajo.

En 1750 se inició el proyecto, que contaba con numerosas operaciones geodésicas de base medidas por Picard y de un ensayo del mapa de París y sus alrededores, que se remontaba al año de 1666 cuando Colbert fundó la Academia de Ciencias y le propuso la dirección y realización de ese mapa.¹⁵¹

Cassini III tuvo que enfrentarse a sucesivos problemas. Uno de ellos fue la avanzada edad de los ingenieros geógrafos que habían participado en la carta previa de 1733 a 1740. En 1756 se presentó otra dificultad cuando se interrumpió el apoyo económico que el Estado había prometido.

Cassini III se vio obligado a crear una sociedad privada para obtener fondos que permitieron continuar el trabajo. Desde ese momento la carta pasó a depender de la iniciativa privada. La Sociedad de la carta de Cassini fue constituida ante notario el 10 de agosto de 1756. En el acta de asociación quedó estipulado lo siguiente: el rey donaría todo el material existente: cartas, instrumentos, registros de observación; el número de ingenieros se fijó entre 20 y 34; el tiro de la carta se fijó en 2,500 ejemplares. Los gastos anuales, evaluados en 80,000 *livres* se repartieron en 56,000 *livres* asignados a los sueldos del personal y 24,000 *livres* a los gastos del cobre, papel e impresión. Se propuso publicar cada año diez a doce hojas, vendidas al público a 4 *livres* cada una.¹⁵²

No obstante las dificultades, la participación de los agrimensores, los ingenieros geógrafos y grabadores lograron adelantar el trabajo de la carta. En los primeros diez años fueron terminadas las primeras 50 hojas y entre 1760 y 1780 otras 90 fueron entregadas a los suscriptores de la carta.

Cabe destacar que durante los trabajos de la carta, a partir de 1757, Cassini III dirigió el trabajo de 80 a 90 ingenieros geógrafos para la formación de la Carta de Francia, distribuidos de acuerdo a la jerarquía militar como jefes, brigadieres, capitanes y tenientes, además de los agrimensores y grabadores. Este cuerpo de ingenieros

¹⁵⁰ Gallois, L. "L'Académie des sciences et les origines de la carte de Cassini", en *Annales de Géographie*, núm. 99. mayo 1909. París. p.193.

¹⁵¹ Ibidem. p.194-195.

¹⁵² Berthaut, Henri Marie Auguste. *op cit.* p.49-50.

geógrafos contaba con su maestro de matemáticas, uno de alemán y dos pintores.

La organización de los ingenieros geógrafos aumentó y en 1769 fueron constituidos como Cuerpo de Ingenieros Geógrafos (Corps des Ingénieurs géographes). Dainville se pregunta para qué y cómo fueron formados los ingenieros que trabajaron con Cassini III.¹⁵³

La formación de los primeros ingenieros geógrafos, ya se dijo, era directamente práctica. El trabajo de la carta de Francia no fue la excepción. Cuando Cassini III reconocía el terreno entre París y Versalles, los ingenieros geógrafos trabajaban bajo su dirección:

Subí con ellos (léase ingenieros geógrafos) a los campanarios, les mostraba la manera de colocar el instrumento... en seguida una serie de observaciones de más de cincuenta campanarios debían parecer suficiente para los primeros ensayos.¹⁵⁴

De esta forma el trabajo de los ingenieros geógrafos, asociados a la realización de la carta de Francia fue dirigido personalmente por un científico de la Academia de Ciencias de París, Cassini III, a mediados del siglo XVIII. La ciencia y la ingeniería, en este caso geográfica, encontraron relación de trabajo de esta forma.

El proyecto de Cassini III de las grandes operaciones de observación y medición, lineal y angular, de bases y triangulación geodésica de primer orden, tuvo como base la preparación de nuevos ingenieros geógrafos. Mientras tanto los agrimensores geómetras se encargaron del relleno topográfico, levantamiento de segundo y tercer orden, de los accidentes naturales y obras civiles del terreno.

Al inicio de los trabajos, el desempeño profesional del ingeniero geógrafo quedó claramente diferenciado del asignado a los agrimensores. Los primeros se encargarían de las operaciones de primer orden y los segundos del levantamiento complementario necesario para cubrir todas las partes del terreno por donde pasaban las operaciones.

La muerte de Cassini III en 1784, los acontecimientos de la revolución y la oposición de Napoleón de poner a disposición del público la carta influyeron para que disminuyera el ritmo de trabajo. En 1793 el Depósito de la Guerra recibió una nueva organización. Su director el ingeniero geógrafo Calon, miembro de la Convención, en un informe declaraba no tener ni los medios, ni el personal necesario para proporcionar los mapas que se requerían para enviar a los ejércitos a los campos.

¹⁵³ Dainville, Francois de. *op cit.* p.482.

¹⁵⁴ Cassini, *Description géométrique de la France.* Paris. 1783. Citado por Dainville, Francois de. *op cit.* p.488-89.

Por tanto, la Convención Nacional decretó la confiscación de la carta de la Sociedad Cassini y el traslado al Depósito de la Guerra. A Fines de 1793 la Sociedad abandonaba, por la fuerza, la carta en el estado de avance que tenía: 165 hojas terminadas, 11 en curso de grabado, 1 en diseño preparada para el grabado y cuatro con levantamiento listas para formar.¹⁵⁵

La Sociedad después de haber puesto su demanda para que el Estado la indemnizara por haber confiscado la carta, lograba, hasta 1818, un pago de 3,000 francos para cada socio. La carta de Cassini, propiedad del gobierno, fue concluida durante la revolución francesa.

Después de mucho tiempo, las principales cadenas de montañas figuraban en las cartas geográficas. Por medio del sombreado, se tuvo una idea de las alturas. El método de representación no siguió alguna regla fija, ya que se dejó a la iniciativa, un tanto arbitraria y poco precisa, del dibujante. Se emplearon las hachures finamente dibujadas para mostrar las dos vertientes de las montañas y con el sombreado la intensidad de las pendientes.

La carta de Cassini se comenzó a grabar en 1792, dándose a conocer al público después de la caída del Imperio. Entre 1803 y 1812 fue retocada en sus detalles, se introdujeron las principales modificaciones relativas a las vías de comunicación. De su ejecución se encargaron varias dependencias del gobierno, como el Depósito de la Guerra o el Ministerio del Interior.

Previo al periodo de la revolución, los ingenieros geógrafos habían sido desincorporados en 1776, primero como servicio especial y después como cuerpo militar. Pero cuando más dificultades tuvieron para efectuar su trabajo se presentó con la llegada de la revolución.

Pertenecientes a la jerarquía militar, la organización de los ingenieros geógrafos se vio afectada cuando el Depósito de la Guerra pasó por momentos críticos, que afectaban a la nación francesa con la revolución burguesa de 1789. Primero la Asamblea Nacional y después el Directorio, reconocía o eliminaba el Depósito, lo que alteró las funciones y el trabajo de los ingenieros geógrafos franceses entre 1791 y 1799.¹⁵⁶

d) La influencia de Napoleón en los trabajos de la ingeniería geográfica

Al iniciarse el siglo XIX los ingenieros geógrafos contaron con otras condiciones para su trabajo, ciertamente favorables. Una escuela superior de formación sostenida por el Ministerio de la Guerra. Desempeño profesional promovido

¹⁵⁵ Berthaut, Henri Marie Auguste. *op cit.* De ésta carta se derivaron otras a escala 1:345 600, 1:320 000 y 1:864 000.

¹⁵⁶ *Ibidem.* p.94.

desde el Estado. Una nueva política francesa con requerimientos en el extranjero posterior a la época de la revolución y el Directorio (1795-1799).

En 1799, al iniciarse el *Consulado*, Napoleón fue declarado primer cónsul de Francia por diez años, con lo que se inició un periodo dictatorial. Durante este tiempo la actividad de los ingenieros geógrafos rebasó las fronteras de Francia. En primer lugar dentro de los científicos de la *Comisión de Egipto* (1798-1799) que acompañaron al ejército de Napoleón Bonaparte, se incluyeron trece ingenieros geógrafos para trabajar en la ribera del Nilo, este trabajo preparó la carta de Egipto.¹⁵⁷ La ingeniería geográfica se volverá más compleja en cuanto a su organización, ya que recibió el concurso de los miembros de la Academia de Ciencias, del Depósito de la Guerra y del Parlamento francés.

En 1802 nuevas necesidades y organización militar de la época, en particular asociada con las operaciones militares de Napoleón, que había sido nombrado cónsul vitalicio, por el centro de Europa requirieron de otra forma de organización del trabajo, para obtener una producción cartográfica general y particular de esa región.

De modo que los ingenieros geógrafos pasaron a formar parte de la tecnología de trabajo y estrategia empleados, a partir de 1804, sobre todo en las necesidades militares, después de que Napoleón se declaró emperador del Imperio francés. Los ingenieros geógrafos tendrán un papel prioritario al servicio del Depósito de la Guerra.

Durante los siguientes diez años (1804-1814) Napoleón extendió las fronteras de Francia hacia Europa oriental por Prusia, hasta las costas del mar Báltico con Polonia y Rusia. Los ingenieros geógrafos participaron en la realización de las triangulaciones geodésicas de casi todos los países de Europa central, junto con los reconocimientos y los levantamientos topográficos que, enviados al Depósito de la Guerra en París, permitieron la elaboración de cartas a diferentes escalas para la movilización de la fuerza terrestre y el reconocimiento militar del terreno.

El Depósito de la Guerra preparó una carta de Europa en escala 1:100 000 considerada como la más adecuada para el estudio de las operaciones militares y la conducción de los ejércitos del emperador. La carta llegó a reunir 425 hojas y prestar un gran servicio, sólo que se perdió tras la desastrosa campaña de Rusia (1812). De esta carta sobrevivieron la de Baviera en 17 hojas, la carta de Soube en 18 hojas, la carta topográfica de los países comprendidos entre Francia, los países bajos y el Rin.¹⁵⁸ Otra

¹⁵⁷ Broc, Numa. "Les grandes missions scientifiques francaises au XIXe siècle (Morée, Algérie, Mexique) et leurs travaux géographiques". En *Revue d'histoire des sciences*. T. XXXIV. 3-4. 1981. p.319.

¹⁵⁸ Berthaut, Henri Marie Auguste. *op cit.* p.156-162.

cartografía topográfica fue preparada para la región de los Alpes en 12 hojas, de la isla de Córcega y de Guyenne.

También se disponía de otras cartas regionales elaboradas por los ingenieros geógrafos como la de Alemania meridional y de Italia septentrional para las primeras operaciones militares, de Alemania septentrional para las operaciones de 1792 a 1813, de Prusia y de Rusia útil en las operaciones de 1807 a 1812, de España y Portugal para las operaciones de batalla de 1807 a 1814, y por último la de Francia empleada para las operaciones de campaña de 1814 y 1815.¹⁵⁹

Destacan, para este periodo, los planos de campos de batalla. El encuentro del ejército de Napoleón y sus aliados frente al de las potencias europeas Austria, Prusia, Italia, Rusia, Suecia e Inglaterra significó la realización del plano del sitio de la conflagración. Los planos representaron las posiciones de los diferentes cuerpos del ejército. Son notables los planos de la batalla levantados por los ingenieros geógrafos de Austerlitz (1805), de Auerstedt y Jena (1806), de Eylau y de Friedland (1807), de Abensberg, Eckmühl y Ratisbonne (1809), de Smolensk, Borodino y Moskowa (1812), de Lutzen, Bautzen, Dresde, Leipzig, Paris (1813) y Waterloo (1815).¹⁶⁰

Durante el Imperio los ingenieros geógrafos se caracterizaron por orientar lo principal de sus operaciones de campo fuera del territorio francés. En el interior se tenía, primeramente, el trabajo de Cassini III, por lo que su carta de Francia fue empleada mientras se llevaba a cabo el trabajo más allá de las fronteras.

En diciembre de 1805, los rápidos éxitos de las campañas militares de Napoleón con sus vecinos, primero con Austria y luego con Alemania en la batalla de Austerlitz, le convencieron de que la carta de la Academia o de Cassini era insuficiente. En 1806, proyectó elaborar una nueva carta detallada de Francia. Se requería una representación fidedigna del terreno francés sobre el papel, obtenida directamente con la exactitud de los métodos astronómicos.

En respuesta a la orden del Emperador, el 6 de febrero de 1808 el ingeniero geógrafo militar Charles-Rigobert Marie Bonne (1771-1839) fue el encargado de presentar una Memoria detallada del programa de trabajos a realizar. Se trataba de

¹⁵⁹ Jomini, Général Baron de. *Atlas portatif pour l'intelligence des relations des dernières guerres, publiées sans plans*; notamment pour la vie de Napoleón. Anselin. s/a. Paris. Véanse los mapas A, B, C, D y E.

¹⁶⁰ *Ibidem*. Véanse los planos de batallas en las láminas: Austerlitz VI, Jena y Auerstedt VII, Eylau VIII, Heilsberg y Friedland IX, Abensberg, Eckmühl y Ratisbonne X, Smolensk y Valoutina XII, Borodino y Moskowa XIII, Lutzen XVI, Lutzen y Leipzig XVI bis, Bautzen XVII, Dresde XVIII, Dennewitz, Katzbach, Hanau y Gros-Beeren XIX, Leipzig XX, Paris XXIV y Waterloo XXIX. Berthaut, H. M. Auguste. *op cit.* p.161-162.

una labor totalmente nueva, que ponía de base la utilización del sistema métrico decimal.¹⁶¹

Cuando Napoleón se encontraba en el apogeo de su carrera política-militar, un decreto del 30 de enero de 1809 constituyó el Cuerpo Imperial de Ingenieros Geógrafos, que llegó a contar entre sus filas a un total de 90 Ingenieros geógrafos completamente organizados según la jerarquía militar: Cuatro coroneles, ocho jefes de escuadrón, veinticuatro capitanes de primera, veinticuatro capitanes de segunda y seis subtenientes alumnos, los demás lugares eran ocupados por estudiantes procedentes de la Escuela Politécnica.¹⁶²

La anexión de Holanda (1810), las campañas militares de Napoleón a Rusia (1812) y a Austria (1813) no permitieron la realización del proyecto de Bonne. Sin embargo la Campaña de Francia de 1814 terminó con la pérdida de las conquistas, la invasión de la coalición a Francia y la capitulación de París. Napoleón fue depuesto por el Senado y enviado a la isla de Elba.

Para la ingeniería geográfica la caída del Imperio significó una alteración en sus actividades docentes y profesionales. En ese año, se efectuaron modificaciones al Depósito de la Guerra, lo que significó la disolución de la organización del Cuerpo Imperial de los Ingenieros Geógrafos y la suspensión de sus servicios profesionales. La Escuela de ingenieros geógrafos fue sancionada por la nueva administración. La duración de los cursos se redujo a dos años, después de los cuales los alumnos eran promovidos al grado de Teniente geógrafo (Lieutenant géographe).

El número de ingenieros geógrafos al servicio del Estado disminuyó sucesivamente: en 1814 a 84, en 1817 a 72 y en 1820 a 60. Sólo hasta el reinado de Carlos X (1757-1836) el número de ingenieros geógrafos aumentó. En 1826 se tenían 69 en activo. Durante la Restauración el Ministerio de la Guerra pasó momentos difíciles y de austeridad, al igual que la organización del Cuerpo de ingenieros geógrafos debido a los escasos fondos económicos del gobierno.

En junio de 1814, el general Bacler d'Albe, entonces director del Depósito de la Guerra, presentó un proyecto para levantar una carta de Francia 1:100 000 con la participación de los ingenieros geógrafos, distribuidos en cuatro brigadas: tres en provincia que se ocuparían de las operaciones geodésicas y una más en París. El plan no prosperó debido a los acontecimientos políticos y militares

¹⁶¹ Collet, J. *La carte de France dite de l'état-major*. Gauthier-Villars. Paris. 1887. p.14 y ss. Entre 1792 y 1799 Jean-Baptiste Delambre (1749-1822) y Pierre-Francois André Méchain (1744-1804) habían medido el arco de meridiano de Dunkerque a Barcelona como base para la determinación de la longitud fundamental del sistema métrico decimal: el metro.

¹⁶² Berthaut, Henri Marie Auguste. *op. cit.* p.82.

ocasionados por el regreso de Napoleón al trono francés, por cien días, a partir de marzo de 1815.¹⁶³

Había que esperar una nueva organización política de Francia para que la participación de los ingenieros geógrafos se restableciera, esta vez al interior del país. El 6 de abril de 1814 el Senado mandó llamar a Luis XVIII (1755-1824) al trono de Francia. Durante la Restauración los planes originales de elaborar la carta de Francia, fueron modificados y arreglados de acuerdo al nuevo gobierno.

Se podría pensar que por haber trabajado fuera del territorio francés, los ingenieros geógrafos perdieron tiempo. Sucedió lo contrario. Hasta 1815 los descubrimientos sobre la forma de la Tierra, nuevos métodos de observación y cálculo, basados en el empleo del sistema métrico decimal, así como mejores y más precisos instrumentos de medición, influyeron en dos aspectos principales: 1) en los conocimientos teóricos y la experiencia de los ingenieros geógrafos para perfeccionar y consolidar a la geodesia como su principal instrumento de trabajo profesional; y 2) considerar obsoleta, desde el punto de vista tecnocientífico, la carta de Francia levantada por la familia Cassini y terminada durante el período de la revolución de 1789.¹⁶⁴

6. Los ingenieros geógrafos y los proyectos de la Carta de Francia en la primera mitad del siglo XIX

Varios fueron los intentos para organizar el levantamiento de la carta de Francia, en el período de la Restauración (1814-1830). El diseño de cada proyecto dio origen a largos debates y polémicas discusiones. Por una parte coincidían los intereses de la Academia de Ciencias y de los ingenieros geógrafos, por la otra los intereses del gobierno, a través del Ministerio de la Guerra.

En el debate los científicos e ingenieros geógrafos presentaron una serie de alternativas al gobierno sobre la manera de efectuar el levantamiento de la carta. La estrategia perseguía que el gobierno apoyara la carta de Francia tanto desde el punto de vista civil y militar como científico.

Los ingenieros geógrafos militares Brossier y Denaix presentaron un documento al director del Depósito de la Guerra. Este informe, en forma resumida, fue presentado el 14 de octubre de 1816 al Ministro de la Guerra. El trabajo denominado: *Projet d'une carte topographique militaire de la France*, exponía las bases científicas para formar una carta

¹⁶³ Ibidem. p.174-175.

¹⁶⁴ Puissant, Louis. *Traité de Géodésie, ou exposition des méthodes trigonométriques et astronomiques, applicables a la mesure de la Terre, et a la construction du canevas des cartes topographiques*. Troisième édition. Bachelier, Paris. 1842. T.I. p.v-viii.

militar. Se trataba de la representación del relieve de la superficie y de sus formas reducida a las dimensiones de una escala adoptada.¹⁶⁵

Para su realización, el proyecto contemplaba dos operaciones principales, que debían coordinarse. La primera consistía en el trabajo del catastro general que serviría para: 1) estimar el rendimiento de las tierras; 2) valorar sus productos; y 3) obtener planos de los propietarios individuales, municipales y del Estado, en base a procedimientos geodésicos, para conocer con precisión su superficie. La segunda operación significaba la realización de la carta militar.

El informe señalaba las ventajas de la carta para el catastro, el estadista, el militar, el administrador, el ingeniero, el geólogo y ofrecía responder a las necesidades de todos los servicios públicos de la nación en ese momento.

El proyecto de Brossier y Denaix se basaba en la realización de nuevos métodos de observación y de cálculo. Se tenía que rehacer todo aquello que realizaron los antiguos maestros (Picard, Cassini, La Caille, Méchain, Delambre...). La buena marcha del comercio, la construcción de caminos, el establecimiento de canales de comunicación suponían una carta bien representada y suficientemente detallada para la dirección de las obras y la estimación de los gastos e inversiones, públicas y particulares.

Se requería una nueva descripción geométrica de Francia hecha por los ingenieros geógrafos del Depósito de la Guerra. Estos contaban con una formación teórica recibida en la Escuela Politécnica, una formación especializada de la Escuela de Ingenieros geógrafos y la experiencia tanto de los procedimientos de representación como de los métodos de observación y medición.

El Estado había manifestado su interés de que la geografía tomará un nuevo vuelo. Se requería coordinar los materiales del catastro, vincular el trabajo más allá de las fronteras, proveer bases numéricas perfectamente orientadas y determinadas, fijar puntos de referencia bastante extendidos por todos los lugares, realizar las nivelaciones para el conocimiento de la configuración del terreno y mostrar las cuencas hidrográficas tal como existen en el terreno.¹⁶⁶

En cuanto al modo de obtener las operaciones de detalle o la topografía, el proyecto incluía la participación de la administración pública, como la dirección de bosques, el depósito de las fortificaciones, la dirección general de minas y el departamento de marina para obtener información y materiales que resguardaban en sus archivos, con lo que el trabajo de los ingenieros geógrafos se efectuaría en menos tiempo.

¹⁶⁵ Berthaut, Henri Marie Auguste. op. cit. p.176 y ss.

¹⁶⁶ *Ibidem*. p.181.

En las operaciones geodésicas se planeaban grandes cadenas de triángulos paralelas al meridiano medido por Delambre y Méchain y, perpendicular a ésta dirección, dispuestas más o menos cada doscientos kilómetros. Francia sería dividida de esta forma por grandes cuadriláteros, que serían rellenados por una triangulación del mismo orden que enlazarían por todas partes, una red geodésica continua.

En marzo de 1817, el distinguido miembro de la Academia de Ciencias Pierre Simon Laplace (1749-1827) pronunció un discurso ante la Cámara de los Pares. En esa ocasión Laplace trató de convencer a la Cámara para que en el presupuesto de ese año se fijara la formación de la carta de Francia y proponía la integración de una comisión, nombrada por el gobierno, para discutir la propuesta.

En su intervención en la tribuna de la Cámara Laplace afirmó que Francia disponía de todos los medios para realizar la Carta. La participación de los sabios de la Academia de Ciencias en la dirección, el cuerpo de ingenieros geógrafos en la ejecución y los oficiales de artillería e ingeniería en la operación. Además se podía adaptar la parte del catastro ya realizado y aprovechar la paz social reinante tras el derrumbamiento del Imperio.

Una idea semejante expresó en esa tribuna el Director del Depósito de la Guerra. Ahí solicitó el inicio de la carta de Francia, los recursos necesarios y el trabajo coordinado de la administración del catastro y del Depósito. Una comisión de sabios y de funcionarios designada por el gobierno se encargaría de la dirección y los estudios generales.

Correspondió al Ministro de la Guerra proponer al rey Luis XVIII la formación de la Comisión que Laplace y el director del Depósito habían formulado a la Cámara. En la ordenanza del 11 de junio de 1817, el rey dispuso: 1) comenzar la nueva carta de Francia, obtenida por la acción combinada del catastro y del depósito de la Guerra; 2) fijar los medios para poner en marcha el proyecto; y 3) asignar los estudios de conjunto y la dirección a una Comisión especial de sabios y de funcionarios nombrados por el gobierno.¹⁶⁷

La ordenanza de 1817 creaba la Comisión Real de la Carta de Francia, integrada por miembros del Departamento del Interior, de la Guerra y de Hacienda. La Comisión estuvo presidida por Laplace y tuvo a Delambre por vicepresidente.

Entre los representantes del Departamento de la Guerra estaban los Ingenieros geógrafos militares Brossier, Bonne y Puissant, todos ellos familiarizados tanto en la docencia de la Escuela de Ingenieros geógrafos, como en la conducción de los trabajos de levantamiento geodésico.

¹⁶⁷ Ibidem. p.186.

De nueva cuenta el Estado tomó la responsabilidad de elaborar un proyecto geográfico de alcance nacional. Una nueva serie de mapas del territorio, con miras a difundirla entre la sociedad francesa, convirtiéndose en una tarea geográfica operada desde el Estado y trazada para los fines de la administración pública y privada.

La Comisión real se apoyó en una segunda comisión que se encargó de redactar los detalles del proyecto de la carta y el procedimiento de ejecución. Sus miembros eran ingenieros geógrafos y pertenecían al Ministerio de la Guerra.

Conforme a la ordenanza de 1817, fueron redactados dos informes sobre las obligaciones tanto del Depósito de la Guerra como de la oficina del catastro en el proyecto. El encargado fue el ingeniero geógrafo militar Louis Puissant, miembro de la Comisión real.

El primer informe fue dirigido con fecha 16 de julio de 1817 al Ministro de la Guerra. En él se señalaba la participación del Depósito de la Guerra en el plan de la carta, particularmente del trabajo de los ingenieros geógrafos, las operaciones geodésicas y topográficas de primer y segundo orden, los instrumentos, métodos y registro de las observaciones de campo.

El segundo informe fue enviado con fecha del 30 de julio de ese año, al Ministro de Hacienda. Se anunciaba el trabajo de la administración del catastro, especialmente de los ingenieros del catastro, el levantamiento de las operaciones de tercer orden, ligadas con las de primer y segundo orden, y el empleo de los métodos de la agrimensura ordinaria en el levantamiento planimétrico de superficies medias de 500 hectáreas.

Los informes fueron acompañados de cartas firmadas por Laplace en las que se pedía la aprobación de cada ministro para el inicio de los levantamientos por parte de los ingenieros geógrafos, ya que los resultados aseguraban interés tanto a la administración civil y militar como a las ciencias.¹⁶⁸

Este plan de trabajo recibió críticas, principalmente sobre las obligaciones de trabajo asignadas a la administración del catastro. La oficina del catastro señaló que el plan daría lugar a nuevos gastos y a una nueva organización. Estimaba que los trabajos del catastro cumplirían con los requisitos oficiales, a pesar de no estar sujetos a un control terrestre riguroso. En resumen la administración del catastro intentaba evitar cualquier trabajo nuevo y someter a la verificación de los miembros de la Academia de Ciencias y de los ingenieros geógrafos el trabajo realizado.¹⁶⁹

¹⁶⁸ *Ibidem.* p.195.
¹⁶⁹ *Ibidem.* p.196

a) Primer proyecto de la Carta de Francia 1817-1821

A partir de junio de 1817, tanto la Comisión real como la de apoyo o especial, trabajaron en el diseño del proyecto general para la carta de Francia. La Comisión real recibió el proyecto originalmente redactado por Brossier y Denaix y procedió a discutir sobre el fraccionamiento de la carta y del modo más conveniente para representar el relieve terrestre sobre el papel.¹⁷⁰

Por su parte, la comisión especial se encargó de la formación del proyecto en sus diferentes partes. La primera era la correspondiente a los trabajos geodésicos, otra más de topografía y una última de cartografía, además de considerar al personal, el material, las instalaciones, los gastos del grabado y de la publicación.¹⁷¹

El plan original de operaciones se apoyaba en la participación simultánea de los ingenieros geógrafos militares y los ingenieros del catastro. En 1818, los primeros comenzaron el trabajo de la carta en los alrededores de París con el levantamiento de los detalles y el registro de minutas en escala 1:10 000.

En la práctica la administración del catastro no tenía la menor intención de que su trabajo se vinculara a los de la carta de Francia. Tampoco proporcionaron los documentos que resguardaba desde su creación, el 10 de diciembre de 1790, por la Asamblea Constituyente. Una inspección de los sabios de la Academia de Ciencias a la oficina del catastro comprobó los errores cometidos en el trabajo de campo y de la pésima formación de los ingenieros empleados.¹⁷²

Así las cosas, la Comisión real pidió al ministro de la Guerra que: la triangulación de tercer orden fuera inmediatamente ejecutada por la administración del catastro y coordinada con el trabajo del Depósito de la Guerra y se estableciera en el catastro una dirección de vigilancia y de verificación para los trabajos de tercer orden.

No obstante la reiterada insistencia para que el catastro asumiera su trabajo en el proyecto de la carta, lo cierto es que nunca se logró tal vínculo. Lo más que se logró fue que el Depósito de la Guerra dispusiera de los planos catastrales. Por tanto los ingenieros geógrafos se vieron obligados a levantar la planimetría. Por su parte, el catastro terminó su trabajo hasta 1845.¹⁷³

En la sesión del 22 de agosto de 1817, la Comisión real decidió, por unanimidad, que la escala de la carta fuera cambiada. La escala 1:100 000, propuesta por Brossier y Denaix, fue remplazada por la escala 1:50 000 que sería útil

¹⁷⁰ *Ibidem.* p.200-205.

¹⁷¹ *Ibidem.* p.215-232. Especialmente véase: p.284-298.

¹⁷² *Ibidem.* p.205.

¹⁷³ *Ibidem.* p.207-208.

a los servicios públicos, a la administración local y a los particulares.¹⁷⁴

A ésta escala la Carta de Francia tendría más de 500 hojas y su realización exigía un esfuerzo sostenido y amplios recursos a lo largo de treinta años. Si a esto añadimos que el catastro no intervino como se esperaba y que la experiencia de los primeros trabajos de la carta mostró lentitud en las operaciones e incremento de los gastos, se comprende que el primer proyecto se tropezó con obstáculos insuperables a nivel directivo y operativo.

El 8 de octubre de 1817, el Depósito de la Guerra fue eliminado de la organización del Ministerio de la Guerra y la comisión especial, integrada por ingenieros geógrafos militares, fue disuelta. Sólo quedaba la Comisión real que tuvo que negociar la coordinación del trabajo con la Dirección de Artillería e Ingeniería. El 4 de marzo de 1818 se concluyeron los estudios correspondientes al plan de trabajo de la carta.

El director de Artillería e Ingeniería formó el *Comité del Depósito de la Guerra*, para seguir los trabajos de la carta. El proyecto de la comisión de apoyo no fue aplicado pero sirvió al Comité. El reglamento del 19 de marzo de 1818 fijaba las funciones del Comité del Depósito de la Guerra, que entró en operación después de la disolución de la comisión especial.

El artículo 10. del reglamento señalaba que el cuerpo de ingenieros geógrafos se encargaría de las operaciones de la Carta de Francia. El trabajo dio comienzo a partir del 10. de abril de ese año, pero durante los siguientes cuatro años el avance, que no fue como se esperaba, demostró la torpe decisión de eliminar el Depósito de los trabajos.

Mientras tanto, la escala fijada, 1:50 000, por la Comisión real, todavía no era algo definitivo en los planes del Estado. El 11 de diciembre de 1818, de modo personal, el ingeniero geógrafo Brossier presentó al ministro de la Guerra, un informe en el que presentaba cinco formatos de la carta basados en la escala. (véase el cuadro 1)

El informe fue muy bien recibido por el ministro. Con la información anterior, decidió que la carta fuera grabada a la escala 1:80 000. Las minutas levantadas durante 1819, 1820 y 1821 de los alrededores de París, fueron reducidas a ésta escala, lo mismo que el grabado.

El Comité del Depósito, en su sesión del 18 de diciembre, acordó aceptar la orden del ministro para cambiar la escala de la carta, pero no así la de los levantamientos de campo, manteniendo la escala 1:10 000.

¹⁷⁴ *Ibidem.* p.198.

Cuadro 1
Proyectos de la carta de Francia, 1818

No.	ESCALA DE LA CARTA	NUM. DE HOJAS	SUPERFICIE POR HOJA (Kms ²)	PUNTOS TRI-GONOMETRICOS POR HOJA	TOTAL DE PUNTOS DE 3er ORDEN
1	10 000	13,351	40	5	66,325
2	20 000	3,338	160	10	33,162
*	40 000	830	640	15	16,580
3	50 000	534	1000	20	-----
4	80 000	208	2,560	--	-----
5	100 000	134	3,985	--	-----

* Propuesto por el general Guilleminot en 1820.

Fuente: elaboración propia a partir de Berthaut, Henri Marie Auguste. *op cit.* T.I. p.234-239.

Para marzo de 1819 el Comité constató la lentitud de los levantamientos en los alrededores de París, por lo que se volvió a discutir el tema de la escala. El Comité se negó abandonar la escala 1:10 000, en su lugar propuso aumentar el número de oficiales en los trabajos, con la incorporación del Cuerpo del Estado Mayor. Esta propuesta no fue apoyada ya que incrementaría los costos de producción del mapa.

Frente a esta situación, el general Guilleminot redactó un informe en el que proponía cambiar la escala de los levantamientos a 1:20 000. Señalaba que en el grabado, muchos detalles de las minutas se eliminaban durante la generalización cartográfica. Para él sería suficiente emplear la escala 1:10 000 en los alrededores de las fortificaciones y grandes ciudades y la 1:50 000 para las regiones poco pobladas e inaccesibles.¹⁷⁵ La propuesta creó polémica en el Depósito de la carta, por lo que se obvió la necesidad de preparar un segundo proyecto del mapa.

b) Segundo proyecto de la Carta de Francia 1821-1824

El ingeniero geógrafo Charles Bonne redactó el segundo informe para levantar la carta de Francia. El proyecto quedó listo el 15 de febrero de 1821 y se basaba tanto en los gastos como en la duración de las operaciones.

Entraron en consideración tres aspectos: 1) la inexistencia de levantamientos catastrales extendidos por todo el territorio francés; 2) la necesidad de continuar los trabajos catastrales; y 3) determinar, con cierta precisión, el grado de influencia de los trabajos del catastro sobre los de la carta.

¹⁷⁵ *Ibidem.* p.239-240.

El proyecto examinó diferentes alternativas para el levantamiento terrestre. Estimaba que si la carta debía terminarse después de 35 años, se requería de 100 oficiales topógrafos en el campo por año; después de 80 años de 40 topógrafos y después de 21 años de 193 topógrafos.

Una de las conclusiones del proyecto fue que no se podía asignar un plazo fijo para la terminación de las operaciones de campo, ya que éstas dependían del número de ingenieros trabajando directamente y de los avances conseguidos por parte del catastro.¹⁷⁶

En cuanto a la parte administrativa del proyecto, una orden real del 23 de enero de 1822, reinstaló el Depósito de la Guerra dentro del Ministerio. El Depósito se dividió en tres secciones: histórica, topográfica y administrativa. La segunda sección se encargaría del proyecto de la carta, así como de las operaciones de campo.

Por lo que toca al presupuesto calculado para el proyecto, se contaba ya con una muestra, según los primeros resultados de los trabajos hechos en los alrededores de París.

Algunos gastos eran fijos como el de geodesia de 1er orden e independientemente de la escala de la carta y de la duración, pero otros variaban según las condiciones especiales del levantamiento. Así los trabajos de geodesia de 2do orden debían ser más económicos a la escala 1:20 000 que a la 1:10 000, ya que el número de puntos necesarios fijados en el terreno se reducía.

El cálculo económico mostró lo conveniente de conservar la escala 1:10 000 en los levantamientos y la 1:80 000 para el grabado de la carta. El presupuesto necesario, unos 6,965,000 francos, repartidos entre 21 años de campañas, fijaron la cantidad de 331,700 francos anuales.¹⁷⁷

No había duda de que la inversión rendiría beneficios tanto para los servicios de la administración pública como para el catastro. Se declararon una serie de ventajas que el Estado francés obtendría de los trabajos: la ganancia de la venta de la carta y la terminación de los planos del catastro para la recaudación de impuestos.

La estrategia trazada por el Comité intentó que el ministro de la Guerra se diera cuenta de las ventajas económicas y materiales que guardaba el proyecto de la carta. El 16 de marzo de 1821, el Comité le envió un informe en el que se insistía sobre la utilidad de los levantamientos terrestres y la conclusión del catastro, sobre la economía de la inversión y los ingresos a la hacienda.

¹⁷⁶ *Ibidem.* p.242-243.

¹⁷⁷ *Ibidem.* p.244-246.

Cuadro 2

Presupuesto estimado para la carta de Francia, 1821:

Trabajos geodésicos de 1er orden (cadenas principales, triangulación de 1er orden, bases y observaciones ---- astronómicas).....	570 000 fr.
Triangulación de 2do orden escala 1:10 000.....	1,500 000 fr.
Reducción de los planos del catastro a la escala 1:10 000 y reducción de las minutas a la escala de la carta 1:80 000.....	624,000 fr.
Levantamiento del catastro 1:10 000.....	1,659,000 fr.
Personal y oficina central (sueldos, mobiliario, mantenimiento del instrumental).....	1,050,000 fr.
Grabado de la carta.....	1,560,000 fr.

	TOTAL 6,963,000 fr.

Fuente: elaboración propia a partir de Berthaut, Henri Marie Auguste. op cit. T.I. p.244-246.

Se encargaron de presentar a la carta de Francia como "fuente de beneficios importantes" y no pedía al Estado más que el adelanto de los fondos para iniciarlo. Desafortunadamente, los beneficios de la carta no eran inmediatos, sino a largo plazo. En ese año, la organización de la hacienda pública se encontraba en situación crítica y el presupuesto debía solicitarse directamente a las Cámaras.

En cuanto a los trabajos, en la sesión del 15 de diciembre de 1821, el ingeniero geógrafo Brossier, a nombre del ministro de la Guerra, presentó a la Comisión real diversas muestras de las minutas reducidas a la escala 1:80 000. La Comisión no estaba satisfecha ya que, manifestó, los detalles eran muy pequeños y poco claros.

La Comisión protestó contra la medida de adoptar la escala 1:80 000 para la carta de Francia. Laplace designó a una subcomisión para que formara un informe sobre la escala de la carta. Esta subcomisión, en el informe del 14 de febrero de 1822, presentó la postura de la Comisión: se debería conservar la escala 1:50 000 por la utilidad a los servicios.

El informe de la subcomisión señaló que si el Ministerio de la Guerra deseaba una carta militar para Francia, que procediera a su ejecución, pero con el presupuesto anual del ministerio y con sus propios recursos.

El proyecto original, modificado en 1821, se encontró con escasez de fondos en el gobierno, para un proyecto que tomaría demasiado tiempo y la indiferencia de la Cámara de Diputados frente a los argumentos presentados por el Comité de la carta, sobre los beneficios fiscales y el ahorro de la inversión.

Desde 1822 se reconoció la necesidad de abandonar la idea de combinar un método de trabajo, basado en el catastro. 16 departamentos de Francia votaron en contra de autorizar presupuesto para los trabajos del catastro. Esta situación obligó a diseñar otro proyecto de la carta de Francia, lo más económico posible, en el cual se renunciaría a las ventajas de los levantamientos de gran escala y a considerar el trabajo desde el punto de vista exclusivamente militar.¹⁷⁸

c) Tercer proyecto de la Carta de Francia 1824-1825

Al prescindir de la metodología de trabajo apoyada en la labor del catastro, la participación de la Comisión real se puso en duda, dentro del proyecto de la carta de Francia. Sin embargo su influencia fue reconocida, por parte del aparato militar, que ahora pasaba a encargarse por completo de la elaboración de la serie cartográfica nacional.

Se asignó a la Comisión los levantamientos geodésicos de 1er orden, considerados como la base de cualquier trabajo cartográfico, mientras que las triangulaciones de 2do y de 3er orden, la planimetría y el grabado, serían completados por el Ministerio de la Guerra, que contaba con oficiales y grabadores para el trabajo.

El tercer proyecto de la carta consideraba una reducción en los tiempos de terminación y un diseño basado en las necesidades militares. La carta debía mostrar además del relieve, lo más detallado posible, la hidrografía, los grandes caminos, las comunicaciones principales, al igual que la figura de las ciudades y de los pueblos.

Se propuso que el trabajo de campo combinara un sistema de escalas 1:20 000 y 1:40 000. La primera se emplearía en las costas y fronteras (163,563 km²), la segunda en el interior (370,477 km²). Con base en este criterio se estimó el número de topógrafos requeridos, según se decidiera, para obtener la planimetría: 162, 82 y 42 durante 10, 20 y 40 años respectivamente.¹⁷⁹

Para este trabajo se contaba con un buen número de materiales, tanto de la frontera como de las costas y del interior de Francia que, según se explicó en el proyecto, no era necesario levantar, bastaba con verificar y reconocer las variaciones del terreno y de las obras civiles. Además

¹⁷⁸ *Ibidem.* p.249-250.

¹⁷⁹ *Ibidem.* p.254-255.

una parte del catastro, se podía hacer reducir a la escala 1:20 000 o 1:40 000.

La geodesia de primer orden se mantuvo sin cambios, según lo expuesto desde el primer proyecto. El levantamiento de segundo y de tercer orden sería modificado. El control terrestre variaba por hoja. A la escala 1:20 000 se requerían 10 puntos fijados astronómicamente por hoja. El total sumaba 10,230 puntos para 1,023 hojas. A la escala 1:40 000 se necesitarían 20 puntos por hoja y el total ascendía a 11,230 puntos para 579 hojas. Lo que daría un suma total de 21,810 puntos de segundo y de tercer orden, obtenidos directamente sobre el terreno. El número de oficiales requeridos para ésta labor era de 21, 11 y 6 durante 10, 20 o 40 años, respectivamente.

El proyecto no incluía los aspectos de la cartografía, gastos de dibujo, de grabado y de publicación ya que se conservaron las estimaciones calculadas del anterior proyecto.

El Estado francés, por medio de la ordenanza del 25 de febrero de 1824, decidió fijar definitivamente la escala de los trabajos: 1) para los levantamientos de la minutas de campo se sustituye la escala 1:10 000 por 1:40 000; 2) se reservaba la escala 1:10 000 y 1:20 000 para la parte del territorio que exigiera un conocimiento más detallado de las localidades; 3) la escala de la carta sería 1:80 000; y 4) se consideraba a la carta de Francia desde el punto de vista militar y administrativo.¹⁸⁰

El proyecto de 1824 tuvo la característica especial de dejar de lado uno de los intereses que habían defendido los miembros de la Academia de Ciencias, al igual que ingenieros geógrafos involucrados en el proyecto: que la carta mantuviera un alto nivel científico, desde el punto de vista de la precisión del levantamiento geodésico y sobre la determinación de la forma de la Tierra. Además, el examen de los trabajos de la carta, y especialmente de las operaciones geodésicas, ya no permanecerían subordinadas a la Comisión real.

Las minutas, para las 273 hojas de la carta, se levantaron por parte de los oficiales que las dibujaron, a tres escalas: 1:10 000 (3 hojas); 1:20 000 (12 hojas) y 1:40 000 (258 hojas).

El conjunto de minutas se redujeron a la escala 1:40 000 con el objeto de formar una obra uniforme en los detalles de la información. La representación del relieve se hizo por medio de hachures. Se seleccionó la simbología convencional. La planimetría, parcialmente proporcionada por la oficina del catastro, fue utilizada por los dibujantes del Depósito de la Guerra.

¹⁸⁰ Ibidem. p.210.

En el periodo de 1818 a 1831 los levantamientos de precisión de la carta fueron realizados por los ingenieros geógrafos. En el último año, los oficiales del Estado Mayor fueron incorporados a las secciones del Depósito de la Guerra. Si bien el número de oficiales se incrementó en beneficio del proyecto, los intereses de los ingenieros geógrafos quedaron alterados y en poco tiempo se duplicaron los trabajos.

La fusión de los ingenieros geógrafos y el cuerpo de oficiales del Estado Mayor, importaba a los intereses del Estado, pues los jóvenes oficiales debían encontrar en los ingenieros geógrafos, a los hombres formados y experimentados que difundirían el cuidado y gusto por la ciencia. A su vez los alumnos de la ingeniería geográfica, con el grado de tenientes, adquirirían, por el contacto y estudio con sus nuevos compañeros los conocimientos militares y prácticos.

Los ingenieros geógrafos con mayor rango serían indeminzados por la baja del título y se les ofreció la oportunidad de ascender en la nueva jerarquía militar. La ordenanza del 22 de febrero de 1831, integró un solo cuerpo y se fijó el número de oficiales asignados al Ministerio de la Guerra en: 33 coroneles; 33 tenientes-coroneles; 109 jefes de batallón y 326 capitanes. Sin contar a los sub-tenientes alumnos y capitanes en comisión.

Desde el punto de vista profesional y militar, esta reunión fue desventajosa para los ingenieros geógrafos ya que no se les otorgó el rango militar que les correspondía ocupar. Tampoco se consideró la antigüedad como elemento para designar el puesto militar que, sin duda, hubiera favorecido ampliamente a los ingenieros geógrafos.¹⁸¹

Desde el punto de vista de la docencia, los cursos que se venían ofreciendo en la Escuela Politécnica y en la Escuela de Aplicación de ingenieros geógrafos, fueron suspendidos. Con la fusión de ambas organizaciones se eliminaba el Cuerpo de Ingenieros geógrafos como institución, aunque a sus miembros les alcanzó la vida para continuar trabajando en el proyecto de la Carta de Francia hasta 1870. Con la fusión del personal, la carta de Francia se conoció como carta del Estado Mayor.

Por lo que se refiere al presupuesto, entre 1818 y 1832, se entregaron a los trabajos de la carta 1,830 000 francos. A partir de 1833 el presupuesto aumentó, con una entrega de 200 000 mil francos anuales, lo que significó que, hasta el año de 1856, la hacienda pública entregó otros 4,800 000 francos, que sumados al anterior pago, suman un total de 6,630 000 para producir la carta de Francia de 1818 a 1856.

Frente a los gastos que representaba la carta, la Cámara de diputados estaba interesada en recuperar la inversión. Se

¹⁸¹ *Ibidem.* p.92-93.

fijó, para cada hoja, el precio de 7 francos. De tal forma que, por la venta de 5,000 ejemplares, se recaudarían 7,280 000 francos, cantidad superior a la inversión inicial y con un excedente de 650 000 francos. El agente de venta de la carta era el propio Depósito de la Guerra, que ganaba un 20 por ciento en la operación. La Cámara exigió, después de 1842, que el resto fuera repartido por partes iguales, entre un grupo de comerciantes.¹⁸²

Un resumen cuantitativo de los trabajos de la carta de Francia 1:80 000, incluye lo siguiente: las operaciones geodésicas y topográficas comenzaron simultáneamente el 1 de abril de 1818; los levantamientos geodésicos de 1o y 2o orden se terminaron en 1854; la triangulación de 3er orden se concluyó en 1863; los levantamientos topográficos en 1866; el trabajo se terminó con el grabado de las 273 hojas en 1882. A partir de entonces, siguió la revisión y actualización periódica de las hojas, con el trabajo de campo y el empleo de la edición zincográfica.

La carta de Francia, que llegó a cubrir una superficie de más de 160 metros cuadrados (13.20 m por 12.30 m), representa una intrincada red de participantes y la compleja organización del Estado francés. En su realización intervinieron cerca de 800 oficiales del ejército, entre ellos un centenar de ingenieros geógrafos, además de los ingenieros del Cuerpo del Estado Mayor, agrimensores, dibujantes y grabadores. Las 273 hojas que integraron la carta fueron grabadas por 63 artistas diferentes que lograron un trabajo uniforme de conjunto y de representación.¹⁸³

¹⁸² *Ibidem*. p.267 y 269.

¹⁸³ Molina, Ignacio (tr.). "El Servicio Geográfico del Ejército Francés". En *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*. México. T.II. 1889. p.269.

II. Panorama de la geografía de la Nueva España. Siglo XVIII.

En la producción científica novohispana del siglo XVIII la geografía ocupa un lugar notable. Una amplia cantidad de materiales, de diferente calidad, se produjeron como resultado del interés del Estado español y del gobierno local. Su presencia en el panorama dieciochesco llevó a Elías Trabulse a señalar que, de las cuatro ciencias de la Tierra, a saber la meteorología, la geodesia, la geología y la geografía, esta última fue la que "mayores y mejores resultados alcanzó en el siglo ilustrado novohispano, a partir de la rica herencia de las dos centurias pasadas".¹

En efecto, durante el siglo XVI y XVII la corona española promovió múltiples acciones encaminadas a la obtención de información geográfica de las tierras americanas, para la dirección de la política colonialista. La administración metropolitana organizó y dirigió oficialmente la elaboración de *Relaciones Geográficas*, además de los reconocimientos terrestres y de expediciones marítimas con fines militares, comerciales o religiosos y numerosos relatos de viajeros, memorias e itinerarios de caminos y sitios.

En la sociedad colonial surgió una demanda constante de productos geográficos. Su diseño y ejecución sirvió para satisfacer múltiples y variadas necesidades del Estado colonial. Para su realización, una compleja dinámica de grupos de científicos dieron forma, un tanto irregular a la actividad geográfica. Conforman estos grupos: los indígenas locales, los "españoles americanos" y los científicos de la Metrópoli que atendieron las necesidades oficiales de gobierno.

Por tanto, interesa mostrar la participación y grado de vinculación de éstos grupos con la sociedad y los niveles oficiales. También su labor y métodos geográficos empleados, las características del trabajo, así como las opiniones sobre las orientaciones metodológicas del futuro de la geografía en la sociedad colonial.

1. Participación de corporaciones técnico-científicas en la geografía colonial.

Más que la descripción, relato o narración geográfica, en los mapas se encuentra el elemento metodológico y de trabajo del quehacer geográfico regido por la ingeniería. La formación de mapas y planos durante el periodo colonial novohispano se presenta como una fase bien definida, que se intentará impulsar por los distintos sectores de la sociedad.

¹ Trabulse, Elías. *Historia de la Ciencia en México. Estudios y Textos. Siglo XVI. Conacyt/FCE. México. 1983. p.128.*

Necesidades estatales, religiosas, militares y sociales demandaron mapas y lo convirtieron en un producto útil en la vida cotidiana de la colonia. Amplia y diversa la actividad geográfica colonial tiene como característica esencial formar información científica en dos presentaciones: el texto y el mapa.²

Merece destacarse que, desde el punto de vista geográfico, el mapa y el texto geográfico no se pueden separar. Forman parte integrante e indispensable de la geografía. Por tanto, no deja de constituir un problema para el historiador de la geografía el estudio de conjunto de la descripción geográfica y la elaboración de mapas.

El estudio del trabajo geográfico de la colonia conlleva un conocimiento de las necesidades sociales existentes en esa época, para conocer de qué modo hubo demanda y respuesta de productos geográficos. A continuación se presenta un cuadro de estos grupos tecno-científicos y el trabajo geográfico que ofrecieron a esas demandas

a) Labor geográfica de la compañía de Jesús.

La evangelización de las tierras americanas recién conocidas por los españoles, se efectuó al poco tiempo de las primeras operaciones militares. Los franciscanos fueron los primeros en llegar a la Nueva España en 1524, los dominicos en 1526 y los agustinos en 1533.

Las órdenes religiosas se distribuyeron en el territorio de la Colonia, principalmente por el centro. Además, los dominicos se dirigieron al sureste hacia Puebla, Oaxaca y Chiapas. Al norte llegaron los franciscanos hasta Querétaro, Guanajuato, Zacatecas y San Luis Potosí y los agustinos al occidente, a Michoacán.

Los jesuitas se extendieron más al norte. La costa noroccidental fue su punto de partida. De su llegada a Veracruz en 1572, pasaron a la Ciudad de México y después a Michoacán y Nueva Galicia, siguieron su misión evangelizadora hacia el norte. Fue en 1590 cuando, por Real Acuerdo, se pidió a la Compañía de Jesús que se encargara de la misión evangelizadora del noroeste.

El sistema de misión jesuita tuvo una organización compleja, ya que actuaba como empresa agrícola, ganadera, educativa, militar y de aculturación.³ De esta forma los jesuitas estuvieron en condiciones de proporcionar

² Hernández Iriberrí, Luis Ignacio. "Sistemática del saber científico geográfico", en *Ihuicac*. Vol.1. Núm.1. 1990. p.7-25

³ Nentuig, Juan. *El rudo ensayo. Descripción geográfica natural y curiosa de la provincia de Sonora, 1764*. Margarita Nolasco Armas. et al. SEP-INAH. México. 1977. Introducción. p.8.

información novedosa del Valle de México, la Baja y la Alta California, Arizona, Nuevo México, Sonora y Sinaloa.⁴

La formación académica de los misioneros no era igual, incluso entre los miembros de una misma orden. La formación del religioso tampoco era como la del ingeniero. Pero, algunos de los jesuitas contaron con los conocimientos científicos suficientes para desempeñarse en la determinación de coordenadas geográficas y en la realización de mapas, además de redactar el relato geográfico.

El trabajo geográfico de los jesuitas fijó en los mapas presidios, misiones, pueblos de visita, real de minas, haciendas, ojos de agua, minas, pueblos de españoles, de gentiles y de gente de razón, entre otros puntos de interés para la labor misional.

Los jesuitas prepararon "informes geográficos periódicos" con la finalidad de diseñar una "eficaz estrategia evangelizadora en zonas ignotas".⁵ Su dedicación les permitió recopilar información en forma de mapas de toda la costa del Pacífico desde California hasta Panamá.⁶

Para el misionero jesuita "un mapa era instrumento de su trabajo. Señalaba el camino que conducía de una misión a otra; las zonas de las naciones indígenas -tanto las cristianas como las que se habían de convertir; los aguajés para no perecer de sed en sus expediciones exploratorias".⁷

Para conocimiento de las autoridades eclesiásticas, los miembros de la compañía prepararon la descripción geográfica y el mapa. Este último acompañaba el informe escrito, pero los "superiores mexicanos y romanos y los oficiales reales mexicanos y españoles preferían un documento gráfico que reflejara visiblemente el apostolado misionero a extensas relaciones".⁸

Entre los jesuitas destaca la labor geográfica de Fernando Consag (1719-1768), Juan Nentuig (1713-1768) y Eusebio Francisco Kino (1645-1711). A partir de 1687 Kino convirtió el noroeste de la Nueva España en la base de "unas cuarenta expediciones exploratorias para extender las misiones, conocer personalmente a los jefes (caciques) de los indios, y registrar cartográficamente datos geográficos".⁹

Los diarios de Kino muestran que utilizaba instrumentos científicos para determinar astronómicamente el sitio de llegada. Con "la abuja de marear y astrolabio en mano" Kino

4 Trabulse, Elías. op cit. p. 139.

5 Ibidem.

6 Burrus, Ernest J. *La obra cartográfica de la provincia mexicana de la Compañía de Jesús (1567-1967)*. Ediciones José Porrúa Turanzas. Madrid. I. 1967. p.4 y ss.

7 Ibidem. p.2.

8 Ibidem.

9 Ibidem. p.19.

determinaba latitudes y longitudes de las misiones y pueblos visitados. Los datos geográficos fueron empleados en la redacción de los mapas.¹⁰ La información geográfica fue conocida por otros miembros de la orden, que no llegaron a disponer del instrumental, pero que la utilizaron para su trabajo y en la exploración de las remotas zonas de conversión.

En 1803 Alejandro de Humboldt llegó a la Ciudad de México. Entre los materiales geográficos encontró la obra científica de los jesuitas. Fue el primero en examinar los valores dados por los jesuitas a la posición geográfica de varias ciudades del virreinato, como Puebla y Guanajuato. Además aprovechó los mapas de la compañía sobre la Nueva España.¹¹ Entre los materiales que dispuso para su trabajo geográfico, están el *Mapa de la Provincia de la Compañía de Jesús de Nueva España de 1765*, el *Mapa de distancias de los lugares principales de Nueva España de 1755* y el *Mapa manuscrito de Sonora*.¹²

Según Humboldt, los jesuitas fueron los primeros en explorar la Península de Baja California. De ese lugar realizaron mapas generales. En 1642 lograron fundar, de modo permanente, establecimientos misionales, que se enfrentaron a los frailes franciscanos que intentaban introducirse en las tierras de los indios y contra los militares apostados en los presidios.¹³

Después de la expulsión de los jesuitas, en junio de 1767, los franciscanos se encargaron de la colonización de la Alta California. A ellos se debe la fundación de poblaciones en Monterrey, Los Angeles y San Francisco. Entre los franciscanos destaca la figura de fray Junípero Serra. De manera semejante a las exploraciones de Kino, el padre Serra dedicó los últimos quince años de su vida a caminar más de 20,000 kms. para convertir a los indígenas.

b) Los tlacuilos-agrimensores.

Las *Relaciones Geográficas* del siglo XVI significaron un reto para la ciencia europea de esa época. Se requería de una forma ordenada y sistemática de examinar las tierras americanas para su conocimiento en la corte española.

Desde el punto de vista político-administrativo, las *Relaciones Geográficas* surgieron bajo la iniciativa del gobierno de Felipe II. Simultáneamente, el rey ordenó ambiciosos proyectos geográficos para la península.

Al buscar un conocimiento profundo de los dominios de ultramar, el interrogatorio facilitó la recolección de la información científica, en el intento de organizar la

¹⁰ *Ibidem*. p.20-25. De Kino se sabe que dibujó 31 mapas.

¹¹ Trabulsee, E. *op cit.* p.139-140.

¹² Burrus, E.J. *op cit.* p.216-217.

¹³ *Ibidem*. p.218.

administración colonial y sacar el mejor provecho posible.¹⁴ Más tarde se recurrió, además, al envío de expediciones marítimas de exploración militar, económica y religiosa.

Desde el punto de vista científico, la Relación Geográfica sirvió para que el conjunto de conocimientos científicos de la Europa Renacentista interrogara la realidad americana. Geografía, física, mineralogía, botánica, zoología, antropología recibieron un caudal de nuevos conocimientos sobre fenómenos totalmente desconocidos.

Esto originó nuevas clasificaciones y reafirmó en la ciencia moderna la búsqueda de nuevas respuestas, aplicando complejos conceptos procedentes del método científico en la realidad americana. A su vez América recibió la difusión de los conocimientos, complementó los contenidos y adaptó la ciencia europea a las circunstancias sociales de la Colonia.

No obstante su carácter eurocentrista, la Relación abrió una interesante vinculación de trabajo en el contexto que la recibió. En el caso de la geografía representó un intercambio entre la ciencia occidental y la cultura indígena de la región mesoamericana.

La Cédula Real del 15 de mayo de 1577 pedía el levantamiento de unas encuestas copocidas como *Relaciones Geográficas* de la Nueva España.¹⁵ Un cuestionario fue preparado e impreso en la metrópoli, que se conoce como Instrucción y Memoria, con 50 preguntas. Una vez respondidas, debían describir la tierra americana y la vida de sus hombres.¹⁶ Las *Relaciones Geográficas* fueron solicitadas en el siglo XVI, el XVII y hasta bien entrado el XVIII.¹⁷

¹⁴ Garza, Mercedes de la (Coord.). *Relaciones Histórico-Geográficas de la gobernación de Yucatán*. UNAM-Instituto de Investigaciones Filológicas. México. 1983. 2 vol. T.I. Estudio preliminar. p.XI.

¹⁵ Carrera Estampa, Manuel. "Relaciones geográficas de Nueva España, siglos XVI y XVIII", en *Estudios de Historia Novohispana*. UNAM-Instituto de Investigaciones Históricas. Vol. II. México. 1967. p.233-261. Cline, Howard F. "The *Relaciones Geográficas* of Spain, New Spain, and Spanish Indies: An annotated bibliography", en *Handbook of Middle American Indians*. University of Texas Press. Austin. 1972. T.12. p.370-395. Cline, Howard F. "A Census of the *Relaciones Geográficas* of New Spain, 1579-1612", en *Handbook of Middle American Indians*. University of Texas Press. Austin. 1972. T.12. p.324-369.

¹⁶ Acuña, René. (Ed.). *Relaciones Geográficas del Siglo XVI: Antequera*. UNAM-Instituto de Investigaciones Antropológicas. México. 1984. T.I. p.11.

¹⁷ Cline, Howard F. "The *Relaciones Geográficas* of the Spanish Indies, 1577-1648", en *Handbook of Middle American Indians*. University of Texas Press. Austin. 1972. T.12. p.183-242. West, Robert C. "The *Relaciones Geográficas* of Mexico and Central America, 1740-1792", en *Handbook of*

En el trabajo de recolección, los "más viejos y ancianos" de cada pueblo fueron interrogados e informaron sobre cada punto. De esta manera el relato geográfico se enriqueció de la experiencia y tradición transmitida oralmente. Más información fue incorporada y completada por las autoridades españolas.

Uno de los primeros requisitos del interrogatorio era la presentación de un mapa del sitio de la Relación. Un mapa permitía disponer de una imagen, que enseñaba lo que se describía en el texto. Para ello la administración aprovechó la cultura "geográfica" de cada lugar.

Cada administración local recibió el interrogatorio enviado desde la ciudad de México. Los responsables de cumplir la orden, procuraron regresar el cuestionario respondido. Preguntaron en los pueblos quién sabía hacer mapas. Es evidente que entre las culturas de mesoamérica no había ni mapas ni personas que los realizaran "a la europea".

En los pueblos mesoamericanos existían los *tlacuilos* o indígenas que escribían-pintando. Contaban con una larga tradición pictórica y cumplían su trabajo de hacer manuscritos pictóricos tradicionales. Ellos escribían pintando una amplia variedad de fenómenos de la naturaleza y de la sociedad, sobre distintos materiales como telas, papel indígena, pieles y finalmente papel europeo.

Estos personajes fueron localizados por los españoles. Por su conocimiento y técnicas se encargó a ellos la realización de los mapas. Se trató de acompañar a cada Relación con una pintura indígena lo más parecido a un mapa europeo. Finalmente la Relación fue redactada en español por un escribano de oficio.

Al *tlacuilo* se le pedía que ejecutara el dibujo integrando elementos geográficos del paisaje y de tipo histórico y económico. Los *tlacuilos* "desde el principio de la colonia fueron adquiriendo nuevos conocimientos y ejerciéndolos, acerca de las técnicas de dibujo y de los múltiples aspectos de una nueva convención plástica llegada de Europa".¹⁸ De este modo se incrementó el material indígena tradicional en torno a las Relaciones Geográficas. Del siglo XVI se dispone actualmente de 167 Relaciones, de las que 92 conservan pinturas o "mapas".¹⁹

Middle American Indians. University of Texas Press. Austin. 1972. T.12. p.396-449.

¹⁸ Galarza, Joaquín. *Amatl, Amoxtlí. El papel, el libro*. Editorial Tava. México. 1990. p.104.

¹⁹ Robertson, Donald. "The Pinturas (Maps) of the Relaciones Geográficas, With a Catalog", en *Handbook of Middle American Indians*. University of Texas Press. Austin. 1972. T.12. p.243. René Acuña publicó 78 pinturas en las Relaciones Geográficas del siglo XVI.

El caso de los planos representa otra metodología de trabajo geográfico, que contiene la introducción de la ciencia y técnica española. En la sociedad colonial hubo una amplia demanda de estos documentos geográficos debido a que se emplearon para resolver conflictos que se presentaron ante los tribunales novohispanos. Entre los materiales útiles en los litigios, los jueces pedían que se presentara el mapa del sitio en disputa.

Poco después de la conquista militar se inició el reparto de la tierra. En esa labor el tlacuilo participó en la ejecución de los planos. Esa actividad significó la integración de elementos de la tradición indígena y elementos de origen europeo.²⁰ La posesión de la tierra entre los pueblos indígenas, los españoles, la iglesia y la autoridad virreinal suponían la demarcación de unos límites sobre el terreno y su registro en el papel.

En España, los agrimensores tuvieron auge durante el siglo XVIII, debido a las tareas del catastro emprendidas por la corona, para establecer la valoración de las tierras y la cantidad de impuestos de cada ayuntamiento.²¹ Otros factores como los problemas agrarios, propiedades urbanas y de construcción significaron un estímulo para la práctica de la agrimensura.

Los agrimensores fueron los funcionarios españoles asignados para la medición de tierras en territorio novohispano. Por su formación el agrimensor tenía una formación técnica menos rigurosa que la del ingeniero y su ejercicio profesional estaba bien definido. La tarea que se les encomendó era "efectuar y comprobar medidas de terrenos ya en posesión o que se habían concedido hacía poco, tanto a pueblos como a familias e individuos: españoles e indígenas".²²

Las técnicas e instrumentos de los agrimensores, para la confección del mapa, eran de origen europeos.²³ La práctica permitió obtener directamente sobre el terreno un croquis de trabajo que registraba distancias y ángulos, según las observaciones lineales y angulares. También se incorporaba las de tipo astronómico.

El trabajo de los agrimensores "no se circunscribió a la agrimensura de tierras en litigio, de hacienda o de mercedes. Establecido el método científico su aplicación era

²⁰ Galarza, Joaquín. *op cit.* p.113.

²¹ Capel, Horacio. *Geografía y matemáticas en la España del siglo XVIII*, p.305-306.

²² Galarza, Joaquín. *op cit.* p.108.

²³ Sobre el *modus operandi* de los agrimensores europeos véase: Trabulsee, Elías. "La cartografía en la historia de la ciencia en México", en *Cartografía mexicana tesoros de la nación siglos XVI a XVIII*. Archivo General de la Nación. México. 1983. p.44-48.

muy amplia y variada e iba desde la delimitación geográfica de toda una provincia o provincias, hasta la complicada red hidrográfica de un territorio".²⁴

Los agrimensores -escribió Trabulse- contaron con "personal subalterno". Para presentar una versión definitiva del mapa, bien dibujado, "acudían a los artistas regionales que casi siempre eran indígenas y antiguos tlacuilos. Así es como nace esta especial asociación de agrimensores españoles y tlacuilos indígenas, que tanto fruto dio".²⁵

La interacción de trabajo la describe Galarza del siguiente modo:

El agrimensor hacía dibujar al tlacuilo la sección que le tocaba medir y o bien le deja toda la libertad para hacerlo, o le entrega el croquis de medidas realizadas por él mismo para que el indígena lo pasara en limpio. Así resultaban dos tipos de documentos: unos que poseían toda la apariencia y la expresión indígena y otros que partiendo de una base europea se transformaron también en documentos indígenas.²⁶

Es evidente que el tlacuilo introducía su propia concepción del espacio, derivada de la cultura tradicional. Incluía elementos del paisaje que le interesaba conservar, "inclusive alrededor del croquis del agrimensor, con medidas y orientación europeos".²⁷

Una vez terminado el documento, el tlacuilo no lo firmaba como autor, pues no existía el concepto de propiedad individual. El trabajo quedaba en el anonimato perteneciente a la colectividad. En otros casos los firmaba el agrimensor o algún funcionario español que "legalizaba" el documento.

Con el cambio de región el agrimensor buscaba otro tlacuilo, por lo que en los documentos se aprecian diferencias en el estilo de representación.²⁸ En el siglo XVIII por lo menos una veintena de agrimensores trabajaron de esta forma en la Nueva España creando una rica colección de mapas regionales y locales.²⁹

La asociación de trabajo entre el agrimensor español y el tlacuilo indígena se prolongó durante la época colonial y constituye una muestra original de intercambio de elementos metodológicos de tipo geográfico procedentes de la cultura mesoamericana y la europea.

²⁴ *Ibidem*. p.49.

²⁵ Galarza, Joaquín. *op cit*. Véase también: Robertson, Donald. *op cit*. p.243-278.

²⁶ *Ibidem*.

²⁷ *Ibidem*. p.109.

²⁸ La asociación de los tlacuilos-agrimensores todavía no ha sido objeto de investigaciones serias. No obstante el tema tiene una importante guía en la obra de Joaquín Galarza.

²⁹ Trabulse, Elías. "La cartografía...". *op cit*. p.48-49.

c) Labor geográfica de los científicos novohispanos del siglo XVIII

Existe un consenso de los especialistas para señalar que la Ilustración de la Nueva España surge "con matices y variantes propias de las condiciones socio-económicas, políticas y culturales en que se encontraba el virreinato en el siglo XVIII".³⁰ De acuerdo con esta afirmación, hacia fines del siglo XVIII una cultura científica surgió en suelo novohispano, con identidad propia, poco antes que el Estado borbón decidiera promover la introducción y difusión de las ciencias modernas a la Nueva España.

A los responsables de preparar el terreno se les considera portadores de la fase criolla de la Ilustración de Nueva España (1768-1789). Los personajes ilustrados más representativos fueron Joaquín Velázquez de León (1732-1786), José Antonio Alzate (1737-1799), Antonio de León y Gama (1735-1802) y José Ignacio Bartolache (1735-1790).

En cuanto a la geografía cada uno de ellos tiene una participación desigual para esta época. Por lo que es importante conocer los vínculos de trabajo con el gobierno, las características de su trabajo y valorar los resultados geográficos.

De los cuatro distinguidos personajes, correspondió a Alzate dejar un testimonio inapreciable para el conocimiento de la geografía del último cuarto del siglo XVIII. Los demás Velázquez de León, León y Gama y Bartolache más que informar o redactar escritos de tipo geográfico se aplicaron, eventualmente, al trabajo práctico: obtención de coordenadas geográficas, medidas lineales o angulares y hasta la práctica de la triangulación trigonométrica y formación de mapas.

No obstante, los cuatro colaboraron, de manera simultánea, en la práctica de la astronomía de posición, con fines geográficos solicitada por las autoridades coloniales.

José Antonio Alzate 1737-1799.

En la actualidad se tiene reconocida la figura de Alzate como la más destacada de la Ilustración de Nueva España. Una amplia variedad de temas científicos y tecnológicos fueron

³⁰ Moreno, Roberto. *Ensayos de historia de la ciencia y la tecnología*. UNAM-Instituto de Investigaciones Históricas. México. 1986. p.73. Saldaña, Juan José. "The failed search for 'useful know': Enlightened scientific and technological policies in New Spain", en Juan José Saldaña. (ed.). *Cross Cultural Diffusion of Science*. Sociedad Latinoamericana de Historia de la Ciencia y la Tecnología. 1987. p.33-57. (Cuadernos de QUIPU 2). Trabulsee, Elías. *Historia de la Ciencia en México*.

tratados por él. Desde leyes hasta medicina pasando por la geografía, historia, matemática, física y química.

Su esfuerzo e interés por seguir los avances de la ciencia europea lo llevó a traducir al español y publicar artículos científicos de la época. Por esta actividad publicó periódicos tecno-científicos en los que intenta destacar la aplicación de la ciencia a problemas específicos de la vida cotidiana.

La geografía de la Nueva España siempre figuró como una preocupación de Alzate. A ella le dedicó una buena cantidad de escritos, de diversa índole temática. Un inventario de los artículos científicos publicados por Alzate en sus *Gacetas de Literatura de México* (1788-1795) indica que a la geografía le corresponden 17 de un total de 379 trabajos.³¹

La actividad geográfica de Alzate se puede dividir en dos apartados. El primero con sus opiniones de la geografía y el segundo sobre su trabajo geográfico. Las dos partes constituyen un sólido testimonio sobre las condiciones que guardaba la geografía, al terminar el siglo XVIII.

Con la firme convicción de la utilidad de la ciencia, Alzate sostuvo que la geografía era una disciplina útil para la sociedad: en los "husos humanos" y en los "negocios de mayor consideración", en las operaciones del ejército, en la navegación, en lo jurídico y la exploración del viajero, así como para los dominios de los soberanos.³²

Expuesta de esta forma la presencia de la geografía en el bienestar social, queda claro que Alzate concede a la disciplina un rango de elevados servicios. Como disciplina de Estado, digna de la atención de los soberanos, pues los estadistas tenían en ella una valiosa guía en la conducción de las actividades políticas, económicas, militares y sociales.

Conviene aclarar que cuando Alzate se refiere a la geografía da cuentas de la existencia, situación y realización de los mapas. La explicación es la siguiente. Sucede que a fines del siglo XVIII todavía no se inventaba el concepto de cartografía, por tanto la geografía, escribió Alzate, se encargaba del trabajo de representar en poco papel los dilatados espacios del globo terráqueo.

Alzate explicó los métodos geográficos vigentes de Francia en ese momento. Sus escritos revelan que conocía el trabajo que realizaba la ingeniería geográfica, impulsada

³¹ Cody, W.F. "An index to the periodicals published by José Antonio Alzate y Ramirez", en *The Hispanic American Historical Review*. Vol. XXXIII. 1953. August p.442-475.

³² Alzate Ramírez, José Antonio. "Estado de la geografía de la Nueva España, y modo de perfeccionarla", en *Gacetas de Literatura de México*. Reimpresas en la oficina de S. Pedro. Puebla. 1831. T.IV. p.123-124.

especialmente por Luis XIV. En ese país, con todo y haber contratado "sugetos hábiles", otorgado su apoyo y recursos, no vieron culminados la terminación de los trabajos de la carta del Imperio francés de gran escala. Esta experiencia dio motivo para que Alzate afirmara que la geografía "es un ramo de lag, matemáticas, que solo se perfecciona con el tiempo...".³³

En efecto, los trabajos geográficos emprendidos por Cassini I y seguidos por Cassini II y III, para formar la carta general de Francia se prolongaron desde la época del "colbertismo" hasta el Imperio napoleónico. Por tanto varios reyes murieron, apuntó Alzate "sin haber logrado un mapa perfecto de aquel reino...".³⁴

En el siglo XVIII, la labor de una academia de ciencias europea, como la de París, Londres o Moscú, demostró que no era suficiente en el avance de la geografía. La conclusión de Alzate fue que menos lo sería la de un individuo solitario, que intentara el adelanto de la geografía de la Nueva España. Frente a lo intentado por nuestros sabios, Alzate no deja de ponderar los "defectos que se hallaron en los mapas" que terminaron.

Al constatar la incierta posición geográfica que registraba la ciudad de México en los mapas europeos, Alzate se mostró más sensible al "hueco que en la geografía forma la Nueva España". En efecto, Alzate confiesa un "mal estado de nuestra geografía", pero, aclara, no se debía a la inexistencia de individuos capaces de hacerla avanzar. El problema es otro, más complejo. Afirmó que a la geografía "se dedican pocos" y resulta un trabajo "demasiado espinoso".³⁵

¿En qué consistía el "espinoso" trabajo geográfico? Alzate se encarga de describir los métodos de este "espinoso" asunto: se requiere caminar "con los instrumentos en mano, tomando ángulos, y rumbos, y ejecutando observaciones astronómicas".³⁶ Esta descripción corresponde plenamente con el trabajo que realizaba el ingeniero geógrafo francés a fines del siglo XVIII.

Por lo anterior, a Alzate no le resta más que imaginar un amplio periodo de tiempo que la geografía deberá aguardar, antes de llegar a mejor estado. Se trata de una utopía geográfica, con la esperanza de que, después de dos siglos, se podrá "remediar nuestra geografía". Entretanto Alzate opinó que quien "intente servir a la patria, dedicándose a su geografía", tenía, con los materiales existentes, una guía por dónde organizar y llevar su trabajo.

33 *Ibidem.* p.125.

34 *Ibidem.* p.126.

35 *Ibidem.* p.124.

36 *Ibidem.* p.125.

La práctica del posicionamiento astronómico proporcionó coordenadas geográficas de la colonia. De las registradas sobre el territorio novohispano, Alzate no reconoce ningún valor a las que aparecen en el *Theatro Americano* (1746-1748) de José Antonio de Villaseñor y Sánchez, pues están registradas en grados y minutos.

Por tanto, para Alzate solo tres lugares se podían colocar en los mapas de la Nueva España con verdadera exactitud: 1) la parte meridional de la península de Baja California, por las observaciones de Joaquín Velázquez de León, 2) la ciudad de México, por sus observaciones de 1769 y 3) el puerto de Veracruz, por las de Vicente Doz.³⁷

Ante la imposibilidad de contar con "medidas geométricas, o de observaciones astronómicas" por el territorio de la Nueva España, los trabajos de la geografía, señaló Alzate, se ven obligados a poner en práctica otros métodos geográficos, que proporcionan otra calidad geográfica al recurrir a los "informes de los prácticos".

Un breve pasaje sobre su personalidad ilustra la peculiar forma de trabajar del ilustrado. Alzate, en opinión de Orozco y Berra, "obraba en sus trabajos por cuenta propia, sin admitir lo ejecutado por los demas, a quienes, de común, no concedía sobre él ninguna superioridad".³⁸ Alzate procedía a realizar una revisión de los mapas generales sobre la Nueva España.

De la herencia geográfica, pone especial atención a los materiales geográficos manuscritos. Merecen su confianza los de Carlos de Sigüenza y Góngora y de Joaquín Velázquez, los mapas generales de los ingenieros militares Miguel Constanzó y Nicolás Lafora y los regionales y locales de los misioneros en el norte, desde Nayarit hasta Nuevo México.

Alzate tuvo conocimiento de la clase de trabajos geográficos que podía emprenderse en ese momento en la Nueva España. Su siguiente paso fue proponer el uso de métodos geográficos adecuados a las condiciones particulares de la Colonia.

Para contar con mapas generales del virreinato, Alzate sugirió que se pida la colaboración de los "párrocos del reino" en lugar de las "personas empleadas en el gobierno político de las provincias". Los curas, al trabajar individualmente podrían obtener con seguridad las distancias, las corrientes de ríos, la dirección de las montañas y los límites. Esta información permitiría unirlos en un todo y, de ese modo, concluye Alzate "veríamos a la geografía en un exelente estado".³⁹

³⁷ *Ibidem*. p.131.

³⁸ Orozco y Berra, Manuel. *Apuntes para la historia de la Geografía en México*. Imprenta de Francisco Díaz de León. México. 1881. p.327.

³⁹ Alzate Ramírez, José Antonio. *op cit.* p.127.

A las anteriores consideraciones y opiniones personales de Alzate con respecto a la geografía, no debe faltar el trabajo geográfico hecho por él. La geografía aportaba innumerables beneficios, como para que no se hiciera algo.

Se sabe que de forma autodidacta y sin la ayuda de maestros, se empeñó en dedicarle buenas horas al estudio de los materiales que disponía de la geografía, de diferente procedencia, ya sea de Europa o de la Nueva España.⁴⁰

En su mesa de trabajo examinó los materiales geográficos existentes, elaborados con anterioridad. Sobre ellos detectó los más graves errores geográficos, sobre la situación que ofrecían de la Nueva España y de su capital.

En la relación autobiográfica de méritos y servicios de Alzate se observa que las primeras acciones de su trabajo científico las dirigió a la geografía. De ello dio cuenta:

Estimulado del propio espíritu, y reconociendo no encontrarse un mapa de Nueva España que se aproximase en algo a la realidad, formé en 1767 con indagaciones comprobadas, y reunidas de gentes que viajan, y corrigiendo defectos de varios mapas particulares, uno de conducir toda la América septentrional descubierta...⁴¹

Su afiliación religiosa explica en buena medida su desempeño para la terminación de productos geográficos. En 1767, como presbítero domiciliario en el Arzobispado de México, preparó el *Atlas eclesiástico del Arzobispado de México*, documento útil para mostrar la división y las regiones religiosas a donde el Arzobispado extendía su influencia y administración.

Igualmente a petición del arzobispo Lorenzana, realizó un "mapa puntual" del curato de indios de San José, por ser útil para conseguir la autorización española de su secularización. Para este mapa Alzate tuvo que vencer la "dificultad de concordar multitud de informes, de sujetos de todo ignorantes en la geografía".⁴²

En cuanto a los mapas generales, en 1768, envió a la Academia de Ciencias de París su *Nuevo Mapa geográfico de la América Septentrional, perteneciente al virreinato de México*.⁴³ El mapa es importante porque muestra el

⁴⁰ Alzate Ramírez, José Antonio de. "Méritos, Servicios, obras escritas y publicadas y comisiones particulares del presbítero don... residente en México 1790", en Roberto Moreno (ed.). José Antonio de Alzate. *Memorias y ensayos*. UNAM. México. 1985. (BEU:103). p.141-142.

⁴¹ *Ibidem*. p.141-142.

⁴² *Ibidem*. p.142.

⁴³ Echeagaray, José Ignacio (ed.). *Cartografía Novohispana una selección de los manuscritos y grabados que, al*

conocimiento geográfico que los españoles adquirieron de la Alta California y del río Colorado, justo antes de las exploraciones modernas de esas regiones por parte de los misioneros franciscanos (desde 1769) y por los navegantes españoles por el noroeste (desde 1774). Este mapa fue reformado en 1772 de acuerdo a las observaciones astronómicas. En su Plano geográfico de la mayor parte de la América Septentrional Española, Alzate registró nuevos conocimientos de los alrededores del río Gila y del río Bravo en Nuevo México.⁴⁴

Por lo que toca a la práctica geográfica sobre el terreno, a continuación un buen ejemplo. El eclipse de Luna del 12 de diciembre de 1769 fue suficiente para que Alzate demostrara los conocimientos y habilidad para la determinación de la posición geográfica de la capital novohispana. Aunque la observación no dejó satisfecho a Alzate, pudo presentar sus resultados de longitud en 6 horas 45 minutos y 9 segundos al occidente de París.⁴⁵ Este trabajo lo dio a conocer en Europa Cassini de Thury (1714-1784) en una memoria.

En ese año de 1769 Lorenzana le volvió a pedir su colaboración para elaborar un plano de la capital para la nueva división parroquial de la capital. Alzate recabó la información del mapa "por las noches para que nada percibiese el público".⁴⁶ La redacción del documento y acabado fue hecha en su gabinete. Por este trabajo no recibió ningún pago.

Es suficiente lo mostrado hasta aquí del trabajo geográfico que realizaba Alzate. En los siguientes años, entre 1772 y 1789, concluyó para las autoridades religiosas y civiles del virreinato, diferentes comisiones de interés geográfico, que permiten conocer la metodología que utilizó.

El método geográfico de Alzate se compuso de dos partes: la confección de mapas locales o generales y la redacción de varias descripciones geográficas de la Nueva España.⁴⁷ En ambas actividades Alzate procedió por la recopilación de información y materiales, revisión y selección de las fuentes, para trabajar en su mesa la redacción de cada obra en su versión final.

Esta modalidad del trabajo geográfico lo describe Tomás López de la siguiente forma:

respecto, se conservan en el Museo Naval de Madrid. San Angel Ediciones. México. 1980. p.11-13.

⁴⁴ *Ibidem.* p.15-17.

⁴⁵ Trabulse, Elías. "El problema de las longitudes geográficas en el Mexico colonial", en *Interciencia*. Vol. 2. No.4. jul-ago. Caracas. 1977. p.203.

⁴⁶ Alzate Ramírez, José Antonio de. "Méritos, ...". p.143.

⁴⁷ Alzate Ramírez, José Antonio. *Gacetas...* T.II. p.41, 106, 268, 296. T.III. p.59. T.IV. p.15.

... el geógrafo trabaja en su casa, teniendo a la vista papeles varios de un mismo terreno que compara y adapta lo que según su buena crítica es más perfecto.⁴⁸

En Europa esta metodología se mantuvo vigente, pero conforme avanzó el siglo XVIII disponer de mapas se volvió una empresa costosa y compleja. Suficientemente especializada como para que "la labor erudita y crítica de los "geógrafos" oficiales sea cada vez menos aceptable y se mire con creciente desconfianza...".⁴⁹

La metodología geográfica de Alzate fue útil, pero no la única que se realizó en la Nueva España. Diversas demandas surgieron de las autoridades coloniales en lo social, legislativo o comercial, que pusieron en práctica otra metodología de trabajo geográfico, asentada aquí más adelante.

El trabajo solitario de la actividad científica de Alzate, un tanto aislado, influyó y explica su trabajo geográfico. De modo personal procedió a representar y confeccionar los mapas para el arzobispado, la administración pública, el virrey y la Academia de Ciencias de París.

En conclusión, la actividad geográfica de Alzate permite comprender un importante episodio del quehacer geográfico de México. Se encarga de revisar los mapas existentes en la Colonia. Imagina lo que se puede hacer por la geografía y en cuánto tiempo se conseguiría. Explica los métodos geográficos vigentes en Francia y se convence de su improbable aplicación en la Colonia. Propone los métodos geográficos más adecuados a las condiciones existentes de la Nueva España. Por último, ejecuta su propia metodología geográfica, que no incluyó un plan de operaciones terrestres o bien la participación de un equipo de trabajo, la utilización de instrumentos de precisión para observar o hacer medidas, fijar bases y extender triangulaciones sobre la superficie de la Tierra.

Alzate se entrenó en la observación astronómica con fines prácticos, como la obtención de coordenadas geográficas. Este trabajo demandaba una amplia sistemática y bien podía dar inicio a una serie de operaciones propias de las matemáticas prácticas sobre el terreno. Su obra se rigió por las condiciones de trabajo geográfico que un individuo podía iniciar y concluir en unos cuantos años de vida. Esto es, la que se podía realizar en el gabinete. Alzate ejemplifica la metodología geográfica que realizaba el geógrafo aislado en su gabinete personal.

Joaquín Velázquez de León (1732-1786); Antonio de León y Gama (1735-1802); y José Ignacio Bartolache (1735-1790)

⁴⁸ López, Tomás. *Principios geográficos aplicados al uso de los mapas*. Tercera edición. Imprenta de Don Benito Cano. Madrid. 1795. T.II. p.120.

⁴⁹ Capel, Horacio. *Geografía y matemáticas...* p.333.

Cada uno de los tres personajes que aquí se incluyen no se dedicaron al trabajo geográfico como actividad principal. Los tres se desempeñaban principalmente en otras labores. Velázquez de León en la minería, León y Gama en la administración pública y Bartolache en la medicina.

Se sabe que hacia 1766 o 1767 Velázquez de León y Gama se conocieron, debido a la afinidad que ambos mostraron en las matemáticas. Velázquez de León ofreció a León y Gama su ayuda para disponer de sus instrumentos y libros. En casa del primero discutieron sobre los errores que había en las tablas y cartas geográficas sobre las coordenadas geográficas de la ciudad de México y su interés de rectificarla.⁵⁰

De igual forma en ese año de 1766 Velázquez de León ayudó y guió el estudio informal de Bartolache por el terreno de las matemáticas. Este personaje había obtenido el título de bachiller en medicina y también "hizo algo de astronomía".⁵¹ Por tanto para 1769 Velázquez de León ya conocía a León y Gama, Bartolache y Alzate.

Mientras cada uno de ellos cumplía con sus propias actividades, a petición del Ayuntamiento de la ciudad de México, tuvieron la oportunidad de reunirse a trabajar. La autoridad pidió aprovechar los fenómenos astronómicos visibles en la capital y obtener particularmente su ubicación geográfica.

En 1768 Velázquez de León encargó a Alzate observaciones celestes para conocer la latitud y longitud de la ciudad de México, mientras él se dirigía, junto con el visitador José de Gálvez, a la península de Baja California, lugar donde se encargaría de buscar minas para su beneficio. Su viaje sería aprovechado para efectuar observaciones astronómicas, con fines geográficos.⁵²

Con motivo del paso de Venus por el disco del Sol, Alzate y a Bartolache aprovecharon su observación, bajo el encargo y facilidades otorgadas por el Ayuntamiento. El 3 de junio de 1769 sucedió el tránsito y Alzate, con los instrumentos que mandó construir a los artesanos bajo su supervisión, registró y redactó la memoria del fenómeno.

⁵⁰ Moreno, Roberto. "Antonio de León y Gama (1735-1802)". *Ensayos de...* p.77.

⁵¹ *Ibidem*. "El médico José Ignacio Bartolache 1739-1790". p.53.

⁵² Moreno, Roberto. *Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el Valle de México 1773-1775*. UNAM-Instituto de Investigaciones Históricas. México. 1977. p.51. Maldonado-Koerdell, Manuel. "Observaciones astronómicas en México a fines del siglo XVIII", en *Anuario del Observatorio Astronómico Nacional para el año de 1970*. UNAM-Instituto de Astronomía. Año XC. México. 1969. p.257-268.

El sabio criollo hizo la observación del paso de Venus por el disco del Sol. Los resultados fueron completamente diferentes a los que se aceptaban hasta entonces tanto en la Colonia como en Europa. Alzate "estaba bien perplejo" del trabajo y dudó de la precisión de los instrumentos. Cuando en 1770 regresó de la península de Baja California Velázquez de León confirmó los resultados, con poca diferencia a los que él había conseguido anteriormente.

Esta experiencia significó la primera colaboración de la Nueva España en una empresa internacional,⁵³ pues aparte de entregarse los resultados en el Ayuntamiento, permitió que Europa conociera el error geográfico asignado a la longitud de la capital.

Poco después entre el 25 de marzo y hasta el 10 de abril de 1771, Velázquez de León, Bartolache y León y Gama se reunieron para determinar la latitud y longitud de la ciudad de México. En la observación emplearon los instrumentos del recién fallecido Chappe D'Auteroche de la Expedición francesa de Baja California. La latitud quedó determinada en 19 26' y la longitud en 101 51' al oeste del meridiano de París.

En conjunto las observaciones practicadas por los criollos, permitieron disponer de las coordenadas geográficas de la capital. Los resultados se conocieron en Europa, por medio de la publicación que hizo la Academia de Ciencias de París.

A principios del siglo XIX, Humboldt conoció los resultados para determinar la posición de la capital. Analizó los resultados disponibles desde el siglo XVII y XVIII. De los resultados fijó la atención en los criollos ilustrados, considerados por él, como los más precisos en sus cálculos. Para él Velázquez y León y Gama fueron los que más "mérito" tuvieron en su trabajo y desdeñó los resultados existentes del siglo XVII.

Ya se vio arriba que los sabios novohispanos ejecutaron diferentes comisiones prácticas, en las que tuvieron oportunidad de demostrar su capacidad y habilidad científica a la administración virreinal. De ellos Velázquez de León, de acuerdo con Roberto Moreno, fue quien más había impresionado al virrey Antonio María de Bucareli y funcionarios del comercio y la minería. A partir de 1768 Velázquez "se incorpora al plan de reformas de Carlos III que ejecutaban el visitador José de Gálvez y el marqués de Croix".⁵⁴

Entre el 10 y 13 de marzo de 1773 el virrey Bucareli visitó las lagunas y el canal de Huehuetoca al noroccidente de la capital. Después de su recorrido el virrey "insinúa" a los representantes del Real Tribunal del Consulado de

⁵³ Trabulsee, Elías. *Historia de la Ciencia...* p.160.

⁵⁴ Moreno, Roberto. *Joaquín Velázquez...* p. 31.

comercio de la ciudad que se "tentase la posibilidad del desagüe general", ya que de esa obra depende la seguridad y actividad comercial de la ciudad de México.

Dos diputados, José González Calderón y Antonio Barroso y Torrubia, del gremio de los comerciantes fueron a consultar a Velázquez de León sobre la recomendación que había formulado el virrey. El sabio novohispano se ocupaba de escribir la "historia de la laguna de México y de lasuntuosas obras que se han practicado para libertar y precaver a esta famosa capital de las inundaciones a que está expuesta".⁵⁵

Velázquez de León, que ya tenía cuarenta años cumplidos y se aproximaba su nombramiento para la administración del Tribunal de Minería, respondió que sólo después de hacer él mismo "las nivelaciones y demás operaciones necesarias, repitiéndolas y corrigiéndolas hasta su más exacta comprobación" podría responder sobre la posibilidad del desagüe de la laguna de México y sobre la utilidad de las obras del Valle que patrocinaban los comerciantes.

La petición del Consulado de comercio era un reto difícil para Velázquez de León, pues se trataba de un "trabajo gravísimo". Se requería realizar un reconocimiento de "algo más de 12 leguas de terreno en gran parte pantanoso, andándolas a pie repetidas veces y padeciendo alternativamente los ardores del sol y la intemperie de los vientos".⁵⁶

No obstante, Velázquez aceptó gustoso el trabajo que le proponían pues permitiría "gobernar con acierto en los acontecimientos futuros", ya en lo administrativo ya en lo económico. Primeramente Velázquez consultó las fuentes de información que le orientaran en su trabajo, pero encontró datos "confusos y perjurados y sobre todo tan opuestos los unos a los otros...".⁵⁷

En la selección del sitio por donde debía hacerse el desagüe, Velázquez encontró que unos apuntaron que por el oriente y sur de la cuenca para llevar sus aguas hasta el Océano Pacífico, otros opinaron que por el norte, hasta desembocar las aguas en el Golfo de México. Velázquez expuso que lo más "útil y prácticamente posible" era desviar el curso del tercero, el de Cuautitlán, entre los nueve ríos que suministran agua, además de la lluvia, a las lagunas de la cuenca, por medio de un canal artificial. Para despejar dudas debía conocer "la diferencia de nivel de la laguna de

55 Velázquez de León, Joaquín. "Descripción histórica y topográfica del Valle, las lagunas y ciudad de México...", en Moreno, Roberto. op cit. p.295. Maldonado-Koerdell, Manuel. *Una triangulación del Valle de México en el siglo XVIII*. I.P.G.H. Buenos Aires. 1960. p.7 (Separata de la revista de Cartografía Año 8, Núm. 8).

56 Ibidem. p.295-296.

57 Ibidem. p.297.

México al salto del río de Tula y la de los demás puntos y lugares importantes, sus distancias, su verdadera situación, etcétera".

Para noviembre de 1773, Velázquez ya tenía explorado el terreno al noroeste de la ciudad, una parte del curso del río Cuautitlán hasta donde entra en el canal de Huehuetoca y demás puntos y parajes en las orillas de la laguna de Zumpango, Xaltocan y San Cristóbal.

Para cumplir con su trabajo tecno-científico, Velázquez se acompañó del agrimensor geómetra José Burgaleta y del administrador de la obra del desagüe Juan de Jáuregui que "dio la gente necesaria para la conducción de los instrumentos y lo demás en que podían servir",⁵⁸ además de los diputados, representantes del Consulado de comercio.

La primera operación consistió en fijar un patrón de medida lineal. Se utilizó una "vara construida de madera sólida y bien seca, exactamente recta y escuadrada y encaquillada de latón por ambos lados", ajustada a la original que se encontraba en el cabildo de la ciudad. La vara se dividió en palmos, dedos y granos.

Ya sobre el terreno se midió una línea de 25 varas, a la que se "ajustó un trecho de cordel que, doblado, dio uno de cincuenta varas". El cordel lo describe Velázquez de "cáñamo de cinco líneas de grueso, torcido, aceitado y encerado en la forma regular...".⁵⁹

El cordel lo llevaban dos mozos de "bastante racionalidad siempre, -aclara Velázquez- dirigidos por nosotros". La suma de las medidas obtenidas con cordel y el uso de balizas dieron la longitud del nuevo canal que propuso Velázquez, un total de 62 063 varas desde la laguna de Tezcoco hasta el salto del río Tula.⁶⁰

Pero como las operaciones de "geometría práctica", a pesar del "cuidado más escrupuloso", están expuestas a errores inevitables -explicó Velázquez- era necesario rectificar las medidas, pues el "frío y el calor de los diversos temperamentos del día", alteraron la longitud del cordel.

Fue necesario intentar confirmar una medición más exacta. Otra alternativa metodológica era realizar la medida del nuevo canal a partir de una base sobre el mejor terreno. La teoría de la "geometría práctica" la describió Velázquez así:

Desde sus dos extremos se observa un tercer punto y queda imaginado un triángulo, cuya resolución da geoméricamente la longitud de sus otros dos lados y de los dos cabos de uno de éstos se hace lo mismo que se

58 *Ibidem.* p.300.

59 *Ibidem.* p.301

60 *Ibidem.* p.303.

hizo en los dos de la bas(e) y queda determinado un punto y así se procede formando una serie o cadena de triángulos hasta llegar al último punto; y la resolución de todos ellos no sólo produce el saber las distancias rectas de uno a otro punto, sin otra medida material más que la de la bas(e), sino también la distancia recta desde el primero hasta el último punto...⁶¹

Esta operación permitiría, además, "formar y observar los triángulos para situar exactamente los lugares y puntos del terreno y delinearlos en un plano topográfico".⁶² Velázquez seleccionó los extremos de la base la una en la cima del cerro de San Cristóbal, la otra en la loma de Chiconautla.

Provisto de un "círculo goniométrico" inglés de un pie de diámetro se observaron "todos los lugares y puntos visibles, tanto al nor-noroeste como al sur-sureste".⁶³ Pero como desde los extremos no había visibilidad hacia el centro de la capital, Velázquez determinó fijar una segunda base:

sobre la misma calzada que derechamente va de México al santuario de Guadalupe y entre sus dos términos, que son la garita de Guadalupe y la garita de Peralvillo en México...⁶⁴

La primera base tenía una longitud de 14 099 varas y 1 palmo y la segunda, ya rectificadas, 4 464 varas. De ésta última se dedujo la distancia de la primera por resolución de triángulos que resultó de 14 101 varas. Las dos bases permitieron extender y ligar trigonómicamente una serie de 14 triángulos observados por Velázquez y el agrimensor, ayudados por los mozos, los dos representantes del comercio y el director del desagüe.

El levantamiento planimétrico de Velázquez, aparte de dar la longitud total del canal del desagüe general, sería útil para "la ubicación geométrica de cerros, lagunas, ríos, pueblos" y demás puntos de la geografía del Valle en un mapa topográfico de la región.

El mapa de Velázquez "significa un progreso respecto a las cartas anteriores, aunque solo se refiere a la porción NW del llamado Valle de México. Las posiciones relativas parecen correctas, pero los ríos son muy anchos, el relieve es un relleno decorativo y la forma de los lagos está obligada, con contornos casi rectilíneos".⁶⁵

El estudio de Velázquez se completó con otro de tipo altimétrico o de nivelación del Valle. La teoría -apuntó

61 *Ibidem*. p.308.

62 *Ibidem*.

63 *Ibidem*.

64 *Ibidem*. p.310.

65 Tamayo, Jorge y Ramón Alcorta G. Catálogo de la exposición de cartografía mexicana. I.P.G.H. Pub. Núm.59. Editorial Cultura. México, 1941. p.53.

Velázquez es "bastante fácil, pero su práctica demanda una atención que jamás podrá pecar de prolija y cuidadosa".⁶⁶

La teoría de la nivelación Velázquez la aprendió de la obra *Tratado de nivelación* (París, 1684) del académico Jean Picard (1620-1682).⁶⁷ Velázquez dispuso de ésta, al igual que de otras más de los académicos franceses. De Picard provienen sus conocimientos de los principios de la triangulación terrestre.

La teoría científica permitió a Velázquez poner en práctica, en los alrededores de la laguna de México, el método "en que se procede colocando el instrumento en medio de las dos señales establecidas en los puntos, cuya diferencia de nivel pretende averiguarse".⁶⁸

La teoría de la nivelación Velázquez la explicó de la siguiente forma:

...nivelando en el método referido (esto es, puesto el instrumento en medio de las dos señales a igual distancia de cada una de ellas y conservando una misma altura respecto de entreambas) se deduce exactísimamente la diferencia de nivel de los dos puntos en que se ponen las señales sin error ninguno, aunque lo tenga el instrumento y que no se corrija, ni tampoco la refracción ni la diferencia del nivel aparente al verdadero porque es bien claro que la suma de estos errores o la diferencia que quedare, compensándose en parte unos con otros, sería un error efectivo si sólo se examinase y asentase la altura de una de las dos señales comparada a la del instrumento; pero como éste se vuelve para la otra señal, en cuya altura se repite el mismo error y después se resta la una de la otra, es certísimo que compensándose los dos errores opuestos e iguales, se deduce neta la diferencia de nivel verdadero entre los puntos de las dos señales, esto es, la de las distancias que sobre la superficie de la tierra tiene cada uno de ellos a su centro.⁶⁹

Para la nivelación Velázquez construyó reglas de "madera bien seca" y disponía de dos niveles de "ampolla de aire", bien contruidos, exactos, cómodos y sensibles a registrar diferencias pequeñas que otros instrumentos, como los niveles de "hilo a plomo", no consiguen. La operación de la nivelación que llevó a cabo Velázquez, la describió así:

Parábase un hombre con una de las señales perpendicularmente establecida sobre el primer punto del

⁶⁶ Velázquez de León, Joaquín. *op cit.* p.315.

⁶⁷ Picard ejecutó, comisionado por la Real Academia de Ciencias de Francia, la medición de un arco de meridiano terrestre, para ayudar a conocer con más exactitud el radio terrestre. Entre 1668 y 1670 llevó a cabo la triangulación, según la invención de Snell de 1617.

⁶⁸ Velázquez de León, Joaquín. *op cit.* p. 317.

⁶⁹ *Ibidem.* p.317.

terreno en que debía comenzar la nivelación, y medíanse doscientas varas y allí se colocaba el nivel; y a otras doscientas, la otra señal con las mismas atenciones que su opuesta. Yo dirigía el instrumento a la primera señal y puesto a nivel, mandaba subir o bajar la tarja hasta que la cruz blanca y su centro convenían exactísimamente con la cruz dióptrica del anteojo. Entonces don José Burgaleta, que cuidaba de esta primera señal y su buena situación, veía el preciso punto de la graduación de la regla, a donde llegaba el centro de la tarja y lo asentaba en un registro. Yo invertía el instrumento horizontalmente sobre su eje y sin variar su altura, para dirigirlo a la otra señal y se hacía lo mismo que en la antecedente, asentando don Juan de Jáuregui la altura a donde quedaba la tarja y así proseguíamos, guardando siempre una marcha alternativamente entre el instrumento y las señales y avanzando cada uno cuatrocientas varas cuando lo permitía el terreno y cuando no, se hacían las nivelaciones más cortas, acomodándose a sus circunstancias...⁷⁰

De noche siguió el trabajo. Se pasaron en limpio los registros y "se restaba la suma menor de la mayor y resultaba necesariamente la diferencia de nivel del primero al último punto de aquel trecho y como éste quedaba exactamente marcado, seguíamos desde él al otro día, en el mismo modo que el antecedente..."⁷¹

Esta operación la repitieron a lo largo de las 62 700 varas que se extendían desde la laguna de Tezcoco hasta el salto del río Tula, de ida y vuelta. En algunas partes la observación se repitió tres y cuatro veces cuyos resultados "mostraban diferencias muy sensibles".⁷²

Los resultados de la nivelación permitieron a Velázquez asentar, en el informe del 15 de diciembre de 1774, la "posibilidad práctica del desagüe general y positivo de la laguna de México", ya que solo se requería rebajar y ampliar el canal de Huehuetoca y abrir otro nuevo para desalojar las aguas de la laguna de México, además de desviar las aguas del río Cuautitlán.⁷³

En la vida cotidiana de la ciudad la obra del desagüe sería útil al comercio ya que, informó Velázquez, al navegar por el nuevo canal se "aumentaría y facilitaría en gran manera el tráfico y transporte de los granos, frutos y efectos que producen las provincias de Tula y Cuautitlán y demás del norte y noroeste, que por el costo de los fletes de recuas llegan a México doblemente caros".⁷⁴

70 *Ibidem.* p.317-318.

71 *Ibidem.* p.318.

72 *Ibidem.*

73 *Ibidem.* p.342.

74 *Ibidem.* p.343.

Extensas tierras inundadas "se habilitarían a la agricultura y al pasto de ganados" y por último los comerciantes que se dirijen a la ciudad de México no padecerán de un trayecto "incómodo y pantanoso en tiempo de lluvias de todos los de su camino y lo que es más, las mulas de las recuas tendrían el pasto mucho más cómodo y abundante que en México...".⁷⁵

Otras ventajas que apuntó Velázquez de la obra del desagüe incidían en la salud de los habitantes y en la cimentación, firmeza y solidez de los edificios de la capital.⁷⁶

Varios años con anterioridad una orden real indicaba repetir "las medidas y nivelaciones desde la laguna de Tezcoco hasta el pie del salto del río Tula por un ingeniero práctico e inteligente y dos arquitectos los más hábiles".⁷⁷

Se pedía, en uno de los artículos, que "se tase por los maestros el costo de la construcción de la obra del canal" y el de los recursos necesarios para su realización. La orden lleva fecha 24 de agosto de 1768 y se dio a conocer cuando Velázquez tenía avanzadas las operaciones de campo.

Se sabe que Miguel Constanzó (1741-1814) fue el ingeniero profesional, sugerido al virrey. Pero Constanzó no participó en las operaciones de campo con Velázquez. Sin duda por influencia del fiscal José Antonio de Areche, Velázquez de León fue nombrado por el virrey para este trabajo.

Correspondió la realización del trabajo a Velázquez de León, quien ya tenía ganado suficiente prestigio en la enseñanza de las matemáticas en la Universidad, en su dedicación a indagar soluciones a problemas técnicos en el renglón de la minería, la hidráulica y las máquinas, además de la "corrección que por sus observaciones astronómicas tiene hecha de la geografía de esta Nueva España".⁷⁸

El trabajo científico de Velázquez de León cubrió los requerimientos y necesidades del Consulado de comercio de la capital, a saber, que con una serie de propuestas, derivadas de un estudio previo realizado sobre la cuenca de Valle, se podría eliminar el problema de las inundaciones y con ello la posibilidad real de mejorar la dinámica de la actividad comercial del Valle de México.

Estos estudios sobre el Valle desbordaron el interés del Consulado. Por medio de una negociación entre el Consulado y Velázquez, fue realizado un trabajo científico que ayudara al comercio. Es evidente que Velázquez no fue contratado

75 *Ibidem.*

76 *Ibidem.* p.342-343.

77 *Ibidem.* p.346.

78 *Ibidem.* p.347. Durante 1772 Velázquez de León ejecutó para el gobierno una carta geográfica que comprendía la Nueva Galicia, Nueva Vizcaya, Sinaloa, Sonora y California.

para impulsar la geografía de la Nueva España, de hecho sería inadecuado apuntar ese origen.

Por tanto, es cierto, los trabajos del Valle de Velázquez, al servicio del Consulado, no dejan de representar "una de las mejores muestras de la ciencia criolla, individual, asistemática, precisa y original".⁷⁹

Sin embargo, Velázquez advirtió que los estudios traerían una serie de beneficios a la región: de transportación, de salud, de construcción, de agricultura, de ganadería, entre otros. En ese sentido el trabajo de "geometría práctica" de Velázquez prometía beneficios, de paso, particularmente a la geografía en dos aspectos: uno de tipo teórico y otro práctico.

Desde el punto de vista teórico Alzate dejó escrito que para llevar a mejor estado la geografía de la Nueva España se requería caminar "con los instrumentos en mano, tomando ángulos y rumbos, y ejecutando observaciones astronómicas" y eso fue lo que precisamente realizó Velázquez durante su trabajo en una superficie reducida: el Valle de México.

Desde el punto de vista práctico, cuando Velázquez realizó la determinación de la posición geográfica de la capital; ayudado por el agrimensor, caminó con los instrumentos en la mano, fijó los aparatos y realizó observaciones, midió distancias y ángulos, estableció puntos y localizó extremos para dos bases sobre el terreno, todo ello para conseguir la ubicación geométrica de cerros, lagunas, ríos, pueblos y otros accidentes geográficos en el mapa del Valle de México, estaba empleando métodos matemáticos prácticos conocidos como de "geometría práctica".

Velázquez puso en práctica uno de los conocimientos con mayor presencia y tradición en la Nueva España, con autores y obras originales. Las matemáticas, tanto las teóricas como las útiles o pragmáticas fueron cultivadas y muestran una sólida exposición y métodos aunque, cabe apuntar, la parte práctica "era la que despertaba mayor interés".⁸⁰

Estos métodos de la matemática práctica no eran otros que los utilizados en Europa por los ingenieros. Entre ellos, los ingenieros geógrafos emplearon las matemáticas prácticas para los levantamientos planimétricos y altimétricos sobre el terreno, el cálculo de proyecciones, la formación y diseño de mapas. A la similitud entre las matemáticas prácticas que Velázquez utilizó y los métodos de los ingenieros geógrafos vigentes de esa época, se agrega la modernidad metodológica y adaptación de los procedimientos y cálculos a los intereses particulares de la geografía del Valle.

⁷⁹ Moreno, Roberto. Joaquín Velázquez... *op cit.* p.180.

⁸⁰ Trabluse, Elías. "Matemáticos mexicanos del siglo XVIII". *Diálogos*, vol. 18, Núm. 4 (106), julio-agosto 1982. p.32.

Una parte de los resultados, aquellos que se obtuvieron por la "geometría práctica", daban a la geografía una orientación matemática práctica en ese momento. De este modo la geografía de la Nueva España se acercaba a la práctica de la ingeniería. Igualmente se proyectaba como una disciplina tecnológica al servicio de la autoridad virreinal.

Con los métodos geométricos y la presentación de un mapa, la geografía se convertía en uno de los recursos útiles en la solución de los problemas de la época, como el caso del desagüe del Valle. La "geometría práctica" fue una parte de la metodología científica del proyecto general del Valle y representa una clara muestra del tipo de trabajo geográfico existente a fines del siglo XVIII. En resumen, se trata de la otra metodología geográfica que, paralela de la que practicó Alzate, se tiene en la Nueva España a fines de ese siglo.

De esta forma lo que en teoría señaló Alzate como la metodología propia de la geografía de esa época, a Velázquez de León le tocó llevar a la práctica en los alrededores de la capital. Los fines que perseguían de tipo económico, no impidieron que la geografía sacara provecho de la metodología científica practicada por Velázquez.

No obstante Orozco y Berra señaló en sus *Apuntes* que el trabajo de Velázquez fue poco aprovechado por los propios novohispanos, tanto las autoridades como los demás sabios, en su intento por conocer el Valle de México por medio de su representación en un mapa.

Para el Valle se "perpetuó el mapa de Sigüenza" de fines del siglo XVII, gracias a las reproducciones que hizo Alzate en su *Gaceta de Literatura* de 1783 y 1786. Finalmente en opinión de Humboldt el mapa de Sigüenza, publicado por Alzate, fue "copiado servilmente por todos los geógrafos que se han aventurado a publicar mapas del Valle de México".⁸¹

d) Los ingenieros militares de la Nueva España

A partir del siglo XVI, la condición de metrópoli orientó la política española de dominación, exploración y explotación económica de las tierras americanas. El dominio económico y territorial influyó lo suficiente como para que la Corona promoviera la ingeniería, particularmente la militar, que contaba con larga presencia en la sociedad.

Durante los siglos XVI y XVII hacia España y poco después a la Nueva España se dirigieron ingenieros procedentes de Italia, Flandes y Francia dispuestos a ejercer la profesión.

⁸¹ Humboldt, A de. "Análisis razonada del atlas geográfico y físico de la Nueva España", en *Ensayo Político sobre Nueva España*. Traducido al castellano por don Vicente González Arnao. Tercera edición corregida, aumentada y adornada con mapas. 5 vols. Librería de Lecointe. París. 1836. T.V: Suplemento al *Ensayo Político sobre Nueva España*. p.258.

La ingeniería militar española se inspiraba de un lado en la ingeniería francesa y en el otro en la tradición española. En el desempeño de las actividades se combinará la experiencia de ambos orígenes.

El trabajo que siguieron los ingenieros militares en la Nueva España se rigió en estricto apego a lo aprendido y ordenado en la metrópoli. La tierra que los recibió y las necesidades particulares modificaron la terminación del trabajo en áreas como la construcción militar y civil, aprovechando los sitios y los materiales existentes.

En el caso de la elaboración de mapas, en contraste con los agrimensores, los ingenieros militares no buscaron apoyo metodológico en la sociedad. Las ordenes reales les dotaron de una autonomía para desempeñar funciones al servicio de la metrópoli. Esto se refleja en los mapas terminados, con rasgos y características a la europea, es decir con escala gráfica, el norte en la parte superior, simbología y leyenda. La representación con el sistema de normales. El producto final muestra el suelo novohispano, las técnicas y métodos empleados fueron europeos.

En América los ingenieros militares tuvieron una tarea nada sencilla: la defensa del territorio. En efecto en el siglo XVI se abrió a la Corona española el dominio de una superficie de más de veinte millones de km² desde la Florida hasta el estrecho de Magallanes y una extensísima línea costera de navegación a ambos lados del Ecuador.

La estrategia de defensa se decidió establecer a través de obras y productos militares. Las primeras fueron construcciones como cuarteles, murallas, y fortalezas. Los segundos fueron informes como reconocimientos geográficos y documentos como mapas y planos.

Además, los ingenieros militares se encargaron de dirigir otro tipo de obras públicas de utilidad social. Son ejemplo de estas las "vías y calzadas, puentes, desagüe de lagunas, cambios de cauces fluviales, edificios públicos (Aduanas, Casas de Moneda, Ayuntamientos, academias, Jardines Botánicos, etc.), fábricas de tabacos y molinos de pólvora, fundiciones de hierro y acero, laboreo y explotación de minas y canteras...".⁸²

Sin embargo, las autoridades virreinales esperaban que los ingenieros militares se encargaran de la defensa de los dominios coloniales. Desde el siglo XVI las autoridades insistieron en el envío de ingenieros militares. En 1590 el virrey Luis de Velasco II solicita del rey la intervención de un ingeniero militar que proyectara la fortificación de San Juan de Ulúa en Veracruz y las costas de la Nueva España.

⁸² Calderón Quijano, J.A. "Ingenieros militares en Nueva España", en *Anuario de Estudios Americanos*. Sevilla. 1949. T.VI. p.1-3.

Fue hasta el siglo XVII cuando se trasladaron los primeros 26 ingenieros, previa demostración de su capacidad académica y práctica.⁸³ Para los ingenieros militares el viaje a tierras americanas representó una alteración personal y militar. En la jerarquía militar fueron los ingenieros de rango medio: ordinarios y extraordinarios los que se enviaron a América. A partir de 1720 y hasta 1808 se encontraban en la Nueva España 95 ingenieros militares.⁸⁴

A los ingenieros militares se les pidió redactar descripciones y noticias de interés militar: caminos, puertos, aduanas, ubicación de centros de población, industrias y fábricas, tierras de cultivo, cosechas y ganado, ríos y bosques, así como la realización de mapas y planos.⁸⁵

En el siglo XVIII se regulariza la situación de los ingenieros militares. El 17 de abril de 1711 se arregla la organización del cuerpo de ingenieros de España bajo el mando del ingeniero general Jorge Próspero de Verboom. Regiones como la provincia del Río de la Plata y Filipinas son procuradas, por primera vez, con ingenieros.⁸⁶

En 1768, una ordenanza cambia las condiciones de los ingenieros para trasladarse a América. Ofrecía un estímulo económico y la promoción a la categoría inmediata superior a aquellos que decidieran residir en América. Esto permitió que al terminar el siglo XVIII, los ingenieros militares en América fueran un comunidad tecno-científica, además de numerosa, altamente calificada.⁸⁷

No obstante, persistió el escaso reconocimiento a su labor, rivalidades con la autoridad virreinal, bajos salarios y retraso de los pagos no dejaron de influir y restringir la profesionalización del ingeniero militar en tierras de América que tuvo que adaptar en no pocos casos métodos de trabajo.

Dado que la principal tarea encomendada a los ingenieros militares fue la defensa de las colonias, se trataba de conservar las posesiones españolas de América. Por su destino las fortificaciones podían ser permanentes o temporales. Las primeras representan edificios permanentes, que subsistieron tanto en tiempos de paz como de guerra, requieren un considerable tiempo de construcción, un elevado costo y se construyeron con materiales más resistentes como la piedra.⁸⁸

⁸³ Capel, Horacio. et al. *De Palas...* p.316.

⁸⁴ *Ibidem.* p.322. Cuadro 39.

⁸⁵ *Ibidem.*

⁸⁶ *Ibidem.* p.317.

⁸⁷ *Ibidem.* p.332.

⁸⁸ Gorbea Trueba, José. "La arquitectura militar en la Nueva España", en *Estudios de Historia Novohispana*. UNAM-Instituto de Investigaciones Históricas. Vol. II. México. 1967. p.213.

Durante el siglo XVII y XVIII, las "costas del Atlántico eran defendidas por un sistema de fortificación que, empezando por Ulua en Veracruz, seguía en el presidio de Laguna de Términos, las ciudades fortificadas de Campeche y Mérida hasta Sisal y frente al Caribe, en la laguna de Bacalar el fuerte del mismo nombre, para continuar a Porto Belo en Panamá, Cartagena de Indias en Colombia y las fortificaciones de la GÜira, San Carlos y Zaporás en Venezuela, cubriendo así la costa americana del Atlántico en cuya entrada al golfo de México permanecía vigilante la fortaleza del Morro en Cuba".⁸⁹

De esta forma, la Corona consiguió establecer a lo largo de tres siglos una red de 112 fuertes o plazas en América. La costa del Golfo de México, las islas del Caribe y de la costa norte de Sudamérica se convirtieron en zonas de estrategia económica-militar. Las fortificaciones intentaron proteger la dinámica actividad comercial y de explotación económica llevada a cabo por España de sus colonias.

Para la Nueva España se construyeron fortificaciones que respondieron a distintas necesidades militares. Se tienen fortines o pequeños fuertes en Sisal, fuertes cuadrados en Bacalar y Perote, y fuertes o plaza militar en sitios como Antón Lizardo, Veracruz, Acapulco, Campeche y Mérida.⁹⁰ En la costa del Pacífico también se dispuso la construcción de fortificaciones, la más completa y mejor diseñada fue San Diego en Acapulco.

En la defensa de los territorios la tecnología militar influyó para que se modificaran las estrategias militares desplegadas. Los mapas elaborados por los ingenieros militares habían mostrado solo el fortín, la plaza, el puerto o bien las fortalezas de las costas americanas.

A fines del siglo XVIII, no era suficiente el conocimiento puntual de la fortaleza o puerto. Nuevos métodos de la guerra en la dirección de los ataques y los ejércitos obligaron a los ingenieros militares a cubrir amplios territorios, cambiar los métodos de trabajo y la escala numérica de los mapas.⁹¹ En el oriente de la Nueva España la representación mostrada en los mapas se extendió desde la costa veracruzana hasta la ciudad de México.

En 1784 el ingeniero militar Miguel del Corral preparó un mapa del camino de Veracruz a la capital. De igual forma ejecutó Manuel Agustín Mascaró en 1791, en el que se muestra los caminos que unen a la capital virreinal con Veracruz por

⁸⁹ *Ibidem.* p.224-225.

⁹⁰ Moncada Maya, José Omar. "Military cartography and the knowledge of New Spain. The military Engineers in the eighteenth century", en *Proceedings of the 13th. International Cartographic Conference.* SPP-INEGI. México. 1988. Vol.1. p.27-28.

⁹¹ *Ibidem.* p.30.

Orizaba y por Jalapa. Aparece el fuerte de San Carlos en Perote como un sitio estratégico para proteger los tesoros reales. Por último el ingeniero Diego García Conde realizó el mapa del camino de México a Toluca en 1798.

Los ingenieros militares también participaron en el reconocimiento de la Alta y Baja California. A partir de 1773 se tienen noticias en Madrid de que la Corte de San Petersburgo mandaba explorar las costas del Pacífico noroccidental. El virrey Bucareli dispuso que "todos los años zarparan de San Blas algunas expediciones que reconocieran la costa pacífica al Norte de Monterrey, con el fin de evitar que los rusos lograran un establecimiento permanente".⁹²

Tras las exploraciones, los ingenieros militares realizaron informes y mapas del noroeste de la Nueva España. En el último cuarto del siglo XVIII participaron Manuel Agustín Mascaró, Miguel Constanzó, Miguel del Corral, Nicolás Lafora y José de Urrutia. El resultado de su trabajo lo constituyen informes descriptivos como diarios y mapas generales de mar y tierra, de misiones, de pueblos, de puertos, de límites, de presidios y de villas.⁹³

El método de trabajo para la realización de los mapas aparece en un recuadro de la carta reducida o carta de California (1770) de Constanzó. Se emplearon los diarios de los pilotos, los diarios de navegación, los papeles manuscritos de los antiguos misioneros y otros más de los particulares. Esta información se combinó con la obtenida de los viajes de mar y tierra rectificadas por las observaciones astronómicas *in situ* de cada uno de los ingenieros.⁹⁴

Con motivo de las reformas que experimentó la metrópoli sobre las colonias americanas, se diseñó un nuevo sistema administrativo, una división del virreinato y de las provincias internas erigidas en Comandancia general. En virtud de las reales ordenes de 1777. Miguel Constanzó y Manuel Agustín Mascaró formaron, por orden del virrey Bucareli, la Carta o mapa geográfico de una gran parte del Reino de Nueva España, en la que se muestra los cambios.⁹⁵

Mapas con fines administrativos fueron elaborados por los ingenieros militares. La Real Ordenanza fechada en Madrid el 4 de diciembre de 1786, llegó a la Nueva España el 23 de

⁹² Ramos-Catalina, Ma. Luisa. "Expediciones científicas a California en el siglo XVIII", en Anuario de Estudios Americanos. T. XIII. Sevilla. 1956. p.229.

⁹³ Phillips, Philip Lee (ed.) *The Lowery Collection. A descriptive list of maps of the spanish possessions within the present limits of the United States, 1502-1820*, by Woodbury Lowery. Government Printing Office. Washington. 1912. p.347, 348, 357-358, 361, 383-384, 399-400, 443.

⁹⁴ *Ibidem*. p.358.

⁹⁵ *Ibidem*. p.383-384.

abril del siguiente año. Se anunciaba que el rey disponía el establecimiento de intendencias en la Colonia, a semejanza a las del gobierno francés. Con el sistema de intendencias se "pretendía consolidar el poder de la Corona, en el nivel de las provincias, sobre todo para agilizar el manejo de la hacienda, siempre tan difícil de manejar desde España".⁹⁶

La Nueva España contaría con doce intendencias. Por lo que se requería, para la administración de justicia, de gobierno, de hacienda, guerra y policía que se elaborasen unos materiales de la mayor utilidad. El rey expresó que se trataba de contar con "unos medios que aseguren el conocimiento exacto y local de aquel Reino" con la finalidad de sacar ventajoso provecho de la nueva organización.

Para ello la Ordenanza en su artículo 57 anunciaba la elaboración de mapas topográficos de las intendencias, quiénes debían levantarlos, con qué medios y para qué. Para la dirección el rey mandaba que cada intendente, "por Ingenieros de toda satisfacción e inteligencias, hagan formar Mapas topográficos de sus provincias, en que se señalen y distingnan los Términos de ellas, sus Montañas, Bosques, Ríos y Lagunas, y a este fin los Ingenieros a quienes lo encargaren ejecuten sus órdenes con la exactitud, puntualidad y expresion posibles".⁹⁷

La Ordenanza obligaba en el artículo 58, que los ingenieros redactaran "relaciones individuales", en donde se ofrecerían amplias y detalladas descripciones de cada intendencia. El contenido versaba sobre el clima, las producciones naturales desde el punto de vista mineral, vegetal y animal; de la industria y comercio; de los montes, valles, prados y dehesas, de los ríos para navegar. El informe debía incluir dónde se necesitaban nuevas construcciones como molinos, regadío de tierras y las condiciones de los puentes, los caminos a reparar y sobre las maderas útiles, así sobre los puertos de cada intendencia.

Se perseguía que con el texto de cada relación y los mapas proporcionados por los ingenieros el intendente conociera las características de su unidad administrativa y la forma de tener mejores rendimientos. Finalmente se debía informar anualmente al rey y al Consejo de Indias "todas las noticias conducentes a la conservación, aumento y felicidad" del Reino.⁹⁸

⁹⁶ Real Ordenanza para el establecimiento e instrucción de intendentes de ejército y provincia en el reino de la Nueva España 1786. UNAM-Instituto de Investigaciones Históricas. México, 1984. (Serie facsimilar Nueva España/1). p.XXIV.

⁹⁷ *Ibidem*. p.65-66.

⁹⁸ *Ibidem*. p.66-68. A principios del siglo XIX otras dos ordenanzas surgieron la de 1803 y 1804, para consolidar el sistema de intendencias. En sus páginas se afectó poco la división administrativa de la ordenanza de 1786. p.LXVI.

Una última consideración sobre el tema de la ingeniería militar americana se refiere al tema de la enseñanza. En ese sentido la postura de la Corona española, se resume, fue en contra de crear centros de instrucción militar en las colonias, quizá porque representaba la formación de americanos en los ramos militares que, en el corto tiempo, pudieran formar una "oficialidad criolla emancipadora".⁹⁹

2. El Real Seminario de Minería de la Ciudad de México

A fines del siglo XVIII la Universidad empezó a dar cabida en sus aulas a conocimientos e ideas de las corrientes modernas de la Ilustración. Esta modernidad se reflejó en la cátedra de matemáticas a cargo de José Ignacio Bartolache. Sólo que hasta fines del virreinato el conjunto de la Universidad siguió dentro del sistema escolástico.¹⁰⁰

El predominio de ese sistema, coronado por la teología, de la enseñanza superior, a cargo de los Colegios mayores y de la Universidad, resultaba poco útil a la autoridad y a otros sectores de la sociedad colonial, más dinámicos y competentes, como los plateros, los artesanos, los mineros y los comerciantes.¹⁰¹

El gremio de los comerciantes había promovido trabajos y estudios útiles; financiado obras públicas como los caminos, puentes y el desagüe del Valle de México, con el objeto de asegurar el intercambio, la llegada y salida de productos a la ciudad de México.

Por su parte los mineros vieron renacer la actividad minera a fines del siglo XVIII. José de Gálvez fue enviado a la Nueva España. Su presencia, que se prolongó de 1765 a 1771, buscó "recaudar más impuestos". Se organizó el gremio minero que tendría su propio tribunal, con "jurisdicción sobre todos los litigios relativos a la minería".¹⁰²

Los intentos de reformas en la minería de la Nueva España se habían buscado desde comienzos del siglo XVIII.¹⁰³ Finalmente la Corona buscó incrementar la producción de la plata y "librar la minería del control mercantil". Gálvez estaba decidido a "destruir el predominio económico de las grandes casas importadoras de la ciudad de México".¹⁰⁴

⁹⁹ Capel, Horacio. et al. op cit. p.344.

¹⁰⁰ Luque Alcaide, Elisa. La educación en la Nueva España. Consejo Superior de Investigaciones Científicas-Escuela de Estudios Hispano-Americanos de Sevilla. Sevilla. 1970. p.85

¹⁰¹ Brading, D.A. *Mineros y comerciantes en el México borbónico (1763-1810)*. F.C.E. México. 1985.

¹⁰² *Ibidem*. p.50.

¹⁰³ Trábulse, Elías. *Francisco Xavier Gamboa: un político criollo en la ilustración mexicana*. El Colegio de México. México. 1985. p.43-101. (Jornadas/109).

¹⁰⁴ Brading, D.A. op cit. p.50.

A lo largo del siglo XVIII las ganancias e ingresos reales procedentes de la Nueva España se incrementaron constantemente, hasta alcanzar los 20 millones de pesos anuales, gracias a los impuestos en la minería y las ganancias en el mercurio, la pólvora y la acuñación de moneda.¹⁰⁵

En resumen, la dinastía borbónica transformó el sistema de gobierno, la estructura económica y el orden de la sociedad colonial. Se trata de un rápido crecimiento económico, pero dislocador de las antiguas estructuras. Origen de desajuste social. Un auge económico no equilibrado, en el que una minoría, comerciantes y mineros, se repartieron altas ganancias.¹⁰⁶ En opinión de Brading, fue una colaboración del gobierno despótico pero ilustrado y de "un grupo vigoroso de comerciantes capitalistas y millonarios mineros".¹⁰⁷

Por tanto, a fines del siglo XVIII en la Colonia amplios sectores de la población quedaron marginados de la vida política, militar y eclesiástica. La "inmensa mayoría de agricultores, obreros, artesanos, pequeños empresarios y trabajadores tuvieron que subdividirse las ganancias de un auge que veían tan espectacular como escaso en retribuciones para ellos".¹⁰⁸

Simultáneamente un importante grupo de sabios novohispanos se había distinguido por su empeño en difundir ideas, conocidas por medio de los impresos, sobre la filosofía ilustrada, que modificaba la participación del Estado, la sociedad y el individuo. Promovieron la aplicación de los conocimientos científicos a la solución de problemas, principalmente en la minería, con intereses locales. Durante los dos últimos decenios a las reformas León y Gama, Bartolache, Velázquez y Alzate impulsaron una actividad científica que tarde o temprano llevaría a la culminación de institucionalizar la actividad científica.

La organización del gremio minero incluyó, además de un tribunal, diputaciones en cada campo, un banco para transformar la minería y de una escuela superior para preparar a jóvenes generaciones en la explotación de las minas.¹⁰⁹ El grupo de sabios ilustrados fue testigo del apoyo virreinal otorgado para formalizar y operar estudios profesionales útiles al ramo minero, pero que, semejante a los políticos criollos, vieron frustradas las aspiraciones de participar en la organización docente de la nueva escuela.

¹⁰⁵ *Ibidem.* p.52.

¹⁰⁶ Florescano, Enrique e Isabel Gil. "La época de las reformas borbónicas y el crecimiento económico, 1750-1808", en *Historia general de México*. El Colegio de México/Haria. México. 1988. T.I. p.578-589.

¹⁰⁷ Brading, D.A. *op cit.* p.53.

¹⁰⁸ Florescano, Enrique e Isabel Gil, "La época..." p.580.

¹⁰⁹ Brading, D.A. *op cit.* p.219.

La Corona española dio el paso para que surgiera la escuela tecnológica en la capital del virreinato. En efecto, la idea de una escuela para formar jóvenes en la práctica minera quedó expresada en la *Representación que a nombre de la minería de la Nueva España* prepararon Juan Lucas de Lassaga y Joaquín Velázquez de León.¹¹⁰ En las páginas se proponía un plan distinto a lo que Francisco Xavier Gamboa anotó en sus *Comentarios*, pues se trataba de organizar "el gremio de los mineros, gobernado por representantes locales y con un tribunal central en la ciudad de México". El tribunal debía administrar tanto un banco de fomento como la escuela técnica.¹¹¹

El visitador aceptó el plan de la *Representación* y tomó medidas para "llevar a efecto estas propuestas". En 1776 el virrey Bucareli convocó a seis delegados, uno por cada campo minero importante, para establecer el tribunal y el gremio minero. Velázquez, por Sultepec, fue nombrado director general y Lassaga, por Bolaños, fue elegido administrador general. El tribunal se encargó de redactar las nuevas *Ordenanzas de Minería*, que quedaron listas en 1783.

Los siguientes años el tribunal consiguió publicar un nuevo Código de Minas y un banco financiero, no muy exitoso. Por lo que el tribunal se "quedó únicamente con la función de difundir los conocimientos técnicos".¹¹²

En 1786 murieron Velázquez de León y Lassaga creadores de la reforma minera. En ese año la Corona convocó al mineralogista español Fausto de Elhuyar (1755-1833) a una conferencia con Gálvez y la corte madrileña. El encuentro acordó importantes servicios técnicos que Elhuyar se comprometió realizar en beneficio del imperio español.¹¹³

En 1788 Elhuyar dirigió a la Nueva España una de las tres misiones técnicas-mineras, con expertos mineros alemanes, enviadas por la Corona a América para introducir el método de amalgamación de Born. Las otras dos se dirigieron a Perú encabezados por Thadeus von Nordenflicht y a Nueva Granada guiada por el hermano de Fausto, Juan José Elhuyar.

Nombrado Director General de Minería y director del Colegio Elhuyar tendría oportunidad de poner en práctica la sólida carrera profesional técnica y científica aprendida principalmente en la escuela de minas de Freiberg, de Upsala y Schemnitz, donde hizo estudios teóricos y prácticos

¹¹⁰ Juan Lucas de Lassaga y Joaquín Velázquez de León. *Representación que a nombre de la minería de esta Nueva España hacen al rey nuestro señor...* SEFI. México. 1979. Edición facsimilar. Introducción por Roberto Moreno.

¹¹¹ Brading, D.A. *op cit.* p.224-225.

¹¹² *Ibidem*, p.225-226.

¹¹³ Whitaker, Arthur P. "The Elhuyar minning missions and the enlightenment", en *The Hispanic American Historical Review*. Vol. XXXI. No.4. 1951. p.579 y ss.

mineros, además de conocer la organización, administración y operación de minas.

Una vez en la Nueva España, se practicó el método de Born en Zacatecas y Guanajuato, con el que no se tuvo mucha suerte. El virrey alentó a Elhuyar para establecer una escuela tecnológica, según el modelo del Instituto de Vergara, en Vizcaya, donde Elhuyar impartió cátedra de mineralogía y de "geometría subterránea" en 1782.¹¹⁴ La creación del centro estuvo a cargo de Elhuyar por medio de un plan del Colegio, presentado al Tribunal en 1790. Aprobado el plan sólo faltaba ponerlo en operación.

De esta forma, el Colegio de Minería abrió sus puertas el 1o de enero de 1792.¹¹⁵ Comenzó a enseñar a un reducido grupo de alumnos en aquellas disciplinas que tuvieran inmediata utilidad en las minas del virreinato. El Seminario representaba la creación de una "nueva clase de profesionistas, que serían usados por los dueños de las minas, prefiriéndolos a los faltos de formación técnica...".¹¹⁶

El Real Seminario rápidamente ganó prestigio con la presencia de los profesores precedentes de Europa, entre los que destaca Andrés Manuel del Río. Pero también recibió repetidas críticas de los ilustrados novohispanos como Alzate y oposición entre los mineros empíricos, que no estaban convencidos de la institución.

a) La práctica geográfica en el Real Seminario de Minería

Hacia los años 1798 y 1799 el Seminario de Minería tuvo la necesidad de elaborar unas instrucciones que regularan el trabajo de los alumnos cuando éstos visitaran los reales de minas para hacer su práctica profesional. El 12 de mayo de 1800 Elhuyar procedió a enviar para su aprobación, unas *Instrucciones al Real Tribunal*. Las instrucciones relataban los pasos necesarios para la formación de información útil con respecto a la actividad minera del sitio minero.

En la primera instrucción los alumnos debían preparar una descripción geognóstica del real de minas, acompañada de un mapa geográfico de su situación y de los alrededores. En la

¹¹⁴ *Ibidem*. p.571. Brading, D.A. op cit. p.227.

¹¹⁵ Izquierdo, José Joaquín. *La primera casa de las ciencias en México. El Real Seminario de Minería (1792-1811)*. Ediciones Ciencia. México. 1958. Modesto, Bargalló. *La minería y la metalurgia en la América Española durante la época colonial*. F.C.E. México, 1955. Véase: Capítulo XXVI. El Real Seminario de Minería de Nueva España. p.320-337. Luque Alcaide, Elisa. op cit. p.357-386. Velasco Avila, Cuahutémoc, et al. *Estado y Minería en México (1767-1910)*. F.C.E.\S.E.M.I.P. México. 1988. Véase: VIII. El Colegio de Minería (1774-1867). p.179-202.

¹¹⁶ Becerra López, José Luis. *La organización de los estudios en la Nueva España*. México. 1963. p.333-334.

segunda. se pedía la descripción de la mina y su plano. La tercera solicitaba la descripción del beneficio por azogue de los metales de oro y plata que se practicaba en las minas y por último para la cuarta instrucción se debía formar una descripción del beneficio de los minerales de plata por fuego de las minas.¹¹⁷

De lo anterior se desprende un interés especial, para este trabajo, sobre el contenido de la 1a. instrucción. Se trata de conocer con más detalle el trabajo que los alumnos deberían hacer como una práctica geográfica, cuando se encontraran en los campos mineros.

Primeramente, el alumno debía hacer una descripción general de la provincia. Indicar el nombre del Real y de la provincia. Se registraría su distancia y rumbo con respecto a la cabecera principal. Si hubiera forma de determinarse, se anotaría la latitud y la longitud. Se incluiría alguna noticia de su historia sobre el auge, decadencia y sobre el estado que presentaba.

Después, pasaría a elaborar un trabajo particular de los alrededores del sitio minero. Explicaría si se trataba de un valle o de un llano e indicaría, si se encontraba rodeado de montañas o cordilleras. Se apuntarían los nombres, direcciones, extensiones, elevaciones, configuraciones, ramificaciones y vertientes. Así como los ríos existentes con sus rumbos y corrientes, especialmente si fueran de alguna utilidad para la minería. Se agregarían noticias sobre la calidad de los suelos y su empleo para la agricultura. Sobre la existencia de pastos y árboles, para concluir el beneficio que podría sacar la minería de esos recursos.

En tercer lugar, y con la finalidad de facilitar la explicación del trabajo anterior, se requería levantar un mapa o plano geográfico de las cercanías del Real, que en lo general contendría todas las minas que le pertenecieran. El mapa geográfico

... podrá hacerse o tomando las medidas necesarias para su exacta construcción, o por simple dibujo, sacando una o más vistas de puntos elevados de donde se descubran bien los objetos, guardando entre ellos la debida proporción y situación natural. En ambos casos se cuidará de indicar las diferentes quiebras de los cerros, los bajos que haya entre ellos, los riachuelos y demás objetos notables, como también las Haciendas de Beneficio y las diferentes minas, distinguiendo cada cosa con un signo o letra, cuya explicación se ponga al margen del plano, si hubiere lugar, o se acompañe por separado.¹¹⁸

¹¹⁷ Ramírez, Santiago. *Datos para la historia del Colegio de Minería*. UNAM-SEFI. México, 1982. p.158-171. Izquierdo, J.J. *op.cit.* p.175-176.

¹¹⁸ *Ibidem.* p.159.

En el mapa se debería anotar con líneas punteadas u otro medio para cada distrito, la clase de criaderos metálicos que se encontraban, distinguiendo los principales por su tamaño, riqueza o naturaleza de sus metales. En el mapa quedaría representado por letras u otros signos el nombre y dueño de cada mina, con su actual profundidad y extensión de laboríos según sus rumbos, la cantidad de agua, el número y tipo de máquinas que se empleaban para su extracción. Además de otras particularidades que contribuyan a conocer la situación en que se encontraba la mina.

Se haría un listado de las haciendas de beneficio de azogue y de fundición, con referencia a su ubicación en el mapa y sobre la cantidad y tipo de equipo técnico empleado en cada mina. Para terminar debería preparar la formación de una estadística de los productos anuales de todo el real, tanto del oro como de la plata y otros metales. Se informaría sobre el consumo del azogue, plomo, magistral, sal y demás materiales. Así como de dónde se reciben y sobre sus precios.

El alumno se obligaba a entregar su descripción geognóstica y el mapa geográfico a los Diputados de la Minería, debidamente firmada, para su traslado al Real Tribunal de la Minería en la ciudad de México.¹¹⁹ De esta forma la práctica del trabajo geográfico se inició en el Real Seminario de Minería. Directamente sobre el terreno y con unos objetivos bien identificados en torno a la actividad minera.

Destaca la alternativa metodológica que anunciaba esta instrucción para que los alumnos realizaran los mapas. Se podía emplear "medidas necesarias para su exacta construcción" o bien "por simple dibujo". Para el primer caso se requería la combinación de la teoría científica con la práctica. El empleo de una tecnología compleja, como el uso de instrumentos científicos de precisión para la medición lineal y angular, con el uso de las matemáticas prácticas. En el segundo caso sólo se requería el trazo sobre el papel y a ojo, a manera de vistas de paisaje, cuya exactitud estaba en relación con el sentido de las proyecciones y de la perspectiva de cada alumno.

Las instrucciones fueron aprobadas por el Tribunal el 13 de mayo de ese año y de inmediato fueron enviadas a las Diputaciones de Guanajuato, Tatorce y Zacatecas, lugares adonde se dirigieron los primeros alumnos. Los resultados se recogieron al poco tiempo. En 1800 Casimiro Chovell (1775-1810) presentó su tesis sobre la *Descripción geognóstica del Real de Minas de Guanajuato*, con mapa geográfico de los alrededores. Otro trabajo semejante fue el que presentó en su examen Isidro Vicente Valencia sobre la *Descripción*

¹¹⁹ *Ibidem*. p.159-162.

geognóstica del Real de Minas de Zacatecas, con mapa geográfico.¹²⁰

Lo anterior muestra la relevancia que el Seminario otorgaba sobre la práctica geográfica y, de manera especial, sobre los productos que se podían obtener directamente. El trabajo en las minas se traducía en la presentación de una "descripción geognóstica" y la terminación de un mapa.

Antes de ocupar un lugar explícito en la docencia del Seminario, la práctica geográfica daba origen a los mapas requeridos en la vida académica y profesional de la institución minera. El mapa se presentaba como un recurso útil en la exposición y descripción de cada sitio minero. Poco tiempo después el Seminario otorgará un sitio en el horario semanal a una clase de geografía.

b) La cátedra de geografía 1802-1806

Puesto que la principal tarea del Seminario de Minería era la formación de recursos humanos tanto en la teoría científica como en la práctica técnica de la minería, un selecto grupo de disciplinas científicas tuvieron un papel protagónico en las aulas de la institución y en la carrera de perito facultativo de minas y beneficiador de metales. La física, la química, las matemáticas, la mineralogía debían enseñarse en su forma teórica, pero importaba sobre todo su exposición práctica dentro del plan de estudios, ya sea en los laboratorios o bien directamente en las minas productivas.

Consecuentemente con el anterior criterio y en el contexto del Seminario, una disciplina como la geografía debía impartirse en forma práctica, si se quería que tuviera alguna presencia en el plan de estudios y aportara a la formación de los futuros mineros profesionales.

El 12 de enero de 1790 Elhuyar dirigió al tribunal de minería el plan del Colegio de Minería. El director propuso una clase de "elementos de Geografía". La clase se daría en la hora de cinco a seis de la tarde todos los jueves, a cargo del profesor de matemáticas o "alguno de los Capallanes u otro que fuere más apropósito de los empleados de la Casa".¹²¹

Pasaron más de diez años para que en el nuevo centro educativo se impartiera la clase y se formalizara su presencia en la docencia. Elhuyar comunicó al virrey la operación de la cátedra de geografía del siguiente modo:

[se presenta] como clase nueva la de Geografía cuya enseñanza está encomendada a los dos ayudantes de clases. A ella se han destinado solo los jóvenes que han pasado

¹²⁰ Izquierdo, J.J. op. cit. p.223-224 y 231. Luque Alcaide, Elisa. op cit. p.375-376.

¹²¹ Ramírez, Santiago. op. cit. p.69.

los dos cursos de matemáticas, así por exigir este conocimiento la comprensión de los preliminares de aquella ciencia; como porque solo con ellos puede hacerse compatible su asistencia a la hora que se le ha destinado. Esta es la de tres a cuatro por la tarde los sábados, y de dos a tres los jueves que fueren de asueto, habiendo agregado esta segunda a la primera de que únicamente habla el plan provisional, pareciéndome que sin perjuicio de la recreación de los jóvenes en otra tarde puede proporcionárseles este más frecuente ejercicio en una materia tan interesante y divertida por su naturaleza. ¹²²

Sin lugar a duda, lo más importante que destaca del escrito fue la opinión de Elhuyar de que los conocimientos geográficos exigían los previos de matemáticas. Abiertas las puertas del colegio a la enseñanza de la geografía, ésta debía proporcionarse a los jóvenes, previo paso por los cursos de matemáticas. Pero ¿con qué finalidad? ¿qué se impartía en el curso de matemáticas que hacía necesario su conocimiento para pasar a estudiar la geografía?

Una de las principales características del trabajo minero es la profundidad de sus actividades en el interior de la Tierra. Las ciencias que se enseñaban en el Colegio debían dirigirse a estos fines. Las matemáticas se orientarían a las "operaciones propias y usuales en la Minería". La Química debía reducirse "a la parte del reino mineral". La Metalurgia trataría de los "diversos métodos y operaciones con que se benefician generalmente todos los productos subterráneos". La física debía ser "subterránea" como introducción al "laborio de Minas". La geometría práctica también debía ser "subterránea" e incluía la parte dinámica e hidrodinámica. ¹²³

Lo anterior enseña con claridad el interés de la administración del Seminario para que las ciencias fueran útiles al ramo minero. En este panorama donde las ciencias debían ser "subterráneas", de qué modo sería útil al alumno los conocimientos de la cátedra de geografía.

Ya desde 1795 el catedrático de mineralogía Andrés del Río había considerado una *Geografía mineralógica* como parte de la mineralogía, al lado de la Orictognosia, la Geognosía, la Química mineralógica y la Mineralogía económica. ¹²⁴

El conjunto de conocimientos permitirían que los alumnos "salieran en condiciones de poder conocer e identificar los diversos materiales que habrían de encontrar en el seno de la tierra; de distinguir la antigüedad de las diversas rocas, y de saber las relaciones que guardaran con ellas las vetas, los mantos y los cúmulos de las diferentes especies

¹²² Archivo Histórico del Palacio de Minería. 1802. I. 113. d. 18. f. 5 y 6. (en adelante AHPM). Santiago, Ramírez. p. 183.

¹²³ Ramírez, Santiago. op. cit., p. 62-63.

¹²⁴ Izquierdo, J.J. op. cit., p. 126.

minerales, todo esto con la finalidad común de llegar a dar con los criaderos de los metales."¹²⁵

Tanto Humboldt como del Río habían reconocido la necesidad de contar con muestras mineralógicas obtenidas directamente del territorio de la Colonia. Desde su llegada en 1794, del Río expresó su preocupación de ir formando un "catálogo" de minerales de la Nueva España. Humboldt, que visitó periódicamente el Seminario, no había encontrado estas muestras en el gabinete de minerales del establecimiento. En expresión de Humboldt, las muestras no llegaban a la capital debido a que las minas estaban en poder de los particulares, "sobre quienes el gobierno todavía no ejercía sino muy débil influencia".¹²⁶

De modo que la Geografía mineralógica formaba una parte de la mineralogía, impartida por el catedrático de mineralogía que permitía a los alumnos del Seminario conocer e identificar a manera de catálogo muestras de minerales, procedentes de las más lejanas y representativas minas de todo el territorio.

Por lo que la cátedra de geografía tenía otra finalidad. Es evidente que no sería enseñada para el trabajo que se efectuaba en la oscuridad de las minas. La geografía no sería "subterránea".

Para comenzar la enseñanza de la geografía Elhuyar, en su informe anual al virrey, mencionó los materiales didácticos con que contó la clase:

Por ahora se dirige esta enseñanza por dos Atlas los más adecuados que se han podido proporcionar, mientras que se facilitan otros auxiliares que me dispongo a consultar a V.S. por separado para lo sucesivo.¹²⁷

¿Qué significa que la cátedra de geografía fuera dirigida por un par de atlas? En primer lugar que los alumnos aprendieran el trabajo geográfico por medio de mapas.

La nueva, "interesante y divertida" materia que ofrecía el Seminario a los alumnos trataba de mapas. Para su construcción exacta era necesario de los conocimientos de las matemáticas. De éstas los alumnos aprenderían, en el primer curso: la aritmética, la geometría elemental y la trigonometría plana; en el segundo el álgebra, las secciones cónicas y la geometría práctica. A partir de 1802 se incorporó, a propuesta del ayudante de matemáticas Manuel Ruíz de Tejada, al segundo curso el cálculo diferencial e integral.¹²⁸

¹²⁵ *Ibidem*. p.126-127.

¹²⁶ *Ibidem*. p.136.

¹²⁷ AHPM. 1802. I. 113. d.18. f.6.

¹²⁸ Izquierdo, J.J. *op cit.*, p.72 y 76. Luque Alcaide, Elisa. *op. cit.*, p.354. Becerra López, José Luis. *op. cit.*, p.334.

Aparte de los atlas, otros materiales fueron solicitados a España como libros de texto, globos terrestres y esferas armillares.¹²⁹ Para la clase de geografía se solicitaron: 25 ejemplares de los *Elementos de Geografía* de Tomás López; 6 ejemplares del atlas general del mismo autor; 3 globos terráqueos de 12 a 15 pulgadas de diámetro armados con su horizonte y meridianos y pie correspondiente; 3 esferas armillares en términos análogos a las anteriores.¹³⁰ Además de los *Principios de Matemáticas* de Benito Bails (1776-1779), que ilustraban la aplicación matemática, entre otras a la astronomía y a la geografía.

En el caso de los globos terráqueos y las esferas armillares la corte de Madrid decidió adquirirlos en París, para después enviarlos a la colonia. El 22 de octubre de 1803 se avisaba al Colegio que los globos y esferas se dirigían de París a Madrid y aseguraron que eran "preciosísimos, y que contienen cuanto puede apetererse".¹³¹

Los materiales llegaron a Madrid en diciembre de 1803 y de inmediato se dispuso su envío, vía Cadiz, en dos cajones que eran "muy grandes, ocupan mucho y pesan poco".¹³² Los cajones, que contenían también libros, llegaron a mediados de 1804 a la Nueva España.

La larga espera de las comunicaciones con Madrid hicieron que no sólo la de geografía, sino también la de latín y la de francés, permanecieran sin los materiales de clase durante 1802 y 1803.

En el primer año de vida, Elhuyar informó que por la falta de textos en la clase de geografía, los alumnos debían copiar unos "ligeros apuntes", mientras que los atlas eran "poco acomodados para el caso" y el único globo terrestre existente era insuficiente.

Al año siguiente, en el informe de 1803, Elhuyar apuntaba que la clase de geografía siguió sin

...formalizarse como corresponde en su enseñanza, por falta de obra adecuada para estudio de los jóvenes que entretando se les proporciona, han tenido que escribir por sí mismos los apuntes que se les han dictado en los pocos días asignados a esta enseñanza. Con esto han sido muy limitados hasta ahora sus progresos y lo serán hasta que lleguen los Atlas y obras que al efecto se han pedido a Europa.¹³³

¹²⁹ AHPM. 1802. I. 113. d.20. f.3, 4 y 5.

¹³⁰ AHPM. 1802. I. 113. d.20. f.2.

¹³¹ AHPM. 1803. IV. 122. d.25. f.75.

¹³² AHPM. 1804. III. 126. d.9. f.10. 1803. IV. 122. d.25.

¹³³ 84.

¹³³ AHPM. 1803. I. 119. d.18. f.4

En ese año de 1803 se recibieron en el Seminario, los atlas geográficos del "geógrafo del rey" Tomás López, de los que se enviaron seis ejemplares que, afirmó Elhuyar, "no alcanzan para todos los que deben seguir esta clase", por lo que propuso que se mandaran traer otros 24 atlas.¹³⁴

Cuadro 3

Alumnos de la clase de geografía del Seminario de Minería

DOTACION

PENSIONISTAS

Año 1802

José María Salinas
Ignacio Doralina
Mariano Reyes
José Manuel Herrera

Manuel de la Llera
Juan José Rodríguez
Rafael Dávalos
Miguel Horta

Año 1803

Manuel Iriarte
Sixto Cardona
Rafael Cardoso
Juan Arezorena
Juan José Rodríguez
Manuel de la Llera
Rafael Dávalos
Miguel Horta
José María Salinas

José Oteiza

Año 1804

Juan José Rodríguez
Rafael Dávalos
Sixto Cardona
Juan Arezorena
Rafael Cardoso
Geronimo Aldaco
Juan María Muñoz
José Coria
Antonio Dávalos
José María Durán

José Oteiza
Lorenzo Obregón
Ramón Garay
Ramón Fabié
Carlos Fabié

Año 1805

José María Duran, Gerónimo Aldaco, José Antonio Dávalos, José Coria, Ramón Garay, Sixto Cardona, Ramón Fabié, Juan Arezorena, Carlos Fabié. Rafael Cardoso, Juan María Muñoz, José Oteiza (*)

(*) Sin indicación de la clase de alumno.

Fuente: AHPM. 1802. I. 113. f.3 y 4; 1803. I. 119. d.18. f.3; 1804 III. 126. d.27. f.3; 1805. I. 129. d.18. f.3.

La clase de geografía aumentó el número de alumnos, procedentes de las cátedras de matemáticas, Química,

¹³⁴ AHPM. 1803. III. 121. d.25.

mineralogía y física. Se siguió impartiendo por Manuel Rufz de Tejada, ayudante de clase de matemáticas, durante los años de 1804 y 1805. Al llegar el año de 1806, en la relación de alumnos del Colegio, ya no apareció la clase de geografía.¹³⁵

Una orden real expedida el 20 de febrero de 1807, desaprobó en el establecimiento de Minería, las cátedras de geografía, latín, lógica, historia y francés.¹³⁶ Algunos Diputados manifestaron la conveniencia de estos conocimientos como "un medio que capacitaba a los alumnos a ejercer cualquier cargo en la sociedad de su época".¹³⁷ Sin embargo, la orden, llegada de Madrid, fue cumplida por el Tribunal el 5 de febrero de 1810.

Hay varias hipótesis que explican la desaparición de la geografía del plan de estudios. En primer lugar la ausencia de los profesores de matemáticas por muerte o bien ocupados en comisiones oficiales. Otra más, fue la falta de materiales educativos con qué enseñar la clase a los alumnos. A las anteriores se suma una razón de mayor peso: la poca utilidad que resultó la cátedra de geografía en la formación de mineros profesionales.

En efecto, aunque los alumnos habían alcanzado los más complejos razonamientos en el campo de las matemáticas, con los que podían construir los mapas, al pasar al curso de geografía, además de los libros de texto, las esferas armillares o globos terráneos faltaba ampliar el sentido de la materia y disponer de otros materiales científicos.

Es evidente que el Colegio no perseguía, con una cátedra de geografía, formar geógrafos profesionales, pero debe tenerse en cuenta que Elhuyar pidió al virrey materiales geográficos de uso en el salón de clase. La geografía, como otras disciplinas científicas, no estaba contemplada en el Colegio para formar profesionales especializados en otras áreas que no fuera la minería.

La cátedra de geografía solo fue un curso en el que los alumnos tuvieron acceso a una serie de conocimientos geográficos. La enseñanza se dio de forma "interesante y divertida" por medio de los mapas del mundo contenidos en los atlas, de los problemas geográficos que se resuelven con los globos terráneos, de los que un autor señala más de cincuenta.¹³⁸ Además de los "ligeros apuntes", que los alumnos copiaban.

¹³⁵ AHPM. 1806. I. 134. d.14.

¹³⁶ Luque Alcaide, Elisa. op. cit., p.376.

¹³⁷ Ibidem.

¹³⁸ Dien, Ch. *De l'usage des Globes et des sphères ou choix des problèmes les plus intéressants relatifs à la Géographie mathématique et aux principaux phénomènes célestes*. E. Bataux, Libraire-éditeur. Paris. s/a.

La visita de Humboldt al Seminario fue aprovechada para pedirle la adquisición de instrumental científico de precisión en Europa para las prácticas del plantel.¹³⁹ Sin embargo el criterio de la corte de España consideraba que no había necesidad de otros conocimientos, "por ser causa de dispersar la atención de los alumnos hacia temas tan distintos y no contribuir en nada a la finalidad perseguida en el Colegio".¹⁴⁰

La práctica geográfica ayudaba a los alumnos a preparar los mapas geográficos, que mostraban la localización y alrededores de las minas. Junto con la tesis, se presentaría en el examen profesional. La documentación encontrada, muestra que la clase de geografía no fue orientada para tener un sentido práctico sobre el terreno, se limitaba a la exposición teórica y a la rutina del dictado del profesor.

En marzo de 1808 el ejército francés ocupó la capital Madrid, en nombre de su emperador Napoleón, complicando la existencia de la monarquía española. En abril de ese año Carlos IV abdica la corona en favor de su hijo Fernando y el ministro Godoy cierra la firma de un tratado con el cual pasaban a manos del emperador de Francia "todos los reinos de España y de Indias".¹⁴¹

En la Nueva España, como en otras partes de la América española, el virrey y la Real Audiencia trataron de mantener la situación colonial. Pero para 1810 la sociedad novohispana ya tenía amplio conocimiento de la situación europea. Los ejércitos de Napoleón habían invadido el resto del territorio español, el rey y su hijo habían huido hacia Francia. El Ayuntamiento de la ciudad de México, controlado por los criollos y sede de los intereses locales, se convirtió en principal promotor de los cambios en la colonia entre 1808 y 1810.

La actividad docente en el Colegio disminuyó notablemente. Un bando con fecha 25 de septiembre de 1810 incorporó al servicio de las armas a los alumnos del Seminario. Los cursos de 1811 no se impartieron y los de 1812 fueron irregulares. Faltaban profesores, alumnos y libros de texto. Se alteraron las funciones de la administración y la organización del plantel. Todavía el 30 de enero de 1809 Elhuyar, que no dejó de trabajar intensamente en la dirección del Colegio, pedía a España urgentemente, en una lista, los textos e instrumentos que se requerían en el Seminario. La mayoría de las materias necesitaban textos, de los que se pedían en número, entre 12, 25 y 50 ejemplares de cada uno. Entre ellos están los de latín, francés, historia,

¹³⁹ AHPM. 1804. 1804. III. 126. d.30. La carta aparece en: Alejandro de Humboldt. *Tablas Geográficas Políticas del reino de Nueva España y correspondencia mexicana*. Dirección General de Estadística. México, 1970. Núm. XI. p.100.

¹⁴⁰ Luque Alcaide, Elisa. op. cit., p.376.

¹⁴¹ Villoro, Luis. "La revolución de Independencia", en *Historia general...* T.I. p.604.

física, química, "laborio de minas", "fundición de minerales", geometría subterránea, de amalgamación, arquitectura hidráulica, e ingeniería, además de los de matemáticas y geografía.¹⁴²

En la colonia ya se había difundido cada vez más la idea de separación e independencia, al darse cuenta que los intereses de la metrópoli se oponían a los de la sociedad colonial. El Real Seminario de Minería se enfrentó a serios problemas administrativos y económicos al escasear los fondos del Real Tribunal de la Minería ante el derrumbamiento de la producción de oro y plata.

Del periodo de la revolución de independencia se ha destacado ampliamente la actuación que tuvieron los egresados del Colegio, al lado de la insurgencia.¹⁴³ Lo cierto es que en esos momentos de guerra, la corona tomó la iniciativa para que se levantaran los mapas de la Nueva España. En cumplimiento de la orden real, de fecha 3 de septiembre de 1812, el Real Seminario propuso a la metrópoli que "se agreguen a los ingenieros encargados de esta operación algunos alumnos del Colegio".¹⁴⁴

Sólo en condiciones extremas y varios años después a la supresión de la clase de geografía, la corona valoraba la utilidad de realizar mapas de la Colonia, a los que se asignarían los alumnos del Colegio, esta vez, en beneficio de los intereses reales.

De esa época proceden alumnos que, a corto y largo plazo, fueron integrados a la administración pública de México al mediar el siglo. Son dignos de mencionar los nombres de Tomás Ramón y del Moral, Lucas Alamán y Joaquín Velázquez de León. También se consiguió ampliar las instalaciones. El 28 de marzo de 1811, se instalaron en su nuevo edificio de estilo neoclásico y, en 1816, se abrió otra carrera de Ensayador y apartador.

Al nacer el México independiente, el gobierno requiere organizar, entre otros asuntos, la educación superior. El Colegio de Minería fue marginado de la nueva legislación mexicana sobre educación tecnológica. Ante la imposibilidad económica y académica de operar nuevos proyectos, el Colegio fue tardíamente restaurado y adaptado para la formación de nuevos profesionales: los ingenieros mexicanos.

3. Alejandro de Humboldt, ¿ingeniero geógrafo?

En 1859 Francisco Díaz Covarrubias daba a conocer su *Peterminación de la posición geográfica de México*. El pequeño folleto fue bien recibido en los círculos oficiales del país, como el Ministerio de Fomento y la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. El joven ingeniero

¹⁴² AHPM. 1809. II. 146. d.5. f.2,3,4 y 5.

¹⁴³ Izquierdo, J.J. *op cit.*, p.220 y ss.

¹⁴⁴ Ramírez, Santiago. *op cit.* p.226-227.

geógrafo había dedicado su labor científica y técnica de varios años al Barón Alejandro de Humboldt, fallecido recientemente el 6 de mayo de ese año.

No es casual que Díaz Covarrubias fijara su atención en la labor geográfica del viajero. El viaje por América le había impresionado, sobre todo las difíciles condiciones de su realización. Resulta pertinente plantear, para los fines de este trabajo, qué fue lo que llamó la atención del ingeniero geógrafo del trabajo de Humboldt.

En el prólogo de la obra, Díaz Covarrubias destaca el trabajo geográfico de Humboldt y de modo crítico corrige la determinación de las coordenadas geográficas asignadas de México. De todo ello extrajo una admiración razonada y crítica, expresada en buena medida en la dedicatoria.

Al revisar el trabajo geográfico de Humboldt, Díaz Covarrubias puso especial atención a los medios empleados para la práctica geográfica, particularmente para la determinación geográfica de la ciudad de México, principal y más importante centro político, económico y social. Interesaba al ingeniero geógrafo conocer los métodos empleados y el instrumental utilizado para la actividad geográfica.

De lo que precede, sube el interés al indagar de qué modo, durante su viaje, ya sea por Cuba, Sudamérica o bien por la Nueva España, Humboldt se propuso impulsar a la geografía. Qué metodología de trabajo geográfico seleccionó. Y por último, saber si los métodos geográficos que Humboldt puso en práctica corresponden a los empleados por los ingenieros geógrafos de la época.

Apuntemos el camino de Humboldt antes de su viaje americano. En octubre de 1797 viajó de Viena a Salzburgo. Su estancia en éste lugar fue considerada como "la etapa más importante de la larga preparación para su gran viaje de exploración. Se familiarizó con el uso de numerosos instrumentos de medida, midió la altura de varios montes y calculó la latitud de Salzburgo...".¹⁴⁵

Entre abril de 1798 y enero del siguiente año, Humboldt pasó de Salzburgo a París, adonde siguió perfeccionándose "en la técnica de medición y adquiriendo los mejores y más modernos instrumentos". Viajó de Marsella a España. En el trayecto de Barcelona a Valencia y Madrid siguieron la medición de numerosas alturas y el cálculo de coordenadas con ayuda del sextante.¹⁴⁶

La visita de Humboldt forma parte de los viajes que el gobierno de Madrid apoyó al finalizar el siglo XVIII, cuando

¹⁴⁵ Hagen Hein, Wolfgang. et al. *Alexander von Humboldt La vida y la obra*. Prólogo de Pierre Bertaux. C.H. Boehringer Sohn. Ingelheim am Rhein. 1987. p.41.

¹⁴⁶ *Ibidem*. p.43-44.

crece el periodo de la modernidad e Ilustración. Ya en las colonias americanas de España y en el periodo de 1799 a 1804, Humboldt puso en práctica sus conocimientos científicos y técnicos con la utilización del amplio instrumental científico que adquirió especialmente para su viaje americano.

En Sudamérica, Humboldt trató de extender un sistema de coordenadas geográfica que, desde la costa de Venezuela y hasta el Perú, le permitiera contar con una serie de puntos, conocida como línea cronométrica, bien determinados y confiables sobre el territorio como base de la formación de mapas de la región integrados a su *Atlas geográfico y físico de las regiones equinocciales del Nuevo Continente* (1814-1834).¹⁴⁷

En la Nueva España, apenas bajo a tierra en el puerto de Acapulco cuando de inmediato sacó sus instrumentos y buscó el mejor sitio para realizar observaciones celestes que le permitieran fijar la posición geográfica del lugar.¹⁴⁸ Esta operación la había repetido intensamente a lo largo de su trayecto por los caminos, montañas y parajes de las tierras sudamericanas. Con el uso de instrumentos de reflexión y refracción, Humboldt consiguió determinar 235 posiciones geográficas, de un total de 700 que reunió para los atlas americanos.¹⁴⁹

Humboldt trazó una estrategia de trabajo geográfico para la Nueva España. De acuerdo con su experiencia, incrementada considerablemente en Sudamérica, concibió un plan para la formación de una carta general del Reino de la Nueva España. En la ciudad de México se presentó ante el virrey Iturrigaray, que dispuso se dieran facilidades para trabajar en sus proyectos científicos sobre la colonia.¹⁵⁰

El Real Seminario de Minería figuraba como destacado centro de trabajo tecnológico, con cátedras y prácticas sobre la minería del Reino. Humboldt encontró a sus antiguos compañeros de clases de Freiberg, Elhuyar como director del plantel y del Río catedrático de mineralogía. En ese lugar Elhuyar le comunicó que desde hacía tiempo había recogido

¹⁴⁷ Mendoza Vargas, Héctor. "Humboldt y la Geografía de latinoamérica". *Memoria del III Encuentro de Geógrafos de América Latina*. INEGI/Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca. 18 al 22 de marzo 1991, T.I. p.30-43

¹⁴⁸ Maldonado-Koerdell, Manuel. "Observaciones astronómicas y altimétricas de Alejandro de Humboldt en México (1803-1804)", en *Anuario del Observatorio Astronómico Nacional para el año de 1971*. UNAM-Instituto de Astronomía. año XCI. México. 1970. p.242-252.

¹⁴⁹ Humboldt, A. de y A. Bonpland. *Viage a las regiones equinocciales del Nuevo Continente, hecho en 1799 hasta 1804, por...* En casa de Rosa. Imprenta Pochard. Paris. 1826. p.XXIX.

¹⁵⁰ Miranda, José. *Humboldt y México*. UNAM-Instituto de Historia. México. 1962. p.97 y ss.

datos sobre la posición geográfica de las minas de la Nueva España, además de los 37 distritos mineros conocidos como diputaciones de minas.

Elhuyar tenía pensado elaborar un mapa detallado del Reino que representara los "laborios de minas de mayor importancia". Humboldt, de acuerdo con Elhuyar, consideraba que un documento de tal naturaleza sería útil no solo al gobierno, sino a todo aquel interesado por la "industria nacional".

El auge económico que experimentó la colonia al terminar el siglo XVIII, propiciado por la reactivación de la explotación minera, había convertido sitios remotos y hostiles en verdaderos centros de riqueza, atractivos para el Estado.

Sin embargo, Humboldt resaltaba lo inútil de tratar de encontrar la ciudad de Guanajuato, con 70,000 habitantes, en los mapas publicados en Europa o las minas de Bolaños, de Sombretete, de Batopilas y de Zimapán. Una sola mina como la de Real del Catorce en la intendencia de San Luis Potosí, no aparecía en los mapas europeos, a pesar de haber ofrecido en minerales de plata un valor de cuatro millones de pesos anuales.¹⁵¹ Por tanto, el mapa serviría también para el Seminario de Minería, encargado de la formación de expertos en el ramo minero.

Una vez expuestos los problemas, Humboldt orientó su programa de trabajo geográfico en esa dirección para tratar de proporcionar una solución. La tarea se vio rápidamente beneficiada de la gran cantidad de materiales geográficos disponibles en la Ciudad de México, terminados por los sabios novohispanos durante las dos centurias anteriores.

Humboldt se dio cuenta de que en lugar de formar un mapa con "los nombres de trescientos lugares conocidos por laborios considerables", se podía ampliar las consultas y centrar la discusión en la calidad, por tratarse de materiales heterogéneos.¹⁵² Solo que un trabajo de tres o cuatro meses no sería suficientes para dejar acabado un mapa de la colonia semejante a los existentes en Europa.

De todos modos Humboldt no se desanimó por ello y se concentró en sacar el mayor provecho, derivado de las facilidades de que gozaba entre la oficialidad colonial. Estaba convencido de que su trabajo sería preferible a todo lo intentado antes para "dar a conocer la geografía de la Nueva España".¹⁵³

Humboldt se detiene en la exposición del método geográfico de la época. En su opinión se requerían dos aspectos fundamentales: primero, la discusión de las medidas (esto

¹⁵¹ Humboldt, A de. "Análisis razonada del atlas...". p.147.

¹⁵² *Ibidem*, p.148.

¹⁵³ *Ibidem*, p.149.

es, observaciones astronómicas, operaciones geodésicas e itinerarios); y, segundo la comparación crítica de las obras descriptivas (viajes, estadísticas, historias de guerras y relaciones de los misioneros). He aquí las fuentes geográficas que Humboldt buscaría y seleccionaría durante su residencia en la Nueva España.

Mientras que en Europa los mapas geográficos de gran escala se encontraban bien terminados y contaban con un soporte técnico que incluía observaciones astronómicas, mediciones de grandes bases y extensas triangulaciones, además de complicados cálculos matemáticos y la facilidad de obtener el documento por medio de un dibujo manual; en la Nueva España no se podía operar de esta forma y Humboldt lo enfatizó: "...hay mucho que hacer todavía para que lleguen a este estado nuestros conocimientos; y la sagacidad de los geógrafos tendrá por mucho tiempo motivo de ejercitarse sobre lo que está dudoso".¹⁵⁴

Por tanto el geógrafo debe discutir la procedencia de las dos fuentes de información arriba citadas. Vale la pena anotar en qué consistía la primera parte:

...una recapitulación de las observaciones astronómicas ya hechas, su cálculo uniforme con arreglo a las tablas y a los métodos más recientes, y aquel tino que solamente da la práctica de la astronomía y que proporciona el elegir un resultado definitivo en medio de una larga serie de ocultaciones de astros, de eclipses de satélites y de distancias de lunares, valuando el límite de los errores de cada serie de observaciones, y las circunstancias en que estas mismas observaciones se han hecho.¹⁵⁵

En resumen, se trata de la parte astronómica de la geografía, que más se había cultivado al paso de los siglos. Para Humboldt constituía "el fundamento más esencial para la construcción de mapas y sus elementos...".

En cuanto al segundo grupo de fuentes de información, el geógrafo debía examinar los itinerarios de los viajeros y todo tipo de memorias descriptivas, poniendo atención a las traducciones que anotan los nombres de los lugares equivocados. Se requería conocer el idioma en que escribió el autor, para recoger los datos directamente y evitar que se pierdan, lo que lleva a una especie de examen filológico sobre los nombres de los ríos, montañas y poblaciones y de ese modo identificarlos en los mapas. De otra forma, los mapas disponibles descubrirán su falsedad al llevarse a los sitios mismos que representan.¹⁵⁶

Una vez hecha la exposición teórica del trabajo del geógrafo, Humboldt entra en materia sobre lo que realizaría

154 *Ibidem*

155 *Ibidem*. p.150.

156 *Ibidem*. p.153.

para la Nueva España. En la parte situada al norte del paralelo 24 grados, es decir en las intendencias de Nuevo México, Coahuila, Texas, Sonora, Sinaloa, California y Nueva Vizcaya, el geógrafo debía recurrir a los "diarios de ruta".

En regiones del norte, como Durango, adonde se vagaba, anotó Humboldt, "en el desierto", eran de mucha utilidad los diarios de viaje de los misioneros, para las Californias además, los de los ingenieros militares. Para las provincias internas, Humboldt solicitó información geográfica a Miguel Constanzó, como las coordenadas geográficas de Chihuahua, Santa Fe, Arizpe o Durango.¹⁵⁷

En contraste, no sucedía lo mismo con la región del centro de la colonia. Para el camino de la Ciudad de México a Veracruz, a Acapulco y a Guanajuato se contaba con buena información de sitios astronómicamente determinados, útiles para su registro en los mapas.

En conclusión, Humboldt recomienda que con un ligero equipo de observación astronómica, un viajero estaría en calidad de proporcionar valiosos datos para la geografía de la Nueva España y sugirió tres trayectorias principales por donde caminar: 1) de la ciudad de Guanajuato al presidio de Santa Fé o hasta Nuevo México; 2) de la desembocadura del río Bravo hasta encontrar el Mar de Cortés, especialmente donde confluyen los ríos Gila y Colorado y; 3) desde Mazatlán hasta la ciudad de Altamira, en la margen izquierda del río Pánuco.¹⁵⁸

El primero de los viajes era el que presentaba mayor dificultad, pues los instrumentos, especialmente los de relojería estarían expuestos a los cambios de temperatura. Se requería ejecutar "observaciones astronómicas absolutas, es decir, de los satélites de Júpiter, de ocultaciones de estrellas, y sobre todo de las distancias de la Luna al Sol".¹⁵⁹ Utilizar las tablas astronómicas de Delambre, de Zach, de Bürg y de Burckhardt. Verificar los valores de las coordenadas geográficas que Humboldt asignó a las poblaciones de San Juan del Río, Querétaro, Celaya, Salamanca y Guanajuato. Seguir la ruta por las ricas minas de San Luis Potosí, Charcas, Zacatecas, Fresnillo y Sombrerete, hasta Durango, Parral y Chihuahua. De ahí llegar, por la orilla del río Bravo, hasta la capital de Nuevo México y Taos.

El segundo viaje proporcionaría valiosa información geográfica de las provincias del Nuevo Reino de Nuevo León, Coahuila, Nueva Vizcaya y Sonora. Se viajaría de la orilla del río Bravo a Monterrey y después a Chihuahua, punto en

¹⁵⁷ Alejandro de Humboldt. *Cartas americanas*. Compilación, prólogo, notas y cronología Charles Minguet. Biblioteca Ayacucho. Caracas. 1980. Carta de Humboldt a Miguel Constanzó. México, 22 de noviembre 1803. p.121-124.

¹⁵⁸ Humboldt, A de. "Análisis razonada del atlas...". p.155.
¹⁵⁹ *Ibidem*.

que se uniría al primer recorrido. De Chihuahua se iría a la ciudad de Arizpe, Sonora pasando por el presidio de San Buenaventura, hasta alcanzar la salida del río Gila.

La tercera exploración al salir de Mazatlán se dirigiría a Sombrerete, pasaría a fijar la posición geográfica de las minas de Catorce, de Guarismey, del Rosario y de Copala. De aquí se seguiría hasta llegar a Altamira.¹⁶⁰

Todos estos recorridos se podrían ejecutar en unas cuantas semanas, con una precisión, para las latitudes, de doce a quince segundos y, en tiempo veinte segundos para la longitud absoluta. Humboldt propuso la realización de los tres viajes al gobierno ilustrado de la Colonia. Su ejecución transformaría el aspecto de la geografía de la Nueva España, ya que se facilitaba la medición de amplios triángulos y bases, según las formas terrestres altas y bajas dispuestas en los alrededores de Guanajuato, Durango y San Luis Potosí.

En opinión de Humboldt debía tenerse bien en cuenta las necesidades de la ciencia [geografía] y las de la administración pública colonial. El primer aspecto estaba subordinado al segundo, por lo que se requería de métodos "fáciles y prontos". Procedía, según Humboldt, "un trabajo provisional fundado en el uso de instrumentos de reflexión y de cronómetros, en distancias lunares, en observaciones de satélites y ocultaciones de estrellas," combinados con métodos secundarios, como el hipsométrico o el de señales luminosas según las elevaciones que se encuentren.

Humboldt puso atención al hecho de que la Corona española había invertido grandes esfuerzos, por medio de la astronomía náutica, para conocer la configuración de la periferia del continente americano con toda exactitud desde el siglo XVI.

Más tarde se esperaba de la Corona un interés similar por conocer los amplios territorios interiores. Para ello, la Corona debía aprovechar, la asesoría de la Marina Real Española y a los alumnos del Real Seminario de Minería, dotados con los mejores instrumentos de medición y en posesión de una sólida formación científica y técnica.¹⁶¹

El intenso trabajo dedicado por Humboldt, la utilidad y diversidad de los documentos geográficos impresos y manuscritos, consultados en las bibliotecas privadas, archivos oficiales y conventos coloniales, dio como resultado para la geografía de la Colonia su Atlas geográfico y físico de la Nueva España, con una carta general del virreinato.¹⁶²

¹⁶⁰ *Ibidem.* p.155-157.

¹⁶¹ *Ibidem.* p.165.

¹⁶² Maldonado-Koerdell, Manuel. "Los grandes atlas geográficos de México", en *Anuario de Geografía*. UNAM-FFyL. Año VIII. México. 1968. p.11-35.

La carta general de la Nueva España contiene: 1) información geográfica, un total de 142 puntos posicionados, de los que 36 le corresponden y el resto procede de fuentes novohispanas. Destaca la posición geográfica de la Ciudad de México, que permaneció vigente durante los siguientes 50 años; 2) información económica, de gran interés a la dirección colonial; un crecido número de lugares de laboreo de minas, según las informaciones de Elhuyar en el Real Seminario y; 3) información política; con la división administrativa de las intendencias: 12 en total, según la información de la carta del ingeniero militar Carlos Urrutia.¹⁶³

Por ello -escribió Orozco y Berra- la carta de Humboldt "vino a ser como el resumen de los adelantos geográficos de la colonia". Los 20 mapas del atlas se recibieron ampliamente en Europa, "siendo en lo de adelante lo único admitido por los geógrafos...".¹⁶⁴

Una vez presentadas las consideraciones de Humboldt sobre la geografía de la Nueva España, se puede responder los planteamientos arriba apuntados. Humboldt se propuso impulsar la geografía de la colonia por medio de una metodología que combinara los métodos astronómicos de observación y la crítica rigurosa de la información geográfica existente en la colonia.

En este sentido Humboldt no practicó una medición trigonométrica, semejante a la de Velázquez de León, lo que hubiera ampliado el trabajo geográfico más allá de las observaciones celestes, con la consecuente inversión de tiempo. La metodología seleccionada fue expedita, al alcance de una sola persona con equipo ligero y portátil, y en un plazo de tiempo corto, ocupado en múltiples actividades científicas y sociales de la capital.

En cuanto a considerar a Humboldt como ingeniero geógrafo, es necesario diferenciar su opinión sobre el futuro de la geografía de la Nueva España y el modo de conseguir su avance, de aquello que estuvo en sus manos realizar.

De acuerdo con la exposición de los métodos geográficos vigentes, Humboldt estimó que los de la ingeniería geográfica todavía no eran posibles en la Nueva España. Pedir que el gobierno virreinal construyera un mapa a la 1:80 000 como lo venía realizando el gobierno de Francia, era una idea brillante pero demasiado ambiciosa como para comprometer una cuantiosa inversión de recursos materiales y humanos por cerca de siglo y medio.¹⁶⁵

¹⁶³ Orozco y Berra, Manuel. op. cit. p.340-341.

¹⁶⁴ *Ibidem*. p.341-342. Trábulse, Elías. *Historia de la Ciencia...* p.144.

¹⁶⁵ Humboldt, A de. "Análisis razonada del atlas...". p.160.

Las dificultades para adaptar esta metodología se debían a las condiciones particulares de la colonia. En opinión de Orozco y Berra, la razón era obvia

... hubiera sido imposible, por los gastos y por la ejecución, un plano rigurosamente geográfico del inmenso suelo de la colonia, mayor que el de algunas potencias de Europa reunidas, las que cada una de por sí, con más elementos, no habían ni aun pensado en llegar a semejante término, que solo pueden traer, con los siglos, los esfuerzos combinados de muchas generaciones: esta última perfección llega de una manera lenta, es sucesiva, y se logrará a medida que lo vayan requiriendo las exigencias públicas y sociales...¹⁶⁶

Sin embargo, Humboldt recomendó recorrer distintas rutas para recabar información geográfica, ante la ventaja que representaban los alumnos del Colegio de Minería para la geografía, todo ello en incidencia directa a las necesidades de la administración pública de la colonia, particularmente en el área minera. Elementos que aseguraban, en breve tiempo, la aplicación de métodos geográficos de gran alcance, detallados y finos para los mapas de la Nueva España.

En efecto, los métodos geográficos de Humboldt tienen como modelo los que puso en práctica el gobierno francés en un terreno ocho veces menor al de la Nueva España, proyecto que por los años en que Humboldt se encontraba en América, ya había ocupado a varias generaciones de ingenieros geógrafos e involucrado al gobierno y a la Academia de Ciencias de París.

En referencia a su trabajo geográfico, Humboldt no alcanzó a desarrollar todas las fases de la ingeniería geográfica, debido a que no estaba en la esfera de su capacidad práctica hacerlo. Al poco tiempo de que dispuso, se sumó que viajaba prácticamente solo y por su cuenta, además de que no se dedicaba exclusivamente al trabajo geográfico. En cambio, en la Serie Americana, muestra la teoría científica y técnica para gestar, crear y poner en operación una empresa, aquí reseñada, que proporcionaría las bases de la geografía del continente.¹⁶⁷

El panorama antes expuesto permite observar en los métodos geográficos de Humboldt, la práctica de una geografía restringida. Desde la óptica de la ingeniería geográfica en esa época vigente, se trataba de un trabajo geográfico limitado, no sólo desde el punto de vista metodológico, sino sobre todo territorialmente.

¹⁶⁶ Orozco y Berra, Manuel. op. cit. p.337.

¹⁶⁷ Humboldt, A. de. "Análisis racionada del mapa de la Isla de Cuba", en *Ensayo Político de la Isla de Cuba*. Con un Mapa de la Isla. 2a. ed. corregida. Librería Lecointe. París. 1836. p.V-XXXII.

Es cierto, aunque se trataba de Humboldt, un proyecto de ingeniería geográfica requería la compleja participación de numerosos factores: personal altamente calificado, instrumental científico de precisión, recursos monetarios constantes, administración y organización gerencial y acuerdos dentro del gobierno. En su trabajo geográfico procedió a la adaptación metodológica, al integrar el material disponible y el trabajo práctico realizado por él.

La imperiosa necesidad de contar con un mapa de los distritos mineros de la Nueva España que detallara la situación de las minas, permitió a Humboldt atacar un problema concreto de la administración colonial. Los métodos descritos por Humboldt ya los había explicado Alzate, por lo que la exposición del viajero reforzaba la utilidad social y el rumbo que se le asignaba a la geografía en el horizonte científico al cambio del siglo XVIII.

A las anteriores consideraciones, resulta adecuado agregar una última: la combinación de una serie de conocimientos técnicos y científicos contribuyó a impulsar en la Nueva España, por obra de Humboldt, un carácter tecnológico a la geografía. Una disciplina eminentemente útil al Estado en sus necesidades inmediatas de administración pública, que atendía, en esa época, uno de los ramos más dinámicos de la economía: la minería.

Planteado y explicado de esta forma el trabajo geográfico de Humboldt en la Nueva España, permitirá incardinarlo a la realidad y problemática de la sociedad colonial y relacionarlo correctamente en el horizonte tecno-científico vigente de la geografía de principios del siglo XIX.

III. Planes e institucionalización de la ingeniería geográfica de México

Con la separación política de la Corona española, la Nueva España debía encargarse de su propia organización política, económica y social. Leopoldo Zea formuló el problema en los siguientes términos: ¿Roto el orden colonial, cuál deberá ser el orden que lo sustituya? ¿El viejo orden colonial sin España o un nuevo orden?¹

Frente al derrumbamiento de las antiguas instituciones coloniales, es evidente que se creó un vacío de poder. En México se trataría de abandonar "la vieja teoría del derecho divino de los reyes -que sirvió para legitimar los regímenes monárquicos- y la adopción de las nuevas ideas liberales republicanas".² De esa forma, "existe un entrecruzamiento de una ilustración tardía con un liberalismo emergente, de los que se extrae un catálogo de principios que legitiman el nuevo régimen que finalmente deviene republicano".³

El modelo del sistema republicano de los Estados Unidos y su exitoso avance político, se presentaba como un proyecto atractivo a las jóvenes naciones latinoamericanas, recién salidas del yugo colonial. Solo que, como señaló Zea, la realidad de las excolonias dejaría ver "las dificultades de tal proyecto que era sólo una endeble utopía".⁴

En estudios recientes de la historia latinoamericana se ha mostrado la ausencia de una clase social importante que, conseguida la independencia, pudiera representar la unidad nacional.⁵ La lucha insurgente había dejado dos tendencias sobre la manera de implementar el orden social. Por una parte los empeños federalistas, "contrarios a la intervención clerical y de raíces liberales y democráticas"; por la otra, el centralismo conservador y clerical.⁶

Surgen de ese modo las tendencias del centralismo y federalismo, de las que García Laguardia escribió:

Los partidarios del primero tratarán de mantener el mismo sistema de concentración de poder en una nueva versión y

¹ Zea, Leopoldo. "Latinoamérica entre la dependencia y la emancipación", en *El pensamiento latinoamericano en el siglo XIX*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Pub. Núm. 419. México. 1986. p.187.

² García Laguardia, Jorge Mario. "Federalismo y centralismo en América Latina. Siglo XIX", en *El pensamiento latinoamericano en el siglo XIX*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Pub. Núm. 419. México. 1986. p.43.

³ *Ibidem*.

⁴ Zea, Leopoldo. *op. cit.*

⁵ García Laguardia, Jorge Mario. *op. cit.*

⁶ O'Gorman, Edmundo. "Precedentes y sentido de la revolución de Ayutla", en *Seis estudios históricos de tema mexicano*. Universidad Veracruzana, Xalapa. 1960. p.125.

bajo el control de los nuevos grupos privilegiados reunidos en las capitales y los del segundo, levantarán las reivindicaciones de las provincias contra el centro en busca de autodeterminación. Por eso, la confrontación adquiere claros perfiles doctrinarios y políticos y avivan tantas distensiones.⁷

El Imperio de Iturbide (1822-1823) se fincó en la monarquía hereditaria y fue vista, por la clase en el poder, como un preámbulo hacia la madurez política del pueblo mexicano. Del otro lado, para los estratos medios que iniciaron la reforma política en 1808, éste régimen político se presentaba, además de indefinido, como una prolongación del colonial y en el que no se modificaron los antiguos privilegios, valores religiosos o tradición hispana. Los antiguos insurgentes se vieron obligados a unirse de nuevo para continuar la lucha.⁸

En el proceso la balanza se inclinó, definitivamente, en favor del partido en el congreso. En marzo de 1823 quedó reinstalado el congreso y señaló, junto con la abdicación de Iturbide, el fin de la revolución de independencia, porque escribió Luis Villoro- señalan el acceso al poder de la clase media criolla, que había iniciado el movimiento.⁹ Fue entonces cuando "la actitud ilustrada entronca perfectamente con la ideología liberal en sus diversas manifestaciones y fuentes".¹⁰

Cabe preguntar ¿Cuál fue el contenido de la ideología liberal de la incipiente burguesía de México? Los liberales buscaron constituir una nueva sociedad formada de nuevos valores como la igualdad, propiedad, seguridad personal, facultad de autodeterminación.¹¹

Además, Saldaña apunta que "la actividad científica pasó a ser para las sociedades modernas el medio de acción privilegiado para organizar el tejido social, estructurar la economía y dotar al Estado de un objetivo que es a la vez el de su propio descubrimiento y su propio poder".¹²

En una época que se caracterizaba por la "lenta transición evolutiva de la sociedad, se opone la del progreso regulado racionalmente. La transformación de las instituciones

⁷ García Laguardia, Jorge Mario. op. cit. p.46.

⁸ Villoro, Luis. "Las corrientes ideológicas en la época de la independencia", en *Estudios de Historia de la Filosofía en México*. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras. México. 1980. p.196.

⁹ *Ibidem* p.197.

¹⁰ García Laguardia, Jorge Mario. op. cit.

¹¹ Villoro, Luis. op. cit. p.197.

¹² Saldaña, Juan José. "La ciencia y el Leviatán mexicano", en González Claverán, Virginia. *Actas de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*, vol. I. México, 1989. p.38.

políticas y jurídicas y, sobre todo, la educación, serán los motores de este progreso".¹³

La educación se convertiría en el instrumento de modernización de la sociedad republicana, lo que implicó una "readecuación de la pedagogía ilustrada a las nuevas circunstancias".¹⁴ La educación desempeñaría una especie de ingeniería social que transformaría la sociedad. De acuerdo con Paladines, el trabajo educativo fue puesto de "cara a las demandas de integración, conformación y progreso del país que la educación nacional se juzgaba debía ayudar a resolver".¹⁵

De lo anterior se desprenden dos aspectos importantes. El primero se refiere al "reclamo de una política, a partir de cuya implementación el Estado hubo de concebirse eminentemente como "poder educador", sin capacidad de descargo de esta responsabilidad",¹⁶ el segundo la débil utopía republicana que señaló Zea, en términos semejantes constituirá una utopía tecnológica en cuanto a la educación superior se refiere.

En los últimos años del siglo XVIII, la noción de la educación ilustrada se enriqueció notablemente, cuando las ciencias se transformaron en "ciencias útiles" en el seno del Real Seminario de Minería de la Ciudad de México.

Solo que la unión entre los conocimientos científicos y los de la técnica, se creía, incrementaría su aplicación sobre todo en los sectores más dinámicos de la economía, como el minero o el comercial. Sin embargo, el radio de acción de la educación técnica fue reducido y de escasa influencia hacia el interior de la sociedad colonial.¹⁷

Por tanto, después de la guerra de independencia, el modelo educativo del México independiente se dirigirá a "la necesidad de estrechar la relación entre educación e instituciones, costumbres, historia, idioma, entorno físico y más realidades que debían pasar a constituir la base de los contenidos educativos".¹⁸

1. La ingeniería geográfica de México

Entre 1822 y 1824 se formaron once proyectos de Constituciones para el país. Aunque llegaron más al primer

¹³ Villoro, Luis. *op. cit.* p.198.

¹⁴ Paladines, Carlos. "La herencia ilustrada", en *El pensamiento latinoamericano en el siglo XIX*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Pub. Núm. 419. México. 1986. p.21.

¹⁵ *Ibidem.* p.22

¹⁶ *Ibidem.*

¹⁷ Saldaña, Juan José. "The failed search for 'useful know'..."

¹⁸ Paladines, Carlos. *op. cit.*

Congreso Constituyente, no todos fueron discutidos. De éstos cuatro fueron monárquicos y siete republicanos. Estos documentos muestran el "intenso forcejeo en la nación para llegar a constituirse como República Federal".¹⁹

En conjunto, los proyectos contienen una gran preocupación por el tema de la educación, la ilustración pública y la ciencia.²⁰ La educación, en los distintos niveles de enseñanza, estaría conforme a "los primeros intereses de la nación". Se pedía que los arreglos educativos estuvieran en consonancia con el sistema político vigente.

El diputado a las cortes españolas Francisco Severo Maldonado presentó, a mediados de 1823, su *Contrato de Asociación para la República de los Estados Unidos de Anáhuac*. El plan contiene 448 artículos. Del artículo 98 al 124 expuso los elementos de la instrucción nacional.

De acuerdo con su plan, funcionarían escuelas de primera, segunda y tercera educación. Las escuelas de tercera enseñanza se localizarían en las capitales de provincia y en las que tres profesores se encargarían de impartir: uno la "ciencia de la legislación"; otro la "Economía Política" y, otro más, "todo lo relativo al arte de ingenieros".²¹

En el proyecto de Maldonado aparece la utopía agrícola, social y política, pero también la de la educación superior, pues se adelantaba a proponer la enseñanza de la ingeniería. En ninguno de los anteriores ocho proyectos constitutivos se había propuesto ésta enseñanza.

Para Manuel Calvillo la singularidad del *Contrato de Asociación*, permite considerar a su autor como el "primer utopista del México independiente".²² El contenido del proyecto sobrepasaba los sucesos del país, pues los intereses de Maldonado "exceden en su hora a los que se debaten en la nación y en el Congreso".²³

Entretanto, qué sucedía en la legislación nacional de esa época respecto a la educación. La influencia de las Cortes de Cádiz entre 1810 y 1821 entre los diputados, futuros dirigentes mexicanos, desde el punto de vista político fue un ensayo práctico y un "catalizador intelectual de ideas

¹⁹ Calvillo, Manuel. "Los proyectos de Constitución para México 1822-1824", en *La República Federal Mexicana Gestación y Nacimiento*. Obra conmemorativa de la fundación de la República Federal y de la creación del Distrito Federal en 1824. D.D.F. México. 1974. T.II: p.xii.

²⁰ Saldaña, Juan José. "La ciencia y el...". p.37-52.

²¹ Calvillo, Manuel. op. cit. p.289.

²² *Ibidem*. p.xiii.

²³ *Ibidem*. p.xiv.

progresistas francesas, inglesas y especialmente españolas".²⁴

Efectivamente, tanto la Constitución de Cádiz de 1812, como el Reglamento General de Instrucción Pública de 1821, pasaron a ejercer influencia en los planes educativos del México independiente, por lo menos a lo largo de la primera mitad del siglo XIX.²⁵

Sin embargo, en el caso de la educación superior, esa influencia fue recibida sólo en los círculos reaccionarios que apoyaron la organización de la Universidad en el México independiente, tal como quedó estipulado en los agentes legislativos de origen hispano.²⁶

a) La ingeniería geográfica en el plan educativo de 1823

Con el inicio de la vida independiente, la sociedad mexicana hizo hincapié en la educación. Desde 1820 Andrés González Millán, difusor del sistema lancasteriano, presentó sus opiniones sobre el papel de la educación en la sociedad que, ejemplifican, "la atención que la opinión pública prestaba a la educación y de los múltiples beneficios que de ella se esperaban".²⁷

Este parecer de la sociedad mexicana fue recogido por el Congreso. El 16 de mayo de 1823, el Supremo Poder Ejecutivo formado por Nicolás Bravo, Vicente Guerrero y Pedro Celestino Negrete, emitió un "Manifiesto" a la nación en el que señalaron que "la ilustración pública contribuiría enormemente a la prosperidad nacional".²⁸

Por su parte Lucas Alamán y Pablo de la Llave, que habían participado en las Cortes de 1821 y entonces ministros de Relaciones y de Justicia respectivamente, convocaron a una comisión para presentar un proyecto general de educación al congreso.

²⁴ Tanck de Estrada, Dorothy. "Las Cortes de Cádiz y el desarrollo de la educación en México", en *Historia Mexicana*, El Colegio de México. Vol. XXIX. Núm.1. México. 1979. p.4.

²⁵ *Ibidem*. p.9.

²⁶ Constitución política de la monarquía española. Promulgada en Cádiz a 19 de marzo de 1812. Reimpresa en México en virtud de orden del Exmo. Sr. Virey de 10 de junio de 1820. Por Don Alexandro Valdés. Título IX. De la instrucción pública. artículos 366 a 371. p.46. Almada, Francisco R. "La reforma educativa a partir de 1812", en *Historia Mexicana*, El Colegio de México, Vol. XVII. jul-sep 1967, Núm.1 p.108.

²⁷ Ramos Escandón, Carmen. *Planes educativos en México independiente 1821-1833*. The University of Texas, Austin, Tesis de Maestría. 1972. p.5-7.

²⁸ *Ibidem*. p.20.

La comisión, compuesta de más de 40 personas, presidida por Jacobo de Villaurrutia, se encargó de formar los 201 artículos de que se compuso el "Proyecto de reglamento general de instrucción pública". El proyecto quedó listo en diciembre de 1823. En él se establecía que la educación sería pública, gratuita y uniforme, dividida en tres niveles: primero, segundo y tercero. Los dos primeros correspondían a la educación elemental y media.

El plan reservó del artículo 137 al 142, todo lo relativo al ramo de la ingeniería.²⁹ En el documento quedó establecido la fundación de escuelas especiales con el nombre de Politécnicas (art.137), en las que se impartirían los conocimientos "comunes y preliminares para las Escuelas de aplicación de Artillería, ingenieros [de] Minas; Caminos, puentes y canales; ingenieros geógrafos, y construcción naval" (art.138).

Para ingresar a las escuelas de Aplicación o de ingenieros, los alumnos debían presentarse a un examen previo de gramática castellana, lengua castellana, matemáticas puras hasta el cálculo diferencial e integral inclusive y los elementos de física, química y mineralogía (art.140).

Una vez examinados en la Escuela Politécnica y merecieran aprobación, los alumnos podían admitirse en las escuelas de Aplicación: 1) Artillería; 2) ingenieros; 3) minas; 4) caminos, puentes y canales; 5) ingenieros geógrafos; 6) construcción naval; y 7) táctica militar en toda su extensión (art.141).³⁰

En estas escuelas se pondría en servicio un depósito geográfico, otro hidrográfico y otro más militar (art.142), además de que el Estado tendría la facultad de nombrar a los profesores que se ocuparían de cada cátedra, "sin necesidad de que proceda ninguna oposición" (art.178).

El proyecto no especificaba las partidas presupuestales para cada nivel de la educación, tampoco se señalaba si se construirían nuevos edificios para cada escuela de aplicación y sobre todo cómo se regularía el ejercicio de cada profesión en la sociedad. Tampoco se indicaba, en el plan, cómo o dónde se realizarían las prácticas de los alumnos de cada especialidad de la ingeniería.

El 23 de abril de 1823, Lucas Alamán dirigió una circular a los jefes políticos y rectores de las 19 instituciones educativas, en la que les señalaba los amplios beneficios que el proyecto educativo traería a la agricultura, el comercio, la navegación, las comunicaciones, la minería y la cultura nacional.³¹ De ese modo la ilustración, atendería en

²⁹ AGN, Gobernación, leg.18, exp.4, f.135.

³⁰ AGN, Gobernación, leg.18, exp.4.

³¹ AGN, Gobernación, leg.18, exp.3, f.7.

el seno de la sociedad mexicana, una serie de necesidades concretas.

Cuadro 4
Escuelas de Ingeniería y cátedras, de acuerdo con cada especialidad, plan de 1823

Artillería: geometría descriptiva, y todas sus aplicaciones, como los cortes de piedras y maderas, algo de construcción, y la aplicación del análisis a esta misma facultad.

Minas: mecánica general de sólidos y fluidos, con aplicación a las artes, y de mecánica analítica y celeste.

Caminos, puentes y canales: elementos de arquitectura civil y construcción hidráulica, particularmente de caminos, puentes y canales.

Ingenieros geógrafos: óptica, polarización, geodesia y topografía, dibujo topográfico y de paisajes.

Construcción naval: astronomía y navegación.

Fuente: Proyecto de reglamento general de instrucción pública, 1823. Art.139. AGN, Gobernación, leg.18, exp.4.

En el breve periodo previo al establecimiento de la primera República Federal, ya se tenía en México un proyecto educativo, en todos sus niveles y que, impulsado desde el Estado, se pondría de frente a las necesidades inmediatas de la sociedad.

El primer proyecto de 1823 no fue puesto en operación. En ese año, en sus pensamientos sueltos sobre educación pública, Mora escribió que los diputados no tuvieron tiempo de dictar las leyes que "imperiosamente" reclamaba la nueva República para arreglar la instrucción pública y agregó

Los ilustres diputados que la opinión pública sentó en el congreso que era un focus de civilización, se hallaron en posición muy crítica para dar el impulso que merecía la educación pública. Apenas tuvieron tiempo para salvar la patria de la ruina en que se intentaba sepultarla...³²

El intento de los liberales para formar un grupo de profesionistas útiles a la sociedad, se estrellaba con la mayor preocupación de sobrevivencia del país. No obstante, la existencia del plan de 1823 permite afirmar que, en el corto plazo, el gobierno buscaba la conformación de una comunidad tecnológica por cuenta del México independiente.

³² Mora, José María Luis. "Pensamientos sueltos sobre educación pública", en *Obras sueltas*. T.II. Librería de Rosa, Paris. 1837. p.106.

La administración pública, se pensaba, obtendría beneficios sustanciales con la práctica de la ingeniería. Su participación contribuiría a solucionar problemas en la economía, la sociedad, las comunicaciones, la administración pública y el conocimiento del enorme territorio nacional.

No debe extrañar que el primer ensayo educativo no mencione, en ningún momento, al Seminario de Minería y de su restablecimiento económico, administrativo y académico, sin duda, por el sentimiento adverso a todo lo que fuera de origen hispánico. En 1820 surgieron propuestas, de parte de los comerciantes, para que fuera cerrado,³³ intento que se repitió el siguiente año.³⁴ En su lugar, se proponía una nueva organización y nuevos establecimientos en la enseñanza superior, de los que la sociedad sacaría todo el provecho posible.

La comisión de 1823, de manera semejante al modelo implementado por el gobierno de Francia a fines del siglo XVIII, propuso para la educación superior el establecimiento de escuelas politécnicas, adonde los alumnos recibirían los conocimientos preliminares, que les permitiría avanzar hacia la formación profesional, con la fundación de las escuelas de aplicación.

Para los futuros ingenieros geógrafos existiría una escuela de ingeniería geográfica particular. En ella se enseñaría, principalmente geodesia, topografía y dibujo, conocimientos útiles para la producción de mapas. La geografía se constituiría como una disciplina tecnológica que aportaría productos terminados, con valor agregado, fundamentalmente para el Estado.

La ideología liberal de crear una nueva sociedad, intentó impulsar un modelo de educación superior, basado en nuevas instituciones. De ese modo, en México los orígenes para la formación de geógrafos profesionales no estuvieron vinculados, de forma directa, a la tradición educativa y técnica hispánica, es decir al Seminario de Minería de la Ciudad de México. Estos antecedentes tienen orígenes más cercanos a la tradición francesa dieciochesca en el campo de la ingeniería y sus especialidades.

Es evidente que en esos años, el ejercicio profesional de la ingeniería tenía una gran tarea por realizar en el país pero, la puesta en marcha del proyecto educativo de 1823, anunció Lucas Alamán, sería imposible en esas circunstancias "pues los fondos de que puede disponerse no llegan ni con mucho a cubrir el presupuesto de los gastos necesarios".³⁵

³³ *Semanario Político Literario*, México. Imprenta de D. Mariano Ontiveros. Núm. 9, Miércoles 6 de setiembre de 1820. p.228.

³⁴ Santiago, Ramírez. op. cit. p.247.

³⁵ Alamán, Lucas. *Memoria presentada a las dos cámaras del Congreso General de la Federación, por el Secretario de*

En opinión de Mora, que había participado en la elaboración del proyecto, el plan presentado fue

...absolutamente impracticable, por que casi todas sus disposiciones versaban sobre ramos de enseñanza, de grande utilidad en naciones muy avanzadas en la civilización, pero sin objeto en las que solo se hallaban iniciadas en ella... el plan quedó como debía quedar, en nada; por la sencilla pero eficacísima razón de que no había dinero para pagar los profesores, destinados a realizarlo, ni discípulos para aprender lo que en el se prometía enseñar.³⁶

De modo que el factor económico se presentó como un impedimento del gobierno, para difundir y apoyar la enseñanza de la ingeniería. De ese modo quedó nulificada la estrategia para la formación, al más alto nivel, de los ingenieros de México y, sobre todo, la utilidad social del ejercicio de los conocimientos tecnológicos, particularmente de los ingenieros geógrafos, a tan solo dos años de terminada la guerra de independencia.³⁷

Más tarde, tanto el proyecto de la comisión del primer ensayo educativo, al igual que el de Maldonado, tuvieron repercusiones en el Acta Constitutiva de la Federación y en la Constitución Federal de los Estados Unidos Mexicanos, del 4 de octubre de 1824.

En el artículo número 50, inciso I, de la primera Constitución federal, se especificaba lo siguiente:

Promover la ilustración, asegurando por tiempo limitado derechos exclusivos a los autores por sus respectivas obras; estableciendo colegios de marina, artillería e ingenieros; erigiendo uno o mas establecimientos en que se enseñen las ciencias naturales y esactas, políticas y morales, nobles artes y lenguas; sin perjudicar la libertad que tienen las legislaturas para el arreglo de la educación pública en sus respectivos estados.³⁸

En el texto constitucional, el gobierno se comprometía a llevar adelante la utopía tecnológica de establecer escuelas de ingeniería. Los conocimientos tecnológicos pasarían a

Estado y del despacho de Relaciones Exteriores e Interiores al abrirse las sesiones del año 1825. Sobre el estado de los negocios de su ramo. Imprenta del Supremo Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos en Palacio. México, 1825. p.31.

³⁶ Mora, José María Luis. op. cit. T.I. p.cxc1-cxcii.

³⁷ Meneses Morales, Ernesto. et al. *Tendencias educativas oficiales en México, 1821-1911.* Editorial Porrúa, México. 1983. p.79-83.

³⁸ Calvillo, Manuel. op. cit. T.II. p.459. Tena Ramírez, Felipe. *Leyes fundamentales de México 1808-1973.* 5a. ed. Editorial Porrúa. México. 1973. p.174.

formar parte de las preocupaciones inmediatas del gobierno, como medios útiles en la construcción de la nueva sociedad. De esta manera la ingeniería se convertía en un asunto de Estado.

Sin embargo, los altos costos necesarios para contar con una educación especializada, como la ingeniería, no permitió su establecimiento. En esos años el único sistema educativo exitoso, por su reducida economía comprobada, fue el de la primera enseñanza, del que se encargó la escuela mutua y el sistema de Joseph Lancaster, apoyado por los ayuntamientos y los municipios.³⁹

De modo que, en México, el vector que explica la difusión, por medio del cual se intentó llevar a la práctica la formación de ingenieros geógrafos, se localiza en el trabajo legislativo propuesto al Congreso General.

La revolución popular había quedado atrás. Los "letrados" habían perdido contacto real con el pueblo. Su instrumento de lucha fue el Congreso: las deliberaciones de la asamblea reemplazaron la acción revolucionaria...⁴⁰ En ese lugar, la comisión de 1823 propuso a la legislatura, difundir un modelo educativo, tal como se conocía en Francia, para las especialidades de la ingeniería.

Tiene especial interés para la geografía, la orientación tecno-científica que se propuso al Estado mexicano para la formación de los geógrafos profesionales de México. Una vez plasmada ésta idea como propuesta concreta en el plano legislativo, la mayor dificultad residirá en la operatividad ideológica, económica y académica de los estudios profesionales por especialidades de la ingeniería.

b) La ingeniería geográfica en el plan educativo de 1826

La Constitución de 1824 sólo incorporó la idea general sobre la necesidad de establecer, en el país, la enseñanza de la ingeniería. Algo importante, pero no suficiente, pues en sus páginas no se introdujeron mayores detalles sobre el grado de especialización que el Estado estaba en capacidad de promover como ramas de la ingeniería.

En la sesión del 16 de octubre de 1826, el Congreso General dio lectura al "Proyecto que sobre el plan general de instrucción pública", formado por una comisión de instrucción pública. Este proyecto no fue discutido en el Congreso, pero se incluye aquí por tener interés para el tema de la ingeniería geográfica de México.

³⁹ Staples, Anne. "Panorama educativo al comienzo de la vida independiente", en *Ensayos sobre historia de la educación en México*. 2a ed. El Colegio de México. México. 1985. p.103 y ss. Tauck de Estrada, Dorothy. *La educación ilustrada (1786-1836)*. 2a. ed. El Colegio de México. México. 1984. p.15.

⁴⁰ Villoro, Luis. op. cit. p.196.

El plan de 1826 tenía semejanza y adiciones con respecto al de 1823. Por segunda ocasión la educación se dividía en tres niveles: primera (arts. 6 al 16), segunda (arts. 17 al 27) y tercera (arts. 28 al 34).⁴¹ En particular, la tercera educación trataba de la preparación que recibirían los alumnos para ejercer alguna profesión. Previamente debían asistir a una Academia General dotada con tres mil pesos, que perfeccionaría la segunda y tercera instrucción (art. 35). Cada materia contaría con un catedrático.

En ésta academia habría una biblioteca pública, un depósito de planos y mapas, un gabinete de modelos de máquinas e instrumentos físicos y matemáticos, un laboratorio químico, un anfiteatro y gabinete anatómico y farmacéutico, una colección de instrumentos quirúrgicos, otro de las drogas y de seres naturales que tienen uso en las ciencias, un jardín de plantas medicinales y una colección de minerales (art. 36).

El plan establecía la fundación de seis escuelas de aplicación: 1) de artillería; 2) de ingenieros; 3) de minas; 4) de canales, puentes y caminos; 5) de ingenieros geógrafos y 6) de construcción naval (art. 37). Cada escuela tendría un profesor, con un sueldo de tres mil pesos. La selección de cada profesor no dependería del Estado, sino de la junta directora, encargada de nombrar comisiones de tres individuos para examinar, públicamente, cada catedrático (art. 33).⁴²

Cuadro 5

Cátedras de la Academia General, plan de 1826

-
- 1) geometría descriptiva y sus aplicaciones,
 - 2) análisis y su aplicación a la geometría descriptiva,
 - 3) mecánica general de sólidos y fluidos,
 - 4) elementos de arquitectura civil y construcciones,
 - 5) fortificación,
 - 6) minería, geodesia y topografía,
 - 7) física y química, aplicadas a las artes de la construcción,
 - 8) dibujo topográfico y paisaje,
 - 9) escultura,
 - 10) pintura y
 - 11) grabado.
-

Fuente: Mateos, Juan A. *Historia parlamentaria de los congresos mexicanos*. Imprenta de José Vicente Villada. México, T.III. s/f. Art. 35. p. 649.

⁴¹ Mateos, Juan A. *Historia parlamentaria de los congresos mexicanos*. Imprenta de José Vicente Villada. México, T.III. s/f. p. 649.

⁴² *Ibidem*. p. 648-649. Meneses Morales, Ernesto. et al. op. cit. p. 84-88.

El proyecto señalaba la procedencia del presupuesto para el funcionamiento del plan: de las escuelas, colegios y Universidades existentes, además del gobierno. En cuanto a las instalaciones, el plan señalaba la ocupación de los edificios religiosos más convenientes. (art.46).

En este segundo plan, la ingeniería seguía las mismas especialidades de lo anunciado en 1823. Una vez más los estudios del ingeniero ocupaban un destacado lugar en el proyecto. Se insistía, en lo particular, con la creación de la ingeniería geográfica como carrera profesional. El contenido de su enseñanza se basaba en el conocimiento de la geodesia, la topografía y el dibujo, todo ello útil para la creación de mapas.

El plan de 1826 tampoco entró en operación, pues aparte de no discutirse en el Congreso, la hacienda pública seguía sin recuperarse y continuaba la crisis económica en el gobierno. El ministro de Relaciones Juan José Espinosa de los Monteros, opinó que el Congreso consideraba necesario la presentación de un plan que fuera adecuado a las circunstancias particulares de cada estado de la república y de la capital federal.⁴³ Con base en el principio republicano de la educación, se prefirió seguir con la libertad para que cada legislatura estatal formulara su plan de educación, indicado en el artículo 50 de la Constitución.

Un tercer proyecto educativo fue presentado el 25 de enero de 1828 al Congreso General. Una comisión fue la encargada de su redacción. En el plan se dividía la enseñanza en primera, segunda y tercera partes. En cuanto a la tercera enseñanza, este plan apoyaba la labor educativa de la Universidad y la impartición de las "ciencias sagradas y útiles, religión y jurisprudencia, necesarias en toda la nación".⁴⁴

El tono del plan difería sustancialmente de los anteriores, pues eliminaba, por primera vez, de la educación profesional a la ingeniería y sus ramas. La atención, en cambio, se centraba en la Universidad y en los conocimientos de la agricultura y de la veterinaria, pues se concebía al país como eminentemente agrícola.

Este plan, en opinión de Ernesto Meneses fue "más realista que el de octubre 16 de 1826", ya que atendía la primera educación, la del pueblo, que necesitaba aprender a leer, escribir, contar, el catecismo cristiano y político como plataforma para crear la democracia.

⁴³ Espinosa de los Monteros, Juan José. *Memoria del Ministerio de Relaciones Interiores y Exteriores de la República Mexicana*, leída en la Cámara de Diputados el 10, y en la de Senadores el 12 de Enero de 1827. Imprenta del Supremo Gobierno, en Palacio, México. 1827. p.25-26.

⁴⁴ Meneses Morales, Ernesto. et al. op. cit. p.88.

No se sabe qué pasó con este plan; sin embargo, en la introducción del documento se aconsejaba, para ese año, conservar la enseñanza como estaba pues, "aunque defectuosa, es necesaria a falta de otra mejor, a causa de que los grandes proyectos necesitan tiempo y gastos crecidos para realizarse, empresa imposible en las actuales circunstancias del país".⁴⁵

La educación superior entró irremediablemente en un estado crítico, por la falta de operatividad económica y legislativa. Además de la escasez de fondos monetarios, siguieron grandes carencias de la educación elemental y la postración de la educación superior.⁴⁶

Todo parece indicar que el Estado, en los años que siguieron a 1826, se convenció de la imposibilidad de organizar la especialización por ramas de la ingeniería y se decidió por apoyar una sola, en ese momento, estratégica: la ingeniería militar.⁴⁷

Para entonces, la idea de fundar escuelas especiales para cada rama de la ingeniería, entre ellas, la de los ingenieros geógrafos parecía irrealizable, como utopía tecnológica del gobierno de la república de los liberales, que no conseguía su operación, en medio de la difícil realidad que vivía la nación.

Previo a las reformas educativas llevadas a cabo en 1833, surgieron dos ensayos educativos más: el de 1830 y el de 1832. Ambos planes pertenecieron al gobierno de Anastasio Bustamante (1830-1832), nuevo Presidente tras la guerra civil y la caída, en diciembre de 1829, del régimen de Vicente Guerrero.

En éste último año, Juan de Dios Cañedo informaba en la Memoria de Relaciones, que los establecimientos de instrucción "dependientes del gobierno supremo se fundaron en diversas épocas del tiempo del gobierno español" y que por tanto estaban "montados en lo general sobre bases poco conformes a las luces del siglo, y menos a las instituciones" que regían entonces.⁴⁸

⁴⁵ *Ibidem*. p.88.

⁴⁶ *Ibidem*. p.92.

⁴⁷ Véase el decreto del 5 de noviembre de 1827 y el Reglamento para la organización del Cuerpo Nacional de Ingenieros del 13 de marzo de 1828. Sobre la ingeniería militar del Colegio Militar, en la primera mitad del siglo XIX, véase: Staples, Anne. "La Constitución del Estado Nacional", en *Historia de las profesiones en México*. El Colegio de México. México. 1982. p.111-113.

⁴⁸ Cañedo, Juan de Dios. *Memoria de la Secretaría de Estado y del Despacho de Relaciones Interiores y Exteriores de la República Mexicana, leída en la cámara de Diputados el 8 y en la de Senadores el 10 de Enero de 1829*. Imprenta del Águila. México. 1829. p.17

Llamaba la atención sobre dos obstáculos que el gobierno no había podido superar, a través de la legislación. El primero era la disminución de fondos que recibía cada institución y, el segundo, la falta de reglas que marcasen de manera clara y terminante, hasta dónde llegaban las facultades que el gobierno federal podía ejercer en cada establecimiento.

Uno de los establecimientos, el Colegio de Minería, rompía con el panorama imperante. El ministro reconocía en la Memoria que había vuelto a operar a partir de 1827 y, el siguiente año, con un notable éxito, demostrado en los exámenes públicos. Su éxito se basaba en la dirección del plantel y en los recursos propios con que contaba para proporcionar los libros, las máquinas e instrumentos de cada materia que allí se impartía.⁴⁹

Poco después, Lucas Alamán daría explicaciones más precisas sobre el rechazo a la propuesta de establecer nuevos planteles, como los de ingeniería en la educación superior.

Como ministro de Relaciones proponía, en su Memoria de 1830, un cuarto plan educativo. Su plan fue semejante al anterior de 1828, y difiere radicalmente a los de 1823 y 1826, pues el gobierno, según él, estaba "persuadido de que en todas las cosas es más fácil reformar que crear, que hay todos los elementos necesarios para un buen plan de instrucción pública, sin más erogaciones que las que en la actualidad se hacen...".⁵⁰ Indicó que su plan "se reduce a quitar lo superfluo y establecer lo necesario, a dedicar cada uno de los establecimientos existentes a un ramo particular de enseñanza, y dar una dirección uniforme de ésta".

Alamán, por segunda vez, eliminaba la propuesta de fundar nuevas escuelas de ingeniería. En su lugar señalaba que, en el Colegio de Minería se estudiaban, casi exclusivamente las "ciencias físicas, comprendiendo en ellas las matemáticas". Consideraba que en ese plantel se debía "agregar la enseñanza de algunos ramos generales, que por no ser de una aplicación inmediata a las Minas, no se cultivan en el día con toda la extensión necesaria...".⁵¹

Por tanto, propuso que el gobierno participara, con los mineros, en el financiamiento del Colegio de Minería, ya que los beneficios serían de común interés. De esa forma, el

⁴⁹ Ibidem. p.18

⁵⁰ Alamán, Lucas. *Memoria de la Secretaría de Estado y del Despacho de Relaciones Interiores y Exteriores, leída por el Secretario del ramo en la Cámara de Diputados el día 12 de febrero de 1830, y en la de Senadores el día 13 del mismo.* Imprenta del Águila, México. 1830. p.41.

⁵¹ Ibidem.

Estado dejaba de lado la iniciativa de crear nuevas escuelas superiores de ingeniería y, dirigía su política educativa profesional, a la reforma de la única institución tecnocientífica establecida en la Ciudad de México.

En el Colegio de Minería se crearían nuevas carreras que, aunque tuvieran un gasto económico y no se aplicarían directamente con la actividad minera, heredada del régimen colonial e importante fuente de ingresos a la hacienda federal, representaban una necesidad en el corto y mediano plazo para la administración pública.

A partir de 1829, el gobierno se mostró a favor de que en el Colegio de Minería se introdujeran otros estudios profesionales, además de que se continuaran los propios aplicados a la minería.

En febrero de de 1832, Valentín Olaguibel Sepúlveda publicó el quinto plan educativo con el nombre de "plan para el arreglo de la instrucción pública en el distrito federal y territorios de la federación".⁵² En su exposición dividía la educación en tres niveles, como los planes que le precedieron. La educación superior "se llevaría a cabo en la Universidad, a la que se pretendía restituirle todo su prestigio, y a la que los autores del plan consideraban como noble campo de competencia y esfuerzo en la que los talentos se avivan".⁵³

El plan, parecido al de 1828, fue presentado al Congreso el 6 de junio de 1832, aunque la discusión del plan se inició ese mismo día, al poco tiempo se suspendió en el horario de sesiones del Congreso. Así las cosas, el plan tampoco fue aprobado y llevado a la práctica.

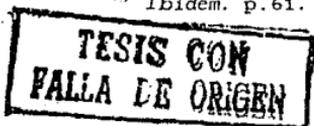
De lo anterior, se desprende que para 1832 el país ya había conocido una serie de proyectos educativos, con los que se proponía al Estado el arreglo de la educación en todos sus niveles.

De los primeros cinco proyectos educativos del México independiente, los de 1823 y 1826, apoyaron la fundación de escuelas superiores dedicadas a la formación de cuadros profesionales de la ingeniería, en sus distintas especialidades. Entre éstas, surgió en nuestro país la ingeniería geográfica. Los siguientes planes no lo hicieron y, en su lugar, a excepción del de Alamán, dieron su apoyo para que la Universidad se encargara de los estudios superiores.

La postura asumida en cada plan educativo refleja una lucha y, de acuerdo con Saldaña, "campos opuestos que buscan la conservación de antiguos privilegios refugiándose en las

⁵² Ramos Escandón, Carmen. op. cit. p.59 y ss. Meneses Morales, Ernesto. et al. op. cit. p.98-101

⁵³ Ibidem. p.61.



instituciones y en la ideología religiosa, o bien buscan una transformación sobre la base de la educación científica moderna".⁵⁴

Desde el punto de vista ideológico, se enfrentaron dos puntos de vista: el pensamiento liberal y el tradicionalista con respecto a la conducción de la educación superior. Desde el punto de vista político, el Estado se encontraba entre dos extremos: el que seguía la tradición hispana, es decir apoyaba y reformaba lo existente, particularmente a la Universidad; y el de la tradición francesa de crear escuelas de ingeniería. Evidentemente, los estudios superiores no darían la misma utilidad y presencia social. Un tercer factor, el económico, afectaba las posibilidades reales de poner en movimiento casi cualquier plan educativo.

El debate ideológico y político alrededor de la educación fue regulado por el factor económico que explica la declinación de las aspiraciones del liberalismo ideológico, de formar ingenieros especializados que trabajasen en el amplísimo territorio nacional, como "fuerza productiva directa".⁵⁵

Cuando la ideología liberal consiguió encumbrarse en el poder político de manera efectiva, la política educativa superior se orientó alrededor del Colegio de Minería, institución académica que había sobrevivido a la revolución de independencia y que se postulaba como única alternativa tecnológica ya instalada en la Ciudad de México y con indudable utilidad social.

2. La reforma educativa de 1833

En 1833 los liberales, al frente de ellos Valentín Gómez Farías en la vicepresidencia, tuvieron la oportunidad de tener el poder político y efectuar reformas en el plano legislativo, que afectaron la organización eclesiástica, militar y educativa del país.⁵⁶

El 7 de junio de ese año, el Congreso General concedió a Gómez Farías facultades extraordinarias para ejercer el poder ejecutivo, ante la ausencia de Santa Anna. También recibió, el 19 de octubre, la autorización del Congreso para

⁵⁴ Saldaña, Juan José. "La ideología de la ciencia en México en el siglo XIX", en *La ciencia moderna y el nuevo mundo*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas/Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología. Madrid, 1985. p.308.

⁵⁵ *Ibidem*. p.306.

⁵⁶ Ramos Escandón, Carmen. *op. cit.* p.67 y ss. Meneses Morales, Ernesto. *et al. op. cit.* p.101 y ss. Zoraida Vázquez, Josefina. *Nacionalismo y educación en México*, El Colegio de México. 1979. p.30-31.

el arreglo de la educación pública, a nivel nacional, en todos sus niveles.⁵⁷

Interesan en esta parte, las disposiciones que se dieron para impulsar la reforma educativa. El plan educativo de los liberales, no pasaría por la aprobación del Congreso; la educación recibiría influencia directa del Poder Ejecutivo Federal y los recursos económicos procederían de la apropiación de los bienes eclesiásticos.

El sexto ensayo educativo fue redactado, conforme al decreto del 23 de octubre, por una comisión compuesta por José Manuel Espinoza de los Monteros, Andrés Quintana Roo, Manuel Eduardo Gorostiza, Juan Rodríguez Puebla y José María Luis Mora.⁵⁸

La comisión, escribió Mora, se ocupó de examinar el estado de los planteles educativos existentes, desde tres aspectos: la educación, la enseñanza y los métodos. Encontrándose todo ello, "defectuoso". La comisión declaró a la Universidad como inútil, irreformable y pernicioso, por lo que recomendó su eliminación.⁵⁹

Una situación semejante se encontró en los Colegios. Las materias que ahí se impartían, informó Mora, en otra época fueron interesantes, pues su enseñanza respondía a otras exigencias del momento, pero para el año de 1833, no podían ocupar una enseñanza general, ya que sólo interesaban a "una muy corta parte de la población".⁶⁰

La ley del 19 de octubre de ese año, eliminaba la Universidad y creaba la Dirección General de Instrucción Pública, a la que correspondió encargarse de vigilar, legislar y administrar la educación.⁶¹

Por lo que toca a la educación superior, la ley del 23 de octubre creaba seis Establecimientos.⁶² El tercero de éstos, fue el establecimiento de ciencias físicas y matemáticas,

⁵⁷ AGN, Justicia e Instrucción Pública. Vol.X. Exp.11. f.99-113. Exp.39. f.117.

⁵⁸ Ramos Escandón, Carmen. *op. cit.* p.69.

⁵⁹ AGN, Justicia e Instrucción Pública. Vol.X. Exp.39. f.118. Mora, José María Luis. *op. cit.* T.I. p.cxcviii.

⁶⁰ *Ibidem.* p.cci.

⁶¹ *Leyes y reglamento para el arreglo de la instrucción pública en el Distrito Federal.* En la Imprenta de la Dirección de Instrucción Pública, en la casa de pobres, por Agustín Guinol, 1834. p.6-11. Dublán, Manuel y José Ma. Lozano. *Legislación mexicana o colección de las disposiciones legislativas expedidas desde la independencia a la República.* Imprenta de Comercio. México. 1876. T.II. p.564-566. Ramos Escandón, Carmen. *op. cit.* p.78-84.

⁶² AGN, Justicia e Instrucción Pública. Vol.X. Exp.39. f.119. *Leyes y reglamento...* p.11. Dublán, Manuel y José Ma. Lozano. *op. cit.* p.571-574.

con sedé en el edificio del otrora Seminario de Minería (art.149).⁶³

En la organización del establecimiento, se designó al ingeniero militar Ignacio Mora y Villamil como director. Éste presentó a la Dirección General las ternas para ocupar las cátedras, se expidieron los nombramientos y también se fijaron los pagos que recibirían los catedráticos, en total 1,200.000 pesos para cada uno.⁶⁴

a) Sustitución del ingeniero geógrafo por el "agrimensor geógrafo" en el plan educativo de 1833

El Colegio de Minería había permanecido en el edificio del Hotel Iturbide. A fines de 1833, se terminaron las reparaciones y se hizo el traslado al edificio original ocupado antes de la guerra de independencia. Después de varios intentos, la apertura de las clases del establecimiento se efectuó el 12 de enero de 1834, a la que asistieron un total de 46 alumnos.

La Dirección General se encargó de preparar, de acuerdo con las leyes del de 19 y 23 de octubre de 1833, el *Reglamento general para la instrucción pública*, en el Distrito Federal. Con el Reglamento se regulaban las atribuciones y responsabilidades de cada escuela, los fondos y administración correspondientes, las sedes de cada establecimiento y, por último, los estudios preliminares y profesionales para obtener el grado y título académico.

Cuadro 6

Cátedras del tercer establecimiento de ciencias físicas y matemáticas, plan de 1833

Primer año: primer curso de Matemáticas puras, dibujo y francés.

Segundo año: segundo curso de Matemáticas puras, dibujo y francés.

Tercer año: Física, Arquitectura, y Alemán.

Cuarto año: Cosmografía y Geografía, Arquitectura y Alemán.

Quinto año: Química, Arquitectura y Alemán.

Sexto año: Mineralogía y Geología, Arquitectura.

Séptimo año: Historia natural con Botánica, y Arquitectura

Fuente: *Leyes y reglamento para el arreglo de la instrucción pública en el Distrito Federal*. En la Imprenta de la Dirección de Instrucción Pública, en la casa de pobres, por Agustín Guinol, 1834. art.147. p.6.

El tiempo que se dedicaría a la enseñanza se repartió de la siguiente manera: una hora para cada materia, con excepción de la Química con hora y media y las Matemáticas con dos horas (art.148). Estos estudios formaban las bases

⁶³ *Leyes y reglamento...* p.11-13. Mora, José María Luis. op. cit. T.I. p.ccxiii-ccxiv.

⁶⁴ Ramírez, Santiago. op. cit. p.283-286.

generales necesarias para aspirar a la obtención de un título profesional. Finalmente, la presentación de una serie de exámenes, permitían al alumno optar por el título correspondiente.

b) El plan de estudios del "agrimensor geógrafo"

De las especialidades propuestas en los planes de 1823 y 1826, el sexto ensayo educativo sólo incorporó las ingenierías del ramo minero y de construcción civil. La ingeniería geográfica no fue considerada. En su lugar, fue implementada una carrera corta de "agrimensor geógrafo".

El plan combinaba una parte teórica y otra práctica. Con los primeros conocimientos los alumnos aprenderían las bases matemáticas para la formación de mapas, inclusive su diseño y dibujo. En la práctica los alumnos podrían aplicar la teoría física y astronómica para obtener datos numéricos, útiles en la construcción de las bases terrestres, que apoyarían la labor de gabinete, entre otras aplicaciones, para construir mapas.

De las materias, la de dibujo y delineación originalmente no se había aprobado por falta de recursos económicos, pero el 6 de febrero de 1834 el Supremo Gobierno emitió una circular en la que autorizaba las clases. La designación quedó para Mariano Contreras y a José M. Echandia respectivamente.

Cuadro 7
Cátedras del "agrimensor geógrafo", plan de 1833

Materia	Número de cursos
Latinidad,	2
Francés,	1
Primer y segundo curso de Matemáticas puras	2
Física,	1
Cosmografía,	1
Dibujo,	1
Lavado de planos	1

La carrera incluía seis meses de práctica con un profesor aprobado, que daría la certificación correspondiente.⁶⁵

Fuente: *Leyes y reglamento...* Art.255. p.105-106.

En esencia, la formación del "agrimensor geógrafo" no contemplaba los estudios de la geodesia y de la topografía, tal y como se propuso anteriormente para el ingeniero geógrafo. Esta supresión afectaría la calidad y la formación académica del "agrimensor geógrafo" y los resultados en el ejercicio profesional, el diseño y nivel de precisión de los productos terminados. Semejante plan se compensaba por una

⁶⁵ Véase: Talavera, Abraham. *Liberalismo y educación*. SepSetentas 103. T.I. México. 1973. p.216.

menor inversión económica y, por tanto, una mayor posibilidad de realización académica.

Para obtener el título, el "agrimensor geógrafo" se dirigía por escrito, acompañado de las certificaciones de los cursos y de la práctica, a la Dirección General, que a su vez comunicaba y acordaba con el director del establecimiento la fecha del examen (art.262). Tres días antes del examen, el director y los sinodales prepararían la "apertura de puntos" que, el aspirante, formaría y leería el día de la examinación, en un "catequismo" que duraría a lo más dos horas (art.264). A lo que procedería la votación en escrutinio secreto. Por último, el director general con la aprobación, mandaría expedir el título al examinado (art.266).

Las reformas educativas de Gómez Farías se enfrentaron a la reacción. Resultado de una revolución política encabezada por el propio Santa Anna, el ejército y el clero en contra de lo que representaba el federalismo, se expidió la ley del 23 de abril de 1834, por la cual cesaron las facultades extraordinarias concedidas al ejecutivo.⁶⁶

El 31 de julio de ese año Santa Anna derogaba las reformas y expulsaba a Gómez Farías y a Mora. Se volvía al antiguo sistema de la Universidad y los colegios mayores. En lugar de la Dirección general, se creaba una junta provisional, integrada por los rectores de los colegios, que redactarían el séptimo plan educativo del 12 de noviembre de 1834.⁶⁷

La reacción conservadora, en voz de José María Gutiérrez Estrada, ministro de Relaciones, calificó, en la Memoria de 1835, que la forma en que el gobierno de Gómez Farías realizó los cambios a la educación fue perjudicial, opuesta, desproporcionada e injusta. Para el ministro sólo era necesario realizar "algunas reformas", mientras el Congreso resolvía la forma conducente para el arreglo de la educación superior.⁶⁸

El 31 de julio de 1834 fue dado a conocer el séptimo plan educativo del país. Presentado al gobierno, por una Junta, el plan difiere del ensayo del año anterior, pues regresaba

⁶⁶ O'Gorman, Edmundo. "Justo Sierra y los orígenes de la Universidad de México 1910", op. cit. p.153.

⁶⁷ AGN, Justicia e Instrucción Pública. Vol.X. Exp.39. f.130. Zoraida Vázquez, Josefina. op. cit. p.31. Ramos Escandón, Carmen. op. cit. p.89 y 90.

⁶⁸ Gutiérrez de Estrada, José María. *Memoria de la Secretaría de Estado y del Despacho de Relaciones Interiores y Exteriores, presentada por el Secretario del ramo a las Camaras del congreso general, en cumplimiento del artículo 120 de la Constitución, y leída en la de Diputados el día 26 y en la de Senadores el 30 de Marzo de 1835.* Imprenta del Aguila, Méjico. 1835. p.39-42.

a la organización de los Colegios y de la Universidad en cuanto a la educación superior.

Por lo que respecta al Colegio de Minería, los estudiantes cursarían, en tres años, "las gramáticas castellanas, francesa e inglesa, las matemáticas, la física, la química y la mineralogía, cosmografía y dibujo".⁶⁹ Un maestro se encargaría de impartir las materias. Los alumnos debían aprobar, con calificación de aptitud, cada cátedra sucesivamente hasta terminar los cursos.

El artículo 72 del plan señalaba que los alumnos del Colegio de Minería sólo podrían obtener el grado de bachiller, licenciado o doctor en filosofía. El primero con los estudios del Colegio y los dos siguientes, con los estudios previos y el examen correspondiente.⁷⁰

Para la junta, éste plan procuraba estrictamente, "acomodarse a los fondos" del Estado y, si no era perfecto, le consideraron el más practicable al poner a la "juventud en aptitud de sucesivas y graduales reformas". La administración de Santa Anna explicó que era "indispensable" que el plan tuviera "muchos vacíos", debido a lo escasez de los recursos del momento.⁷¹

En efecto, tal como se anunció, el plan tenía grandes lagunas. La educación superior volvía a la organización de las facultades de Teología, Jurisprudencia, Medicina y Filosofía dentro de la Universidad. En consecuencia, la presencia de la ingeniería y sus distintas especialidades, quedaba eliminada por completo del plan.

Mientras tanto, el gobierno de Santa Anna se apresuró a legitimar, política y jurídicamente, las reformas emprendidas. En diciembre de 1836, la legislación sería modificada y un nuevo Congreso eliminaba el régimen de la república federal vigente desde 1824. A partir de 1835 y hasta 1841, las siete Leyes constitucionales dieron origen a la primera republica central.

En esos años, el gobierno fue criticado de intentar llevar la educación a un "determinado número de personas" y no a la "masa del pueblo", la educación, en especial la agrícola y fabril permanecía sin atender.⁷² Más atención recibió la educación primaria en los diarios de la época. Los comentarios se dirigieron para tratar de que el gobierno implementara un plan "para la niñez y la ilustración de la juventud". El *Diario del Gobierno* señaló que era urgente adaptar los planes educativos a las circunstancias del país:

⁶⁹ Dublán, Manuel y José Ma. Lozano. *op. cit.* p.755.

⁷⁰ *Ibidem.* p.760.

⁷¹ Guttierrez de Estrada, José María. *op. cit.*

⁷² Turreau de Linares, Eduardo Enrique Teodoro de. *Proyecto para el establecimiento en México de una compañía científico-industrial.* Imprenta de Galvan, México, 1835.

Pueden discutirse planes grandiosos de educación, perfectos y admirables en la teoría; pero si no son aplicables a las circunstancias del país en que deben establecerse tales planes, son los peores que se pueden inventar.⁷³

Un plan educativo, por tanto, requería reunir el "mayor número de conocimientos usuales con la mayor economía de tiempo y de trabajos", para extender "los conocimientos de inmediata utilidad por todo el estado".⁷⁴

En cuanto al plan de 1834, tampoco entró en operación. Considerado como provisional, permaneció en el Congreso desde 1835 hasta 1838. En éste último año, el gobierno reconocía el "decadente estado" de la educación pública. Para su mejora, dictó una serie de medidas, como la formación de informes por parte de los establecimientos educativos del país, que permitieran introducir posibles reformas educativas.⁷⁵

Para la prensa escrita no fue suficiente y publicó una petición de que el Congreso emitiera, al menos, las leyes para el arreglo de la instrucción primaria, ya que sus "urgentes ocupaciones" no le permitían atender los demás niveles de la educación.⁷⁶

3. La ingeniería geográfica en el Colegio de Minería 1843-1859

En veinte años que comprende el periodo de 1823 a 1843, la ingeniería geográfica había estado presente como proyecto legislativo, pero no había pasado la frontera de la gestación y creación como proyecto educativo.

A la utopía del liberalismo ideológico le faltaba entrar en operación, por medio de la institucionalización, es decir fijarse a la administración escolar de un plantel de educación superior, implementar cátedras y organizar los cursos. Hacia la cuarta década del siglo pasado, seguía sin tener solución la creación de nuevas escuelas de ingeniería, como fue informado por el *Diario del Gobierno*:

Es cosa lamentable que después de 20 años que somos independientes, y nos gobernamos por instituciones liberales, nada útil se haya hecho en materia de enseñanza pública...⁷⁷

⁷³ *Diario del Gobierno de la República Mexicana*. México, martes 3 de noviembre de 1835. T.III. Núm.185. p.255-256.

⁷⁴ *Ibidem*.

⁷⁵ Dublán, Manuel y Jose María Lozano. op. cit. T.III.

p.478-479

⁷⁶ *Diario del Gobierno de la República Mexicana*. México, lunes 26 de febrero de 1838. T.X. Núm.1033. p.227-228.

⁷⁷ Meneses Morales, Ernesto. et al. op. cit. p.133.

El 12 de junio de 1843 entró en vigor la segunda república central y en agosto de ese año, Santa Anna en su calidad de presidente provisional, emitió un decreto por el cual se daba impulso a la instrucción pública.⁷⁸

a) la ingeniería geográfica en el plan educativo de 1843

El noveno plan educativo del país fue presentado el 18 de agosto de ese año, en tiempos de las Bases y organización política de la República Mexicana. Conocido como plan general de estudios, de su redacción se ocupó el abogado de Guanajuato y ministro de Justicia e Instrucción Pública Manuel Baranda. El plan establecía la enseñanza de los estudios preparatorios para las carreras de foro, ciencias eclesiásticas y medicina (art.1) y, más tarde, seguirían los alumnos "los estudios mayores que les corresponda" (art.12).

Una cuarta carrera especial era la de ciencias naturales, en la que se impartirían las siguientes clases: matemáticas, física, astronomía, cosmografía, química, geología, geodesia y ortognocia, mineralogía, botánica, zoología y práctica (art.5). El artículo 9 señalaba que el estudio de las ciencias naturales tendría una organización propia, dada a conocer por medio de un decreto especial, en el que se especificarían los estudios preparatorios, la ramificación de la carrera en dos o tres diversas y la duración de éstas.

Se encargaba al director del Colegio de Minería proponer, al gobierno, dicho proyecto, que se aprobaría como decreto. Sin embargo, el artículo 25 del plan adelantaba las ramificaciones susceptibles de seguir en el Colegio: peritos mineros, ensayadores, agrimensores o arquitectos, además pedía el modo de examinar a los alumnos que solicitaran el título profesional.

Según lo previsto en el artículo 9 del decreto del 18 de agosto de 1843, el director del Colegio José María Tornel, presentó su proyecto de 27 artículos. El presidente Santa Anna le conoció y emitió el decreto del 3 de octubre, en el que daba a conocer la organización de los estudios profesionales en el Colegio de Minería.⁷⁹

⁷⁸ *Diario del Gobierno de la República Mexicana*. México, sábado 19 de agosto de 1843. T.XXVI. Núm.2978. p.441-443. Dublán, Manuel y Jose María Lozano. op. cit. T.IV. p.514-523.

⁷⁹ *Diario del Gobierno de la República Mexicana*. Mexico, sábado 7 de octubre de 1843. T.XXVII. Núm.3023. p.149. Dublán, Manuel y Jose María Lozano. op. cit. T.IV. p.621-624. *Decreto sobre el arreglo del Colegio de Minería, conforme a lo prevenido en el nuevo Plan General de Estudios*. Imprenta del Aguila, dirigida por José Ximeno. México. 1843. p.3-4.

En el Colegio se establecieron siete carreras que fueron, a saber: agrimensor, ensayador, apartador de oro y plata, beneficiador de metales, ingeniero de minas, [ingeniero] geógrafo y naturalista (art.1).

Cuadro 8

Cátedras de los estudios preparatorios, comunes a todas las especialidades de la ingeniería, plan de 1843

Primer año: lógica, ideología, gramática castellana y dibujo natural.

Segundo año: matemáticas puras (aritmética, geometría elemental, trigonometría plana, álgebra hasta concluir las cuestiones determinadas de segundo grado), francés y dibujo.

Tercer año: geometría analítica y descriptiva, su aplicación a las medidas exteriores e interiores, teoría de la perspectiva y sombras de los cuerpos, estereotomía, trigonometría esférica, principios generales del cálculo infinitesimal, francés y dibujo (art.2).

Fuente: Diario del Gobierno de la República Mexicana. Mexico, sábado 7 de octubre de 1843. T.XXVII. Núm.3023. p.149.

Todo parece indicar que en el Colegio sólo tuvieron cabida dos especialidades de la ingeniería: la de minas y la geográfica. Lo que demuestra la importancia que mantenía el ramo minero y el conocimiento del país para el gobierno nacional. Otras especialidades, ya propuestas en tiempos de la república de los liberales, no fueron promovidas en el medio del Colegio de Minería. La parte económica, que permitía la operación del plantel técnico-científico fue incrementada, dotándose del fondo de la minería.

Los estudios profesionales del plan de 1843 guardaban una relación ascendente: uno podía servir como base del siguiente. Los primeros cuatro años otorgaban el título de agrimensor; cinco años el de ensayador; seis años el de apartador de oro y plata; siete años el de beneficiador de metales y el de naturalista; ocho años el de ingeniero geógrafo y nueve años el de ingeniero de minas, éste último con tres años de práctica (arts.3,4,5,6,7,8 y 9).

La carrera del ingeniero geógrafo fue la segunda más larga en duración. Un cuarto año después de los estudios preparatorios otorgaba a los alumnos el título de agrimensores, para ello cursarían: elementos de mecánica racional, teoría del calórico, de la electricidad, y del magnetismo, elementos de óptica, de acústica, de meteorología, inglés y delineación. La práctica de ésta carrera la harían los alumnos "en el lugar más conveniente, bajo la dirección del respectivo profesor de matemáticas, y al fin del tercer año" (art.3).

Cuadro 9
Estudios profesionales y cátedras del Colegio de Minería,
plan de 1843

- Agrimensor:** elementos de mecánica racional, teoría del calórico, de la electricidad, y del magnetismo, elementos de óptica, de acústica, de meteorología, inglés y delineación (*).
- Ensayador:** la carrera de agrimensor. Después elementos de química general y aplicación de la parte inorgánica a la docimasia y metalurgia, comprendiendo en lo posible los métodos prácticos nacionales y extranjeros, delineación e inglés (**).
- Apartador de oro y plata:** la carrera de ensayador y, después, práctica en cualquier oficina de apartado.
- Beneficiador de metales:** la carrera de agrimensor y la del ensayador. Después, la práctica que se efectuaría en el laboratorio del Colegio y también en la Escuela práctica de Guanajuato.
- Ingeniero de minas:** la carrera de beneficiador. Después mineralogía, geología, explotación de minas e idioma alemán. Práctica de mecánica aplicada a la minería y análisis químico en el Colegio. También en la escuela práctica de Guanajuato y en cualquier otro mineral acreditado.
- [Ingeniero] geógrafo:** la carrera de agrimensor. Después, cosmografía, geodesia, uranografía y geografía (***) .
- Naturalista:** la carrera del ingeniero de minas. Después la botánica y la zoología

(*) La práctica de ésta carrera la harían los alumnos "en el lugar más conveniente, bajo la dirección del respectivo profesor de matemáticas, y al fin del tercer año" (art.3).

(**) La práctica de esta carrera, se haría en oficinas de ensaye y en el laboratorio del Colegio, dedicándose al análisis químico.

(***) Los dos últimos años de la carrera, se dedicarían a las prácticas "con los ingenieros geógrafos del gobierno, en clase de agregados a las comisiones que desempeñan dichos oficiales" (art.8).

Fuente: Diario del Gobierno de la República Mexicana.
 Mexico, sábado 7 de octubre de 1843. T.XXVII. Núm.3023.
 art.1. p.149.

Los estudiantes que optaran por la profesión de ingeniero geógrafo debían cursar, después de los tres años preparatorios y uno de agrimensor: cosmografía, geodesia, uranografía y geografía en el quinto y sexto año. Los dos siguientes años y últimos de la carrera, se dedicarían a las prácticas "con los ingenieros geógrafos del gobierno, en

clase de agregados a las comisiones que desempeñan dichos oficiales" (art.8).

El examen profesional de la ingeniería geográfica lo efectuarían los profesores de geografía, geodesia, física y los dos de matemáticas (art.10). El título sería expedido por el director del Colegio, "como presidente de la junta facultativa, y ser[ían] autorizados con la firma del secretario de la misma junta" (art.11).

El proyecto aclaraba que la cátedra de cosmografía y delineación, ya establecida, se dividiría en dos. La una sería de cosmografía, geodesia y uranografía y la otra de delineación (art.15). También se especificaban las cantidades asignadas a cada materia que fuera impartida por los catedráticos del Colegio y, puesto que los gastos del plantel se incrementarían, se dispuso que se proporcionarían 2,000 pesos mensuales del fondo del azogue (art.25).

Fue restringido el número de alumnos que el Colegio tendría en calidad de dotación, de 25 a 10. Otros 30 se mantendrían de media dotación, es decir sólo tendrían derecho a los "alimentos necesarios durante su permanencia en el Colegio" (art.23).

De acuerdo con el artículo 27 del proyecto, el 29 de diciembre de 1843, el director del Colegio presentó el reglamento del Colegio de Minería al presidente interino, general Valentín Canalizo. El reglamento se dividía en 15 capítulos, con los que se regularía el funcionamiento, trabajo y actividades internas del Colegio desde la dirección hasta los empleados.⁸⁰

En el capítulo XI aparece la distribución de horas y de las cátedras. El día escolar comenzaba con estudios, antes del desayuno, a las seis de la mañana y terminaba a las nueve y media de la noche con el té y los estudios voluntarios (art.39).

Las cátedras serían impartidas en las mañanas, con excepción de la de dibujo, delineación, geología, geografía y zoología que se impartirían de dos a tres y media de la tarde y los idiomas de seis y media a ocho de la noche. En el caso de la geodesia, materia especialmente diseñada para el ingeniero geógrafo, el profesor de la materia de acuerdo con el director, fijaría las horas en que debían realizarse las observaciones astronómicas (art.44).

De esta forma los estudios profesionales se ofrecían en los colegios y no en las universidades, pues a pesar de la presión liberal para suprimir la Universidad, el gobierno reaccionario en el poder no quiso eliminarla

⁸⁰ *Diario del Gobierno de la República Mexicana*. Mexico, domingo 31 de diciembre de 1843. T.XXVII. Núm.3173. p.489-491.

...porque pertenecen a ella multitud de individuos que han recibido, como el fruto de sus tareas, los grados y distinciones que allí se conceden, y sería la mayor injusticia arrebatárles esa ilusión con que se hallan contentos. Lejos de eso, ha subsistido como estaba, y se ha dejado abierta la puerta para que todos los que quieran se le puedan incorporar recibiendo sus grados y aceptando los honores y distinciones que se les conservan.⁸¹

A la administración de Santa Anna no le fue ajena la organización de los establecimientos educativos europeos. Contaba con información precisa sobre su existencia. El ministro Baranda escribió:

sabemos lo que allí se enseña, y los métodos y los autores; andan en nuestras manos obras en que no sólo se explica el estado de los estudios sino que, así como manifiestan sus ventajas, hacen ver los defectos y el modo de perfeccionar cuanto existe.⁸²

Sin duda, la educación europea nada dejaba que desear. Sin embargo, el contexto de la sociedad mexicana modificaba cualquier plan que se intentase adoptar pues

...era muy diversa la situación de la República porque debía contarse con lo que teníamos, apreciarse lo bueno que contenía, saberlo aprovechar y hacerlo formar un todo con el plan general que se adaptase.⁸³

Al factor económico que imposibilitaba la operatividad de cualquiera de los proyectos presentados, seguía la larga inestabilidad y pugna política sobre el modo en que el país sería gobernado. Todo ello repercutía también en la educación superior.

El ministro Baranda perfiló con toda claridad el problema que arrastraba el Estado en su administración que, en el caso de la educación provenía de los últimos veinte años:

De las empresas que nos han ocurrido no ha dejado de sucedernos en algunas de ellas el dividirlas en dos partes: la una era destruir lo anterior, y la otra edificar lo nuevo; la primera parte era demasiado fácil de ejecutarse perfectamente; la segunda tenía algo más que hacer, y solía quedarse sin efecto; con lo cual se

⁸¹ Baranda, Manuel. "Memoria del Secretario de Estado y del Despacho de Justicia e Instrucción Pública a las Cámaras del Congreso Nacional de la República Mexicana, en enero de 1844", en Staples, Anne (ant.). *Educación: panacea del México independiente*. SEP. México. 1985. p.131.

⁸² *Ibidem*. p.122.

⁸³ *Ibidem*. p.123.

carecía de lo que se destruyó y no se alcanzaba lograr lo proyectado.⁸⁴

Esta situación había influido poderosamente sobre las propuestas para impulsar la educación superior, pues los planes de los liberales no podían construir, sin recibir la crítica de destruir lo anterior. En el plan de 1843

...la primera idea del Gobierno fue el hacer esa difícil combinación; mas apenas entrevió que era posible, se decidió a ello y, sobre este principio, hizo sentar la marcha del proyecto.

De este modo se explica como la administración de la segunda república central decidió "combinar" lo que con anterioridad se había presentado separado. El plan de 1843, anotó O'Gorman, admitía una coexistencia de la metafísica, la filosofía y la teología al lado de las ciencias.⁸⁵

Los proyectos para la educación superior habían oscilado entre la Universidad y la creación de nuevas escuelas, como las de ingeniería. Con el plan de 1843, la ingeniería tuvo cabida no en una escuela nueva, tampoco en la Universidad que no tenía alumnos y "únicamente examinaba y expedía los grados académicos", sino en la adaptación de un plantel ya existente en la capital.

El gobierno dispuso que el Colegio de Minería quedase "montado" conforme al proyecto de su director y la legislación que le respaldaba. Además de su funcionamiento, se pidió que se arreglara el laboratorio de química y el gabinete de física y también se mando traer de Europa "una sobresaliente colección de instrumentos".⁸⁶

El plan de 1843 permaneció vigente hasta 1854. En agosto de 1846 se restableció la república federal. La pasada administración pública había dejado una caótica situación. A la que se suma la invasión norteamericana y la enorme pérdida de más de la mitad del territorio nacional. Apenas comenzaba la organización de la nación bajo la idea republicana de federación, cuando en 1853 se restableció el centralismo, encabezado por el indispensable Santa Anna.

b) la ingeniería geográfica en el plan educativo de 1854

La guerra con los Estados Unidos y los resultados aciagos que registra la historia del país de esa época, había dejado experiencias a los militares comandados por Santa Anna. Nuevamente en el poder a partir del 20 de abril de 1853, la república centralista incrementó su atención a la educación

⁸⁴ *Ibidem.*

⁸⁵ O'Gorman, Edmundo. "Justo Sierra...". op. cit. p.158-160.

⁸⁶ Baranda, Manuel. op. cit. p.132.

militar, en especial la formación de cuadros profesionales altamente calificados.⁸⁷

También en tiempos del régimen de la república centralista, los conservadores dieron a conocer el décimo plan general de estudios. El 19 de diciembre de 1854 fue publicado el plan, firmado por el presidente Santa Anna.⁸⁸ Otro decreto del 13 de junio de 1855, completaba el plan, con un reglamento para la organización de los estudios en el país.⁸⁹ Ambos documentos fueron creados por el ministro de Justicia, Negocios Eclesiásticos e Instrucción Pública, Teodosio Lares.

El plan del ala conservadora de 1854, volvía a organizar la educación superior semejante al plan de 1834, es decir a las facultades (art.1). Cuatro fueron éstas a saber: Filosofía, Medicina, Jurisprudencia y Teología (art.15). Los estudios en cada facultad se dividirían en tres períodos, que corresponderían a tres grados académicos, que eran: bachiller, licenciado y doctor (art.16).

La ley señalaba estudios de preparatoria, que precedían los profesionales, con duración de seis años, de dos períodos de tres años cada uno. En la facultad de Filosofía existirían las secciones de literatura, ciencias físico-matemáticas y ciencias naturales (art.17).

Cuadro 10

Facultad de Filosofía. Sección de ciencias físico-matemáticas: grados y cátedras, plan de 1854

Bachiller. Duración dos años: primero y segundo curso de matemáticas puras.

Licenciado. Duración dos años: primer año: mecánica racional e industrial. Topografía y geodesia. Segundo año: física experimental. Geografía. Astronomía teórico-práctica.

Doctor. Duración dos años: práctica de topografía, de geodesia y de astronomía.

Fuente: Plan general de estudios, en Dublán, Manuel y José María Lozano. op. cit. T.VII. art. 20. p.345-346.

Las materias que impartiría la sección de ciencias físico-matemáticas, señalan una semejanza con el plan de 1843. En

⁸⁷ El 24 de diciembre de 1853, Santa Anna emitió el decreto que contenía el *Reglamento del Colegio Militar*. Los artículos 114 al 116, tenían la finalidad de formar jóvenes ingenieros en un periodo de 8 años, divididos en cursos de 3, 3 y 2 años respectivamente. Dublán, Manuel y José María Lozano. op. cit. T.VI. p.877-878.

⁸⁸ Dublán, Manuel y José María Lozano. op. cit. T.VII. pp.344-369.

⁸⁹ *Ibidem*. p.493-518.

el plan de 1854 coexisten elementos religiosos y científicos. De particular interés para el tema de la ingeniería geográfica, pues al parecer, ésta sección pasaría a ocuparse de la formación teórica y práctica de profesionistas expertos en el diseño y ejecución de mapas.

Hacia mediados del siglo XIX, todo parece indicar que los intereses de la política conservadora por impulsar la formación de profesionales especializados, entre ellos los ingenieros geógrafos, alcanzaron una similitud con los de los liberales. En esencia, la educación superior "para los primeros era condición de progreso económico y para los segundos requisito de evolución política".⁹⁰ Desacuerdo político que procedía de muchos años atrás.

De acuerdo con el artículo 174 del plan general de estudios, el presidente Santa Anna, aprobó el Reglamento general de estudios, con lo que quedaba arreglado el sistema educativo nacional. Según el reglamento, la sección físico-matemática quedaba con sede en el Colegio de Minería (art.20).

Cuadro 11
Cátedras del bachiller, de las secciones de físico-matemáticas y de ciencias naturales, Reglamento de 1854

Primer año: aritmética, álgebra, geometría elemental, aplicaciones de la álgebra a la geometría y trigonometría.

Segundo año: geometría descriptiva, geometría analítica, cálculo diferencial y cálculo integral.

Fuente: Reglamento general de estudios, en Dublán, Manuel y Jose María Lozano. op. cit. T.VII. art. 18 y 19. p.495-496.

Desde el punto de vista de los conservadores, ya era tradición eliminar a la ingeniería y sus ramas de especialización. En el plan de educación de 1854, evidentemente no había ninguna referencia sobre la creación de nuevas escuelas superiores, como las de ingeniería. En su lugar, se volvía a la organización de la Universidad, encargada de otorgar los grados respectivos. En el plan, la Universidad resurgía con fuerza pues tenía asignada, además de la administración, incluso económica, la organización de la educación secundaria y de las facultades (art.164).

La crítica liberal hacia el plan educativo conservador de 1854, no tardó en darse a conocer. A fines de 1855, una serie de artículos publicados por la editorial del periódico *El siglo diez y nueve*, rechazaba el plan de 1854. Se criticaba principalmente el monopolio de la educación y el

⁹⁰ Valadéz, Diego. *El derecho académico en México*. U.N.A.M. México. 1987. p.69.

regreso de la Universidad con funciones administrativas y organizativas de la educación pública.⁹¹

La revolución de Ayutla puso fin al régimen centralista de Santa Anna. De igual forma, significó la desaparición de la Universidad. El plan de 1854 fue derogado, para seguir la vigencia el plan de 1843. En el arreglo de la educación, la prensa liberal emitía su opinión para apoyar la instrucción elemental o primera, pues fue considerada como "la base más sólida, el cimiento más indispensable de todo sistema democrático".⁹²

En opinión del prestigioso periódico *El siglo diez y nueve*, la atención debía concentrarse en la educación primaria y en su generalización por parte del gobierno. Para la editorial "la bondad de la instrucción, cuando se trata del pueblo, consiste en huir de los extremos: ni conviene dejarlo sumido en una ignorancia degradante, ni convendrá tampoco elevar sus conocimientos a una altura reservada a cierto número de individuos".⁹³

De este modo, la discusión por la educación no sólo era en el plano superior, sino también entre los distintos niveles educativos. Ante el encuentro de opiniones, el Estado trató de no descuidar el conjunto de la educación.

c) la ingeniería geográfica en el plan educativo de 1859

Las reformas liberales habían culminado con la jura de la Constitución el 5 de febrero de 1857 y el inicio de la tercera república federal. El artículo 30. anunciaba únicamente la libertad de la enseñanza; una ley determinaría los requisitos y qué profesiones requerían título para su ejercicio.⁹⁴ Se dejaba en libertad para ejercer cualquier profesión "útil y honesta", con beneficios personales.

En septiembre de 1857, durante la presidencia del general Ignacio Comonfort, quedó suprimida la Universidad y lo que ella representaba. Poco duró la orden, pues el bando conservador dio un golpe de Estado. El general Félix Zuloaga, eliminó el decreto de Comonfort y revivió a la Universidad en abril de 1858.⁹⁵

La reacción conservadora frente a las disposiciones de la Constitución de 1857, originó la Guerra de los Tres años de 1858 a 1860 y la coexistencia de dos gobiernos: el liberal en provincia y el conservador en la capital. En esos años, con el apoyo del gobierno de Zuloaga fue nombrado como

⁹¹ *El siglo diez y nueve*, México, lunes 17 de septiembre de 1855. T.IX. No.2456. p.1.

⁹² *El siglo diez y nueve*, México, lunes 26 de noviembre de 1855. T.IX. No.2525. p.1.

⁹³ *Ibidem*.

⁹⁴ Tena Ramírez, Felipe. *op. cit.* p.607.

⁹⁵ O'Gorman, Edmundo. "Justo Sierra...". *op. cit.* p.164-167.

director del Colegio de Minería, el ingeniero Joaquín Velázquez de León, en sustitución del ingeniero Blas Balcárcel. Igualmente, por iniciativa de los profesores del plantel, el ministro de Fomento José M. Zaldívar recibió un proyecto para el arreglo de los estudios profesionales.

El 20 de diciembre de 1858 fue aprobado el plan, por el presidente provisional Zuloaga. El plan tenía 41 artículos, que organizaba los estudios profesionales de cinco carreras, a saber: ingeniero de minas, beneficiador de metales, ingeniero topógrafo o agrimensor, ingeniero geógrafo y ensayador apartador (art.1).⁹⁶

Cuadro 12
Estudios profesionales y cátedras del Colegio Nacional de Minería, plan de 1858

Ingeniero de minas. Primer año: primer curso de matemáticas (álgebra, geometría, aplicación del álgebra a la geometría, trigonometría plana), dibujo natural, francés y religión.
Segundo año: segundo año de matemáticas (trigonometría esférica, geometría analítica, series y cálculo diferencial e integral), geometría descriptiva, dibujo de paisaje e inglés.
Tercer año: Mecánica racional e industrial, topografía y geodesia, dibujo lineal e inglés.
Cuarto año: Física, astronomía, dibujo lineal e inglés.
Quinto año: Química general y docimacia, botánica, zoología y anatomía comparada y alemán.
Sexto año: Mineralogía, geología y paleontología.
Séptimo y octavo año: Instrucción especial y práctica en la Escuela de Aplicación de Fresnillo.

Beneficiador de metales. Los seis primeros años del ingeniero de minas; práctica en la Escuela de Aplicación de Fresnillo y análisis químico.

Agrimensor o ingeniero topógrafo. Seguiría los estudios de una ley especial.

Ingeniero geógrafo. Los primeros cuatro años del ingeniero de minas y después, un año de práctica (art.5).

Ensayador apartador. Un año: matemáticas, física, química, docimacia y tres meses de práctica en las oficinas de ensaye y apartado nacionales, aún cuando estuvieran contratadas por el gobierno a particulares o compañías.

Fuente: *Diario Oficial del Supremo Gobierno*. México, sábado 5 de febrero de 1859. Vol.I. Núm.340. p.

⁹⁶ *Diario Oficial del Supremo Gobierno*. México, sábado 5 de febrero de 1859. Vol.I. Núm.340. p.1.

El plan tenía la originalidad propia del régimen conservador, pues además de fijar la existencia de un director "nombrado por el gobierno" (art.13), fue introducida la figura del rector eclesiástico, "para cuidar única y exclusivamente de la educación moral, religiosa y civil de los alumnos" (art.19).

De esa forma se volvía a la fórmula de la coexistencia de elementos provenientes de la teología y de las ciencias, dentro de la administración escolar del Colegio de Minería. Sobresale el hecho de que regresaban con mayor presencia al plantel, la ingeniería, pero con sólo dos especialidades: las del ramo minero y la geográfica.

El plan no entró en vigencia, pues al desaparecer el gobierno ilegal que lo proponía, se eliminó aquél. Sin embargo, parece conveniente distinguir que, hasta mediados del siglo pasado, la política educativa de los conservadores se fue transformando poco a poco, hasta introducir en los estudios profesionales a la ingeniería en el plantel de Minería. El caso de la ingeniería geográfica resulta representativa, pues aún teniendo remotos orígenes desde los planes de 1823 y 1826, sólo quedó incorporada en los planes educativos de 1843, 1854 y 1859.

4. La ingeniería geográfica en el período de 1861-1867

El gobierno liberal se instaló nuevamente en la capital, a partir de enero de 1861. Benito Juárez, como presidente interino restableció la vigencia de la Constitución de 1857.

Al siguiente mes de entrar a la capital, el presidente Juárez dispuso arreglos a la educación pública. La Universidad regresaba al estado que tenía en el gobierno de Comonfort. El 18 de febrero, ordenó que la educación pública fuera atendida por el Ministerio de Justicia y el 15 de abril aprobó el decreto que arreglaba la educación nacional.⁹⁷

El decreto del 15 de abril dio a conocer el undécimo proyecto educativo del país. El plan contiene 69 artículos. Se establecía en el Distrito Federal una escuela de estudios preparatorios y escuelas especiales de minas, artes, agricultura, bellas artes y comercio (art.6).

Aparecía, como novedad una Escuela de Minas, en donde los estudios durarían ocho años y comprenderían las profesiones de minero, beneficiador de metales, ensayador, apartador y topógrafo (art.6).

El plan no especificaba las materias para cada profesión, pero por las cátedras contenidas, se observa que el gobierno estaba decidido a impulsar, por medio de la Escuela de

⁹⁷ Dublán, Manuel y Jose María Lozano. *op. cit.* T.IX. p.85-86 y p.150-158.

Minas, un modelo educativo profesional que únicamente giraba en torno a la actividad minera.

Cuadro 13

Cátedras de la Escuela de Minas, plan de 1861

- Primer año: aritmética razonada y álgebra, dibujo natural e idioma francés.
- Segundo año: geometría, trigonometría plana, geometría descriptiva, aplicación del álgebra a la geometría, dibujo de paisaje e idioma francés.
- Tercer año: geometría analítica, trigonometría esférica, series, cálculo infinitesimal, dibujo lineal e idioma inglés.
- Cuarto año: mecánica racional y aplicada a la industria, especialmente a la minería, topografía y geodesia, dibujo lineal e idioma francés.
- Quinto año: física, geografía astronómica, astronomía práctica, dibujo lineal, e idioma inglés.
- Sexto año: química, dosimacia, análisis químico, metalurgia.
- Séptimo año: mineralogía, geología, paleontología e idioma alemán.
- Octavo año: laboreo de minas teórico-práctico, principios de construcción y práctica de metalurgia.

Los alumnos de la Escuela de Minas, durante los nueve meses últimos del octavo año, harían su práctica en la Escuela de Pachuca.

Fuente: Decreto del gobierno sobre arreglo de la instrucción pública, en Dublán, Manuel y Jose María Lozano. op. cit. T.IX. art. 25. p.153-154.

Los estudios profesionales recibieron, de esa forma, amplia influencia teórica y práctica, de la explotación de minas y la metalurgia (art.9). Se invertiría, de ese modo, en conocimientos tecno-científicos que rindieran beneficios económicos directamente de las minas productivas. En resumen, el gobierno concentraba sus recursos académicos en la formación de expertos mineros.

A diferencia del plan de 1859, predominaba como único criterio el minero para apoyar una escuela profesional, como la de Minas, lo que afectaba la existencia de otras especialidades de la ingeniería, entre ellas la geográfica.

La terminación de la guerra civil, no aseguraba la estabilidad política para los liberales, que trataron de organizar el gobierno del país, de acuerdo a la ley de 1857. Unos años después, regresaron los conservadores con ayuda militar externa. El gobierno republicano debió salir de la capital, frente a la intervención del ejército francés. La reacción había ofrecido a Maximiliano de Habsburgo la conducción del país. En junio de 1864 se iniciaba el periodo del Imperio mexicano.

Entre el grupo de liberales moderados, como Manuel Payno, Manuel Riva Palacio, Ezequiel Montes, José María Lafragua o José Fernando Ramírez, el abogado de Guanajuato Manuel Siliceo, había mantenido una activa participación política a mediados del siglo XIX. En el Imperio, pasó a formar parte del Consejo de Gobierno y desempeñó el cargo de ministro de instrucción pública.

El tema de la educación fue atendido por Maximiliano. El 11 de junio de 1865, el emperador dirigió una carta al ministro Siliceo, donde le indicaba su voluntad para que la instrucción pública fuera completamente reorganizada y le apuntaba una serie de "principios" sobre los cuales debía presentar un plan general de instrucción.⁹⁸

Siliceo procedió a redactar el plan, conforme a lo ordenado por el emperador para poner al Imperio mexicano "al lado de las primeras naciones". En una exposición, el ministro le describió el contenido del nuevo plan a Maximiliano. La exposición abre con un breve recuento de los intentos para reorganizar la educación después de la independencia.

En opinión de Siliceo, la herencia virreinal influyó negativamente en las ideas educativas al iniciar la vida independiente, pues se trató de establecer las carreras del antiguo régimen como la de derecho, la eclesiástica, la médica y la del minero. Sólo que las dos últimas requirían profesores hábiles y gastos muy considerables de instalación, "para hacer los estudios del médico y del ingeniero con verdadero aprovechamiento".

En seguida, pasó Siliceo a describir las partes que integraban su plan. Advierte al emperador de que la educación de México necesitaba "uniformarse y perfeccionarse" y, lo más importante, contar con "fondos cuantiosos, y hacer que se cumplan sin consideración las prescripciones legales".⁹⁹

El plan de Siliceo contenía 44 artículos, en los que se ocupaba de la organización de la educación en todos los niveles, desde la primaria, la secundaria o preparatoria y la profesional o superior. Propuso la fundación de liceos, colegios y escuelas politécnicas, ésta última "preparatoria para diversas carreras profesionales".

En cuanto a la educación profesional, el plan integraba carreras de las ciencias filosófico-morales, las físico-matemáticas, las naturales y las de aplicación. Las especialidades de la ingeniería volvían a tener una crecida presencia en el proyecto de Siliceo, a saber: de caminos y

⁹⁸ El Diario del Imperio. México, miércoles 14 de junio de 1865. T.I. Núm. 136. p.557.

⁹⁹ El Diario del Imperio. México, martes 18 de julio de 1865. T.II. Núm. 164. p.57-60.

canales; de minas; mecánica; geográfica; militar e industrial. 100

El proyecto incluía la parte de los cursos, exámenes, grados, títulos profesionales y reglamento interior de cada plantel. Se anunciaba el establecimiento del observatorio astronómico y otro meteorológico, bibliotecas, museos y jardín botánico.

Una vez que el emperador se "dignara" aprobar el proyecto, se entraba a la parte más difícil: su operación. El plan exigía "fondos muy cuantiosos para la instalación, conservación y perfeccionamiento de varias escuelas profesionales...".

Mientras eso sucedía y para que se iniciaran los cursos a partir de 1866, Siliceo propuso que en la Escuela de Minas, se estableciera la escuela politécnica y las profesiones del ingeniero geógrafo, de minas y mecánico, además de un liceo. Otras carreras se establecerían en la Academia de San Carlos, en San Ildefonso y en San Juan de Letrán.

El proyecto de Siliceo no suprimía la Universidad, pero le daba un cambio profundo en su organización, pues pasaría a formar un "cuerpo propiamente docente", que prestaría "grandes servicios a la instrucción pública". El proyecto señalaba que las otras escuelas profesionales podían establecerse en nuevos edificios o adaptar algunos conventos como el de la Encarnación o la Esperanza, entre otros.

El proyecto también apuntaba una parte económica. El presupuesto estimado por Siliceo para poner en marcha el plan educativo del imperio, ascendió a dos millones de pesos. Estos fondos, propuso, procederían de las operaciones de bienes nacionalizados que efectuaba el régimen.

El plan de Siliceo no se publicó ni tampoco se aprobó, pero como proyecto educativo mantiene un interés especial por el impulso que otorgaba a la ingeniería de México. Evidentemente tenía semejanza con los planes de 1823 y 1826 y refleja la influencia francesa en la organización y contenidos educativos con la fundación de la escuela politécnica, de liceos y colegios, y sobre todo, que expresaba la iniciativa de construir nuevas escuelas profesionales y el establecimiento de las especialidades de la ingeniería.

Por encima de las dificultades económicas prevaletientes para apoyar un plan como el de Siliceo, es interesante mostrar que, con los recursos existentes en ese momento, se pensó en tres especialidades para iniciar los cursos profesionales del Imperio: ingeniería geográfica, de minas, y mecánica.

Unos meses después de presentar la exposición, Maximiliano aceptó la renuncia de Siliceo, y designó como sucesor a Francisco Artigas, con la esperanza de que siguiera sus ideas educativas.¹⁰¹

El nuevo ministro de instrucción pública preparó el nuevo plan educativo, el décimo segundo plan educativo del país y segundo del Imperio. Por decreto del 27 de diciembre de 1865 Maximiliano le dio a conocer. El plan se componía de 172 artículos e introducía parcialmente algunas ideas del anterior.¹⁰²

La educación se dividió en primaria, secundaria, superior de facultades y los estudios especiales (art.1). La educación superior tenía dos tipos de carrera: literaria y práctica (art.141). La primera se estudiaría en escuelas especiales y se fijaron tres de ellas: derecho, medicina y filosofía (art.142). La segunda se estudiaría en escuelas especiales, de las que propuso tres: militar, minas y politécnica (art.143).

En la escuela militar se formarían los militares facultativos y de armas especiales; en la de minas los ingenieros de minas teórico-prácticos y en la politécnica los ingenieros mecánicos, topógrafos o agrimensores y civiles (art.143).

Para ingresar a cursar alguna carrera práctica, los alumnos debían proceder del Liceo y del Colegio de Artes, para asistir a las escuelas especiales creadas o por crear (art.155.III). El plan reconocía la organización de la Escuela de Minas del plan de 1861 (art.144).

Artigas se cuidó de no criticar la educación colonial, ni mencionar los anteriores planes educativos; nada escribió de reactivar a la Universidad, tampoco recurrió a la propiedad eclesiástica para proporcionarse inmuebles de las nuevas escuelas, en su lugar se disponía que se adaptasen los edificios de San Ildefonso y de San Juan de Letrán (art.167); sólo se prohibieron los rezos y misas diarias en los establecimientos (art.165) y en cuanto a los fondos se fijaría su origen con una ley especial (art.170).

En resumen, el plan de 1865 presentaba un panorama menos ambicioso para organizar la educación del Imperio que el de Siliceo y fijaba metas con mayor posibilidad de operación, pues no pedía grandes gastos. El plan contenía la idea de crear nuevas escuelas y, mientras tanto, proponía adaptar lo existente y disponible.

En cuanto a la educación superior, modificaba lo dispuesto anteriormente para las ingenierías. Se mantenían las

¹⁰¹ *El Diario del Imperio*. México, jueves 19 de octubre de 1865. T.II. Núm. 242. p.389.

¹⁰² Talavera, Abraham. op. cit. T.II. p.137-181.

especialidades de minas y mecánicos; eliminaba la ingeniería geográfica e introducía la civil y la topográfica. Impulsar ésta última, tendría un costo académico y económico menor y, socialmente, unas aplicaciones particulares, un tanto más restringidas en los alcances y resultados prácticos.

El plan de 1865, quedó sin vigencia cuando fue derrumbado el régimen monárquico que lo promovió. En junio de 1867 Juárez y el partido liberal regresaban a la Ciudad de México. Se restauraba la república y la Constitución de 1857. En los siguientes meses, el ejecutivo dispuso la reorganización del acontecer nacional y con ello la educación nacional.

5. La ingeniería geográfica en el período de 1867-1881

Con la restauración de la república y de la Constitución de 1857 comenzó una nueva fase en la vida nacional y una reorganización en todas direcciones.

El liberalismo ideológico se transformó en práctica política. Había llegado el momento de traducir la utopía tecnológica de los liberales para crear instituciones de educación superior, como la de ingenieros.

Una utopía que se había postergado por cerca de medio siglo, ante la inestabilidad política anterior. El liberalismo adquirió, definitivamente, "los instrumentos institucionales para sus designios de política educativa".¹⁰³

El presidente Benito Juárez pidió al ministro de justicia e instrucción pública Antonio Martínez de Castro, preparar los arreglos que requería la educación del país. El ministro convocó a una comisión, integrada por Pedro Contreras Elizalde, Ignacio Alvarado, Eulalio María Ortega, José y Francisco Díaz Covarrubias, y Gabino Barreda, para redactar un proyecto educativo, con alcances nacionales.¹⁰⁴

La comisión preparó el décimo tercer plan educativo del país. El 2 de diciembre de 1867 la ley orgánica de instrucción pública quedó lista.¹⁰⁵ El documento tenía 92 artículos. La educación se dividía en primaria y secundaria. A ésta última pertenecía la educación y formación profesional de los ingenieros del país.

Uno de los aspectos más importantes del nuevo plan, fue la eliminación de la organización ascensional de las especialidades de la ingeniería. En su lugar, los alumnos pasarían por la escuela preparatoria, donde además de

¹⁰³ Talavera, Abraham. *op. cit.* T.II. p.48.

¹⁰⁴ Meneses Morales, Ernesto. *et al. op. cit.* p.167 y ss.

¹⁰⁵ Dublán, Manuel y Jose María Lozano. *op. cit.* T.X. Ley orgánica de instrucción pública. p.193-205.

estudiar los preliminares a las escuelas profesionales, recibirían una educación uniforme.

La educación media fue impulsada con la creación y fundación de la Escuela de Estudios Preparatorios, después Escuela Nacional Preparatoria. Gabino Barreda (1818-1881) fue su principal promotor, consiguió no sólo su creación y gestación, sino la operación en muy poco tiempo. El nuevo plantel abrió sus puertas el 3 de febrero de 1868, en el edificio de la antigua Compañía de Jesús: San Ildefonso.¹⁰⁶

Cuadro 14

Estudios profesionales y cátedras de la Escuela Nacional de Ingenieros, plan de 1867

-
- Ingenieros de minas: mecánica aplicada especialmente a las minas y a la construcción, topografía, química aplicada, análisis químico, mineralogía, metalurgia, geología, paleontología, botánica y zoología, pozos artesianos, ordenanzas de minería, práctica de minas.
- Ingenieros mecánicos: mecánica aplicada con toda extensión, comprendiendo resistencia de materiales, construcción de máquinas, establecimiento de motores, etc. Dibujo lineal, especialmente aplicado a las máquinas y práctica.
- Ingenieros civiles: mecánica aplicada a las construcciones, estudio especial de los materiales de construcción, dibujo arquitectónico, que comprenda todos los estilos, composición de edificios, historia de la arquitectura, caminos comunes y caminos de fierro, construcción de puentes y canales y práctica.
- Ingenieros topógrafos e hidromensores: topografía en toda extensión, dibujo topográfico, hidráulica, geodesia, elementos de astronomía práctica, ordenanzas de tierras y aguas, y práctica.
- Ingenieros geógrafos e hidrógrafos: topografía y geodesia en toda extensión, cálculo de las probabilidades aplicada a las ciencias de la observación, astronomía en toda extensión, hidrografía y física del globo, dibujo topográfico y geográfico, práctica astronómica en observatorio.
-

Fuente: Ley orgánica de instrucción pública, en Dublán, Manuel y Jose María Lozano. op. cit. T.X. art.12. p.195.

El plantel comenzó su vida académica con 900 alumnos y se mantuvo con un promedio de 600 a 700 estudiantes y 26 profesores responsables de las cátedras. No debe olvidarse que el Colegio Militar era una competencia en ese momento. La población estudiantil fue potencialmente candidata a

¹⁰⁶ Lemoine, Ernesto. *La Escuela Nacional Preparatoria en el periodo de Gabino Barreda 1867-1878*. U.N.A.M. 1970. Lemoine describió el edificio: una "enorme mansión de tres patios y tres plantas sólida y elegante, de cantera gris y tezontle rubio, ejemplar magnífico de un estilo barroco". p.48.

estudiar las áreas previas para ingresar en las escuelas profesionales de Jurisprudencia, Medicina e Ingeniería.

La Escuela de Ingenieros, entonces nacional, abrió los cursos con cinco especialidades de la ingeniería, a saber: de minas, mecánica, civil, topográfica e hidromensura y geográfica e hidrografía.¹⁰⁷

Los artículos 31 al 35 señalaban los requisitos para obtener los títulos de cada especialidad. Para obtener el título de ingeniero geógrafo e hidrógrafo, se debía tener aprobados los cursos preparatorios y los profesionales (art.35). Cada escuela quedaba en libertad de arreglar las materias para verificar en un evento, los exámenes parciales (art.21).

La ley creaba una junta directiva de la instrucción primaria y secundaria (art.53). La junta la integraron los directores de las escuelas especiales, de la preparatoria y un profesor por escuela (art.54). El presidente de la junta sería el ministro de instrucción pública (art.56).

La junta serviría como enlace entre el gobierno y cada escuela, pues tenía la responsabilidad de presentar a aquel los libros de cada materia por escuelas; dirigir informes anuales al gobierno, del estado que guardaba la educación; nombrar a uno de sus miembros para que presida y autorice las oposiciones de cada cátedra; revisar la documentación de los interesados a presentar examen profesional de cada especialidad; otorgar los títulos profesionales, firmados por el ministro de instrucción pública y el secretario; revisar y aprobar los reglamentos internos de cada establecimiento; proponer candidatos a las becas; nombrar miembros para comisiones que visiten los establecimientos educativos; revisar los presupuestos de cada establecimiento educativo y científico; y proponer al gobierno los catedráticos propietarios y adjuntos (art.58).

Los fondos de la educación pública procederían del gobierno federal, a través de varias fuentes: impuestos, bienes, productos y pensiones (art.69).

El 24 de enero de 1868 se dio a conocer el reglamento, que completaba la ley de instrucción pública.¹⁰⁸ El documento regulaba la actividad académica de cada establecimiento de educación en todos los niveles de enseñanza.

Para ingresar a la escuela preparatoria se requería presentar un certificado de un profesor público de primeras letras, señalando la aptitud del alumno para: lectura, escritura, elementos de gramática castellana, estilo epistolar, aritmética, sistema métrico decimal, moral,

¹⁰⁷ Dublán, Manuel y Jose María Lozano. op. cit. T.X. p.195.

¹⁰⁸ *Ibidem*. Reglamento de la ley orgánica de Instrucción pública. p.242-254.

urbanidad, nociones de derecho constitucional, rudimentos de historia y de geografía ó sujetarse a un examen de éstas materias (art.11).

Cuadro 15

Preparatoria para los ingenieros, reglamento de 1868

Primer año: aritmética, álgebra y geometría, gramática española, francés y taquigrafía.

Segundo año: trigonometría (por el método analítico), concluyendo con nociones de cálculo infinitesimal, cosmografía, precedida de las nociones de mecánica racional, geografía, raíces griegas, primer año de inglés.

Tercer año: física, cronología e historia, literatura, teneduría de libros, segundo año de inglés, primero de alemán.

Cuarto año: química, historia natural, lógica, ideología, moral, gramática general, segundo año de alemán.

Todos los alumnos estudiarían diariamente las cátedras de dibujo lineal, figura y paisaje, debiendo durar éstos cursos el tiempo necesario de acuerdo con el criterio del profesor y la aptitud del alumno (art.16).

Fuente: Reglamento de la ley orgánica de instrucción pública, en Dublán, Manuel y Jose María Lozano. *op. cit.* T.X. art. 15. p.244-245.

El reglamento señalaba la participación de los municipios y ayuntamientos en la educación primaria (arts.1 al 8). También los estudios de primeras letras, secundaria y preparatoria (arts.9 al 11), los previos a las profesiones (art.12 al 16), los estudios profesionales, incluyendo los arquitectos (arts.17 al 31). El reglamento fijaba estudios preparatorios especiales para cada profesión (art.12 al 15).

La duración de los estudios profesionales de los ingenieros, quedaron fijados en el reglamento como sigue: de minas: 4 años; ensayadores y apartadores: 2 años; beneficiadores de metales: 3 años; mecánicos: 2 años; civiles: 3 años; topógrafos: 2 años; y geógrafos e hidrógrafos: 3 años (arts.20 al 26).

Otras disposiciones del reglamento se dirigieron para el funcionamiento de la Escuela de Bellas Artes, de Comercio y Música, y Artes y Oficios (arts. 29 al 44). Sobre las inscripciones, exámenes, profesorado y premios (arts. 45 al 62). El plan permitía a los alumnos más sobresalientes de cada escuela, aspirar a una beca en el extranjero, para que consiguieran "perfeccionarse en los estudios prácticos" (art.63 al 66).

El plan de 1867 "aplicaba una definida doctrina filosófica al problema educativo".¹⁰⁹ Esa doctrina fue el positivismo.

¹⁰⁹ O'Gorman, Edmundo. "Justo Sierra...". *op. cit.* p.172.

La burguesía mexicana se enfrentaba a la adaptación del positivismo a la circunstancia nacional, como instrumento de orden y punta de frente a combatir al catolicismo, considerado peligroso por los liberales por "el uso que de él hacía el clero al convertirlo en un arma política."¹¹⁰

Cuadro 16

Distribución de los estudios profesionales del ingeniero geógrafo, reglamento de 1868

Primer año: curso superior de matemáticas, comprendiendo la geometría analítica, geometría descriptiva, álgebra superior y cálculo infinitesimal, topografía, hidráulica, teoría y práctica del dibujo topográfico.

Segundo año: mecánica analítica, cálculo de las probabilidades aplicado a las ciencias de la observación, geodesia, dibujo topográfico y geográfico.

Tercer año: astronomía teórico-práctica, hidrografía y física del globo, y dibujo geográfico.

La práctica de astronomía se haría en el observatorio astronómico, pudiendo comenzar en el último año de estudios prácticos, en la forma y tiempo que fijen los reglamentos del observatorio y de la Escuela de Ingenieros.

Fuente: Reglamento de la ley orgánica de instrucción pública, en Dublán, Manuel y José María Lozano. *op. cit.* T.X. art. 26. p.248.

El 14 de enero de 1869, el Congreso general autorizó al presidente Juárez llevar a cabo reformas a la ley orgánica, previo acuerdo de la Junta de Instrucción Pública, presidida por el ministro de educación José Díaz Covarrubias.

La ley de 1867 recibió críticas de parte de los liberales y de los conservadores. En 1868 y 1869 surgieron las primeras reformas al suprimir algunas materias como la analítica y el cálculo infinitesimal para los futuros médicos y abogados.¹¹¹ En opinión de Zea, estos cambios fueron "mutilando poco a poco el plan original".

Sin embargo, en opinión de O'Gorman, los creadores del plan de 1867, estuvieron de acuerdo con las reformas aprobadas pues significaban el perfeccionamiento de la aplicación positivista a la educación nacional. La reforma, sigue O'Gorman, "no era ataque a la nueva doctrina [positivista]; era, por lo contrario, su confirmación y más justa adaptación a las exigencias de las circunstancias".¹¹²

¹¹⁰ Zea, Leopoldo. *El positivismo en México: nacimiento, apogeo y decadencia*. F.C.E. México. 1984. p.69.

¹¹¹ *Ibidem*. p.134.

¹¹² O'Gorman, Edmundo. "Justo Sierra...". *op. cit.* p.176-177.

Una nueva ley de instrucción pública fue expedida el 15 de mayo de 1869.¹¹³ El plan de 86 artículos, alteraba el contenido de la ley de 1867. La reforma intentaba, entre otros objetivos, "popularizar y vulgarizar las ciencias exactas y naturales".¹¹⁴ El plan de 1869 mantenía las escuelas especiales para cada profesión y una escuela previa común a todas ellas. La preparatoria aumentaba un año los estudios y se arreglaron las materias de cada año. De igual forma se modificaron las especialidades de cada ingeniería.

En la sección de estudios profesionales, la ley incorporaba la figura del ingeniero arquitecto, con los mismos estudios del ingeniero civil, sin contar los cursos de caminos; puentes, canales y obras en los puertos, además de llevar los propios de la Escuela de Bellas Artes (art.13). El artículo 84 declaraba el asiento de cada establecimiento de educación superior. Para la Escuela de Ingeniería se asignaba el de Minería.

El 9 de noviembre de ese año, se publicó, por decreto, el reglamento de la ley.¹¹⁵ Este documento reglamentaba la ejecución de la ley. El reglamento modificaba y aumentaba los estudios preparatorios para los ingenieros.

Cuadro 17

Preparatoria para los ingenieros, reglamento de 1869

Primer año: aritmética, álgebra, geometría plana y francés

Segundo año: geometría en el espacio y general, trigonometría, concluyendo con nociones de cálculo infinitesimal e inglés.

Tercer año: física, cosmografía, gramática española y raíces griegas e inglés.

Cuarto año: química, geografía, historia natural y del país, cronología, primer año de alemán.

Quinto año: historia natural, lógica, ideología, gramática general, moral, segundo año de alemán y literatura.

Fuente: Reglamento de la ley orgánica de instrucción pública, en Dublán, Manuel y Jose María Lozano. *op. cit.* T.X. art.11. p.755.

De los estudios profesionales del ingeniero geógrafo fueron eliminados, del primer año: geometría analítica, álgebra superior, cálculo infinitesimal e hidráulica; del segundo año: cálculo de las probabilidades aplicado a las ciencias de la observación y del tercer año, se eliminaba la práctica en el observatorio astronómico.

¹¹³ Dublán, Manuel y Jose María Lozano. *op. cit.* T.X. Ley orgánica de instrucción pública. p.591-601.

¹¹⁴ *Ibidem.* Decreto del Congreso dando bases para la reforma de instrucción pública del 14 de enero de 1869. p.515.

¹¹⁵ *Ibidem.* Reglamento de la ley orgánica de Instrucción pública. p.753-763.

La reforma al reglamento de 1868 modificaba sustancialmente los estudios profesionales del ingeniero geógrafo. En el plano académico, las matemáticas superiores consignadas en el plan de 1867 exigían demasiado a la capacidad y tiempo de los alumnos. Por lo que tuvieron que reducirse a las nociones elementales, por ejemplo del cálculo infinitesimal.

Cuadro 18

Distribución de los estudios profesionales del ingeniero geógrafo, reglamento de 1869

Primer año: matemáticas superiores, geometría descriptiva, topografía y dibujo topográfico
 Segundo año: mecánica analítica, geodesia, dibujo topográfico y geográfico.
 Tercer año: astronomía teórico-práctica, hidrografía, física matemática del globo y dibujo geográfico.

Fuente: Reglamento de la ley orgánica de instrucción pública, en Dublán, Manuel y Jose María Lozano. *op. cit.* T.X. art.19. p.758.

En lo particular, no se impartiría el cálculo de las probabilidades, lo que impediría su aplicación a las observaciones geodésicas y determinación de la precisión de las magnitudes obtenidas. El ingeniero geógrafo no contaría con uno de los elementos teóricos más importantes para su ejercicio profesional.

A diferencia del ingeniero topógrafo, el ingeniero geógrafo debía aplicar el cálculo para llevar un control de las observaciones de primer orden ejecutadas sobre el campo. De otra forma, los resultados geográficos tendrían un limitado alcance en el tratamiento de la información numérica y de las magnitudes obtenidas con el instrumental científico, lo que afectaría la formulación de hipótesis matemáticas y la formación de los modelos geométricos, útiles en la construcción de las bases y soporte de los mapas de gran escala.

La eliminación de la práctica en el observatorio astronómico fue más grave, pues impedía el ejercicio profesional y la participación de la ingeniería geográfica en la organización del trabajo geográfico promovido por ese centro, como en la determinación de las principales coordenadas geográficas del país.

Así, el impulso de la república de los liberales a la ingeniería, no fue suficiente con solo la creación de la Escuela Nacional de Ingenieros. En la operación, el factor económico redujo la posibilidad real de apoyar a todas las especialidades de la ingeniería. El caso de la ingeniería geográfica muestra que se requería de mayor inversión económica en la administración de los estudios profesionales y de otras condiciones sociales y de estabilidad económica y política.

Con el arribo del régimen de Porfirio Díaz, la ingeniería consiguió mayor auge. Bazant estima que la "conjunción de factores como la paz, la estabilidad política, las vías de comunicación y la migración y capital extranjeros convirtieron a México poco a poco en una nación más próspera y moderna".¹¹⁶ Estos elementos favorecerían los estudios y el ejercicio de la profesión.

En la primera administración de Díaz, se mantuvieron las especialidades de la ingeniería arregladas en la época de Juárez. Para entonces, la ingeniería se enfrentaría a la competencia profesional, especialmente en el ramo minero. Las minas productivas eran propiedad de los extranjeros los que preferían contratar ingenieros norteamericanos, "porque conocían mejor los procedimientos industriales de análisis químicos que seguían en los Estados Unidos, más sencillos y rápidos que los complejos procedimientos químicos europeos que se enseñaban en la Escuela de Ingenieros".¹¹⁷

El plan de 1869, recibió nuevos arreglos en 1877, por iniciativa del director del plantel Antonio del Castillo (1820-1895) y aprobación del gobierno.¹¹⁸ El énfasis fue puesto en los aspectos teóricos, según la tendencia francesa y el predominio en los contenidos provenientes de Europa. De acuerdo con la propuesta de Bazant, "conforme avanzó el siglo fue filtrándose la corriente americana de corte pragmática, de tal manera que desplazó a la europea en el periodo post-revolucionario".¹¹⁹

Los años 1880 y 1881, marcaron la crisis del positivismo en la educación, cuando se enfrentó a dos ataques: la polémica en torno al texto de lógica en la Preparatoria y el proyecto de ley de instrucción pública, el "Plan Montes".¹²⁰

De mayor interés en estas páginas fue el plan de abril de 1881. Ezequiel Montes (1820-1883) envió a la Cámara de Diputados su proyecto antipositivista de ley para la instrucción pública en el Distrito Federal.¹²¹

116 Mílada, Bazant. "La enseñanza y la práctica de la ingeniería durante el porfirato", en *Historia Mexicana*. Vol. XXIII. Núm.3, 1984. p.255.

117 *Ibidem*. p.258-259.

118 Dublán, Manuel y Jose María Lozano. *op. cit.* T.XIII. Se reforma la ley de instrucción pública, en la parte relativa a la Escuela de Ingenieros. p.130-131.

119 Mílada, Bazant. *op cit.* p.256.

120 O'Gorman, Edmundo. "Justo Sierra...". *op. cit.* p.182. Sobre la controversia de sustituir el libro de J. Stuart Mill, véase: Meneses Morales, Ernestó. et al. *op. cit.* p.290-300 y Zea, Leopoldo. *op cit.* 1984, p.134 y ss.

121 Montes, Ezequiel. *Proyecto de ley orgánica de la instrucción pública en el Distrito Federal*. Edición de la "Voz de México". Imprenta de J.R. Barbedillo y Ca. México. 1881.

El proyecto de Montes se propuso corregir los defectos que contenía el plan anterior, impregnado del dogma positivista. O'Gorman explicó que Montes creía que los planes de 1867 y 1869 habían exagerado los vicios del antiguo sistema educativo, pues procedieron sus creadores a eliminar los estudios filosóficos. En los planes, la ciencia fue reducida a la pura observación y experimentación; negaba los principios de las ciencias morales; la razón se basaba en los datos obtenidos por los sentidos y despreciaba los problemas de la metafísica.¹²²

El plan Montes se componía de 73 artículos, divididos en cuatro capítulos. Comprendía la educación primaria, secundaria y profesional (art.1 al 20); además las inscripciones, exámenes y títulos profesionales (art.21 al 47) y la dirección de estudios, los directores y los catedráticos (art.48 al 73).

Cuadro 19

Preparatoria y cátedras de los ingenieros, plan de 1881

Preparatoria:

Idiomas: Gramática española, raíces griegas, francés, inglés y alemán.

Matemáticas: Aritmética, álgebra, geometría, trigonometría rectilínea, trigonometría esférica, geometría analítica y descriptiva, cálculo infinitesimal.

Ciencias: Mecánica racional, física experimental, química general, elementos de historia natural, cronología e historia natural y nacional, cosmografía, geografía física y política, especialmente de México.

Otras: lógica, ideología, gramática general, moral, literatura, dibujo lineal y de paisaje.

Estudios comunes a todos los ingenieros: matemáticas superiores: álgebra superior y cálculo infinitesimal; geometría analítica y descriptiva.

Fuente: Montes, Ezequiel. Proyecto... art.14. p.10-11.

Montes proponía que la Escuela de Ingenieros mantuviera como sede el edificio de Minería (art.71). En ésta escuela se formarían los siguientes ingenieros: de minas; mecánicos; topógrafos; geógrafos e hidrógrafos; arquitectos y ensayadores y apartadores de metales (art.14). Los ingenieros cursarían estudios preparatorios y estudios comunes a todas las especialidades.

En la parte de los estudios profesionales, el plan detallaba los cursos para cada especialidad de la ingeniería. Lo que no se apuntaba en el proyecto, fue la distribución de los cursos por años, pues se dejaba su

¹²² O'Gorman, Edmundo. "Justo Sierra...". op. cit. p.190.

propuesta en los reglamentos internos de cada escuela (art.72).

El grupo de diputados liberales criticaba, principalmente, dos aspectos de la ley de 1867: intentaba otorgar a todos los individuos "una cierta y uniforme manera de pensar" y eliminaba materias científicas poco útiles al ejercicio de cada profesión.¹²³

Cuadro 20

Estudios profesionales y cátedras de la Escuela de Ingenieros, plan de 1881

Ingenieros de minas: mecánica analítica y aplicada; geodesia y astronomía práctica; topografía, dibujo topográfico y de máquinas; química aplicada y análisis químico incluyendo la docimasia; mineralogía, geología y paleontología; pozos artesianos; teoría y práctica de labores de minas y metalurgia, ordenanza de minería.

Ingenieros mecánicos: mecánica analítica y aplicada, dibujos de máquinas.

Ingenieros topógrafos: topografía, teoría y práctica del dibujo topográfico; mecánica analítica y aplicada; conocimiento de materiales de construcción y de terrenos en que deben establecerse las obras; estereotomía, dibujo arquitectónico; mecánica de las construcciones; carpintería de edificios; caminos comunes y de hierro, puentes, canales y obras en los puertos; composición.

Ingenieros geógrafos e hidrógrafos: topografía, hidráulica, mecánica analítica; geodesia; teoría y práctica del dibujo topográfico y del geográfico; astronomía teórica y práctica; hidrografía y física matemática del globo.

Ingenieros arquitectos: los mismos estudios que para el ingeniero civil, menos caminos comunes y de hierro, puentes, canales y obras en los puertos. Cursarán, además, en la Escuela de Bellas Artes.

Ensayadores y apartadores: álgebra superior y cálculo infinitesimal, geometría analítica; análisis químico incluyendo la docimasia y mineralogía.

Fuente: Montes, Ezequiel. Proyecto... art.14. p.11-12.

En esencia, el plan de Montes otorgaba su debida importancia a las ciencias exactas y naturales, pero llenaba el vacío que se mantenía con los estudios filosóficos, dándoles la "amplitud y extensión que justamente merecen" como base racional de unidad a los conocimientos científicos. Al parecer el plan de Montes no llegó a la Cámara de Diputados para discutirse.

El plan de Montes provocó la defensa del positivismo por parte de Justo Sierra. Este personaje clave de la educación de México y director de la Escuela Nacional Preparatoria (1878-1910) respondió con su plan de 1881 que proponía

¹²³ Zea, Leopoldo. op cit. 1984, p.137-138.

revivir a la Universidad, como salvación del positivismo. La Universidad para Sierra pasaría a formar parte del gobierno y en ella se alojaría el positivismo como doctrina básica de la instrucción universitaria.¹²⁴

6. La ingeniería geográfica en el plan de 1883

El 28 de noviembre de 1881 el presidente Manuel Gonzalez emitió un decreto en el que establecía que todos los asuntos, instituciones y establecimientos de enseñanza agrícola y minera pasarían de Justicia e Instrucción Pública a depender del Ministerio de Fomento. Además se autorizaba al ejecutivo para realizar reformas al plan de estudios en las escuelas de ingeniería y agricultura, sin exceder del presupuesto de egresos.¹²⁵

El plan de 1883 fue el décimo sexto proyecto educativo del país. En este plan se mantuvo la ingeniería geográfica como especialidad y se agregaron la carrera de telegrafista, ingeniero industrial y de caminos, puentes y canales. A diferencia de los arreglos teóricos introducidos al plan en 1877, el plan de 1883 puso hincapié en las prácticas de los estudiantes.¹²⁶

La duración de los estudios profesionales de los ingenieros, quedaron fijados en el reglamento como sigue: telegrafista: 1 año y otro de práctica; ensayadores y apartador de metales: 1 año y práctica de seis meses; topógrafo e hidrógrafo 2 años y práctica; industrial: 4 años y uno de práctica; caminos, puertos y canales: 4 años y uno de práctica; de minas y metalurgista: 5 años y práctica de seis meses a un año; y geógrafos: 3 años y práctica de un año (arts.2 al 8).

El número de disciplinas científicas que la ley asignaba para optar por el título de cada profesión quedaron como sigue: telegrafista 3; ensayador y apartador de metales 5; topógrafo e hidrógrafo 9; industrial 22; caminos, puertos y canales 22; de minas y metalurgista 31 y geógrafo 16.

De las 16 materias, 5 de ellas fueron propias del geógrafo: física matemática, cálculo de probabilidades y teoría de errores, mecánica celeste, geodesia y astronomía, y dibujo geográfico. Las demás materias fueron compartidas con las otras especialidades: 2 materias del telegrafista: hidrografía y meteorología; 7 del ingeniero topógrafo:

¹²⁴ O'Gorman, Edmundo. "Justo Sierra...". op. cit. p.186-188.

¹²⁵ Zea, Leopoldo. op cit. 1984, p.341-344.

¹²⁶ Ley de Instrucción para las Escuelas Nacionales de Ingenieros y de Agricultura. Reglamento de la Ley. Imp. de la Secretaría de Fomento. México. 1883. arts. 1 y 2.p.3-4.

¹²⁶ Castillo, Antonio del. Informe que rinde el director de la Escuela N. de Ingenieros correspondiente al año de 1882. Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento. México. 1884.

álgebra superior, geometría analítica, cálculo infinitesimal, geometría descriptiva, topografía, hidromensura y dibujo topográfico; 1 materia del ingeniero industrial: mecánica analítica; y 1 materia del ingeniero de minas y metalurgista: geología.¹²⁷

En el escenario académico de la Escuela de Ingenieros, el número de cursos teóricos predominaba sobre las prácticas. Los arreglos aprobados en 1877 al plan de estudios de la escuela, señalaron que la enseñanza de la astronomía del ingeniero geógrafo fuera no solo teórica, sino también práctica.

Cuadro 21

Estudios profesionales y cátedras de la Escuela de Ingenieros, plan de 1883

Telegrafista: Telegrafía general que comprendía el trazo, construcción y explotación de líneas terrestres y submarinas; hidrografía y meteorología; práctica en las oficinas telegráficas del gobierno y en la construcción de líneas.

Ensayador y apartador de metales: Química analítica y dosimacia; mineralogía; apartado, amonedación y administración de casas de Moneda; práctica.

Ingeniero topógrafo e hidrógrafo: Álgebra superior; geometría descriptiva; topografía e hidromensura; hidrografía y meteorología; dibujo topográfico; práctica.

Ingeniero industrial: Álgebra superior; geometría analítica y cálculo infinitesimal; geometría descriptiva; topografía e hidromensura; estereotomía y carpintería; mecánica analítica y aplicada; mecánica industrial; construcción y establecimiento de máquinas; química analítica e industrial y docimasia; meteorología; conocimiento de materiales de construcción; teoría mecánica de las construcciones y construcción práctica; dibujo topográfico, de máquinas y arquitectónico; prácticas.

Ingeniero de caminos, puentes y canales: Álgebra superior; geometría analítica y cálculo infinitesimal; geometría descriptiva; topografía e hidromensura; estereotomía y carpintería; mecánica analítica y aplicada; hidrografía y meteorología; construcción práctica y teoría mecánica de las construcciones; caminos comunes y ferrocarriles; puentes, canales y obras en los puertos; dibujo topográfico, de máquinas y arquitectónico; composición; prácticas.

¹²⁷ Cuadro sinóptico de los ramos científicos que respectivamente exigen las leyes de instrucción pública vigentes de 15 de febrero de 1883 y 15 de mayo de 1869 para la adquisición de los títulos profesionales del ingeniero. CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Correspondencia. caja 3. Exp.39. f.310.

Ingeniero de minas y metalurgista: Álgebra superior; geometría y cálculo infinitesimal; geometría descriptiva; topografía e hidromensura; mecánica analítica y aplicada; estereotomía y carpintería; conocimiento de materiales de construcción; teoría mecánica de las construcciones y construcción práctica; química analítica docimasia; meteorología; mineralogía; paleontología y geología; laboreo de minas, pozos artesianos y legislación minera; metalurgia; dibujo topográfico, de máquinas y arquitectura; prácticas.

Ingeniero geógrafo: Álgebra superior; geometría analítica y cálculo infinitesimal; geometría descriptiva; topografía e hidromensura; física matemática; cálculo de las probabilidades y teoría de los errores; hidrografía y meteorología; mecánica analítica; elementos de mecánica celeste; geodesia; dibujo topográfico y geográfico y prácticas (art.11).

Fuente: Ley de Instrucción para las Escuelas Nacionales de Ingenieros y de Agricultura. Reglamento de la Ley. Imp. de la Secretaría de Fomento. México. 1883. p.7-9.

Con el restablecimiento de la cátedra de astronomía práctica en el Observatorio Astronómico, los ingenieros geógrafos podrían ensayar "tanto en lo relativo al manejo de instrumentos como al cálculo de las observaciones ejecutadas".

Cuadro 22

Distribución de los estudios profesionales del ingeniero geógrafo, reglamento de 1883

Primer año: Álgebra superior; geometría analítica y cálculo infinitesimal; geometría descriptiva; topografía e hidromensura; dibujo topográfico (*).

Segundo año: Mecánica analítica; geodesia y astronomía práctica; física matemática; cálculo de probabilidades y teoría de los errores; dibujo topográfico (**).

Tercer año: Elementos de mecánica celeste y astronomía física; hidrografía y meteorología; elementos de geología; dibujo geográfico (**).

Después de los exámenes, practicarían los alumnos durante un año en las comisiones del gobierno.

(*) Después de los exámenes, práctica de topografía e hidromensura.

(**) Durante el año y después de los exámenes, práctica de astronomía.

(***) Durante el año, práctica de astronomía y de meteorología.

Fuente: Ley de Instrucción... Reglamento de la Ley. Imp. de la Secretaría de Fomento. México. 1883. Art. 8. p.21-22.

La importancia de abrir un curso especial de astronomía práctica tenía una connotación sustancial. Una vez concluido y obtenido el certificado de aptitud, los alumnos serían considerados, de modo preferente, en los trabajos astronómicos del Ministerio de Fomento.

La geodesia fue el otro componente teórico principal de la formación científica del ingeniero geógrafo. Sin embargo, todavía en 1882 en el informe de actividades, Antonio del Castillo no mencionaba nada de la práctica de geodesia del plantel. Dos años después, el director anunciaba que se habían "situado fondos en París para la adquisición de otros [instrumentos científicos] que puedan servir para emprender nuevas medidas geodésicas en el Valle de México".¹²⁸

En ese sentido, la formación de los ingenieros geógrafos permanecía de forma teórica sin acompañarse de la práctica. Por un lado la administración de la escuela no había intercalado la práctica de geodesia; en cambio, la existencia del Observatorio había conseguido organizar la de astronomía. El desempeño profesional del ingeniero geógrafo estaba regulado principalmente sobre esta base de manera unidireccional.

El artículo 8 del reglamento de 1883, señalaba las prácticas de los ingenieros geógrafos durante los estudios, a saber: topografía, hidromensura, astronomía y meteorología. Al terminar los cursos teóricos, los alumnos realizarían otra práctica integrados a las "comisiones del gobierno".

Por tanto, mientras la organización tecno-científica del gobierno de Díaz, a cargo del Ministerio de Fomento, intentaría promover proyectos geográficos con alcances nacionales; en la escuela, el ingeniero geógrafo carecía de la práctica de la geodesia. Se abría un desajuste entre la teoría y la realidad. En efecto, por un lado la necesidad de poner en operación trabajos geográficos dentro de la administración pública y por el otro, la incapacidad práctica de la ingeniería geográfica.

5. La ingeniería geográfica ante las reformas de 1892

Poco antes de terminar el siglo XIX, el plan de estudios fue reformado. Desde 1891, la Escuela de Ingeniería regresó a depender del Ministerio de Justicia e Instrucción pública. El presidente Porfirio Díaz decidió nombrar en comisión a Manuel Contreras, presidente del Ayuntamiento; Antonio del Castillo, director del Instituto Geológico Nacional y a Manuel Fernández Leal, presidente de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos para elaborar, cada uno, un

¹²⁸ "Informe reducido de Antonio del Castillo de las actividades de la Escuela Nacional de Ingenieros, correspondiente a 1883". CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Informes. Caja 7. Exp.3. f.32.

dictamen para la reforma física, administrativa y académica de la escuela.¹²⁹

Se encargó al ingeniero geógrafo Adolfo Díaz Rugama el análisis de cada informe proporcionado por los consultados. Los comentarios expresados coincidieron en que la instrucción de la escuela era sólida y completa; que gracias al desarrollo de las obras de la ingeniería, tanto públicas como privadas, los alumnos habían podido ejecutar las prácticas y, por último, recomendaron que el ingeniero fuera práctico y especialista en poco tiempo.¹³⁰

Díaz Rugama consideraba que para decidir "la elección de las especialidades de la ingeniería", debíase conocer la demanda social y las necesidades del gobierno. De modo que, conocidos estos elementos, podría ajustarse el estudio con las necesidades del país.¹³¹

Es pertinente para el tema de la ingeniería geográfica de México, conocer con mayor detalle la opinión de los profesores que tenían a su cargo la formación académica del ingeniero geógrafo al finalizar el siglo XIX.

De abril a octubre de 1892, el ingeniero Manuel María Contreras, como parte del trabajo de su encomienda realizó alrededor de diez visitas al plantel de ingeniería, algunas veces acompañado del director Antonio del Castillo. Además, el 19 de septiembre de ese año, dirigió una minuta a los empleados, profesores y autoridades de la escuela, en la que solicitaba le comunicaran las reformas académicas y financieras necesarias para el perfeccionamiento de la enseñanza que ese lugar ofrecía.¹³²

Toda la planta de profesores le remitió su opinión sobre los arreglos que requería la materia a su cargo. En conjunto, esos documentos reflejaron, desde el punto de vista de sus protagonistas, la situación que guardaba la enseñanza de las especialidades de la ingeniería al finalizar el siglo.¹³³

Los principales testimonios de la ingeniería geográfica, por su contenido y sentido, fueron proporcionados por Adolfo Díaz Rugama, ingeniero geógrafo y responsable de la cátedra de Geodesia y Astronomía práctica; y por Angel Anguiano, ingeniero civil y responsable de la cátedra de Astronomía física y Mecánica celeste.

¹²⁹ Milada, Bazant. *op cit.* p.267.

¹³⁰ *Ibidem.* p.267-268.

¹³¹ *Ibidem.* p.268-269.

¹³² CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos. Caja 7. Exp.10. f.329-330.

¹³³ CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos. Caja 7. Exp.10. f.317-394.

Díaz Rugama comenzó su exposición señalando la tendencia de la enseñanza, en ese momento, de "volverla práctica". La estrategia seguida por este catedrático fue apoyarse en la ley vigente para los estudios de la escuela de ingenieros, en la cual se establecía con toda claridad que, "al terminar cada año profesional, habrá[í]a un periodo de práctica en todos aquellos cursos que la requieran".

Sin embargo, entre los factores que apuntó Díaz Rugama que influían para que no se cumpliera con esa disposición legal, estaban: los recursos económicos disponibles y la importancia relativa que iba adquiriendo cada especialidad de la ingeniería. De lo anterior escribió:

Antiguamente las prácticas de la Escuela de Yngenieros, solamente las hacían los ingenieros de minas, en los ramos de explotación y de metalurgia; después se inauguró la de Topografía, en seguida y hasta la fecha, las de mecánica, conocimiento de materiales de construcción y la de geología, quedando los demás ramos que segun la ley exigen práctica, sin ella.

Por tanto, las prácticas de la escuela dependían de los recursos económicos y de la mayor demanda académica de las especialidades. Al respecto, Díaz Rugama apuntó: "...en la actualidad hay otros cursos y otras profesiones que exigen el cumplimiento estricto de lo dispuesto en la ley, en virtud de la importancia y utilidad que han adquirido entre nosotros". En esas circunstancias particulares se encontraba la formación del ingeniero geógrafo.

Díaz Rugama destacó el desajuste que había entre la importancia del trabajo que desempeñaban los ingenieros geógrafos y las necesidades de la sociedad, en especial del gobierno:

Los Geógrafos son buscados con empeño para los observatorios, las comisiones de límites internacionales o entre los Estados, las comisiones geográficas, así como para los levantamientos de algunas de las vastas propiedades de la República, y esta demanda, tropieza desde luego con la dificultad de que son solamente 7 los Yngenieros Geógrafos titulados en todo el país.

La geografía, escribió Díaz Rugama, era una profesión "a la que podrían dedicarse los jóvenes con seguridad de formarse un porvenir". En el plano académico, informaba que la ingeniería geográfica se impartía, "bastante bien en la parte teórica, pero sin práctica alguna".

Afirmaba que anteriormente no se había tenido "una práctica oficial de Geodesia ni de Astronomía" y que los pocos ingenieros geógrafos que contaban con el título, habían hecho por su cuenta y con "bastantes dificultades, práctica solamente de algunos ramos de la Astronomía en los observatorios".

Como la geodesia y la astronomía eran las "bases esenciales de la profesión del Ingeniero Geógrafo", Díaz Rugama propuso, al visitador de la escuela, una serie de recomendaciones para la carrera del ingeniero geógrafo: 1) al final del segundo año práctica de astronomía práctica, es decir la aplicación de la astronomía a la geografía y del tercer año práctica de astronomía general y física; 2) cumplimiento de los artículos 40 y 41 del reglamento para que la geodesia tuviera la práctica correspondiente, "fijando su duración y el lugar más a propósito para colocarlo entre el programa de estudios"; y 3) que pensionara el gobierno a los alumnos para que, de acuerdo al artículo 8 del reglamento, pudieran efectuar la "práctica general de la profesión en alguna de las comisiones que depend[ía]n del Ejecutivo".

De las prácticas de astronomía y de geodesia, la primera estimaba Díaz Rugama, sería más sencillo llevar a cabo, pues se disponía, legal y económicamente, de los elementos para autorizarla en el Observatorio Astronómico Nacional. La segunda, si presentaba mayores dificultades y gastos, pues "necesitaría partida especial" del gobierno.

Lo que precede fue suficiente para que Díaz Rugama afirmara que:

Nuestras comisiones están servidas por Ingenieros topógrafos, porque no hay geógrafos que las desempeñen, y en todo el tiempo que tenemos de vida independiente sólo D. Francisco Díaz Covarrubias ha ejecutado trabajos geodésicos de alguna importancia.

Por último, Díaz Rugama llamó la atención del ingeniero Contreras, para que obtuviera del ministro de Justicia la autorización para efectuar, en los meses de noviembre y diciembre de 1892, y enero del siguiente año, la práctica de astronomía aplicada a la geografía.¹³⁴

Por su parte, la comunicación del ingeniero Anguiano dirigida al ingeniero Contreras, permite conocer a un promotor del surgimiento de la carrera de astronomía, pues consideraba que el ingeniero geógrafo, "mas bien debería llamarse Astrónomo en el sentido propio de la palabra".¹³⁵

Según Anguiano, la ingeniería geográfica estaba reducida "en su parte esencialmente profesional al estudio de la Geodesia y Astronomía práctica, no comprendiendo otra cosa ésta última mas que los métodos para la determinación de la posición geográfica de un lugar, lo que constituye la aplicación de la Astronomía a la Geografía".

¹³⁴ CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos. Caja 7. Exp.10. f.347-350.

¹³⁵ CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos. Caja 7. Exp.10. f.352-354.

"Hoy es distinto, afirmaba Anguiano en 1892, la enseñanza se ha ensanchado mucho en ese ramo; el alumno estudia lo que esencialmente puede necesitarse en un Observatorio Astronómico: métodos y observaciones para la determinación de las órbitas de los planetas y cometas; formación de las efemérides de los cuerpos celestes con las correcciones por precesión, nutación y aberración; eclipses y ocultaciones; espectroscopia celeste en que se abre un campo vasto a la observación, &".

A lo anterior, se agregaba que la ingeniería geográfica contaba en su plan de estudios con materias como la física matemática y el cálculo de probabilidades; además de la existencia material del Observatorio Astronómico Nacional adonde podía ejecutarse la práctica. El alumno, en palabras de Anguiano, merecía "el título profesional de Astrónomo".

Anguiano, al igual que Díaz Rugama, se apoyaba en la ley de la escuela de ingeniería cuando afirmaba que la práctica del ingeniero geógrafo ni era suficiente, ni conveniente, ni tampoco se había dado como acordaba el reglamento de profesiones.

Para Anguiano, la práctica del ingeniero geógrafo era insuficiente debido a que el reglamento señalaba la realización de una práctica, "durante un año en una comisión geográfica"; faltaba, pues, la práctica de la cátedra de la que él era titular: mecánica celeste y astronomía física. Por lo que propuso se realizara en el Observatorio Astronómico Nacional, lugar donde también se podría enseñar la fotografía celeste.

La práctica era inconveniente por dos razones. La primera porque en una comisión geográfica, el ingeniero en turno no tendría tiempo suficiente para enseñar al alumno la aplicación de todos los métodos geográficos y en segundo lugar, escribió Anguiano, las comisiones geográficas eran muy escasas y las que existían se hallaban en "climas mal sanos o en lugares desprovistos de todo genero de comodidades, en donde el alumno adquiri[ría] la práctica de los inconvenientes y privaciones; pero no los de la ciencia". El alumno que sabía de "esos inconvenientes, se resfría naturalmente y prefiere seguir otra carrera, lo que explica en parte el número cada día mas reducido de jóvenes que se dedican a la Astronomía".

Anguiano también apuntó una serie de propuestas para la práctica geográfico-astronómica del ingeniero geógrafo, a saber:

...al terminar el alumno su curso de Geodesia y Astronomía práctica, iría a practicar con el Profesor nombrado al efecto, como se hace en otros ramos [de la ingeniería], a puntos que se designarían de antemano, durante los meses de Noviembre, Diciembre y Enero, que

son los señalados para las prácticas. Al siguiente año haría otro tanto, examinado que fuese de Mecánica Celeste y Astronomía física con lo que completaba seis meses de práctica en la aplicación de la Astronomía a la Geografía. A continuación pasaría al Observatorio Astronómico Nacional a practicar durante otros seis meses en la parte que se refiere a la Mecánica Celeste y Astronomía física, adquiriendo además el conocimiento práctico del círculo meridiano, del ecuatorial fotográfico y del fotoheliógrafo.

Con ese plan, Anguiano consideraba que "año por año se recogerían datos geográficos de positiva utilidad para la cartografía del país, y sobre todo desaparecería uno de los obstáculos que hace a veces cambiar de idea al alumno que pensara estudiar Astronomía".

Anguiano advertía que el país iba a necesitar ingenieros geógrafos, "si es que se han de emprender en toda forma y con toda la precisión que exige la ciencia actual los trabajos geodésicos y astronómicos para la perfecta formación de nuestra carta".

Por último, Anguiano resumió la forma de apoyar al alumno: "facilitarle la conclusión de sus estudios asegurándole la práctica y reglamentándola de un modo conveniente"; y "ofrecerle la expectativa del trabajo que solo el Gobierno podrá [le] proporcionarle". Ambas dependían de la Secretaría de Instrucción Pública y de la de Fomento respectivamente.

Es interesante analizar la orientación de las propuestas de ambos catedráticos. Los dos pedían que Contreras consiguiera la aprobación del ministro de instrucción pública para que el ingeniero geógrafo fuera práctico. Los dos coincidieron en que el ingeniero geógrafo realizara la práctica de geodesia al final del curso teórico. La diferencia fue en la práctica final de la carrera. La propuesta de Díaz Rugama sostenía que el alumno practicara la geodesia en las comisiones geográficas, "pensionado" por el gobierno. En cambio, Anguiano propuso que el alumno pasara al Observatorio Astronómico Nacional a realizar la práctica de mecánica celeste y astronomía física.

La postura de Díaz Rugama intentaba asegurar la promoción de la ingeniería geográfica, con la intervención directa del gobierno para que los alumnos pudieran desempeñar, de modo profesional, los trabajos geográficos sobre el territorio nacional. Para Anguiano, la práctica no se realizaría en comisiones geográficas pues eran incómodas para el alumno, en su lugar proponía su realización en el observatorio astronómico.

En Anguiano, pues, se entremezclan elementos provenientes de la ingeniería geográfica y de la astronomía. En esencia, lo que proponía afectaba la existencia real del ingeniero geógrafo. Como en la práctica, el astrónomo no podría

trabajar de manera teórica, Anguiano propuso darle una ocupación: su trabajo vincularía los trabajos de la práctica de geodesia y la obtención de coordenadas geográficas como medios para la formación de la carta geográfica nacional.

De ese modo, el plan giraría en torno del observatorio, del cual era el director. En resumen, Anguiano lo que intentaba asegurar era la existencia y actividades del observatorio astronómico con la formación de personal especializado en la figura del astrónomo.

Por último, Contreras en su informe final incorporó las peticiones de los catedráticos de la escuela. Con respecto a las prácticas del ingeniero geógrafo, Contreras informó que no había inconveniente en apoyar su realización, sobre todo cuando al gobierno le importaba contar con ingenieros prácticos y porque en los años anteriores no se había gastado el importe de la partida oficial asignada para la práctica de cada especialidad.

En el resumen de las proposiciones, Contreras recomendaba al Ministerio que se reformara el plan de estudios de la escuela de ingenieros y propuso un programa nuevo para cada especialidad.¹³⁶ Para el ingeniero geógrafo recomendaba cuatro años de carrera.

El plan de estudios de Contreras, no tenía en consideración la opinión de Díaz Rugama y eliminaba del ingeniero geógrafo el último año de práctica en las comisiones geográficas del gobierno. En su lugar, recomendó la propuesta de Anguiano sobre la ejecución de las prácticas en los siguientes términos:

Al terminar los alumnos el curso de Geodesia y Astronomía práctica, en los meses de Noviembre, Diciembre y Enero practicarán aplicaciones de la Astronomía a la Geografía, con el Profesor nombrado al efecto, en los puntos que se designan de antemano.

Al concluir el curso de Mecánica celeste y Astronomía física, practicarán como en el año anterior otros tres meses y en seguida pasarán al Observatorio Astronómico Nacional a practicar durante seis meses el manejo de cierta clase de instrumentos, y de los conocimientos adquiridos.¹³⁷

Para terminar, el Reglamento señalaba que el aspirante al título del ingeniero geógrafo debía presentar al Secretario de la escuela los certificados de los estudios terminados de la preparatoria y profesionales (art.80); los certificados de las prácticas parciales y profesionales (art.81) y presentar una solicitud a la Secretaría de Justicia e

136 CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos. Caja 7. Exp.10. f.141-145.

137 CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos. Caja 7. Exp.10. f.146.

Instrucción Pública, en la que solicitara el examen profesional (art.82). El examen sería acordado, el día y la hora, por la dirección del plantel. El candidato podía "leer ante el Jurado si éste lo tuviere por conveniente una memoria de los trabajos que en su práctica se le hayan encomendado o haya hecho bajo la dirección de los jefes de comisiones geográficas y observatorios astronómicos". (art.90). El jurado del examen del ingeniero geógrafo estaría integrado por los profesores de geodesia y astronomía práctica, de mecánica celeste y astronomía física, del de matemáticas, de topografía y de meteorología (art.91).¹³⁸

Cuadro 23

Estudios profesionales del ingeniero geógrafo, propuesta de Manuel María Contreras, 1892

Primer año: matemáticas: álgebra superior, geometría analítica y cálculo infinitesimal; topografía e hidromensura; meteorología; hidrografía; primer año de dibujo topográfico. Durante el año, práctica de meteorología y al fin de él práctica de topografía e hidromensura.

Segundo año: geodesia y astronomía práctica; mecánica racional; agrimensura legal; catastro; segundo año de dibujo topográfico. Durante el año práctica de astronomía y al fin de él práctica de geodesia.

Tercer año: astronomía; primer año de física matemática; geología y mineralogía; dibujo geográfico; dibujo de proyecciones y cálculo de ellas. Durante el año y al fin práctica de astronomía.

Cuarto año: segundo año de física matemática; cálculo de probabilidades y teoría de errores; elementos de mecánica celeste; dibujo geográfico. Durante el año, práctica de astronomía y al fin de él los alumnos deberían determinar, cuando menos, una posición geográfica.

Fuente: CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos. Caja 7. Exp.10. f.144-145.

Los informes de los catedráticos Díaz Rugama y Anguiano influyeron para que el 19 de diciembre de 1892, el director pidiera al tesorero de la escuela, Romulo Ugalde, los motivos por los que no se efectuaba la práctica de geodesia y de astronomía.

El tesorero informaba que desde 1869, los ingenieros geógrafos Leandro Fernández y Francisco Díaz Covarrubias, habían enseñado la práctica de la astronomía práctica en el observatorio de la escuela, "único que en el país existía";

¹³⁸ Reglamento de la Escuela Nacional de Ingenieros, corregido, 1892. CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos. Caja 7. Exp.10. f.300 y 303.

pero que luego había sido "destruido el local que ocupaban los instrumentos, sin repararlo de nuevo".¹³⁹

Por tanto, los alumnos habían tenido que asistir a los observatorios astronómicos: el central de Palacio Nacional y al nacional de Tacubaya para efectuar la práctica, consistente en: determinaciones de la hora, de longitud y latitud y aún de declinación y ocultaciones, estudiando las constantes instrumentales. Esa práctica no había sido regular debido a que los instrumentos eran usados, también, en el "servicio oficial".

En cuanto a la práctica de geodesia, el tesorero explicó que desde 1883, a petición de Leandro Fernández, la escuela había adquirido cuatro reglas geodésicas de Fauth, que permanecían guardadas para cuando se efectuara la práctica.

El tesorero recordó que, a pesar de que el artículo 8 del reglamento apuntaba la práctica del ingeniero geógrafo en las "comisiones del Gobierno", no se efectuaba por falta de organización y "porque las comisiones del Supremo Gobierno han estado siempre demasiado distantes y en zonas bastante escasas de los recursos ordinarios de la vida para que los practicantes puedan concurrir a los trabajos con la pequeña pensión que se les señala[ba]".

En esas condiciones, los ingenieros geógrafos, dotados de "los conocimientos puramente abstractos", carecerían de "la rapidez, certeza en la ejecución y facilidad de apreciación de los métodos". Ugalde aseguraba que, los fondos económicos destinados a las prácticas, eran suficientes para que se autorizara la realización de ambas prácticas de 1892. Solo que en ese momento, las vacaciones de la escuela estaban muy avanzadas y recomendó solo fuera ejecutada la de astronomía.

El 19 de febrero de 1895, Antonio del Castillo remitió al secretario de Instrucción Pública, una noticia detallada de las inscripciones de ese año. El número de alumnos inscritos fue de 144, distribuidos en 26 cursos. En la lista de cátedras, las de geodesia y astronomía práctica, mecánica celeste y astronomía física, no contaban con alumnos, y la de cálculo de probabilidades y teoría de errores, además, ni de profesor.¹⁴⁰

El 20 de marzo de 1895, el Secretario de Instrucción Pública Joaquín Baranda informaba en una minuta al director de la escuela de ingeniería, al representante de los catedráticos Díaz Rugama y a la junta directiva de Hacienda, el acuerdo del Presidente de la República, según el artículo 42 de la ley orgánica de instrucción pública, de suspender estas materias del plan por carecer de alumnos.

¹³⁹ CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos. Caja 7. Exp.11. f.403-404.

¹⁴⁰ CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos. Caja 7. Exp.13. f.407-414.

Así las cosas, no fueron suficientes las recomendaciones y el acuerdo oficial para las prácticas profesionales del ingeniero geógrafo, pues ni el gobierno ni la administración de la escuela conseguían convertir atractiva la práctica de la ingeniería geográfica y atraer alumnos al acercarse el fin de la centuria.

8. La ingeniería geográfica en el plan de 1897

El 1 de junio de 1897, el presidente Díaz resolvió efectuar las reformas al plan de estudios vigente de 1883.¹⁴¹ El 15 de septiembre de ese año, fue publicada la ley de enseñanza profesional para la Escuela Nacional de Ingenieros.¹⁴²

De acuerdo a la ley, en la escuela de ingeniería se estudiarían las profesiones de: Ensayador y apartador de metales; Electricista; Topógrafo e hidrógrafo; Ingeniero industrial; Ingeniero civil; Ingeniero de minas y metalurgista e Ingeniero geógrafo (art.2).

En el plan de 1897, los alumnos podían cursar una carrera corta y seguir la alternativa de la especialización completa. El ensayador y apartador de metales podía avanzar como ingeniero de minas y metalurgista. El electricista podía terminar como ingeniero industrial y el topógrafo e hidrógrafo como ingeniero geógrafo. La especialidad de caminos, puertos y canales, asentada desde el plan de estudios de 1823, cambió de nombre como ingeniería civil.

En la reforma de 1897, el hincapié fue puesto para que la enseñanza de la escuela de ingenieros fuera "rigurosamente teórico-práctica", para lo cual el horario de clases combinaría "los estudios teóricos, con los ejercicios prácticos adecuados a cada materia".¹⁴³

Los alumnos que aprobaran los cursos de la escuela preparatoria podían ingresar a la de ingenieros (art.13). En ésta escuela las clases comenzarían el 10. de febrero y hasta septiembre (art.15), para seguir los exámenes parciales en octubre de cada año (art.19). La educación en la escuela era gratuita, los alumnos no pagaban los exámenes ni la inscripción (art.20). Una vez presentado el examen profesional, el examinado recibía de la Junta Directiva de Instrucción Pública el título correspondiente (art.21).

¹⁴¹ Ortega, Rafael. *Anuario de legislación y jurisprudencia*. Sección de legislación. México, 1897. p.682-683.

¹⁴² *Ibidem*. Ley de enseñanza profesional para la Escuela Nacional de Ingenieros. p.916-923. *Diario de oficial del Supremo Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos*. Tomo XXXVII. Número 80. México, viernes 10. de octubre de 1897. p.2-3.

¹⁴³ *Ibidem*. p.921.

La ley señalaba al Presidente de la República el derecho a nombrar la planta directiva y administrativa de la escuela, que comprendía desde el director hasta los profesores y empleados (art.23). Otras disposiciones académicas fueron encomendadas seguir del reglamento de la escuela (art.25).

En el caso particular de los ingenieros geógrafos, el plan de 1897 representaba la más amplia versión teórica y práctica, que ningún otro plan anterior del siglo XIX.

Cuadro 24

Estudios profesionales del ingeniero geógrafo, plan de 1897

Primer año: Matemáticas superiores, comprendiendo trigonometría esférica, álgebra superior, geometría analítica y cálculo infinitesimal; geometría descriptiva; topografía y legislación de tierras y aguas; hidrografía y meteorología; dibujo topográfico (*).

Segundo año: Mecánica analítica; geodesia y astronomía práctica; física matemática, comprendiendo con especialidad la termodinámica, el magnetismo, la electricidad y la electrometría; cálculo de las probabilidades y teoría de los errores; dibujo topográfico (**).

Tercer año: Astronomía general y física; mecánica celeste; hidráulica; geología; dibujo geográfico (***) .

(*) Al fin del primer año, práctica de topografía durante dos meses.

(**) En el segundo año y al fin del mismo, práctica de astronomía.

(***) Durante el tercero y al concluir éste, práctica de astronomía física.

Al terminar la carrera, práctica durante un año, en operaciones geodésicas y geográficas, siempre que el gobierno tenga emprendidos trabajos de este género.

Fuente: Ortega, Rafael. Anuario de legislación y jurisprudencia. Sección de legislación. México, 1897. Art.9. p.920-921.

La duración de la profesión permaneció en tres años de cursos teóricos. Se incorporaron materias nuevas. En el primer año: trigonometría esférica, legislación de tierras y aguas, hidrografía y meteorología. En el segundo: termodinámica, magnetismo, electricidad y electrometría y en el tercer año cambió la hidrografía por la hidráulica.

El ingeniero geógrafo realizaría las prácticas al terminar cada ciclo escolar. En el primer año la de topografía durante dos meses, en el segundo la de astronomía y al terminar el tercero la de astronomía física.

Al incorporar la recomendación de Díaz Rugama, la estrategia del plan de 1897 vinculaba la teoría geográfica

con el Estado. Al terminar los estudios profesionales, el ingeniero geógrafo realizaría práctica de un año en operaciones geodésicas y geográficas del gobierno.

El plan contenía una "abrumadora parte teórica (de hecho rebasó en este aspecto a la reforma anterior de 1883) y práctica (ésta debía realizarse durante y al final de cada año escolar, además de un año adicional al terminar la especialización)".¹⁴⁴ En opinión de Bazant, por influencia del positivismo, la ley incorporó un mayor número de ciencias básicas como las matemáticas y la física. De las especialidades del plan, las carreras del topógrafo y del geógrafo "estuvieron bien diseñadas y adaptadas a su especialización".¹⁴⁵

En el caso de las especialidades de electricista, industrial y mecánica, el director señalaba que esas carreras tendrían un mayor número de estudiantes cuando quedaran instalados todos los laboratorios para la enseñanza y práctica de la electricidad, la mecánica y la química industrial en la escuela de ingeniería.¹⁴⁶

Debe tenerse en cuenta que la profesión de los ingenieros geógrafos, no dependía de los bien equipados laboratorios de la escuela, como las otras especialidades. La ingeniería geográfica necesitaba, además de las académicas, de otras condiciones para su promoción.

A diferencia de las especialidades como la civil, topográfica o minas, que podían ejercer libremente la profesión: firmar contratos con los particulares, laborar en empresas privadas y realizar asesorías, los ingenieros geógrafos formaron una pequeña elite tecno-científica cuyos servicios tenían al Estado como principal cliente.

Desde el plan de 1823, la existencia legal de la ingeniería geográfica había surgido por la iniciativa del gobierno federal. Por tanto, su presencia académica respondía a la realización de proyectos geográficos nacionales que sólo el gobierno mexicano podría emprender sobre el territorio nacional. De modo que no fue casual que el plan de 1897 confirmara, una vez más, el estrecho vínculo de la geografía con el Estado.

9. La ingeniería geográfica en el período de 1900-1910

El 15 de octubre de 1901, el director de la escuela de ingeniería Manuel Fernández Leal, pidió la opinión de varios catedráticos sobre una reforma al plan de estudios. Las respuestas emitidas forman un valioso testimonio sobre la situación académica en que se encontraban los estudios de ingeniería al comenzar el siglo.

¹⁴⁴ Mílada, Bazant. *op cit.* p.270.

¹⁴⁵ *Ibidem.*

¹⁴⁶ *Ibidem.* p.274-275.

Los profesores coincidieron en que el plan era "anticuado para los adelantos que la ingeniería [había] tenido en los últimos tiempos" y que las especialidades que ofrecía el plantel estaban "erizadas de obstáculos".

Otras opiniones señalaron la deficiente formación matemática de los alumnos de ingeniería proveniente del estudio que hacían en la escuela preparatoria; la falta de comunicación entre los miembros del cuerpo de profesores; la inexistencia de unidad del plan; el descuido del estudio de los elementos fundamentales de la materia, pues se preferían las "elucubraciones más complejas de la Ciencia"; no contar con los elementos suficientes para la enseñanza de materias, como la física matemática para los ingenieros geógrafos; la creencia de los profesores de que su curso era el más necesario e indispensable de todos y la pretensión de que el alumno, después de unos cuantos meses de estudiar la disciplina científica la conociera como el profesor, que había necesitado para dominarla, algunos o muchos años de estudio.¹⁴⁷

Entre las sugerencias al plan, apuntadas por los profesores, destacan las siguientes: limitar cada curso a "lo esencial e indispensable para cada una de las diversas carreras profesionales"; suprimir las materias de meteorología y economía política de la educación formal del ingeniero; agrupar en un solo curso materias que se enseñaban en varios y, lo más importante, dar a las prácticas por lo menos una importancia igual que a la teoría.

En efecto, el escaso papel de la práctica en los estudios del ingeniero, fue motivo para que Miguel Bustamante, director interino de ingeniería en 1894, diera a conocer una opinión radical. Según él, se requería "desechar todo lo existente" y presentar un plan "enteramente diverso, y fundado no en el desarrollo exagerado de cursos teóricos enciclopédicos y una práctica irrisoria; sino en el predominio de la práctica sobre la teoría, adaptando como modelo la escuela Anglo-sajona y especialmente la que llamaremos Americana, y ojalá que pudiéramos denominar Pan-americana".¹⁴⁸ Para Bustamante, había llegado la hora de que, por su probado éxito, se imitaran en México los métodos de enseñanza de la ingeniería de los Estados Unidos.

Entre las opiniones particulares para cada especialidad, interesa conocer las que apuntaron para la ingeniería geográfica. Luis Salazar opinaba que era conveniente y necesario eliminar las carreras de ingeniero topógrafo y de

¹⁴⁷ CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Correspondencia. caja 3. Exp.42. f.328 y ss.

¹⁴⁸ CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Correspondencia. caja 3. Exp.42. f.331. Bustamante propuso que los cursos teóricos duraran tres meses, mientras que las prácticas el doble.

ensayador. En su lugar, proponía que se uniera la primera con la ingeniería geográfica y la segunda con la ingeniería de minas. Para Salazar la profesión del ingeniero geógrafo había "sido muy desdeñada por los estudiantes", a pesar de que "los progresos del país exig[ían] favorecer la creación de un cuerpo de Ingenieros de esa especialidad".¹⁴⁹

Francisco Garibay opinaba que, al igual que los ingenieros industrial y electricista, los ingenieros geógrafos formaban un grupo de especialidades a las que muy pocas personas se dedicaban.

Desde el punto de vista académico, la organización de los estudios de la ingeniería geográfica exigía de cinco años de la escuela preparatoria y, después, de cuatro años de carrera. Ese larguísimo tiempo, apuntó Salazar, reducía considerablemente el noviciado profesional del estudiante. En esas condiciones, sólo una pequeñísima parte de la población podía aspirar a realizar estudios superiores.

El factor social explicaba, en buena medida, la causa de la escasa popularidad de la ingeniería geográfica. Garibay escribió:

...los que se dedican a la carrera de [Ingenieros] Geógrafos no tienen otra perspectiva que la de desempeñar un puesto en alguna de las comisiones del Gobierno, no muy abundantes por cierto, esto se debe a que el público no los necesita...¹⁵⁰

Por tanto, propuso combinar los estudios del topógrafo que servía al público, con los del geógrafo que servía al gobierno, aumentando los estudios del primero y disminuyendo los del segundo. Su plan era la creación de una nueva profesión: el ingeniero geómetra, con dos años de cursos teóricos y prácticos. Al terminar, "práctica durante seis meses, de astronomía, comprendiendo en ella, la fijación de posiciones geográficas".¹⁵¹ Esta nueva especialidad,

149 CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Correspondencia. caja 3. Exp.42. f.357.

150 CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Correspondencia. caja 3. Exp.42. f.350.

151 El plan de Garibay del ingeniero geómetra comprendía: Primer año. Primer semestre: matemáticas superiores; geometría descriptiva; dibujo topográfico; práctica de cálculos y, al sexto mes, exámenes de matemáticas. Segundo semestre: mecánica analítica; geometría descriptiva; dibujo topográfico; práctica de cálculos y, al sexto mes, exámenes de mecánica, geometría descriptiva, dibujo y cálculos. Segundo año. Topografía; cálculo de probabilidades y teoría de errores; geodesia y astronomía práctica; dibujo topográfico; práctica de instrumentos durante el año y de topografía al terminar. CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Correspondencia. Caja 3. Exp.42. f.352-353.

afirmaba, seguiría sirviendo al público y al mismo tiempo al gobierno.

Las opiniones de los catedráticos fueron útiles para la revisión del plan de estudios vigente en la escuela de ingenieros. Entre el 5 y 21 de noviembre de 1901, el gobierno organizó seis sesiones para la reforma de los estudios profesionales, presididas por Justo Sierra, entonces subsecretario de Instrucción Pública.

Asistieron a las juntas Leandro Fernández, ingeniero geógrafo y Secretario de Fomento; Manuel Fernández Leal, ingeniero topógrafo y director de la Escuela Nacional de Ingenieros; Agustín Aragón, ingeniero geógrafo y Ezequiel A. Chávez, jefe de la Sección de Instrucción preparatoria y profesional de la Secretaría de Justicia e Instrucción Pública.

En la sesión del 7 de noviembre, Ezequiel A. Chávez informaba que la mayor demanda académica la tenían las especialidades de ingeniería civil y de minas, seguidas "aunque en pequeño respecto de los ingenieros geógrafos". Para Chávez, éstos eran "indispensables para algunos de los servicios públicos" y debían auxiliarse de los topógrafos.¹⁵²

Los estudios del ingeniero geógrafo fueron revisados en la sesión del 19 de noviembre de ese año. En el diseño del proyecto para el programa del ingeniero geógrafo intervinieron Leandro Fernández, Agustín Aragón y Manuel Fernández Leal.¹⁵³

Justo Sierra preguntó a Leandro Fernández cuáles eran las funciones que desempeñaban los ingenieros geógrafos. Éste respondió que, conforme al plan vigente en la escuela de ingenieros, los ingenieros geógrafos debían "levantar los grandes planos, trazar las coordenadas principales, fijar la posición de los lugares no como lo [hacían] los topógrafos sin considerar la forma esférica de la Tierra sino teniendo en cuenta dicha forma y agregó además que los ingenieros geógrafos estudian también los conocimientos preparatorios de la astronomía".¹⁵⁴

El perfil profesional del ingeniero geógrafo fue ratificado por Manuel Fernández Leal. Sierra intervino nuevamente para preguntar si convendría agregar al ingeniero geógrafo un curso de meteorología. Agustín Aragón respondió de forma negativa, pues ese curso era más útil a los ingenieros agrónomos. Fernández Leal sugirió que podría

¹⁵² CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos. Caja 8. Exp.16. Acta número 2. f.488.

¹⁵³ CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos. Caja 8. Exp.16. Acta número 5. f.495-496.

¹⁵⁴ CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos. Caja 8. Exp.16. Acta número 5. f.495.

incorporarse de forma optativa. Además, expuso la conveniencia de incluir al plan de estudios un curso de física del globo.

Otra modificación del plan de estudios del ingeniero geógrafo fue la eliminación de la cátedra de geología, por haberse incluido en la Escuela Nacional Preparatoria. En su lugar, quedó incorporado el curso de meteorología y de física del globo "para integrar debidamente los conocimientos de los ingenieros [geógrafos]".

En cuanto a las prácticas del ingeniero geógrafo, se "suprimió al fin del 3er. año la práctica de Astronomía física para concentrar los estudios de los alumnos en la práctica de las operaciones geodésicas y geográficas y al fin del 2do. año se agregó a la práctica de astronomía la de geodesia por su grande importancia".¹⁵⁵

Cuadro 25
Distribución de los estudios profesionales del ingeniero geógrafo, plan de 1902.

Primer año: Matemáticas superiores. Geometría descriptiva. Topografía e hidromensura. Dibujo topográfico (*).
Segundo año: Mecánica analítica. Geodesia y astronomía práctica. Cálculo de las probabilidades y teoría de errores. Física matemática. Dibujo topográfico (**).
Tercer año: Meteorología y física del globo. Astronomía general y física. Mecánica celeste. Hidráulica. Economía política y elementos de Derecho en los que se refiere a la práctica de la ingeniería. Dibujo geográfico.

(*) Práctica de Topografía durante dos meses.

(**) Práctica de Astronomía y Geodesia durante dos años.

Al terminar la carrera, práctica de un año "de operaciones geodésicas y geográficas, siempre que el Gobierno tenga emprendidos trabajos de este género".

Fuente: Fernández, Justino. *Plan de estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros*. Imprenta del Gobierno. México, 1902. Artículos 7, 8, 13.I,II,V; y 14.IV. p.6-9.

Las discusiones, arreglos y acuerdos de las sesiones con el subsecretario Sierra, sirvieron de base para preparar la reforma del plan de estudios de cada especialidad de la ingeniería. El 7 de marzo de 1902, Justino Fernández Secretario de Justicia e Instrucción Pública dio a conocer el nuevo plan de estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros.¹⁵⁶

¹⁵⁵ CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos. Caja 8. Exp.16. Acta número 5. f.495-496.

¹⁵⁶ Fernández, Justino. *Plan de estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros*. Imprenta del Gobierno. México, 1902. *Diario oficial del Supremo Gobierno de los Estados Unidos*

El plan de 1902, buscaba "aligerar ciertos cursos que estaban muy recargados de materias, establecer una muy apropiada denominación en las asignaturas, y hacer en lo general más prácticas todas sus enseñanzas".¹⁵⁷ La aprobación del plan de 1902 garantizaba, en las páginas de la legislación, la existencia de la ingeniería geográfica y su entrada al siglo XX.

La ley contenía 32 artículos. Cuatro fueron las especialidades de la ingeniería que se enseñarían en el plantel: Civil, Industrial, de Minas y Geógrafo. Como carreras cortas quedaron el topógrafo e hidrógrafo, el electricista, el metalurgista y el ensayador (art.1).

Podían ingresar a la Escuela Nacional de Ingenieros, alumnos provenientes de la Escuela Nacional Preparatoria que presentaran su pase y los certificados que acreditaban la asistencia con "regularidad y aprovechamiento durante tres años a Academias de Matemáticas y durante dos a Academias de Ciencias físico-químicas dadas en la Escuela Nacional Preparatoria" (art.16).

El registro de inscripciones era del 15 de diciembre al 15 de enero del siguiente año (art.17). Las clases comenzaban el 1o. de febrero y terminaban el 30 de septiembre (art.18), para seguir los exámenes parciales durante octubre (art.21). Los títulos profesionales, una vez aprobados los cursos, los expediría la Secretaría de Justicia e Instrucción Pública (art.28).

Los alumnos de "notoria distinción" de cualquier especialidad, tendrían la oportunidad de que el gobierno los enviara al extranjero a "perfeccionar sus estudios" (art.29). Por último, la ley aseguraba al Presidente de la República el nombramiento de todo el personal directivo, administrativo, académico y de mantenimiento de la escuela (art.31).

Apenas había entrado en vigor la ley de 1902, cuando en septiembre de 1904 la Secretaría de Justicia e Instrucción Pública, por medio del Consejo Superior de Educación Pública, acordaron encargar a una Comisión, presidida por Pablo Macedo, revisar los programas y textos de las escuelas profesionales, entre ellas la de ingenieros.¹⁵⁸

En la escuela de ingenieros, una comisión integrada por Luis Salazar, director; José G. Aguilera, José M. Velázquez,

Mexicanos. Tomo LVIII. Núm.11. México, lunes 13 de enero de 1902. p.1-5.

¹⁵⁷ "Documentos relativos a la aprobación... para legislar en materia de enseñanza". Ezequiel A. Chávez (dir.). *Boletín de Instrucción Pública*. México, T.I. 1903. p.84-85.

¹⁵⁸ CESU-AHUNAM. ENI. Académico. Planes y programas de estudio. Cursos. Caja 20. Exp.25. f.792.

Norberto Domínguez y Valentín Gama tenía la encomienda de estudiar las reformas del plan de estudios de ingeniería.¹⁵⁹

Este trabajo sería útil para que la Comisión del Consejo emitiera su dictamen, sobre las especialidades de la ingeniería. Mientras tanto, la Secretaría de Instrucción Pública autorizaba, de modo provisional, los programas y textos de la escuela sucesivamente desde 1904 hasta 1910, para las especialidades de ingeniería.¹⁶⁰

El año de 1905 fue clave para la ingeniería geográfica. Al igual que en 1895, no registraron inscripciones las cátedras del ingeniero geógrafo: geodesia y astronomía, cálculo de probabilidades y teoría de errores, astronomía general y física, mecánica celeste, y meteorología y física del globo.¹⁶¹ La enseñanza tampoco había sido tan práctica como se deseaba y solo en algunos cursos efectuaron prácticas.

El 30 de noviembre de 1905, el director interino ingeniero Mateo Plowes, remitió al Secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes los "Programas" para 1906 presentados por cada catedrático. Merece destacarse que fueron acompañadas de un "conjunto de notas y observaciones" sobre cada especialidad elaboradas por el mismo Plowes, con la finalidad de aportar mayor información de los estudios de la ingeniería.

Las notas y observaciones de Plowes formaron un invaluable testimonio, pues permiten conocer la opinión del director de la Escuela Nacional de Ingeniería sobre la situación de las especialidades del plantel.¹⁶²

En lo particular, Plowes refirió sus comentarios sobre el punto de vista académico y profesional de la ingeniería geográfica. En la parte docente, se ocupó de las materias del tercer y cuarto año: "En cuanto a la carrera de Ingeniero Geógrafo son tres las materias especiales que necesitan los aspirantes a esta profesión. La Geodesia y la Astronomía práctica, el Cálculo de las probabilidades y la Astronomía general y física".

¹⁵⁹ "Acta de la sesión del Consejo Superior de Educación Pública, celebrada el 26 de julio de 1906", Ezequiel A. Chávez (dir.). *Boletín de Instrucción Pública*. México, T.VI. 1906. p.407.

¹⁶⁰ "Estado de los trabajos que tienen encomendados las diversas Comisiones del Consejo S. de Educación Pública", en Ezequiel A. Chávez (dir.). *Boletín de Instrucción Pública*. México, T.III. 1904. p.16-17; T.IV. 1904. p.142-143; T.VIII. 1907. p.36-37, 50-51; T.IX. 1908. p.965-1041; T.XIII. 1909. p.117; T.XIV. 1910. p.139-158.

¹⁶¹ CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos. Caja 8. Exp.18. f.529.

¹⁶² CESU-AHUNAM. ENI. Académico. Planes y programas de estudio. Cursos. Caja 20. Exp.25. f.800-801 y f.953-1012.

Sobre la demanda académica de la ingeniería geográfica en ese año, Plowes escribió:

La carrera del [Ingeniero] Geógrafo, como en otra ocasión se ha dicho, no tiene en la actualidad alumnos que la cursen; seguramente porque esa especialidad no tiene fuera del Estado ninguna demanda, dado que sus aplicaciones exigen el desembolso de grandes recursos que solo los Gobiernos pueden expensar.

En contraste, Plowes expuso la utilidad del trabajo del ingeniero geógrafo y sobre la necesidad de conocer el territorio nacional:

El conocimiento, sin embargo, de la Geodesia y de la Astronomía práctica es muy necesario en el país, pues teniendo éste grandes extensiones superficiales, muchas de ellas remotas y desconocidas, son de emplearse con ventaja para el conocimiento de su geografía y situación los métodos que contiene la ciencia astronómica y que enseña a situar con las coordenadas latitud y longitud puntos aislados y situados a gran distancia que pueden servir de puntos fundamentales y formar redes trigonométricas en que apoyar operaciones de medidas secundarias.

Otras observaciones de Plowes fueron dirigidas para que, en caso de renovarse el plan de estudios de la profesión, fueran obligatorias la geodesia y la astronomía, y agregarse un curso de óptica matemática, debido a la "aplicación inmediata en el manejo y teoría de los instrumentos" que se usaban en el ejercicio de la profesión.

Por último, apuntaba la "necesidad de formar en lugar adecuado un observatorio astronómico para montar en el variados y ricos instrumentos" que tenía la escuela, entre ellos un ecuatorial y que se encontraban "sin destino alguno, guardados en los almacenes del establecimiento [de ingeniería], con peligro de su deterioro y sin utilidad ninguna no obstante el alto valor" que representaba.¹⁶³

Por desgracia, también en 1905 el catedrático de geodesia y astronomía práctica, Díaz Rugama enfermó de modo incurable, por lo que tuvo que abandonar la docencia. La cátedra de cálculo de probabilidades seguía sin profesor, sólo Anguiano seguía al frente de su curso de astronomía general y física.

Los cursos de matemáticas superiores, mecánica aplicada, geodesia y astronomía práctica, cálculo de las probabilidades y teoría de los errores y dibujo de

¹⁶³ CESU-AHUNAM. ENI. Académico. Planes y programas de estudio. Cursos. Caja 20. Exp.25. f.1003-1004.

composición serían sustituidos por los que presentarían los profesores.¹⁶⁴

Para remplazar a Díaz Rugama, la cátedra de geodesia y astronomía práctica fue ocupada por el ingeniero geógrafo Juan Mateos. Por la importancia de la materia en la formación del ingeniero geógrafo, es pertinente anotar en seguida las características del curso que Mateos impartiría en 1907, notificadas en una carta al director de la escuela:

Mi experiencia personal me ha indicado que para que este curso sea fructuoso debe ser práctico-teórico.

La práctica se refiere no solo al uso de los instrumentos y a la ejecución de las diversas operaciones que construyen las aplicaciones de estas ciencias, sino también y muy especialmente a la ejecución de los cálculos que todas ellas requieren.

Las operaciones geodésicas no pueden practicarse durante el curso por que son netamente operaciones de campo; pero si posible ejecutar aisladamente algunas medidas para familiarizarse con el manejo de los instrumentos y hacerse cargo de las condiciones que requieren y de las dificultades que presentan.

Por lo que toca a la práctica de astronomía y el cálculo de probabilidades, Mateos informaba que podían ejecutarse adecuadamente, junto con el cálculo de los resultados de las observaciones. Mateos hizo hincapié en la importancia de que la escuela diera las facilidades para las prácticas:

Los instrumentos necesarios a la Astronomía y a la Geodesia y las oportunidades [de] efectuar operaciones relativas no están al alcance de cualquier persona; por consiguiente, la Escuela es el único medio disponible para adquirir la práctica y habilidad en esos ramos, y es indispensable consagrar a la parte práctica de este curso toda la atención posible.

Para terminar, Mateos hizo una propuesta al director del plantel: revisión y reparación de los instrumentos científicos y la compra de otros que faltaban como un anteojo zenital meridiano y un círculo meridiano. Se requería, además, acondicionar un local donde instalar fijos los aparatos para las prácticas.¹⁶⁵

Lo que precede no deja duda de que los ingenieros geógrafos intentaron, ante las autoridades de gobierno y de la dirección de la escuela de ingenieros la promoción de los estudios profesionales de su especialidad. La posición oficial alcanzada por algunos de ellos en puestos claves de la administración pública y de la docencia, les permitió

¹⁶⁴ CESU-AHUNAM. ENI. Académico. Planes y programas de estudio. Cursos. Caja 20. Exp.25. f.804, 1013, 1035-1036.

¹⁶⁵ CESU-AHUNAM. ENI. Académico. Planes y programas de estudio. Cursos. Caja 20. Exp.25. f.1038-1039, 1057 y 1067.

participar en las reformas del plan de estudios al comienzo del siglo XX. Esto aseguraba la existencia de la ingeniería geográfica en el plano jurídico.

Para la revisión de los programas y textos de la escuela de ingenieros, solicitada desde septiembre de 1904, a través del Consejo Superior de Educación Pública, a mediados de 1906 la comisión de ingeniería, encabezada por el director Luis Salazar, consiguió reunir las observaciones de cada catedrático del plantel sobre la reforma de la escuela.¹⁶⁶

Desde 1895, Díaz Rugama y Anguiano habían participado con su opinión sobre los arreglos a la ingeniería geográfica. Diez años después, sólo Anguiano pudo entregar de nuevo sus observaciones de la carrera, ya que el primero abandonó la docencia por enfermedad.

El 6 de julio de 1906, Anguiano realizó un amplio comentario crítico de la ingeniería geográfica, dirigido al director de ingeniería. Su escrito merece toda la atención, pues se trata de la última consideración importante, presentada por un catedrático, sobre la situación que guardaba la ingeniería geográfica de México antes de la Revolución Mexicana.¹⁶⁷

El título de ingeniero geógrafo, explicaba Anguiano, se otorgaba a quien hubiese hecho los cursos, además de los del topógrafo, de geodesia y astronomía. Para él, el ingeniero geógrafo equivalía al geodesta y, por eso, se fusionaron ambos cursos en uno.

Anguiano escribió que de acuerdo a la ley del 15 de febrero de 1883, se agregaron a la carrera del ingeniero geógrafo las materias: elementos de mecánica celeste y astronomía física lo que, en su opinión, "vino a producir confusión e impropiedad en los nombres, asignando al Ingeniero Geógrafo estudios que en manera alguna le corresponden, por ser exclusivamente del Astrónomo, en otros términos, confundiendo lastimosamente el título del Ingeniero Geógrafo con el de Astrónomo que entraña una significación enteramente distinta".

Anguiano describió el trabajo profesional del geógrafo y del astrónomo, para que quedara diferenciada cada labor. Del primero, escribió que:

¹⁶⁶ Salazar, Luis. "Reforma del plan de estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros, presentada por Luis Salazar a la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes". AGN. Instrucción Pública y Bellas Artes. Caja 352. Exp.13. f.1-13.

¹⁶⁷ "Observaciones que el profesor Ingeniero Angel Anguiano, presenta a la Dirección de la Escuela N. de Ingenieros sobre las reformas que la Secretaría de Instrucción Pública desea que se hagan al plan de estudios vigente", AGN. Instrucción Pública y Bellas Artes. Caja 352. Exp.2. f.6-11.

Las operaciones técnicas del Ingeniero Geógrafo quedan reducidas a la aplicación de una de las partes de la ciencia astronómica a la Geografía, es a saber, a la determinación de las coordenadas geográficas de un punto dado en la Tierra, cuyo conocimiento a la vez que es esencial a la Geografía, lo es también a la Geodesia, pues sin el habría sido imposible conocer la magnitud y forma de nuestro globo.

Mientras que del segundo, anotó, tenía "otro campo más vasto como lo es el que le ofrecen los incommensurables espacios celestes, ya con relación a las leyes que siguen los movimientos de los astros a la magnitud de estos, su pesantez, sus distancias recíprocas &, ya sobre la constitución física-química de los mismos cuerpos celestes".

Por tanto, Anguiano advertía que si se quería conservar el título del ingeniero geógrafo debía suprimirse en la carrera la enseñanza de la mecánica celeste y de la astronomía física. Estas últimas materias, venían a constituir otro nuevo título que, según él, debía crearse en la Escuela de Ingenieros, o sea el de Astrónomo.

Si la dirección del plantel decidía conservar el título del ingeniero geógrafo, Anguiano recomendaba que se cambiara el nombre por el de Geodesta, pues el ingeniero geógrafo podría "emplear el rigor de la ciencia" y optar por un título "más elevado". Además, aseguraba que sería útil para diferenciar a las personas que sobresalían en la geografía, a pesar de que carecían de los conocimientos técnicos teórico-prácticos del ingeniero geógrafo, se les llamaba geógrafos, dando lugar a la confusión.

Anguiano también criticaba la situación académica que tenía el ingeniero topógrafo, pues la ley de 1883 restringió la enseñanza de la astronomía práctica a este profesional. Esto le impedía "levantar planos de grande extensión" de "vastas propiedades particulares o extensas comarcas en comisiones del Gobierno". En esos lugares, la astronomía práctica constituía, "un precioso elemento para el ingeniero medianamente diestro, que con un teodolito portátil puede obtener, en poco tiempo y con pocos gastos, puntos fijos de comprobación o de rectificación en sus operaciones topográficas, con un grado de exactitud suficiente al fin que se propone".

Con lo anterior, Anguiano trató de mostrar que la ley de 1883 había cometido dos "errores": restringir la carrera del ingeniero topógrafo y asignar al ingeniero geógrafo estudios que no le correspondían.

Con esos elementos, Anguiano pasó a anotar las reformas que en su opinión, requería el plan de estudios de la escuela de ingenieros. Propuso que el nombre del título del ingeniero topógrafo e hidrógrafo cambiara a Ingeniero

topógrafo hidrógrafo y geodesta,¹⁶⁸ y el de Ingeniero geógrafo por el de Ingeniero geógrafo y astrónomo.

Los estudios profesionales del ingeniero geógrafo los dividía en tres años: los primeros dos comprendían los del topógrafo y geodesta. El tercer año comprendería: mecánica analítica; astronomía física y elementos de mecánica celeste.

En cuanto a las prácticas, Anguiano consideraba que el profesor debía enseñar "detalladamente el oficio y uso práctico de cada pieza de un instrumento" y, después, cada alumno se ejercitaría en su "manejo y en la determinación de sus constantes y demás valores".

Las prácticas de campo del ingeniero geógrafo las propuso para cada año. Al terminar el primer año, práctica de topografía durante dos meses (igual para el topógrafo); después del segundo año, práctica de dos meses en la Comisión Geodésica (para los topógrafos sería de un año en esa comisión); durante el tercer año, "práctica en el Observatorio al que concurrirán por lo menos tres noches a la semana durante seis meses".

Las consideraciones de Anguiano fueron semejantes a las que había presentado en 1895. Puso énfasis en que el ingeniero geógrafo se convirtiera en astrónomo y que el topógrafo pasara a encargarse del ejercicio profesional que dejaría aquél, sobre la formación de mapas de grandes extensiones para el gobierno o bien para particulares.

Las consideraciones de Anguiano tuvieron resonancia en la administración de la escuela de ingenieros. El 21 de julio de 1907, el director de la escuela Luis Salazar, presentó las reformas de las especialidades de la ingeniería a la Secretaría de Instrucción Pública. Para la ingeniería geográfica incorporó las recomendaciones de Anguiano, casi al pie de la letra.

En el plan de estudios de 1907, Salazar manifestó su inconformidad sobre la existencia de la ingeniería geográfica en la administración de la escuela de ingenieros. El director escribió:

Algo he vacilado para aceptar como dependiente de la Escuela Nacional de Ingenieros la carrera de ingeniero

¹⁶⁸ Los estudios profesionales del ingeniero topógrafo hidrógrafo y geodesta, Anguiano los propuso de dos años, a saber: Primer año: Topografía e hidrografía; elementos de mecánica analítica e hidráulica; geometría descriptiva y dibujo topográfico. Segundo año: Geodesia y Astronomía práctica y cálculo de probabilidades y teoría de errores; física matemática y meteorología; elementos de derecho y dibujo geográfico. AGN. Instrucción Pública y Bellas Artes. Caja 352. Exp.2. f.10-11.

geógrafo, pues en los años que lleva de establecida en ella pocos frutos ha dado, quizá por la poca expectativa que presenta desde el punto de vista especulativo... La naturaleza y el número de estudios que tiene que hacer un ingeniero geógrafo, que también es astrónomo, no prestan atractivo a la mayor parte de los estudiantes, y de aquí que no haya inscripciones para esa carrera. Si a esto se agrega que no remunera el tiempo gastado en las aulas, se comprende que sólo los que tengan gran vocación por la ciencia, y estos son pocos, se dediquen a estudiar para ingenieros geógrafos.¹⁶⁹

Salazar consideraba que la labor del ingeniero geógrafo de México, "debería quedar a cargo del elemento militar que con sus ingenieros y marineros realizaría mejor las necesidades de nuestro país", a semejanza de lo que sucedía en Europa, para ejecutar "el levantamiento y construcción de cartas geográficas e hidrográficas de los litorales".

Sin embargo, la consulta de algunos prospectos de las universidades de los Estados Unidos, permitieron a Salazar matizar su opinión sobre la transferencia del trabajo tecnológico de los ingenieros geógrafos a los militares, pues no quería "iniciar reforma tan trascendental". Por tanto, propuso a la Secretaría de Instrucción Pública el programa de la ingeniería geográfica dentro del proyecto del plan de estudios de la escuela.

Cuadro 26

Estudios profesionales del ingeniero geógrafo y astrónomo, propuesta de Luis Salazar, plan de 1907.

Matemáticas superiores. Mecánica general. Topografía general. Geodesia. Hidrografía. Meteorología y física del globo. Cálculo de las probabilidades y teoría de los errores. Astronomía teórica. Astronomía general. Óptica geométrica y difracción con aplicación a los instrumentos empleados en Astronomía. Curso práctico de cálculos. Aplicación de la Astronomía a los levantamientos geodésicos. Astronomía física y espectroscópica y mecánica celeste. Fotografía aplicada a la Astronomía. Dibujo geométrico. Dibujo topográfico (dos cursos) y dibujo geográfico.

Fuente: Salazar, Luis. "Reforma del plan de estudios...", AGN. Instrucción Pública y Bellas Artes. Caja 352. Exp.13. f.6.

¹⁶⁹ Salazar, Luis. "Reforma del plan de estudios...", AGN. Instrucción Pública y Bellas Artes. Caja 352. Exp.13. f.6. Salazar, Luis. *Proyecto del Plan de Estudios de la Escuela de Ingenieros*. Presentado a la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes por el director de la Escuela, y sometido al examen de la Junta de Profesores. Tip. de la Oficina Impresora de Estampillas. México. 1911. p.VII.

El proyecto de Salazar contenía 37 artículos. El artículo 10. señalaba que la educación de la Escuela de Ingenieros sería "técnica y práctica", para el ejercicio de las especialidades de: civil; de minas; electricista; mecánico; químico; hidráulico y sanitario; geógrafo y astrónomo; topógrafo; y metalurgista y ensayador.

La propuesta no apuntaba la distribución de los estudios de cada especialidad de la ingeniería para cada ciclo escolar. En el plan de 1907, la ingeniería geográfica conseguía tener presencia, pero Salazar modificaba la práctica profesional del ingeniero geógrafo.

La cátedra de geodesia, en su forma teórica, sería impartida tanto al ingeniero geógrafo como el topógrafo. La diferencia sustancial radicaba en la práctica profesional a final de la carrera. Según el proyecto de Salazar, la práctica de geodesia fue asignada al topógrafo, "durante tres meses". En cambio, el ingeniero geógrafo practicaría "durante seis meses las observaciones y cálculos astronómicos" (art.21).

La existencia de factores académicos como la falta de organización de prácticas profesionales, la muerte de los docentes, la falta de recursos para imprimir textos¹⁷⁰ y la no instalación del instrumental científico en la escuela no explican suficientemente porqué la ingeniería geográfica resultaba tan poco atractiva entre los alumnos.

La respuesta se encontraba fuera de las aulas. El 29 de octubre de 1907, el ingeniero Norberto Domínguez escribió sobre el porvenir de la especialidad de geografía, de la siguiente forma:

Considerado en su especialidad de geógrafo y astrónomo no viene a satisfacer una necesidad industrial y por lo mismo no hay en el público demanda de sus servicios. El ingeniero geógrafo y astrónomo está, pues, destinado necesariamente a ser empleado del gobierno en alguna de las instituciones donde se necesita esa clase de profesionistas, tales como el Observatorio Astronómico, la Comisión Geodésica y la Geográfica Exploradora, y aun para ingresar en ellas tiene que sufrir la competencia de los oficiales de Estado Mayor.¹⁷¹

¹⁷⁰ En marzo de 1903, Adolfo Díaz Rugama pidió que su *Tratado de cálculo de las probabilidades y teoría de errores*, fuera impreso para servir de libro de texto para la cátedra que impartía. La Secretaría de Instrucción Pública respondió con una negativa por falta de recursos. CESU-ARUNAM. ENI. Académico. Publicaciones. Caja 23. Exp.5. f. 173-178.

¹⁷¹ Domínguez, Norberto. "El porvenir de la carrera de ingenieros en México", en Ezequiel A. Chávez (dir.). *Boletín de Instrucción Pública*, México. T. VIII. 1907, p.509.

Domínguez apuntó, además, las aspiraciones sociales de los estudiantes que intentaran el estudio de la ingeniería geográfica, en los siguientes términos:

Para los jóvenes de aspiraciones limitadas, de carácter a propósito para empleados y que prefieran el cultivo de la ciencia a las ventajas del dinero, esta carrera [de ingeniero geógrafo] es buena porque asegura cierta tranquilidad relativa y es muy adecuada para personas reposadas y estudiosas. Para los jóvenes ambiciosos tiene el gran inconveniente de presentarles un porvenir limitado y ya conocido de antemano.¹⁷²

El trabajo de Domínguez confirmaba otros factores sociales que compartían tanto los catedráticos, como el director de la escuela sobre la ingeniería geográfica: la profesión servía exclusivamente al gobierno (como disciplina de Estado para la realización de proyectos geográficos oficiales de alcances nacionales) y otorgaba pocas ventajas monetarias y porvenir limitado al profesionista.

En conjunto, estos factores podrían dar cuenta de la inexistencia de registros de inscripción de estudiantes de ingeniería geográfica en los años 1906, 1907, 1908 y 1909 de la escuela ingeniería.¹⁷³ A partir de 1910 y hasta 1914, la información de los registros señalan un imperceptible cambio en la situación académica. Los registros de inscripción muestran que un solo estudiante se apuntó para cursar la ingeniería geográfica.¹⁷⁴

10. Desaparición de la ingeniería geográfica de México

La revisión de las instituciones docentes comenzada desde 1906, "culminaría en 1910 con el establecimiento de la Universidad que había sido suprimida por última vez en 1865".¹⁷⁵ Justo Sierra, secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes, "promovió la reforma integral de la educación mexicana". Robles afirma que Sierra llegó a "postular proyectos cuyas metas consistían en dignificar la situación que padecían las instituciones mexicanas de enseñanza".¹⁷⁶

¹⁷² *Ibidem*.

¹⁷³ CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos. Caja 8. Exp.19. f.546; Exp.20. f.570; Exp.21. f.575-576; Exp.22. f.596.

¹⁷⁴ CESU-AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos. Caja 8. Exp.23. f.600-601; Exp.24. f.620-621. "Noticias estadísticas de la inscripción de la Escuela nacional de Ingenieros para el año escolar de 1910 a 1911", Ezequiel A. Chávez (dir.). *Boletín de Instrucción Pública*. México, 1910. T.XV. p.368. ENI. *Registro de inscripciones*. Año escolar de 1910-1911, 1911-1912, 1913 y 1914. f.52, 118, 173 y 180.

¹⁷⁵ Robles, Martha. *Educación y sociedad en la historia de México*. Siglo veintiuno editores. México 1986. p.74.

¹⁷⁶ *Ibidem*. p.71.

El proyecto de ley constitutiva de la Universidad Nacional de México, fue presentado y leído por Justo Sierra, secretario de Instrucción Pública, primero ante el Consejo Superior de Educación Pública y después en la Cámara de Diputados. En la sesión del 9 de mayo de 1910, fue aprobado el proyecto por la XXIV legislatura de la Cámara de Diputados del Congreso General.

Abrir las puertas de la Universidad significó "la culminación de los proyectos positivistas de institucionalización de las ciencias" y un "cambio en las posiciones teóricas de los positivistas" de los políticos «científicos», pues establecieron "alianzas con los enemigos tradicionales de los liberales; el clero y otros sectores han comenzado a «cohabitar» con los liberales y los positivistas".¹⁷⁷

La Universidad Nacional de México, quedaría "bajo la tutela discreta y conveniente del Estado", convirtiéndose en una "Universidad de Estado". En esos términos, la ley señalaba que la Universidad tendría como objetivo "realizar en sus elementos superiores la obra de la educación nacional" (art.1). La Universidad se integraría "por la reunión de las Escuelas Nacionales Preparatoria, de Jurisprudencia, de Medicina, de Ingenieros, de Bellas Artes, [...] y de Altos Estudios" (art.2).¹⁷⁸

El 22 de septiembre de 1910, fue inaugurada la Universidad de México. En una ceremonia efectuada en el anfiteatro de la Escuela Nacional Preparatoria y con la concurrencia del gabinete oficial, encabezado por el presidente de la República, distinguidos visitantes, los catedráticos de la preparatoria y los padrinos de la Universidad, procedentes de las universidades de París, Salamanca y California.¹⁷⁹

Al mes siguiente de la apertura de la Universidad, Luis Salazar comunicó al rector Joaquín Eguía Lis que, de acuerdo al artículo 80. de la ley constitutiva de la Universidad, la dirección de la Escuela de Ingeniería citó a junta a los profesores para proponer cambios a los programas y textos

¹⁷⁷ Saldaña, Juan José. "La ideología de la...", p.315.

¹⁷⁸ "Dictamen presentado a la H. Cámara de Diputados proponiendo el proyecto de ley constitutiva de la Universidad Nacional de México", en *Cuadernos del Archivo Histórico de la UNAM*. UNAM, Enero-abril, Núm.1. México. 1982. p.11-16. "Ley constitutiva de la Universidad Nacional de México, promulgada el 26 de mayo de 1910", Ezequiel A. Chávez (dir.). *Boletín de Instrucción Pública*. México, T.XIV. 1910. p.639.

¹⁷⁹ "Inauguración de la Universidad Nacional", Ezequiel A. Chávez (dir.). *Boletín de Instrucción Pública*. México, T.XV. 1910. p.539-585. García, Genaro. "Crónica oficial de las fiestas del primer Centenario de la Independencia de México", en *Cuadernos del Archivo Histórico de la UNAM*. UNAM, Enero-abril, Núm.1. México. 1982. p.29-35.

del año escolar 1911. El resultado de la reunión fue que los profesores recomendaron no efectuar ninguna modificación al plan de estudios.¹⁸⁰

En 1913, el proyecto de Salazar de 1907, fue sometido al examen de la Junta de Profesores de la escuela y aprobado por ésta, pero con modificaciones. El plan incorporaba la distribución de los cursos para cada especialidad.

La Junta efectuó arreglos al plan del ingeniero geógrafo, presentado por Salazar. En la versión aprobada fue introducida la realización de prácticas de geodesia, de cálculos, medidas de bases y de astronomía, durante los cursos.¹⁸¹ Al final de la carrera, el ingeniero geógrafo practicaría "durante seis meses las observaciones y cálculos astronómicos".¹⁸²

Cuadro 27

Estudios profesionales del ingeniero geógrafo y astrónomo, plan de 1913.

Primer año: topografía, práctica de cálculos, hidrografía, matemáticas superiores, mecánica general, nociones de geometría descriptiva, dibujo topográfico (*).

Segundo año: Geodesia y levantamientos geodésicos, cálculo de probabilidades y teoría de errores, meteorología y física del globo, astronomía práctica, práctica de cálculos, medida de bases, práctica de astronomía, dibujo geográfico (**).

Tercer año: física y medidas de precisión, astronomía física, astronomía general y mecánica celeste, laboratorio de física, práctica de cálculos, práctica de astronomía general y física (***).

(*) Práctica de topografía de campo.

(**) Práctica de geodesia

(***) Práctica de astronomía de campo.

Fuente: Proyecto del plan de estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros aprobado por la Junta de Profesores. p.13.

El plan arreglado fue sometido a la consideración del Consejo Universitario. Así las cosas en el interior de la escuela de ingenieros, mientras que afuera las "autoridades gubernamentales no llegaban a cristalizar sus planes de organización y desarrollo, en el campo de la educación pública".¹⁸³

¹⁸⁰ CESU-AHUNAM. ENI. Académico. Planes y programas de estudio. Cursos. Caja 21. Exp.30. f.1073.

¹⁸¹ Proyecto del plan de estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros aprobado por la Junta de Profesores. Tipografía de "El Escritorio". México, 1913. p.13.

¹⁸² Ibidem. p.18.

¹⁸³ Robles, Martha. op cit. p.85-86.

En efecto, entre 1911 y 1913 la acción revolucionaria extendida por el territorio, la inestabilidad política del país y los grupos de poder, civiles y militares, en pugna por la dirección del gobierno ocupaban el escenario de la vida nacional. Las decisiones sobre la educación "se tomaban en forma desarticulada y aislada de un contexto unificador del carácter y los objetivos específicos de la enseñanza".

Como no había tenido respuesta, por parte del gobierno de Díaz, la propuesta de reformas de 1907, el 17 de enero de 1914, en un segundo intento de organizar las especialidades de ingeniería, Luis Salazar aprovechó la llegada de los militares al poder político y envió a la Secretaría de Instrucción un nuevo plan de estudios, distinto al que había formado en 1907, además del que un año antes fue sometido a la consideración del Consejo Universitario sin recibir aún dictamen.¹⁸⁴

Así, había dos planes de estudios de ingeniería en puerta para su aprobación en la Secretaría. El plan de Salazar y el que había aprobado la Junta de profesores. Ambos planes tenían semejanzas, pero resaltaba una diferencia singular. Mientras que el plan de la Junta mantenía entre las especialidades de ingeniería a la geografía, el de Salazar la eliminaba.

En febrero de 1913, Victoriano Huerta se instaló en la presidencia y con él, el militarismo, la "violencia y represión contra los opositores que pedían una reforma estructural al sistema político mexicano".

El 20 de abril de 1914, el gobierno militar expidió una ley del plan de estudios profesionales de la escuela de ingenieros. En esa ley, el artículo 10. consignaba las especialidades de ingeniería: civil, minas y metalurgista, electricista, mecánico, topógrafo, ensayador y beneficiador de metales.¹⁸⁵

La Secretaría de Instrucción había decidido en favor del plan presentado por Luis Salazar y con el consentimiento del régimen militar, la ley de abril 1914 eliminaba la ingeniería geográfica de la legislación mexicana.

La ley podía desaparecer la carrera, pero la administración de la escuela no haría lo mismo con el profesorado y cursos responsables de la ingeniería geográfica. La teoría de las cátedras y prácticas del ingeniero geógrafo pasaron al plan de estudios del

¹⁸⁴ CESU-AHUNAM. ENI. Académico. Planes y programas de estudio. Cursos. Caja 21. Exp.34. f.1269-1270.

¹⁸⁵ CESU-AHUNAM. ENI. Académico. Planes y programas de estudio. Cursos. Caja 21. Exp.35. f.1301-1316, 1318-1319 y 1325. "Ley de la Escuela Nacional de Ingenieros", en *Diario Oficial de los Estados Unidos Mexicanos*. T.CXXXI, Núm.47. Viernes 24 de abril de 1914. p.451-455.

topógrafo. Las materias del ingeniero geógrafo, se enseñarían en el segundo año del topógrafo: hidráulica, teoría de los errores, geodesia, astronomía práctica y legislación de tierras y aguas (art.10). En la práctica, los estudiantes de topografía, realizarían "después de terminados los estudios, una práctica de tres meses en la Comisión Geodésica y otra de tres meses en el Observatorio Astronómico de Tacubaya..." (art.11).

El plan de 1914 cumplía parcialmente la "reforma" trascendental de Salazar. Dejaba fuera de la administración de la escuela a la ingeniería geográfica, pero la teoría y práctica del ingeniero geógrafo no fue transferida al elemento militar, sino que se pasó a otra especialidad de la escuela, a la topografía. Sin embargo, la caída del régimen de Huerta ante el Ejército Constitucionalista, comandado por el gobernador de Coahuila, Venustiano Carranza, dejó el plan de abril de 1914 sin efecto.

En el norte del país, la revolución constitucionalista triunfaba y avanzaba. La estrategia de Francisco Villa permitió la toma de Zacatecas por la División del Norte y, junto con la de Emiliano Zapata por el sur, abrieron el camino para que, el 20 de agosto de 1914, Carranza entrara a la ciudad de México como jefe del ejército y encargado del poder ejecutivo. El 24 de octubre de ese año, bajo el amparo del régimen constitucionalista, la Secretaría de Instrucción Pública comisionaba a Valentín Gama, rector de la Universidad Nacional, para "formar un nuevo plan de estudios de la Escuela de Ingenieros".

La Secretaría indicaba al rector que el plan debía limitarse a "preparar para las carreras de Ingeniero topógrafo, civil, arquitecto y electricista". La escuela contaría con el número de materias "estrictamente necesarias para la adquisición de los conocimientos necesarios en el ejercicio de las profesiones indicadas, con el objeto de aligerar en lo posible los estudios teóricos y ampliar la práctica".¹⁸⁶ Por último, el plan debía quedar listo para estudiarlo, aprobarlo y ponerlo en operación por la Secretaría para el ciclo escolar de 1915.

En esas condiciones, el 29 de abril de 1915 Gama envió el plan que se le pedía a la Secretaría de Instrucción, pero recomendaba que no se ordenara su vigencia, pues debía darse continuidad a los cursos del año escolar ya iniciados. El plan se turnó a la Junta de Profesores, "afin de que se adopte más adelante, si merece aprobación..."¹⁸⁷

El plan de Gama de 1915, anotaba las especialidades de la Escuela de Ingenieros: civil, constructor, caminos,

¹⁸⁶ CESU-AHUNAM. ENI. Académico. Planes y programas de estudio. Cursos. Caja 21. Exp.35. f.1323.

¹⁸⁷ CESU-AHUNAM. ENI. Académico. Planes y programas de estudio. Cursos. Caja 21. Exp.36. f.1337.

hidráulico, electricista y topógrafo. El artículo 80. señalaba las materias del topógrafo. De manera semejante a los planes de 1907 y 1914 se incluyeron materias de la ingeniería geográfica: astronomía práctica, geodesia, teoría de errores y dibujo geográfico.

Esta situación se repitió en la sucesiva cadena de planes de estudio de la Escuela de Ingenieros presentados a las autoridades, antes de la autonomía universitaria de 1929. En los planes de 1913, 1914, 1915, 1916, 1924, 1925, 1926 y 1928 la ingeniería geográfica ya no tuvo cabida.¹⁸⁸

A primera vista, resulta extraño observar que Valentín Gama, ingeniero geógrafo y rector de la Universidad, en su plan de 1915 no haya promovido el regreso de la ingeniería geográfica a las aulas de la Escuela de Ingenieros.

Unos años después, el propio Gama dio a conocer los elementos que justificaban la eliminación de los estudios del ingeniero geógrafo en la siguiente forma:

Es un hecho que hace mucho advertimos que los jóvenes no muestran ninguna afición por los estudios de geografía física y matemática, ni por los astronómicos, que les sirven de base, y que, antes, bien, los miran con cierto desdén. Buena prueba de ello es que, quienes concurren a la Escuela de Ingenieros, se dedican exclusivamente a carreras industriales (ingeniería civil, minas, etc.), de las que esperan mayor provecho pecuniario y cuyo ejercicio es más cómodo. Fundándonos en eso, más de una vez propusimos, en las juntas de profesores de la Escuela de Ingenieros, que se suprimiera resueltamente la carrera de [ingeniero] geógrafo...¹⁸⁹

Varios factores sociales se combinaban para el escaso éxito de la carrera en esos años. Gama escribió de cada uno de ellos. Como la sociedad de la época se guiaba por la "sed de riquezas y de los placeres", los jóvenes estudiantes de ingeniería imitaban ese ejemplo, lo que contrastaba con el "predominio de una filosofía espiritualista", es decir "una manera de apreciar los bienes de la vida menos materialista".

Otro factor fue la dependencia de la profesión con el Estado. Al conocer los jóvenes que el ingeniero geógrafo no

¹⁸⁸ CESU-AHUNAM. ENI. Académico. Planes y programas de estudio. Cursos. Caja 21. Exp.36. f.1343, 1346, 1350, 1353-1354. Exp.40. f.1378-1381. Exp.43. f.1488. Exp.44. f.1502. Pruneda, Alfonso. Plan de estudios de la Facultad de Ingeniería. Talleres Gráficos de la Nación. México. 1928.

¹⁸⁹ Gama, Valentín. "Consideraciones acerca de la cartografía en México y sobre la manera de promover el adelanto de la misma", en *Primer centenario de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística 1833-1933*. Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, México. 1933. p.404.

tenía otro cliente más que el gobierno, temían que pudieran perder el trabajo en uno de los tantos movimientos de la administración pública. Así, "no habría quien los ocupase" y sería tiempo perdido el ocupado en estudiar la carrera.

A lo anterior, "se agrega que son bien penosos los trabajos que demandan la formación de la carta de un país, en las condiciones del nuestro, por lo cual para realizarlos se requiere una disciplina muy rígida que a los empleados civiles les parece insoportable".¹⁹⁰

Esos factores determinaron los juicios expresados por Gama en torno de la profesión. Convencido de la difícil situación de la ingeniería geográfica, considero una propuesta: "confiar el servicio cartográfico al ejército". Se trataba de la fórmula que había tenido adeptos anteriormente, como cuando Luis Salazar fue director de la Escuela de Ingenieros.

La fundamentación de la propuesta, Gama la anotó de la siguiente forma:

...la condición de los militares es muy diferente a la de los civiles, y para aquéllos tendrán más atractivo los trabajos geográficos y topográficos que el servicio de cuartel; no están expuestos, como servidores de la Nación, a las eventualidades a que lo están los empleados civiles, mientras no se establezca el servicio civil, cosa ésta que en mucho tiempo será una utopía, porque el ejecutivo no se resuelve a desprenderse del poder que se pone en sus manos, confiriéndole la facultad de nombrar y destituir empleados públicos; además, en el desempeño de los trabajos geográficos los jefes y oficiales del ejército tienen oportunidades para conocer el país y tomar muchos informes, que pueden serles de gran utilidad en el desempeño de otros servicios netamente militares. No hay para qué hablar de la economía que la medida en cuestión significa para el erario, porque es cosa que salta a la vista.¹⁹¹

Gama había identificado los factores por los que la ingeniería geográfica no había prosperado en la sociedad. Su crítica fue acertada, al señalar la inconveniencia de mantener a la ingeniería geográfica subordinada a la esfera de acción del gobierno federal, particularmente la del poder ejecutivo, representado en la figura del Presidente de la República.

La militarización de la organización de los trabajos geográficos del país durante el Porfiriato, la facultad del ejecutivo para nombrar y destituir empleados de la administración pública y, sobre todo, la inestabilidad

¹⁹⁰ *Ibidem.* p.406.

¹⁹¹ *Ibidem.* p.407.

política a partir de 1910, fueron elementos decisivos a los que la disciplina no pudo sobrevivir.

11. Los ingenieros geógrafos de México 1856-1917

Después de anotar los caminos legislativos, administrativos y académicos de la ingeniería geográfica, resulta necesario mostrar los resultados conseguidos.

En el cuadro 28 se presenta, en resumen, el número de ingenieros titulados en el periodo de 1835 a 1865. En este primer periodo, los resultados de la vida académica del plantel de Minería registran un total de 166 ingenieros, repartidos en cuatro especialidades.

Por la información disponible de ese periodo, se observa que el mayor número de ingenieros, se concentró en los años 1856 a 1865. Destaca que, frente a las demás especialidades, los ingenieros geógrafos ocuparon un porcentaje reducido. En esa época, surgieron los primeros ingenieros geógrafos de México, que ofrecieron sus servicios al gobierno.

Cuadro 28

Ingenieros titulados del Colegio de Minería, 1835-1865

Especialidad	Primer periodo: 1835-1845	Segundo periodo: 1846-1855	Tercer periodo: 1856-1865	Número de ingenieros
Ingenieros geógrafos	--	--	3	3 2 %
Ingenieros de minas	5	4	25	34 20 %
Ingenieros topógrafos o agrimensores	4	8	50	62 38 %
Ensayadores	4	23	40	67 40 %
	--	--	---	---
Total	13	35	118	166 100 %

Fuente: "Lista nominal de los señores ingenieros titulados en la Escuela Imperial de Minas, con expresión de las fechas de sus exámenes o títulos". Memoria presentada a S.M. El Emperador por el Ministro de Fomento Luis Robles Pezuela de los trabajos ejecutados en su ramo el año de 1865. Imprenta de J.M. Andrade y F. Escalante. México. 1866. Documento Núm.23. p.359-363.

Para ese periodo, el factor académico y social, se combinaban para incidir en la escasa popularidad de los estudios del ingeniero geógrafo.

En el factor académico, la influencia de la relación ascendente de los estudios del ingeniero, según el plan de 1843, señalaba que para obtener el título de ingeniero geógrafo, había que pasar primero por los cursos del ensayador y/o del ingeniero topógrafo. Una educación formal larga que comprendía alrededor de ocho años.

El factor social se puede conocer por medio de una opinión de Ignacio Ramírez de 1867. Ramírez escribió que la educación profesional debía comprender lo que fuera "absolutamente necesario; nada de latín ni de idiomas muertos; nada de estudios metafísicos...". La docencia debía caracterizarse por la rapidez de enseñanza y utilidad de los conocimientos:

Sobrados estudios tiene que emprender el joven para asegurarse una profesión; ¿Por qué recargarlo con lo inútil, con un lujo de que después se avergüenza? Las necesidades de la sociedad moderna, lo inseguro de todos los Estados, aconsejan a los jóvenes que se establezcan pronto, que aprendan dos o más profesiones y algún oficio, antes que entender algo de los idiomas sabios, o que ocupar dos años en hipótesis tan estériles en China como en Francia...¹⁹²

Cuadro 29
Ingenieros titulados de la Escuela Nacional de Ingeniería,
1876-1910

Especialidad	Número	Porcentaje
Civil	95	21.21
Ensayador y Apartador	49	10.94
Topógrafo e Hidromensur	135	30.13
Minas	80	17.86
Caminos, Puentes y Canales	64	14.29
Geógrafo	19	4.24
Telegrafista y Electricista	4	.89
Industrial	2	.45
Mecánico	-	-
Total	448	100.00

Fuente: Milada, Bazant. op. cit. p.286.

En efecto, la mayoría de los estudiantes optaban por terminar sus estudios rápidamente. Terminada la preparatoria, el siguiente año daba el título de agrimensur y dos más el de ensayador. En ambas especialidades, con poco tiempo podían trabajar, tener ingresos y familia. El número creciente de los ingenieros de minas, refleja la tradicional atracción del trabajo productivo de la actividad minera del país. La ingeniería geográfica, por el largo tiempo de estudios, no resultaba atractiva: tres años de preparatoria, uno de agrimensur, dos de estudios y dos de prácticas.

¹⁹² Ramírez, Ignacio. "Plan de estudios" en Obras. Oficina Típ. de la Secretaría de Fomento. México. 1889, T.II. p.170.

Por último, hay una relación directa entre la demanda social y la cantidad de ingenieros egresados. Así, en la pirámide profesional los ensayadores formaron una base amplia que decrece en la punta, ocupada por los ingenieros geógrafos. De la misma forma, pero en sentido inverso, el grado de complejidad de los estudios profesionales aumentaba conforme disminuía el número de ingenieros.

Para el periodo de 1876 a 1910, en el cuadro 29 se presenta en resumen, el número de ingenieros titulados. En este segundo periodo, los resultados de la vida académica de la Escuela Nacional de Ingenieros registran un total de 448 repartidos en nueve especialidades.

Por la información disponible de ese periodo, se observa que las especialidades con mayor auge y donde se concentraba la demanda académica fueron la civil, la topográfica y la de minas. Otro grupo de especialidades de la ingeniería, esto es, electricista, industrial, mecánica y geográfica representaban un porcentaje menor del total de ingenieros titulados del plantel de ingeniería.

La información de los cuadros 28 y 29, que comprende el periodo de 1835 a 1910, indica que la ingeniería geográfica de México había promovido alrededor de 22 egresados, lo que significa que se trataba de una carrera poco atractiva o popular para los estudiantes. Algo extraño, como advierte Bazant, pero que tenía múltiples factores que lo moldeaban.

Para este periodo se observa en el cuadro 30 que a partir de 1883, después de un lapso de 25 años, México vuelve a contar con nuevas generaciones de ingenieros geógrafos. A lo que siguió un ligero repunte del número de ingenieros geógrafos egresados hasta 1910. Ese fenómeno se debía a la promoción académica que el Porfiriato ofreció en general a la Escuela de Ingenieros. Al respecto, Anguiano escribió que:

El Gobierno actual ha venido protegiendo con loable empeño y ensanchando en sus escuelas los estudios para Ingeniero Geógrafo, cuya carrera, sin embargo de ser de mucha importancia para México, no ofrece actualmente al joven estudioso expectativa lisonjera, lo que hace tal vez que muchos no se dediquen a ella, perdiendo así la ciencia y nuestra Geografía preciosos elementos que le serían de muy útil porvenir.¹⁹³

Anguiano, con mucho cuidado a su persona, no señaló al gobierno, particularmente al Presidente de la República, la responsabilidad de la restringida "expectativa lisonjera" a los estudiantes de geografía. Pues bien, la teoría geográfica de la escuela se enfrentaba a la combinación de

¹⁹³ Anguiano, Angel. *Cartografía Mexicana*. Imp. de Arturo García Cubas. México. 1913. Oficio del 28 de mayo de 1887 dirigido a la Secretaría de Fomento. p.53.

una serie de factores económicos, políticos y militares del régimen con los que no podía competir. Con los años, lo político y militar, consiguió influir en el reducido papel oficial y penetración social de los estudios del ingeniero geógrafo.

En resumen, a fines del siglo XIX los factores económico y político intervinieron directamente para actuar como freno en la promoción académica de la ingeniería geográfica de México.

El factor legal o jurídico, le dio vida a la ingeniería geográfica dentro del primer plan educativo del país. La falta de recursos económicos actuaron como factor limitante, para que el gobierno consiguiera poner en operación administrativa y académica los estudios de la ingeniería geográfica. Al finalizar el siglo, cuando se conjugan el factor legal, administrativo, académico y económico para impulsar a la ingeniería geográfica, el factor político y militar acabaría por arruinarla.

Cuadro 30
Los ingenieros geógrafos de México

Nombre	Fecha de titulación
José Salazar Ilarregui	18 de marzo de 1856
Francisco Jiménez	10 de agosto de 1856
Francisco Díaz Covarrubias	24 de agosto de 1858
Joaquín Mendizabal y Tamborrel	1883
Leandro Fernández	1884
Isidro Díaz Lombardo	1885
José Tamborrel	1887
Adolfo Díaz Rugama	1887
Felipe Valle	1890
Ezequiel Pérez	1890
Valentín Gama	1891
Manuel de Anda	
Miguel López Bueno	
Juan Mateos	1891
Guillermo B. y Puga	1891
Agustín Aragón	1893
Pedro C. Sánchez ?	
Silverio Alemán Romo	9 de agosto de 1906
Joaquín Gallo Monterrubio	3 de febrero de 1909
Alberto Baz Dusch	
Francisco Díaz Rivero	1917

Fuente: *Noticia de las personas aprobadas en la Escuela Nacional de Ingenieros...* Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, México. 1894. "Lista de los ingenieros civiles, arquitectos, de minas, agrónomos, etc, etc, etc., a quienes se les ha expedido título profesional (de 1868 a 1905)", en Ezequiel A. Chávez (dir.). *Boletín de Instrucción Pública*. México. T. VI. 1906. p.604-620.

El primer factor, aseguró, desde 1823 hasta 1913, una prolongada existencia de la ingeniería geográfica en la legislación mexicana. El segundo factor, predominó hasta mediados de la centuria pasada, cuando cambia la situación y México pudo disponer de los primeros ingenieros geógrafos.

Por último, la incongruente política educativa y económica del Porfiriato, propició que el país no consiguiera consolidar una comunidad geográfica tecnológica. Poco a poco, fue acercándose la aniquilación de la profesión, proceso que se aceleró con la llegada de Revolución Mexicana (1910-1917).

IV. PROFESIONALIZACION DE LA INGENIERIA GEOGRAFICA DE MEXICO

1. Papel social de la ingeniería geográfica de México

Antes de que México formalizara las bases de una república federal (1824), el Congreso General había recibido el primer plan general de educación. En ese documento, los comisionados consideraron diversas especialidades de la ingeniería, a saber: geográfica; minas; caminos, puentes y canales; construcción naval; y táctica militar como medios tecnológicos útiles al país. Se trata de una serie de estudios profesionales no investigados anteriormente.¹

El plan de 1823, promovía los estudios profesionales del ingeniero geógrafo de México, por medio de la fundación de una escuela de ingeniería geográfica. De esa forma, el gobierno nacional iniciaba el vínculo oficial entre la geografía y el Estado mexicano.

La existencia de la ingeniería geográfica en el plano legislativo, significaba que los comisionados anticiparon la labor profesional que los ingenieros geógrafos podrían desempeñar. El territorio de México, de acuerdo con la Constitución, comprendía "lo que antes se llamaba Capitanía general de Yucatán, lo que formaba el reino de Nueva España, lo que en otro tiempo se conocía con el nombre de Provincias internas de oriente y occidente y la península de Californias".²

Más de cuatro millones de kilómetros cuadrados de territorio nacional se abrían frente a los hombres que, con instrumentos científicos, a pie o a paso de mulas, intentaran explorar las costas, montañas y desiertos para representarlos en reducido papel.

Sin embargo, el gobierno federal también promovía otra forma de trabajo geográfico, distinta a la ingeniería geográfica en cuanto a los métodos e instrumentos de trabajo. Por medio de las legislaturas estatales, dispuso recabar información geográfica y estadística. Un testigo de la época, resaltó los componentes susceptibles de conocer del medio geográfico: extensión y climas, relieve y ríos, lagunas, aguas termales y minerales. Con crecido énfasis,

¹ Rodríguez Benitez, Leonel. "Ciencia y Estado en México: 1824-1829" en Saldaña, Juan José (ed). *Los orígenes de la ciencia nacional*, Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología/Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México, 1992. (Cuadernos de Quipu: 4). p.141-186.

² Calvillo, Manuel. *op cit.* T.II. p.395-396.

escribió que el territorio era "uno de los más privilegiados y fértiles de nuestro planeta".³

En efecto, la descripción de elementos geográficos de un lugar, significaba la aplicación de un método de observación directa sobre el terreno, la recopilación, redacción y presentación de la información. Una serie de memorias y ensayos, fueron preparados por "funcionarios cultos", que resultaron "útiles principalmente en la descripción geográfica regional".⁴

Lo anterior demuestra que, al poco tiempo de terminar la guerra de independencia, el gobierno de México fomentaba la ejecución de dos formas de trabajo geográfico. Uno basado en la descripción geográfica, como la de distritos y estados, y otro por medio de la ingeniería geográfica.

No obstante, la geografía descriptiva del país era desconocida en las escuelas y "muy común su ignorancia entre nuestros sabios y hombres de Estado".⁵ Esta vertiente de trabajo consiguió valiosos "datos demográficos, hacendarios y agrícolas, aunque en otros aspectos muestran sus limitaciones y recurren frecuentemente, a la repetición de los datos del *Ensayo Político* de Humboldt".⁶

Los funcionarios, "desprovistos de una preparación científica o instrumentos adecuados, o de ambas cosas, no pudieron realizar observaciones astronómicas, barométricas y otras que les permitieran situar los puntos estudiados, calcular las extensiones territoriales y aportar los datos precisos de alturas, temperaturas, etc., de las regiones exploradas". Este trabajo requería de "un espíritu de observación y conocimientos físicos y matemáticos que eran poco comunes en la población mexicana de ese tiempo".⁷

La ingeniería geográfica, en cambio, al no contar con los medios institucionales y académicos, no pudo formar profesionales y ejecutar trabajos que pusieran en práctica los conocimientos de la geodesia, según el plan de 1823. Ante las amenazas de España para recuperar a la Nueva España, el gobierno mexicano gastó los reducidos recursos económicos en "armamento, ejército y barcos".

³ Ortíz de Ayala, Simón Tadeo. *Resumen de la estadística del Imperio Mexicano 1822*. UNAM, México, 1968. p.10.

⁴ Rodríguez Benitez, Leonel. "La geografía en el proyecto nacional de México independiente, 1824-1835", en *Interciencia*. Vol.17, Núm.3. Caracas. 1992, p.156.

⁵ Ortíz de Ayala, Simón Tadeo. *México considerado como nación independiente y libre*. Edición facsimilar de la de 1832. Instituto Nacional de Estudios Históricos de la Revolución Mexicana. México, 1987. p.151.

⁶ Rodríguez Benitez, Leonel. "La geografía en...".

⁷ *Ibidem*.

Además de la iniciativa legal para contar con estudios y cátedras profesionales, como los del ingeniero geógrafo, otras vías, provenientes de autores como Juan José Martínez de Lejarza (1785-1824) y Francisco Ortega (1793-1849), sugirieron "la formación de comisiones científicas con suficiente apoyo financiero y provistas de instrumentos que se dedicaran exclusivamente a la reunión de datos estadísticos y geográficos".⁸

La inexistencia de ingenieros geógrafos no impidió al gobierno articular la existencia de comisiones científicas con objetivos específicos. Criterios políticos, económicos, militares y eclesiásticos demandaban, de muy diversa forma e intereses, la ejecución del trabajo geográfico práctico, el uso de instrumental de precisión y la exploración, elementos que, en conjunto, conducirían a la elaboración de mapas.

El factor político estaba representado en la Constitución federal de 1824. Al señalar en sus páginas las unidades territoriales integrantes de la república, propició la organización del servicio y trabajo geográfico para la demarcación de la extensión territorial y límites estatales e internacionales de la nueva federación.⁹

Comisiones oficiales principalmente a cargo de ingenieros militares, desempeñaron trabajos geográficos para cubrir estas necesidades nacionales. En 1827, una comisión fue nombrada para marcar los límites internacionales del noreste de México con los Estados Unidos. Diversas observaciones militares y geográficas fueron realizadas por el general Manuel de Mier y Terán y los militares que le acompañaron. El trabajo de la comisión se extendió por la frontera, por los remotos y desconocidos estados de Coahuila, Nuevo León y Tejas.¹⁰

La Constitución reconocía a diez y nueve estados y cuatro territorios. Entre estos, varias legislaturas organizaron comisiones para fijar la extensión y límites territoriales, como las de los estados de Chihuahua y Oaxaca. Un trabajo geográfico y estadístico de mayores alcances y objetivos fue

⁸ *Ibidem*. Martínez de Lejarza, Juan José. *Análisis estadístico de la Provincia de Michoacán en 1822*. Fimax Publicistas, Morelia, Michoacán. 1974. Ortega, Francisco. *Ensayo de una memoria estadística del Distrito de Tulancingo*. Impreso de orden del Exmo. Sr. Gobernador del Estado. Imprenta del ciudadano Alejandro Valdés. México, 1825. Véase la nota preliminar.

⁹ Sierra, Catalina. *El nacimiento de México*. Miguel Angel Porrúa, México, 1984. Véase el capítulo II. *Ambito geográfico*. p.29-52.

¹⁰ Orozco y Berra, Manuel. *Apuntes para la historia de la Geografía en México*. p.359-360.

realizado por otra comisión en el estado de México de 1827 a 1829.

Otro factor promotor del trabajo geográfico práctico fue el económico. Reconocimientos geográficos fueron llevados a cabo por Tadeo Ortiz y Juan Orbeago en la región del Istmo de Tehuantepec de 1823 a 1826. Esos trabajos, intentaron buscar el camino conveniente para asegurar "el más económico transporte" de mercancías para el consumo, la importación por las "costas de ambos mares" o la exportación de productos de los estados del litoral para Asia y Europa.¹¹

El factor militar también intervino para organizar la realización de trabajos geográficos. La creciente preocupación del gobierno de Guadalupe Victoria (1824-1829) del posible intento de la corona española para recuperar su antigua colonia novohispana mantuvo, de forma permanente, el estado de alerta del gabinete político.

Se obvio la necesidad de disponer de un plan de operaciones militares que, escribió Manuel Mier y Terán, asegurase "la existencia política de la nación mexicana". Esta medida oficial fue ajustada por otras no menos importantes. Por ley del 3 de septiembre de 1824 fue creado el Estado Mayor General, integrado por Generales del ejército para la formación del plan de operaciones militares de defensa nacional.¹²

Además, el país fue dividido en cinco departamentos para el servicio del cuerpo de ingenieros militares en "las obras de utilidad y ornato público", los reconocimientos militares, las exactas descripciones geográficas, la situación geográfica de los principales puntos, el levantamiento de planos topográficos y el reconocimiento de ríos.¹³

En 1825, el ministro de Guerra y Marina Manuel Gómez Pedraza informaba que se procediera a "ordenar y modernizar mapas y cartas de la república, tratando de desarrollar una estrategia de defensa" que por su disponibilidad, permitiera conocer el interior del territorio nacional.

¹¹ Orbeago, Juan. "Resultado del reconocimiento hecho en el Istmo de Tehuantepec de orden del Supremo Gobierno", en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*. Edición facsimilar de la de 1839 y 1850. Núm.1. México, 1980. p.38-55.

¹² Mier y Terán, Manuel. *Memoria del Secretario de Estado y del Despacho de la Guerra, presentada a las Cámaras en enero de 1825*. Imprenta del Supremo Gobierno, en Palacio. p.5-6.

¹³ Los departamentos fueron: México, Veracruz, Yucatán, Estados Internos de Oriente y Estados Internos de Occidente. *Reglamento*. Artículo. 5 y ss.

Merece apuntarse la orden del Presidente Guadalupe Victoria para reimprimir material hidrográfico y geográfico del Depósito Hidrográfico de Madrid, de particular interés para el conocimiento de los litorales americanos. Se trata de un conjunto de documentos diseñados a distinta escala cartográfica, de la geografía oriental de América.

Esos documentos comprenden: 1) una serie de cartas marinas del Océano Atlántico, que mostraban las dimensiones oceánicas y rutas a seguir entre las costas europeas y las de América del Norte; 2) un derrotero que enseñaba a los pilotos de barcos la travesía de Europa hacia América, la descripción de los vientos, corrientes y costas americanas; 3) un portulano de la América septentrional con ciento doce planos de los puertos de las islas antillas; de las costas de Colombia, Florida y el Golfo de México; de la isla de Cuba y de las islas de Haití y Jamaica.¹⁴

El plan contenía, además, la adaptación de un curso de estudios elementales de marina, para las academias náuticas de México. El curso contemplaba la enseñanza de la aritmética, geometría, cosmografía y del pilotaje, con fines prácticos para la navegación.¹⁵

En resumen, en los primeros años del México independiente, las circunstancias políticas y militares, económicas y sociales prevaecientes fueron incompatibles con el ideario jurídico-político de los planes de educación pública superior, así como de otras iniciativas sobre ciencia y tecnología.¹⁶

El marco legal favoreció el surgimiento de la ingeniería geográfica, pero los escasos recursos y la inseguridad política del gobierno no favorecieron la inversión, al más alto nivel, de tecnología geográfica especializada.

Las necesidades inmediatas del gobierno, relacionadas a la seguridad nacional, impusieron dedicar mayor atención e

¹⁴ *Derrotero de las islas antillas, de las costas de tierra firme, y de las del seno mexicano, corregido y aumentado y con un apéndice sobre las corrientes del Océano Atlántico a mandado reimprimir.* Por el Exmo. Sr. D. Guadalupe Victoria, Primer Presidente de la República Mexicana. México. 1825. *Portulano de la América Setentrional dividido en quatro partes.* Publicado por orden del Esmo Sor D, Guadalupe Victoria, Primer Presidente de la República Mexicana, México año, 1825. 117 p. + 1 mapa de México de M.B. Bueno.

¹⁵ Ciscar, Gabriel. *Curso de estudios elementales de marina.* Adaptado para el uso de las Academias Náuticas de la República de México, según lo ordenado por su primer Presidente D. Guadalupe Victoria. México, 1825.

¹⁶ Saldaña, Juan José (Ed.) *Los orígenes de la ciencia nacional.*

inversión económica a la estrategia militar. El trabajo geográfico nacional fue, principalmente, encomendado a los ingenieros militares.

Al nivel de proyectos limitados al ámbito local o estatal, con objetivos particulares y sin relación con la federación, las actividades económicas y administrativas del gobierno y de particulares, también favorecieron el trabajo geográfico.

En esa labor participaron los administradores de minas y de haciendas particulares, eclesiásticos y funcionarios de ayuntamientos y distritos. Con mayor o menor dedicación, realizaron una práctica geográfica consistente en: relación de itinerarios, dibujos geográficos y planos de las localidades, descripciones geográficas y determinaciones, al minuto, de coordenadas geográficas y alturas de lugares.

a) Determinación de límites estatales de la federación

De acuerdo con la Constitución, varias legislaturas de la federación formaron y publicaron instrucciones sobre la manera de realizar levantamientos de precisión sobre el terreno y, una vez terminados, disponer de un mapa que representara la extensión y límites del estado.

Las instrucciones geográficas dadas a conocer por el estado de Oaxaca, parecen representativas sobre la necesidad del gobierno de poner en marcha trabajos propios de la ingeniería geográfica aplicados a resolver el problema que significaban los límites estatales.

El decreto del 30 de septiembre de 1826, emitido por la legislación del estado de Oaxaca, señalaba las instrucciones geográficas del gobierno para el experto encargado de la delimitación de los límites con el vecino estado de Veracruz. El artículo 7 de la ley señalaba que:

Conforme se vayan practicando el reconocimiento de la raya divisoria de los dos Estados irá levantando el comisionado un plan, o mapa topográfico, que ponga a la vista con la mayor exactitud, distinción y claridad la línea que los divide, nombre de los linderos, las señales que los distinguen, su ubicación por los vientos respectivos, distancias, puertos, barras, lagunas, esteros y ríos, longitud y latitud y demás caracteres que estime conducentes a evitar confusión en un asunto que nunca está por demás cualquier materialidad.¹⁷

El mapa sería "concertado con el comisionado de Veracruz, de modo que ambas partes queden convenidas en que es lo

¹⁷ Colección de leyes y decretos del Estado Libre de Oaxaca. Imprenta del Estado, Oaxaca, 1879. p.314-315.

mismo lo que la pintura demuestra, con lo que se descubre a la vista en el terreno reconocido".¹⁸

Esas instrucciones no dejan duda de la demanda del gobierno de contar con personal experto en el trabajo geográfico de alta precisión, llevados a cabo directamente sobre territorios de gran extensión.

Sin embargo, la decisión de la legislación tropezaba con la inexistencia de ingenieros geógrafos formalmente preparados y en disponibilidad para cumplir con esas tareas. En ese año, no había prosperado, por segunda ocasión, el proyecto educativo que impulsaba la ingeniería geográfica de México.

b) Los trabajos geográficos de Tomás Ramón del Moral 1827-1829

En el panorama de los inicios del federalismo mexicano, el estado de México fue de los primeros en legislar el financiamiento de un proyecto geográfico que proporcionaría, desde el punto de vista operativo, el mapa general y las estadísticas de la entidad. Ambos elementos, de enorme utilidad para la conducción del buen gobierno.

El 12 de marzo de 1827, Lorenzo de Zavala pronunció, en la ciudad de Texcoco, un discurso al prestar juramento como segundo gobernador del estado de México.¹⁹ Zavala conseguía, y con él los liberales, incrementar su participación en la política nacional. De hecho, Mora había comandado el campo teórico del liberalismo, con su actuación en el Congreso para preparar y discutir la Constitución del estado. A Zavala le tocaría dirigir la práctica del liberalismo en los asuntos locales.

En su alocución a los legisladores Zavala señalaba que se abría frente a él una "vasta y penosa carrera", que le invadía de temor. Afirmaba que el joven estado se enfrentaba al reto de equilibrar los extremos de la miseria y de riqueza, para asegurar el sustento de casi un millón de habitantes.²⁰

En correspondencia con el ideario liberal y de progreso, los caminos, los canales, las fábricas, la milicia, el empleo, los libros, las escuelas, las cárceles, la educación, la administración judicial y municipal del estado

¹⁸ *Ibidem*.

¹⁹ Zavala, Lorenzo de. *Páginas escogidas*. Introducción y selección Fernando Curiel. UNAM. México 1991. p.xv. Zavala fue el primer gobernador del régimen constitucional.

²⁰ Zavala, Lorenzo de. *Obras*. Prólogo, ordenación y notas de Manuel González Ramírez. Editorial Porrúa, México (Biblioteca Porrúa: 64). 1976. p.237.

serían promovidos por medio de una reforma liberal, en favor del bienestar y la vida cotidiana de la población.

En este orden de ideas, uno de los primeros decretos expedidos por el Congreso del estado, que lleva fecha del 28 de abril de 1827, anunciaba que el "gobierno formará a la mayor brevedad el presupuesto de los gastos que sean necesarios para la formación de la estadística y de un plano topográfico del Estado". En este documento se pedía que, una vez estimado el presupuesto, se enviara al Congreso para su aprobación y que se nombraran los expertos necesarios.²¹

Mientras se atendían las reformas agrarias y administrativas, judiciales y de organización de la hacienda, de recaudación y contaduría del estado, el 7 de julio de 1827 el ingeniero Tomás Ramón del Moral (1791-1847) presentó al gobierno estatal su programa de trabajo para dotar al estado de México de la estadística y de un mapa geográfico.²²

Dentro del periodo de sesiones, quedó lista la autorización del proyecto presentado por del Moral. El decreto, salido del poder legislativo, dio paso a la formación del mapa estatal y de la estadística. La opinión del gobernador muestra la relevancia que se concedió en las altas esferas del gobierno liberal a la promoción de estos medios científicos:

Ambas obras tan difíciles como importantes, darán resultados del mayor interés, sin los cuales el Gobierno camina a tientas en la resolución de arduos negocios que se le ofrecen con frecuencia.²³

La recuperación, organización y formación de información estadística y la construcción de un mapa geográfico del amplio territorio permitiría, a la cúpula liberal del estado, disponer de unos medios científicos de consulta para la organización, trabajo y atención de los problemas cotidianos existentes de la administración y obra pública.

La utilidad de estos productos crecía cuando los directivos, ocupados en diseñar la política liberal, imaginaron el futuro que aguardaba al estado sobre el

²¹ *Colección de Decretos de los Congresos Constitucionales del Estado Libre y Soberano de México, que funcionaron en la primera época de la federación: contiene disposiciones expedidas en la época del centralismo.* Imprenta de J. Quijano. Toluca. T.II. 1850. p.12.

²² Del Moral, junto con Cástulo Navarro, catedrático de matemáticas del Colegio de Minería, habían arreglado los límites del estado con la capital federal, de acuerdo a la ley de 18 de noviembre 1824.

²³ Zavala, Lorenzo de. *Obras.* p.243.

poblamiento, la inversión financiera, la explotación de recursos naturales, la agricultura, la concesión de minas, la habilitación de vías de comunicación, el aumento de la actividad comercial; la regulación de la tierra y de otras actividades de los habitantes sobre el territorio del estado.

Del Moral contaba con una amplia trayectoria científica, respaldada por una exitosa carrera académica en el Seminario de Minería en la Ciudad de México, al que ingresó en 1808 como alumno de dotación, por ser hijo de minero.

En 1813, por disposición de Fausto de Elhuyar, director del plantel, realizó sus prácticas de minas y metalurgia, en Pachuca. El 3 de julio de 1817 se le expide su título de Agrimensor. Fue ayudante general de clases y sustituto de delineación del plantel. A la que siguió su nombramiento de la clase de dibujo el 3 de enero de 1820.

Entre 1822 y 1826 fue invitado a participar, bajo la iniciativa del brigadier Diego García Conde (1760-1825), en el Cuerpo de Ingenieros Militares. En ese cuerpo se fundó una Academia de ingenieros, para que los aspirantes a oficiales recibieran los conocimientos de su profesión.

En la Academia se encargó a del Moral, convertido en capitán, la cátedra de matemáticas y fortificación a los aspirantes a oficiales del ejército. El primer curso se dio en 1823. A fines de este año el gobierno comisionó a del Moral para establecer un Colegio Militar en el castillo de Perote, en el camino de México a Veracruz.

En ese lugar continuaron los cursos hasta 1825. Al año siguiente, regresó a la capital para retirarse del servicio militar. Contaba con 37 años y había acumulado una sólida experiencia de trabajo tecno-científico, en comisiones para el gobierno y como catedrático del Seminario de Minería.

El gobernador Zavala había escrito su opinión sobre el mapa y la estadística del estado. Los dos elementos darían a conocer la entidad, pues permitirían:

...marcar la extensión del territorio del Estado, a conocer su posición topográfica con la exactitud que permiten los recursos y circunstancias del país, el censo, las riquezas naturales e industriales, el estado de las relaciones físicas y morales de sus habitantes, la fisonomía de su suelo tan variado como hermoso; sus montañas, ríos, minerales, y cuanto contribuya a ponernos en estado de saber sacar ventajas de los dones con que nos enriqueció la Providencia; perspectiva grandiosa que

presenta un campo inmenso a las esperanzas de los buenos patriotas.²⁴

No queda duda del alto valor que el gobierno concedió al trabajo geográfico y la utilidad que reportaba la disponibilidad de esta información científica en los altos mandos del estado. Al tratar de conducir los elementos de riqueza, la legislatura y el gobernador, establecieron una alianza con la actividad científica, como parte de la estrategia política del gobierno liberal, para la administración y el conocimiento de su entidad.

En el año fiscal de 1826-1827 el estado tuvo ingresos brutos de 891 131 pesos, menos de la mitad del año anterior.²⁵ Los gastos mayores -informaba el gobernador al Congreso- fueron comprar tabaco, pago de empleados estatales, los gastos de cambiar el gobierno a Texcoco, adquirir armas, papel y libros; invertido en la construcción de la fábrica de puros y cigarros, el edificio de moneda. Otras cantidades se utilizaron en la enseñanza primaria, los caminos, el arreglo de la Hacienda y la justicia, la construcción del palacio de gobierno y en financiar un proyecto geográfico y estadístico del estado.

En ese contexto económico el Congreso del estado de México expidió el decreto del 5 de octubre de 1827. En él se autorizaba, en su artículo 10., al gobierno "para que parcialmente invierta hasta la cantidad de veinte mil pesos en la compra de instrumentos, sueldos de comisionados y demás gastos necesarios para la formación de la estadística, y carta geográfica del Estado".²⁶

El interés de formar la estadística y que, en reducido papel, se mostrara el asiento de la gran riqueza natural y de una creciente producción industrial, agrícola y minera tenía legítima utilidad estatal y social.

El 20. artículo del decreto nombraba a del Moral como director del proyecto y, a su propuesta nombraría "el Gobierno los individuos facultativos que hayan de asociarse a su expedición". El artículo 30. dictaba la obligatoriedad del gobierno para cuidar, del "modo más solemne y valedero" el trabajo de del Moral asentado en su proyecto presentado al Congreso el pasado 7 de julio.

El proyecto de del Moral tenía tres partes. La primera comprendía la estadística; la segunda la geografía; la tercera y última, la mineralogía. Para su ejecución, cierra

²⁴ *Ibidem*. Sesión del 16 de octubre de 1827. p.246.

²⁵ Macune, Charles W. *El estado de México y la federación mexicana*. F.C.E. México. 1978. p.105.

²⁶ *Colección de Decretos... Decreto Núm.71. p.30-31.*

el decreto el artículo 4o. que señalaba la ayuda que las autoridades del estado debían proporcionar a la comisión.

Una vez conocido el proyecto, formalizado el trabajo y asignado el presupuesto disponible, el siguiente paso era la integración de la comisión. Del Moral se encargó de seleccionar un reducido y competente equipo de trabajo. El personal se compuso de Joaquín Velázquez de León (1803-1882), Ignacio Alcocer (1806-1870), José Agustín Arellano (1790-1870) e Ignacio Serrano (?-?).²⁷

Destaca la participación de exalumnos del Real Seminario de Minería. Para los integrantes de la comisión, el proyecto significaba la oportunidad de desempeñarse, de modo profesional en tareas no solo del ramo minero, sino también geográficas y estadísticas. La comisión enfrentaría la responsabilidad de cumplir el compromiso adquirido. El diseño y operación principal abarcaba una considerable superficie de casi 120 000 kms².

Cuadro 31

Plan de trabajo científico de la comisión de Geografía y Estadística del Estado de México, 1827-1829

Estadística: población, censo de población, natalidad y mortalidad, medios de los habitantes para sobrevivir, causas de la despoblación, medios para aumentar la población, usos, costumbres y opiniones de la población, tradición y antigüedades.

Geografía: longitud al meridiano de la Ciudad de México, latitud, trayectos a la capital, altura sobre el nivel del mar y carta de altura, aspecto físico en general, desigualdades del terreno, caminos, fuentes y ríos, canales y puertos.

Mineralogía: clasificación de las rocas, canteras, rocas metalíferas, fósiles, vetas o capas metálicas, capas de carbón, antigüedad de las minas y su historia.

Otras investigaciones se agregarían sobre la botánica y la salud de las poblaciones del estado.

Fuente: *Colección de Decretos de los Congresos Constitucionales del Estado Libre y Soberano de México, que funcionaron en la primera época de la federación: contiene disposiciones espedidas en la época del centralismo.* Imprenta de J. Quijano. Toluca. T.II. 1850. p.12. Decreto Núm.71. p.30-31.

²⁷ Orozco y Berra, Manuel. *op cit.* p.354.

En efecto, a la amplitud del territorio, el estado presentaba una amplia variación de alturas, desde el nivel del mar en la costa del océano Pacífico hasta las elevadas cumbres del volcán de Toluca o Xinantecatl y los volcanes Popocateptl e Iztaccihuatl.

En cuanto al territorio que la comisión debería explorar y recorrer, la ley orgánica provisional del 6 de agosto de 1824, señalaba en el artículo 36, que el estado se integraba por ocho distritos.

El ejecutivo estatal, al cerrar el segundo periodo ordinario de sesiones del Congreso, con crecido énfasis y plena confianza señalaba: "Un solo decreto que acabáis de dar immortalizará este periodo: hablo del que manda levantar un plano topográfico del Estado, y formar su estadística".²⁸ En efecto, la legislatura se distinguía por el auspicio y la viabilidad política de un proyecto geográfico práctico para el conocimiento del territorio estatal.

Cuadro 32
Distritos del Estado de México, según la Ley Orgánica Provisional del 6 de agosto de 1824

- I. Acapulco: con los partidos de Acapulco, Chilapa, Tixtla y Zacatula,
- II. Cuernavaca: con los partidos de Cuernavaca y el de Cuautla,
- III. Huejutla: con los partidos de Huejutla, Mextitlán y Yahualica,
- IV. México: con los distritos de Chalco, Coatepe chico, Coyoacán, Cuautitlán, Ecatepec, Mexicalcingo, México, Tacuba, Teotihuacán, Texcoco, Xochimilco y Zumpango,
- V. Taxco: con los distritos de Taxco, Temascaltepec, Tetela del río y Zacualpan,
- VI. Toluca: con los partidos de Lerma, Malinalco, Metepec, Tenango del Valle, Toluca e Ixtlahuaca,
- VII. Tula: con los partidos de Actopan, Huichapan, Tetepango, Tula, Xilotepec, Ixmiquilpan y Zimapan y
- VIII. Tulancingo: con los partidos de Apan, Otumba, Pachuca, Tulancingo y Zempoala.²⁹

Fuente: *Decretos del Congreso Constituyente del Estado de México, revisados por el mismo congreso e impresos de su orden.* Imprenta del Gobierno. Tlalpam. 1830. I. p.29.

Asentada la comisión en la importante ciudad de Toluca, comenzó el trabajo como sigue: 1) revisión del trabajo geográfico existente, principalmente de Alejandro de Humboldt (1769-1859); 2) análisis de los métodos geográficos

²⁸ Zavala, Lorenzo de. Obras. Sesión del día 16 de octubre de 1827. p.246.

²⁹ Sánchez García, Alfonso. *Historia del Estado de México.* Gobierno del Estado de México, Toluca. 1974. p.278.

útiles; y 3) análisis de las dificultades que presentaba la geografía de la región.

En la primera parte la consulta de los materiales disponibles, mostró que el estado no contaba con mapas generales que hubieran facilitado la labor de gabinete. Solo se contaba con mapas del país de formato y escala cartográfica pequeña como el de Miguel M. Bueno (c.1810), otro anónimo (1822) y uno más de White Gallaher y White (1828).

Del Moral fijó su atención en la obra geográfica de Humboldt que, entre 1803 y 1804 había recorrido en distintas direcciones la Intendencia de México cuando visitó la Nueva España.³⁰

De la obra del sabio viajero, del Moral puso especial cuidado en la carta general del virreinato. Con rigurosa crítica constató la precisión de los métodos y coordenadas geográficas determinadas directamente por Humboldt, correspondientes al centro de México. Otros lugares de esta región consignados en la carta, consideró, no merecían mayor confianza.

Además, la carta de Humboldt registraba información confusa, sobre todo en el origen y curso de los ríos, y la configuración general de las montañas.³¹ Sin embargo, los aportes geográficos de Humboldt resumían en buena medida lo existente hasta entonces sobre los mapas de la colonia. He aquí su utilidad inmediata para el trabajo de la comisión sobre el estado.

En cuanto al segundo apartado, fijar bases y extender grandes cadenas de triángulos, unidos por las operaciones de la trigonometría, resultaba una metodología de trabajo geográfico atractiva, desde el punto de vista teórico, para ejecutarse a lo largo y ancho del estado. Solo que en la práctica, del Moral se encontró con una compleja geografía que le obligó a modificar parcialmente su trabajo.

El estado tenía como límites "al norte San Luis Potosí, al sur el océano Pacífico; al este Veracruz, Puebla y Oaxaca; al oeste Querétaro y Michoacán."³² En su superficie se extendían grandes cadenas montañosas, con una contrastada disposición, formas y elementos climáticos. El clima variaba desde el tropical de las costas del Sur, el templado de las

³⁰ Miranda, José. *Humboldt y México*. UNAM-Instituto de Historia. México, 1962. p.97.

³¹ Orozco y Berra, Manuel. *op cit.* p.354-355.

³² Baranda, Marta y Lía García Verástegui. *Estado de México. Una historia compartida*. Gobierno del Estado de México/Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora. México. 1987. p.141.

sierras, hasta el frío de alta montaña, con precipitación orográfica y formaciones vegetales.

En las cimas de las montañas, sitios idóneos para la observación geométrica, no se contaba con un buen número de horas de visibilidad para determinar puntos, observar ángulos y relacionar series de triángulos sobre el terreno, pues la nubosidad y la vegetación envolvían los picos, al respecto del Moral explicó:

¿qué fruto sacaría un viajero de subir al Popocateptl, con el objeto de encadenar los pueblos del valle de México con los de la tierra caliente, cuando no podría contar con dos o tres horas de buen tiempo, sin que se viese envuelto por las nubes? Otro que emprendiera el viaje al cerro de Ajusco, con el mismo intento, nada haría porque ningún punto hacia el Sur se descubre desde su cumbre, mediando hasta Cuernavaca un desierto de montañas pobladas de vegetación.³³

De este modo del Moral no podía arriesgarse a practicar extensos recorridos a las montañas para intentar observar, desde arriba, puntos que necesitaba localizar sobre el terreno. De su trabajo escribió: "Me he aprovechado, no obstante, de las ocasiones que se me han presentado para formar triangulaciones, y ligar puntos muy distantes unos de otros, así como para situar los pueblos de países llanos, como los valles de México y Toluca, sin poder aplicar este método en el Norte y el Sur del Estado".³⁴

Sin embargo, la comisión debía cumplir con los trabajos de la estadística y mineralogía simultáneamente. La parte de geografía no debía consumir todo el tiempo y recursos monetarios. Por tanto, según lo accidentado del terreno la comisión extendió las triangulaciones por el centro del estado. Ligó los puntos por medio de grandes triángulos geodésicos y los relacionó con otros de segundo y tercer orden

Las operaciones de triangulación se hicieron a rumbo y distancia y, cuando no fue posible, se midieron con ángulos azimutales e intersecciones. En cuanto a las coordenadas geográficas la comisión:

Fijó los lugares principales por medios astronómicos, determinando la latitud por alturas meridianas, y las longitudes por los métodos que mejor podían ser

33 [Moral, Tomás del]. "Preliminar", en Noriega, Joaquín. *Estadística del Departamento de México, formada por la comisión nombrada por el Ministerio de Fomento, y presidida por el Sr. D...* Edición facsimilar de la de 1854. Biblioteca Enciclopédica del Estado de México. México. 1980. p.40-41.

³⁴ *Ibidem*. p.42.

empleados, dejando el uso del cronómetro para cuando únicamente lo creía indispensable...³⁵

Los trabajos se iniciaron con la determinación de la posición geográfica de Toluca. En las afueras de la ciudad, emprendieron la medición de una base entre el Calvario de Lerma y la Iglesia de Tultepec y la fijación de una serie de puntos por Metepec y Lerma para tratar de ligar una triangulación por los partidos de Tenango del Valle y Tenancingo.

Del Moral extendió las operaciones por el occidente del estado, hacia Temascaltepec, de donde se dirigieron a Atlacomulco, dirigiéndose al cerro de Xocotitlán, desde cuya cima localizó Cuautitlán y Zumpango, Sincoque y Chiquihuite, para dirigir la triangulación hacia Jilotepec, Aculco y Acambay. Desde el cerro Nadó fijó puntos en Aculco, Xocotitlán y Canalejas. La rectificación de la longitud de Toluca la consiguió con visuales dirigidas a los cerros Sincoque y del Chiquihuite. A partir de aquí del Moral dio un movimiento hacia el norponiente en los trabajos, hasta los límites con el estado de Querétaro.

En ésta ciudad el Ayuntamiento le proporcionó un mapa que del Moral orientó y reformó, colocando la cabecera en su verdadera posición geográfica. De Tecosautla el párroco, doctor Madariaga, le facilitó otro mapa local que también rectificó y orientó en todos los puntos.

En Tula dirigió una serie de visuales a la Malinche y a los alrededores de los Organos de Actopan, el peñasco del Fraile y la hacienda de Tlahuelilpan. Con la posición exacta de Mixquiahuala, rectificó la de Actopan. El cura de la vega de Actopan entregó un mapa a del Moral, que fue útil para situar muchos ranchos de la región y de Ixcuincuitlapilco.

De la región de Zimapán del Moral tenía el registro de 31 puntos de pueblos, haciendas y ranchos, "por rumbos y distancias discutidas por el tanteo" calculadas por personas prácticas y recogidas por el cura Joaquín Gavito. El administrador de las minas de Zimapán, Tomás Coulter, había ya determinado la posición geográfica de las minas con respecto a la ciudad de México y de Greenwich. Del Moral aceptó la posición que Coulter asignó a Zimapán.

En el distrito de Tulancingo del Moral rectificó los valores de las coordenadas geográficas de Atotonilco el Grande determinas por Humboldt. En Huascalaloya Francisco Vergara recaudador de los diezmos, le entregó un mapa de la municipalidad, del que obtuvo los nombres y rumbos de cada lugar.

³⁵ Orozco y Berra, Manuel. *op cit.* p.357.

En Tulancingo del Moral se encontraba en el límite con el estado de Puebla. En ese sitio recibió la ayuda del presbítero Nicolás de San Vicente, que ya había determinado la latitud y formado un plano local, del que del Moral obtuvo las posiciones de las haciendas y ranchos de esta parte del estado.

Siguieron los trabajos que rodearon la ciudad de México. En el Mineral de Monte del Moral recibió de la Compañía de Minas una copia del mapa del señor Wetch, para seguir las operaciones geométricas al norte del distrito de Tulancingo. En Pachuca la comisión trabajó a rumbo y distancia por el lugar, de acuerdo con los trabajos realizados por Joaquín Velázquez de León de 1773 a 1775 y el mapa del subprefecto de la localidad Vicente Paez.

En Teotihuacán, del Moral consultó y cotejó los trabajos de Velázquez de León y de Humboldt. Concluidos los trabajos en Texcoco, se siguieron en Chalco y Xochimilco, para continuar por Tlalmanalco, Tenango, Tepoputla y Ameca.

Terminados los trabajos al occidente, norte y oriente del estado, éstos se extendieron al sur hacia la tierra caliente, por el camino de Tlayacapa y Cuautla. Se siguieron las operaciones de medición de ángulos y distancias por Zacualpan para formar los planos de las municipalidades por medio de visuales.

En Yautepec se observaron muchos ángulos e igualmente en Cuernavaca para dar ubicación exacta de cada lugar en el mapa de esta zona. Del Moral orientó el trabajo en dirección de Taxco, Iguala, Mexcala y Zumpango del Rfo. En Chilpancingo del Moral dispuso que la comisión se dividiera en dos: los que se trasladarían a la costa de Acapulco (Alcocer y Arellano) y los que trabajarían en Chilapa hasta Ajuchitlán y Cutzamala para unir ésta región con la de Taxco.

Una vez concluidos los trabajos en el sur la comisión marchó al Mineral de Zacualtipan y de ahí a la ciudad de México. Sólo faltaba completar unos trabajos en los distritos de Taxco, Toluca y Texcoco. Para terminar los trabajos de campo la comisión observó desde tres puntos, a saber: cerro de los padres de Huiscquiluca, Santuario de los Remedios y en el Observatorio del Colegio de Minería, "multitud de visuales, con las que quedaron situados algunos puntos que faltaban en el plano".³⁶

Los trabajos de campo concluyeron en 1829. Los trabajos consiguieron incrementar el conocimiento de la geografía mineralógica de la región, pues se recogieron gran variedad de muestras minerales y se descubrieron "criaderos nuevos de

³⁶ [Moral, Tomás del]. *op cit.* p.83.

los fósiles conocidos, y entre ellos de carbón".³⁷ También se recopiló y formó la estadística, más tarde revisada, arreglada y publicada.³⁸ Otros resultados fueron la recolección de numerosas especies vegetales del estado.

En la sección de geografía quedaron, además de varios cortes físicos y geológicos, como piezas principales, la carta general del estado, la particular de todos los distritos³⁹ y la formación de un catálogo de posiciones geográficas de distintos sitios del estado.

El mapa general del estado de México, contiene: 1) información geográfica: localización de la capital de la república y del estado, cabeceras de cada distrito, de partido y de municipalidad, ubicación de pueblos pequeños; 2) información económica: haciendas de labor, de beneficio y de caña; curatos y rancherías; ranchos, fuertes y casa-mata; fábrica de pólvora y; 3) información administrativa: acueductos y canales descubiertos; caminos carreteros y herradura y, por último, los límites de distrito, de partido y de cada mineral.⁴⁰

Cuadro 33
Mapas de la comisión de Geografía y Estadística del Estado de México, 1827-1829

Nombre del mapa:	Escala gráfica en leguas mexicanas:	Año de edición:
Carta general del estado de México,	1:5 000	1852
Texcoco,	1:5 000	1851
Cuernavaca,	1:5 000	1851
Sultepec,	1:5 000	1852
Toluca,	1:5 000	1852
Tlalnepantla,	1:5 000	1852
Huejutla,	1:5 000	1852
Tulancingo,	1:5 000	1852
Tula y	1:5 000	1852
Acapulco, Chilapa y Taxco.	1:5 000	1854

Fuente: SARH MMOyB COB: Estado de México, Morelos, Hidalgo y Guerrero.

Los mapas particulares de los distritos se terminaron en la misma escala cartográfica que el general, o sea 1:5 000. Los mapas de los distritos detallan la información geográfica, económica y administrativa. Los documentos

³⁷ Sosa, Francisco. *Biografías de mexicanos distinguidos*. Editorial Porrúa. México, 1985. p.404.

³⁸ Noriega, Joaquín. *op cit.* p.23-726.

³⁹ Orozco y Berca, Manuel. *op cit.* p.357.

⁴⁰ SARH-MMOyB-COB, Estado de México, varilla 2, núm.1724. Noriega, Joaquín. 1980.

terminados fueron: Texcoco,⁴¹ Cuernavaca,⁴² Sultepec,⁴³ Toluca,⁴⁴ Tlalnepantla,⁴⁵ Huejutla,⁴⁶ Tulancingo,⁴⁷ Tula,⁴⁸ y los distritos de Acapulco, Chilapa y Taxco.⁴⁹

El Congreso abrió su tercer periodo de sesiones ordinarias el día 2 de marzo de 1828. En la sesión de apertura el gobernador Zavala mostraba su satisfacción por los trabajos del primer Congreso constitucional. La legislatura había incidido en las necesidades del pueblo, no obstante faltaba mucho por hacer en materia de justicia, legislación civil y criminal. El gobernador expresaba la utilidad de los trabajos de la comisión de Geografía y Estadística en los siguientes términos:

Dentro de un año ya podremos hablar sobre la fisonomía física y moral de esta hermosa parte de la República, con más propiedad y exactitud que los ilustres extranjeros que nos dieron a conocer por primera vez en el mundo culto, cómo somos y podremos ser. Esta sola empresa basta para inmortalizar vuestra memoria.⁵⁰

Es cierto, la descripción geográfica y estadística, junto con los mapas de la entidad constituyen una notable muestra del trabajo científico de la época, fomentado por parte del gobierno estatal. Un buen número de mapas, los correspondientes a los distritos, se diseñaron y ejecutaron de forma manuscrita en el gabinete. Este trabajo requirió de mucha dedicación de del Moral, que conservó los originales.⁵¹

Entre 1827 y 1829 intervinieron múltiples factores políticos, administrativos, financieros, culturales y tecnológicos que condujeron a la formación de la carta geográfica y la estadística del estado de México. Al respecto, la práctica política del liberalismo permitió transformar las ideas geográficas contenidas de un proyecto, en quehacer geográfico y los productos terminados, como el mapa, en asunto de Estado.

⁴¹ SARH-MMOyB-COB, Estado de México, varilla 1, núm.229.

⁴² SARH-MMOyB-COB, Morelos, varilla 1, núm.239.

⁴³ SARH-MMOyB-COB, Estado de México, varilla 1, núm.172.

⁴⁴ SARH-MMOyB-COB, Estado de México, varilla 1, núm.228.

⁴⁵ SARH-MMOyB-COB, Estado de México, varilla 1, núm.234.

⁴⁶ SARH-MMOyB-COB, Hidalgo, varilla 1, núm.171.

⁴⁷ SARH-MMOyB-COB, Hidalgo, varilla 1, núm.173.

⁴⁸ SARH-MMOyB-COB, Hidalgo, varilla 1, núm.236.

⁴⁹ SARH-MMOyB-COB, Guerrero, varilla 1, núm.1701.

⁵⁰ Zavala, Lorenzo de. Obras. p.251.

⁵¹ En 1848, cuando el ejército norteamericano pasó a invadir la ciudad de Toluca, los mapas permanecían en casa de del Moral. Los militares, por "fuerza de armas", sustrajeron la rica colección de documentos manuscritos, sin que la familia de del Moral pudiera evitarlo.

La estrategia de del Moral recibió la aprobación, en el seno del poder estatal, de las características que normarían el conjunto de las operaciones de trabajo geográfico, propuestas en su plan al Congreso local. El plan geográfico constituye un ejemplo de cómo la ciencia impactó el ámbito del Estado de la primera República Federal.

El financiamiento fue proporcionado por la hacienda local, como parte de los gastos de la entidad. En medio de la compra de tabaco, libros, armas o papel, la legislatura del primer Congreso también decidió invertir en tecno-ciencia.

Al pasar al plano de operación, el trabajo geográfico, que permitía la formación de la carta geográfica estatal, requirió del concurso de diversos niveles de gobierno como el ejecutivo, el legislativo o el municipal.

Multitud de rasgos geográficos, en coexistencia permanente, se combinaron en la sociedad, como lo muestran los conocimientos heredados y transmitidos por cada comunidad; los ayuntamientos; los administradores de minas y los eclesiásticos. La comisión incorporaba estos elementos a su labor geográfica, cuando visitaba las comunidades del estado.

Por último, pero no menos importante, el trabajo de del Moral condujo a la geografía de la época, por el rumbo de la tecno-ciencia. En efecto, el trabajo geográfico de la comisión contiene unos elementos tecnológicos que orientaron la práctica geográfica de México, por el camino de la ingeniería geográfica, modelo educativo y profesional vigente en Francia en esos momentos.

c) Proyectos geográficos de Lucas Alamán (1831) y de Tadeo Ortiz de Ayala (1832)

Las vertientes de trabajo geográfico de los primeros años del México independiente penetraron, en el tercer decenio del siglo XIX, en las obras de los intelectuales y políticos mexicanos que escribieron propuestas para la administración de proyectos geográficos, en un intento de incorporarlos a la vida económica y social del país.

En los primeros diez años de vida independiente, México contaba con un "número considerable de cartas geográficas de varios Estados" en poder del gobierno federal. En la Memoria dirigida al Congreso General del 5 de enero de 1831, Lucas Alamán (1792-1853), Ministro de Relaciones Interiores y Exteriores, afirmaba que esos materiales podían confrontarse y rectificarse, por métodos astronómicos o trigonométricos, "para formar un Atlas de la República", que contendría la carta general y la particular, de gran escala, de cada estado, Distrito Federal y territorios.

Alamán citaba los trabajos geográficos de precisión que el proyecto podría aprovechar: en la frontera norte, la labor militar y geográfica de Manuel Mier y Terán realizada "en los Estados internos de Oriente" y en el occidente, la carta de Jalisco levantada por el capitán de fragata José María Narváez.

La economía minera, por medio de los ingenieros alemanes, ingleses e italianos de las compañías mineras particulares, había organizado un amplio trabajo geográfico de especial interés para su actividad. Alamán llamaba la atención a los congresistas de que esas empresas habían "levantado planos muy interesantes de las negociaciones en que tienen interés, y aun de los distritos en que se hallan situadas". Los informes anuales y planos publicados por cada compañía contenían noticias estadísticas, que el gobierno trataba de reunir y que podrían beneficiar el proyecto de Alamán.

Esas fuentes geográficas disponibles, convencieron a Alamán para proponer al Congreso General la creación de una Atlas geográfico y minero. En palabras del ministro, era una "obra tan importante para un país en que uno de los ramos principales de su industria es la minería, en el cual a veces se invierten infructuosamente sumas cuantiosísimas, por la falta de datos para la conveniente formación y dirección de las empresas".

En la propuesta geográfica de Alamán destacan tres aspectos interesantes: 1) el aprovechamiento, a través de la recopilación, confrontación y rectificación, de las fuentes geográficas disponibles; 2) la combinación de métodos geográficos de gabinete y de campo para diseñar mapas y; 3) la noción del trabajo geográfico como medio estratégico y útil para impulsar la economía minera del país.⁵²

A pesar de que Alamán conocía las propuestas educativas presentadas al Congreso, de 1823 y 1826, para la formación de ingenieros geógrafos profesionales, su proyecto proponía un trabajo geográfico restringido, que tenía como base el aprovechamiento de los materiales geográficos existentes en el Ministerio del Interior.

Esta actitud de Alamán fue semejante en materia educativa. En lugar de crear nuevas escuelas superiores, como la de ingeniería geográfica, propuso aprovechar lo

⁵² Alamán pedía al Congreso la autorización de un presupuesto de 3000 pesos anuales, para su proyecto geográfico. Alamán, Lucas. *Memoria de la Secretaría de Estado y del Despacho de Relaciones Interiores y Exteriores...* Imprenta del Aguila, México. 1830. p.48-50 e iniciativa núm. 8.

existente como la Universidad y los Colegios para la educación superior.

Una actitud optimista y a la vez atractiva como programa de gobierno, fue la que representaba Tadeo Ortiz de Ayala (1788-1833). Político liberal y periodista, este criollo ilustrado escribió en su libro: *México considerado como nación independiente y libre*, los problemas fundamentales que impedían el progreso de la república de esa época.⁵³

Para Ortiz, seguir el espíritu de rutina, representado por hombres como Alamán, era el más "sencillo y cómodo", ese orden de cosas debía cambiar y no perpetuarse. Su obra incluyó propuestas concretas para el arreglo de la economía, la administración, la instrucción popular, el cultivo de las ciencias y las artes, la agricultura e industria, el comercio, la apertura de caminos y canales fluviales, la colonización y salud de la población de México.

Una de las propuestas trataba sobre la forma y medios con los que México podría formar una carta general de gran escala de su territorio.⁵⁴

En 1832, Ortiz afirmaba que el Congreso General, las legislaturas de los estados, el gobierno general, "y en suma toda la nación, están interesados en poseer un plano topográfico general astronómicamente trazado y descrito con exactitud y prolijidad en la parte geológica y física del país".

Habían quedado atrás los tiempos en que la nación se había conducido "empíricamente". Ortiz escribió los elementos útiles para el cambio y dirección de la administración:

... el símbolo de la independencia exige otras combinaciones, y la aplicación elemental de los principios de ciertas ciencias auxiliares a la difícilísima de la administración: tales son, además de las nociones del espíritu de la legislación e instituciones sociales, los conocimientos de la geografía práctica, estadística descriptiva y economía política, sin las cuales por el honor de las naciones, y en obsequio de la humanidad, no se debería aspirar al mando, y es casi como seguro salir mal, especialmente en un país nuevo y en movimiento continuo, que se necesita crear casi todo, y sin dejar de impulsar, nivelar el movimiento convulsivo con las aspiraciones y necesidades de los pueblos.⁵⁵

⁵³ Ortiz de Ayala, Simón Tadeo. *México considerado...* prólogo.

⁵⁴ *Ibidem*. p.476 y ss.

⁵⁵ *Ibidem*.

De modo que para Ortiz, la geografía práctica representaba uno de los medios útiles para aplicarse a las tareas de la administración pública, sobre todo en esos momentos en que había que crear todo en la sociedad.

Los conocimientos de la geografía práctica, estadística descriptiva y economía política, serían "menos raros en México", cuando se consiguiera sistematizar la educación pública. Mientras tanto, Ortiz consideraba que la base de la geografía descriptiva, "o sea de la estadística aplicada a la economía política", era una carta general, de la que México carecía.

Ortiz enfatizó la inexistencia de ese documento geográfico, científicamente ejecutado, pues el país sólo disponía de algunos mapas, realizados por militares en distintas regiones como en Jalisco, Veracruz y el Istmo de Tehuantepec pero, apuntó, "no hay una carta completa de la República".

Para Ortiz, tres eran los problemas geográficos nacionales, que había que atender con urgencia, a saber: 1) los límites internacionales; 2) los litorales y; 3) el interior. Varios esfuerzos se habían hecho al respecto, escribió, pero era "preciso salir de tan profunda ignorancia y confusión".

Para Ortiz, el trabajo geográfico resultaba prioritario para el gobierno de México, no obstante que:

La empresa de levantar un mapa general de la República, y los parciales de los distritos y estados, es ardua pero no difícil, y aunque lo fuera, los intereses del gobierno, las exigencias de la sociedad y el honor nacional demandan imperiosamente que se inicie esta gran medida; y el empeño y la perseverancia que todo lo vencen, la terminarán.

La estrategia geográfica de Ortiz contenía diferentes elementos. Para empezar, se requería de una ley formal, por medio de la cual los legisladores dotaran al Presidente de la República de los medios indispensables para la operación del plan, "porque cuando se trata de obras de tamaño naturaleza, ámbos poderes deben concurrir con celo y eficacia".

La de Ortiz, de especial interés para la ingeniería geográfica de México, fue la primera propuesta nacional de un plan de operaciones geográficas de gran escala cartográfica, es decir arreglado para ejecutarse a todo lo largo y ancho del territorio nacional. El plan contemplaba las partes integrantes para la operación como personal, trabajo a ejecutar y presupuesto necesario.

Ortiz proponía cinco secciones de trabajo, integradas por "diez astrónomos y geómetras, cinco naturalistas y otros tantos botánicos y dibujantes". El trabajo sería efectuado por el territorio nacional, de la siguiente forma: dos secciones en las fronteras, una con la de los Estados Unidos y otra con la de Guatemala. Otra en el centro del país. Las dos últimas repartidas en los litorales: Pacífico y Atlántico.

El trabajo, escribió Ortiz, podría recibir la asistencia tecno-científica del Colegio de Minería, pues "proporcionaría los primeros elementos, esto es, jóvenes auxiliares instruidos y los instrumentos" y, con la ayuda de los gobiernos estatales, "en cuatro o cinco años, y con la suma de 230 mil pesos contará la República con un buen plano general, y los mismos Estados con el propio respectivo".⁵⁶

El plan de Ortiz involucraba la participación de distintos niveles de gobierno, no sólo el federal. Cada sección o comisión se compondría de trece individuos, repartidos de la siguiente forma:

... un director en jefe y un ayudante astrónomo (y con este nombre ya se sabe que a la par son geómetras y matemáticos), y dos auxiliares, un naturalista aplicado al desempeño de la parte geológica, zoología y aspecto físico, un botánico a la de las plantas y producciones, un joven auxiliar cada uno, un dibujante, un guarda instrumentos, un médico y dos escribientes.

El gobierno federal aportaría los pagos desde los directores hasta los guarda instrumentos. Los escribientes los costearía cada estado, según que las comisiones se desempeñaran en cada entidad. Los ayuntamientos de los pueblos, previa expedición del decreto estatal, suministrarían, para el trabajo, "las guías y cabalgaduras necesarias". Por último, los curas, a petición de sus preladados, les darían el alojamiento.

Con ese plan, Ortiz proponía la integración de una comisión geográfica de 65 individuos, repartidos en el territorio nacional, que ejecutarían un trabajo geográfico de alta precisión, amparados en el poder ejecutivo federal.

Ortiz, además, anotó las regiones geográficas por las que las comisiones emprenderían el trabajo. La comisión del centro recorrería los estados de México, Puebla, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, San Luis Potosí, Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, Jalisco y el territorio de Tlaxcala. La comisión del sur los estados de Oaxaca, Chiapas y Yucatán, "reconociendo y fijando los límites naturales de la república con Centro América, y las posesiones inglesas de

⁵⁶ *Ibidem.* p.480.

Walis, y los litorales de los mismos Estados". La del norte, los estados de Durango, Chihuahua, Nuevo México, "y la parte superior de Sonora con las tierras fronterizas de todas las regiones boreales y antiguas provincias de Mioqui y Guevavi, y el giro alto de los rios Bravo, Gila, Navajos y Zaguanas". La destinada a las costas del Pacífico, "todas las regiones calientes de los diversos Estados y el territorio de Colima". La comisión del Atlántico "los Estados de Tabasco, Zempoala, Tamaulipas y la Provincia de Texas".⁵⁷

La propuesta señalaba el trabajo de una comisión especial para las Californias, por tratarse de territorios, los más conocidos, por el conjunto de observaciones geográficas y astronómicas realizadas por Joaquín Velázquez de León y el francés Chappe. Del producto de cada una de las comisiones, podría resultar "también la posibilidad de obtener un buen diccionario geográfico". Una última advertencia de Ortiz. El plan podría gratificar "con alguna cosa" a los empleados, militares, ingenieros y alumnos del Colegio de Minería, lo que no alteraría los costos apuntados.

Cuadro 34

Presupuesto del personal de la carta general de México, 1832

5 directores, a 3,000 pesos cada uno.....	15,000
5 ayudantes a 2,500 pesos cada uno.....	12,500
10 naturalistas a 2,000 pesos cada uno.....	20,000
5 dibujantes a 50 pesos cada uno.....	2,500
5 médicos a 1,000 pesos cada uno.....	5,000
5 guarda instrumentos a 500 pesos cada uno....	2,500

Subtotal 57,500

Fuente: Ortiz de Ayala, Tadeo. México considerado... p.482.

Como Ortiz estimaba que el trabajo duraría cuatro años, el gasto final sería equivalente a 230,000 pesos, provenientes de la hacienda pública. En el presupuesto de la federación del año siguiente, el plan de Ortiz no fue considerado. El de Alamán, en cambio, tuvo un sitio en la partida presupuestal destinada a las instituciones educativas del Ministerio de Relaciones Interiores y Exteriores.

Desde el punto de vista económico, el gasto monetario de cada proyecto tenía grandes diferencias. El plan de Alamán representaba destinar la mitad del sueldo anual de un ministro de Estado, o sea 3 000 pesos. Mientras que el de Ortiz requería, anualmente, el 71 % del presupuesto destinado a las instituciones educativas, que contaban con 81,621 pesos al año. Sin embargo, de acuerdo con José Luis Martínez, es notorio que las cantidades más importantes

⁵⁷ *Ibidem.* p.481.

fueran dirigidas a la Academia de San Carlos y al fomento del teatro.⁵⁸

Desde el punto de vista geográfico, es evidente que los proyectos de Alamán y de Ortiz contenían diferencias sustanciales de fondo y representaban dos vertientes geográficas. El del primero impulsaba un proyecto geográfico tradicional, basado en fuentes de información existentes, adaptadas a las normas para la formación de un atlas geográfico y en el trabajo de gabinete. El segundo mostraba las características de un proyecto geográfico innovador, basado en la utilización de conocimientos tecno-científicos, tecnología geográfica de vanguardia y el trabajo de campo.

El plan de Alamán representaba el centralismo del trabajo geográfico, pues el atlas geográfico y minero tendría como centro de operaciones el gobierno de la capital. El plan de Ortiz, en cambio, proponía la participación de varios sectores sociales y niveles de gobierno repartidos en el país. El de Alamán no vinculaba el trabajo con los estudiantes del Colegio de Minería, ni el empleo de instrumental científico, como se puede observar en el de Ortiz.

Merece destacarse que los dos planes geográficos recurrían al auspicio del Estado para traducir las ideas geográficas de cada proyecto, en quehacer geográfico real. Sin embargo, no fueron presentadas en igualdad de condiciones.

Alamán aprovechó su calidad de ministro de Estado, para acudir personalmente con los diputados y senadores y, de manera oficial, pedir para su plan la aprobación del Congreso General. Ortiz no tuvo esa oportunidad de asistir a las tribunas supremas de la nación. En un libro impreso en Burdeos, además de pedir el apoyo del Congreso General, solicitaba la del Presidente de la República.

Las serias diferencias de los dos proyectos geográficos no los hacía irreconciliables. Al contrario, ambos proyectos tenían un alcance nacional, con la diferencia en la escala de trabajo y, por tanto, en los métodos geográficos. No debe olvidarse que ambos proyectos tenían como meta convertirse

⁵⁸ Los gastos fueron repartidos de la siguiente manera: Archivo General de la Nación \$10,543; Museo y Jardín Botánico \$8,800; Academia de San Carlos 24,500; Escuela Nacional de Cirujía \$2,400; Colegio de San Juan de Letrán \$5,378; Colegio de San Ildefonso \$4,000; Escuelas Lancasterianas \$3,000; Atlas Geográfico y Minero \$3,000; Fomento del teatro en la capital \$20,000. Martínez, José Luis. "México en busca de su expresión", en *Historia General de México*. El Colegio de México. México. T.2. 1987. p.1036-1037.

en medios útiles para la administración pública, con énfasis en la economía minera de la época.

Mientras que Alamán había retirado el apoyo oficial para crear los estudios profesionales del ingeniero geógrafo, los planes educativos de 1830 y 1832 tampoco favorecieron su creación. El gobierno decidió llevar por otros rumbos la organización y administración del trabajo geográfico, ante la decadencia de las actividades económicas del país y la difícil situación social.⁵⁹

En 1833, cuando los liberales llegaron al poder político apoyaron la creación del Instituto Nacional de Geografía y Estadística.⁶⁰ Esa estrategia del Estado, ponía en operación un proyecto geográfico dirigido por diversos personajes: funcionarios y políticos «científicos», militares, amateurs y viejos ilustrados reunidos alrededor del instituto.

El proyecto geográfico del instituto fue encaminado, como lo propuso Alamán, a la formación del "mapa geográfico general de la República". La propuesta original fue modificada. Primeramente fue atendido el trabajo de la carta, sin incluir la del atlas geográfico. El método geográfico seleccionado por el instituto fue semejante al que apuntó el ministro, para la elaboración del mapa geográfico nacional.

El presidente del instituto, José Gómez de la Cortina, expuso el método de trabajo que decidieron seguir: la revisión y depuración de la exactitud de los datos, la coordinación y comparación de los valores, la eliminación de lo no útil, la solicitud de la información faltante, y finalmente, "formar de todas estas fracciones o partes separadas un todo uniforme y completo".⁶¹

El gobierno encargaba al instituto "adquirir y revisar los datos necesarios para la formación, tanto de la Estadística como del mapa geográfico general de la República". De esa forma, la inversión oficial fue destinada, no en un proyecto académico para formar ingenieros geógrafos profesionales que requería de recursos sostenidos a largo plazo, sino en un proyecto geográfico con resultados a corto plazo, dirigido por otros personajes, a otra escala de trabajo y, desde luego, ejecutado con otro método geográfico.

⁵⁹ Coatsworth, John. "Los obstáculos al desarrollo económico en el siglo XIX", en *Los orígenes del atraso*. Alianza Editorial Mexicana, México. 1990. p.80 y ss.

⁶⁰ Lozano Meza, María. "El Instituto Nacional de Geografía y Estadística y su sucesora la Comisión de Estadística Militar", en Juan José Saldaña (ed.) *Los orígenes de la ciencia nacional*, p.187-233.

⁶¹ [Gómez de la Cortina, José]. "Introducción", en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía...* p.7.

El método geográfico de compilación cartográfica, seleccionado por el instituto, fue practicado sucesivamente hasta conseguir la terminación de una carta general de la república, documento que no fue realidad sino hasta 1850.⁶²

El gobierno apoyaba la formación del instituto y el empleo del método indirecto de adquirir la información geográfica y estadística. La alternativa y operatividad geográfica, representada por la obra de Ortiz, de crear una comisión geográfica especialmente dedicada al trabajo geográfico de alta precisión tendría que esperar otra época.

2. El Estado como promotor de la ingeniería geográfica de México

En los años 1823 y 1832, la ingeniería geográfica de México había dado a conocer, en menos de diez años, el diseño de un plan de estudios profesional y la formación de un proyecto geográfico de amplios alcances para ejecutarse directamente sobre el territorio nacional.

La teoría geográfica, plasmada en las páginas de la legislación mexicana fue complementada por la correspondiente práctica geográfica, representada por la propuesta de trabajo de Ortiz; ambas, con marcada influencia francesa, permitirían al país poner en marcha un proyecto geográfico nacional. No obstante, las propuestas fueron afectadas por las condiciones particulares imperantes de México en el momento de darse a conocer.

El prolongado periodo de inestabilidad política y de guerra retardaron la operatividad de los planes superiores de educación pública. Después de veinte años, un decreto firmado por Santa Anna el 18 de agosto de 1843, propició la organización de los estudios superiores de la ingeniería geográfica, como carrera profesional, asociada a la administración del Colegio de Minería de la Ciudad de México.

Por primera vez la formación de ingenieros geógrafos fue planteada como una posibilidad real. La profesión sería impartida dentro de un plantel existente de educación superior. Se había eliminado el plan original, anteriormente trazado, de crear escuelas superiores para la enseñanza de cada especialidad de la ingeniería.

⁶² Sobre el proyecto geográfico de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, véase: Mendoza Vargas, Héctor. *Historia de la Geografía en México, siglo XIX*. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía. México. 1989. (Tesis profesional).

Además, el plan de 1843 tenía una advertencia importante. La teoría del ingeniero geógrafo tendría la correspondiente práctica profesional, durante los dos últimos años, "con los ingenieros geógrafos del gobierno, en clase de agregados a las comisiones". El plan de 1843 reunía los dos elementos, teoría y práctica geográfica, anteriormente propuestos por separado en 1823 y 1832 respectivamente.

En 1843, la práctica profesional resultaba incompatible con la realidad. El gobierno no contaba con ingenieros geógrafos formados y organizados en comisiones científicas, donde los estudiantes pudieran trabajar. En teoría, el Estado reconocía la propuesta de Ortiz, después de diez años, de aglutinar profesionales en comisiones científicas de trabajo geográfico de campo. Intentaba, también, asegurar la incorporación de los ingenieros geógrafos en los planes de la administración pública, como tecnología de trabajo útil, a través de las comisiones científicas.

Pero, ¿por qué no tenía el gobierno nacional ingenieros geógrafos? En esos años, Gabino Barreda, antes de ingresar a la Escuela de Medicina en 1843, estudió química en el Colegio de Minería, la escuela que recibió el plan educativo originalmente diseñado para implementarse dentro de las nuevas escuelas de ingeniería.

Barreda, además de escribir de la decadencia del plantel, criticaba que los estudios del colegio estaban, todos, dirigidos al estudio de las minas, de cada materia escribió:

...en vez de esa brillante aplicación de las matemáticas que se llama la geometría descriptiva, y que hará siempre de ella el modelo más acabado de las artes científicas, se enseñaba esa extravagante sección de la ciencia que se había creado allí, bajo el nombre de geometría subterránea siempre con la idea fija, casi iba a decir, con la pesadilla de las minas -la cual se practicaba, a pesar de su nombre de subterránea, en el descanso de la escalera; habría visto que la física se consideraba, sólo porque era aplicable a las minas, cuyos aparatos, sin embargo, no salían de sus escaparates sino para preparar los actos públicos; que la química se mutilaba, estudiándose solo la parte mineral; que la docimasia de la plata era lo único que el profesor tenía empeño que practicaran los alumnos; que pasábamos muchos días viendo al profesor repetir los procedimientos empíricos de los mineros llamados tentaduras, mientras que ni una palabra se aprendía de química orgánica, porque no era aplicable a las minas; que no se estudiaba la geografía, porque habría sido preciso buscar una en que sólo hubiese reales de minas; que la botánica y la zoología no se conocían, porque no eran aplicables a las minas. ¡Siempre las minas, en todo las minas, y nada más que las minas...!

!Para todo se tenían presentes las minas, menos para llevar a ellas a los alumnos;⁶³

La opinión de Barreda, refleja que la administración y enseñanza del colegio todavía guardaba una fuerte influencia de la explotación minera sobre los estudios superiores. Cada disciplina científica debía aplicarse a la práctica minera.⁶⁴ La geografía, en esa situación, podría estudiarse sólo de los lugares donde existieran minas y presentar la distribución de los distritos mineros por medio del mapa.

En atención al descuido de la administración de Minería por la teoría y práctica de la geografía, en ese año, el catedrático de geodesia Tomás Ramón del Moral, en un discurso en el Colegio de Minería, informaba del reconocimiento de los catedráticos de la necesidad de que los alumnos de Minería dedicaran tiempo al estudio de la geografía:

La experiencia de muchos años había dado a conocer la necesidad de que los alumnos de este Seminario, sin distraerse del objeto primordial de sus estudios que es la minería; adquiriesen los conocimientos suficientes para adelantar la geografía de la República, desconocida en la mayor parte por falta de planos que manifiesten la situación de tantos pueblos esparcidos en su vasta extensión, sus ricas cordilleras, sus profundos valles, la extensión y curso de sus ríos, y cuanto tiene relación con la geografía de una parte tan variada y deliciosa de la Tierra.⁶⁵

Discutido el asunto entre la planta de profesores y, junto con el director de Minería Francisco Robles, dieron paso a la creación de la cátedra de operaciones de cosmografía, en la cual se enseñaría "el uso de los instrumentos de reflexión para la posición de los lugares por sus longitudes y latitudes, y los métodos de formar cartas geográficas según sus diversas proyecciones".⁶⁶ La cátedra comenzó a impartirse a partir de 1834 y fue asignada a la cátedra de delineación, a cargo de del Moral.

⁶³ Barreda, Gabino. *La educación positivista en México*. Selección de Edmundo Escobar. Editorial Porrúa. México, 1987. p.213.

⁶⁴ Véase: Ramos Lara. Ma. de la Paz. "La Nueva Física y su Relación con la Actividad Minera en la Nueva España", en Saldaña, Juan José, (Ed.). *Los orígenes de la ciencia nacional*. p.99-140.

⁶⁵ Moral, Tomas Ramon del. "Discurso pronunciado por el Sr... en los exámenes de cosmografía y delineación del Colegio de Minería, que tuvieron lugar el día 10 del corriente", *Diario del Gobierno de la República Mexicana*. T. XXVII. Núm. 3065. Lunes 13 de noviembre de 1843. p.298-299.

⁶⁶ *Ibidem*.

La cosmografía fue separada de la cátedra de delineación, de acuerdo con la ley del 3 de octubre de 1843. La primera fue impartida como cosmografía, geodesia y uranografía en el quinto y sexto año del ingeniero geógrafo. La segunda se enseñaría en el primer año del agrimensor.

En los actos públicos del 10 de noviembre de 1843, del Moral pudo presentar, por primera vez, a sus alumnos en la distribución de premios del Colegio de Minería. En esa ocasión, los examinados sólo pudieron mostrar los resultados de la clase de delineación como diseños de mapas, de máquinas, de minas y de arquitectura. Para la parte de la cosmografía, el público tendría que esperar otra ocasión para presenciar "la pericia" de los alumnos y la ejecución de algunas operaciones prácticas, pues no se realizaron.

Aunque los alumnos habían "tenido que sufrir para formar en su cabeza un caudal de conocimientos" no habían producido el correspondiente beneficio al país. Para ello, del Moral apuntaba una condición esencial: la protección del gobierno nacional, de la que escribió:

Pronto se hallaran dispuestos a trabajar para utilidad de su patria: acaso se verán enviados por el gobierno nacional, en las cimas de las montañas o sobre esos hermosos obeliscos naturales... descubriendo a sus pies el fértil suelo, y nuestras pintorescas poblaciones situadas unas en las cumbres de los montes, otras en las laderas, y muchas en lo profundo de los valles. En esta situación olvidarán los afanes que han tenido para instruirse, ratiocinando sobre los hechos de la geología, dibujando las desigualdades del terreno; y proporcionándose elementos para dar a los pueblos la situación que les corresponde.

La topografía, el uso de los métodos astronómicos y geodésicos formaban un conjunto de conocimientos geográficos que, junto con el aprendizaje de las obras científicas, permitirían a los alumnos perfeccionarse, escribió del Moral, "estimulados por el deseo de lograr honrosa fama entre sus conciudadanos, la estimación de los sabios y la directa protección del gobierno nacional".

Esos elementos, imaginaba del Moral, convertirían en realidad la utopía geográfica de Humboldt, cuando en 1803 escribió que: "Cuando vuelvan la paz y la libertad de las comunicaciones con la Europa, cuando sean mas comunes los instrumentos astronómicos (cronómetros, sextantes y círculos repetidores de Borda), se encontrarán en las partes mas remotas de la Nueva España, jóvenes capaces de hacer observaciones, y de calcularlas por los métodos mas recientes".

Los estudiantes, apuntó del Moral, tendrán que vencer a "los agentes naturales", "las hondonadas", "las quebras del terreno", "ríos y arroyos que se pierden en serranías casi desiertas; montañas elevadas", con la finalidad de extender "grandes triángulos que faciliten la formación de una carta general de la República".

Por último, del Moral advertía que, esa labor profesional requería de la estimación y protección, por parte de los "hombres ilustrados que ocupan los altos destinos del gobierno", para que los jóvenes se dedicaran a la aplicación de las operaciones de la cosmografía y la geodesia del ingeniero geógrafo.⁶⁷

La recomendación de del Moral fue muy clara. Correspondía al gobierno aprovechar la formación tecnológica que el colegio proporcionaba a los jóvenes de la especialidad de geografía y tratar de incorporarlos a la administración como medios útiles para la formación de la carta general de México.

El gobierno era el primer promotor y principal alternativa de trabajo geográfico de gran escala y precisión, que podría disponer la marcha de proyectos geográficos nacionales. Sin embargo, en el cuarto decenio del siglo XIX, problemas relacionados con la defensa nacional, la integridad del territorio nacional y la organización del ejército demandaron toda la atención y mayores gastos del gobierno.

En efecto, problemas externos como la pérdida de Texas en manos de los Estados Unidos, la constante inestabilidad económica y el "casi permanente estado de guerra civil",⁶⁸ mantuvieron en crisis y caos al gobierno para auspiciar el trabajo geográfico práctico, de modo profesional, para la formación de la carta general de la república, basada en la tecnología y métodos geográficos de alta precisión, tal como lo había propuesto Tadeo Ortiz diez años atrás.

3. Nuevos horizontes académicos y oficiales para la ingeniería geográfica de México al mediar el siglo XIX.

La operatividad del plan de 1843, recogió los primeros resultados dos años después. El 7 de noviembre de 1845, fueron reanudados los actos públicos del Colegio de Minería. Cada catedrático presentó a los alumnos actuantes. La cátedra de geodesia de Tomás Ramón del Moral, presentó a cuatro estudiantes, Jesús Terrazas y Próspero Guzmán, Joaquín de Mier y Terán y Miguel Velázquez de León.

⁶⁷ Ibidem. p.299.

⁶⁸ Saldaña, Juan José. "Acerca de la Historia de la Ciencia Nacional", en *Los orígenes de la ciencia nacional*. p.49.

La examinación estuvo a cargo del general Pedro García Conde, el teniente coronel de ingenieros y catedrático de geodesia del Colegio Militar Luis Robles y del prefecto de estudios Blas Balcárcel. El examen final, semejante al realizado en el Colegio Militar, consistió en la teoría de la geodesia, resolución de problemas de la geodesia geométrica, de nivelación geodésica y sobre la construcción de cartas geográficas.⁶⁹

Al año siguiente, en los actos públicos del 10 de noviembre de 1846, José Salazar Iñarregui, exalumno del Colegio de Minería, actuaba como profesor interino en esa cátedra. En esa ocasión, el exámen final sólo incluyó la parte de la cosmografía y la uranografía, sin la geodesia.

Los alumnos actuantes de la materia, fueron Jesús Terrazas, Joaquín Mier y Terán e Ignacio Gutiérrez. En cuanto a la cosmografía, los alumnos disertarían sobre el manejo de los instrumentos de reflexión, la determinación de coordenadas geográficas por diversos métodos y el cálculo de la declinación magnética y de los azimutes.

Los métodos para calcular la latitud geográfica fueron de alturas de la polar (método de Littrow), de las circumpolares en sus pasos superior e inferior y en cualquier punto de su curso, por alturas meridianas o circunmeridianas, por una sola altura y la hora y, según Douwers, por dos alturas. Para la longitud geográfica por señales de fuego, de los cronómetros, de distancias lunares, de pasos meridianos y por los eclipses de los satélites de Júpiter.⁷⁰

En 1852, esa línea de trabajo académico, que año tras año entregaba resultados por medio de los exámenes públicos, fue impulsada con la impresión de los apuntes de la cátedra de geodesia del profesor Tomás Ramón del Moral, a petición de la junta de profesores del plantel.

Del Moral había formado esos apuntes a lo largo de varios años de cultivar la disciplina de forma teórica y, sobre todo, en la práctica. Con su aparición, fue sustituida la literatura europea de esa materia en el siguiente año escolar, además de contribuir a la consolidación de la geodesia y la operación de la ingeniería geográfica como profesión.⁷¹

⁶⁹ *Diario del Gobierno de la República Mexicana*. T. XXXIII. Núm. 3812. Sábado 29 de noviembre de 1845. p.360. Ramírez, Santiago. Datos para la historia de la Colegio de Minería. Edición facsimilar de la de 1890. SEFI, México, 1982. p.322.

⁷⁰ *Diario del Gobierno de la República Mexicana*. T.II. Núm.95. Lunes 9 de noviembre de 1846. p.

⁷¹ *Diario Oficial del Gobierno de la República Mexicana*. T.I. Núm.115. Méjico, lunes 7 de noviembre de 1853. p.459.

Una vez que le fue encomendada la cátedra de geodesia, a partir del plan de 1843, del Moral dio forma al manuscrito para que sirviera de texto de las lecciones de los alumnos que, en palabras de la junta, "perdían un tiempo precioso en sacar copias del manuscrito original, saliendo siempre con la incorrección que es consiguiente a tareas de esta especie".

Del Moral había fallecido en 1848, como consecuencia de la gran tristeza que le causó la invasión militar de los Estados Unidos al territorio nacional. El manuscrito de la materia de geodesia fue obtenido, con muchos esfuerzos, por la junta de profesores de la familia de del Moral, residente en la ciudad de Toluca.

El Ministerio de Relaciones, por conducto de su titular, José Fernando Ramírez, lo mando "imprimir desde luego por cuenta del Supremo Gobierno", pues la geodesia, reconocían los profesores, era uno de los "ramos tan poco cultivados" en ese momento en México. Para la junta, la obra de del Moral vendría a promover dos aspectos científicos fundamentales, a saber; la fundación del Observatorio Astronómico de Chapultepec e incrementar el interés de "las personas iniciadas en la ciencia del ingeniero geógrafo".⁷²

La geodesia de del Moral contiene los elementos teóricos para la determinación de los parámetros de la forma del planeta, no como una esfera perfecta, sino como un esferoide lo que equivalía, escribió del Moral, a considerar que la Tierra "ha debido elevarse hacia el ecuador y comprimirse proporcionalmente en ambos polos". Con ese precepto básico de la geodesia, los ingenieros geógrafos procederían a calcular coordenadas geográficas y a la construcción de mapas de gran escala cartográfica del país.

El texto de del Moral sería clave en la formación de los ingenieros geógrafos, pues enseñaba a conocer la forma y las dimensiones de la Tierra para determinar las fórmulas matemáticas y ejecutar las operaciones geodésicas, mediciones de base, establecimiento de señales, observación de ángulos, resolución de triángulos, de la nivelación y cálculo de la latitud y longitud geográfica. Esos elementos, junto con el cálculo de la proyección cartográfica, proporcionarían la base del diseño y proyecto tecnocientífico del mapa que el país requería desde tiempo atrás.

En resumen, la operación y administración académica de los estudios superiores de la ingeniería geográfica del plan de

⁷² Moral, Tomas Ramon del. *Curso elemental de Geodesia para uso de los alumnos del Colegio Nacional de Minería*. Imprenta de Vicente García Torres, México. 1852. Véase la advertencia, p.3 y 4.

1843, los resultados presentados en los exámenes finales de geodesia y cosmografía, la publicación de libros de texto y la compra, arreglo e instalación del instrumental de alta precisión dentro del Colegio de Minería,⁷³ fueron condiciones académicas que incidieron directamente a la formación de ingenieros geógrafos

Pero, ¿qué oportunidades de trabajo encontrarían los ingenieros geógrafos, en la sociedad o el gobierno? La creación del Ministerio de Fomento y una próspera organización burocrática de la administración pública, permitirán indagar la respuesta.

A partir del decenio de 1850, Coatsworth señala que "México adoptó importantes medidas para eliminar los obstáculos institucionales al desarrollo capitalista moderno durante esos tiempos de deterioro económico. Es más, la decadencia económica alentó incluso la experimentación y minó todos los intentos de revivir tanto las instituciones como las políticas coloniales".⁷⁴

En el año de 1853, el marco de optimismo por la recuperación económica del país, aunado a los "esfuerzos de los inventores, técnicos e industriales degeosos de reformar o de innovar sus sistemas productivos",⁷⁵ favorecieron la iniciativa para fundar el Ministerio de Fomento, Colonización, Industria y Comercio.⁷⁶

Desde el punto de vista de la ingeniería, Fomento vino a ocupar un lugar clave en la administración pública, pues los ingenieros, como escribió Compte, servirían de

⁷³ *Diario del Gobierno de la República Mexicana*. T.III. Núm.112. México, domingo 19 de noviembre de 1854. En el discurso de fin de cursos de 1854, el director del plantel, escribió que: "...para la geodesia se adquirieron los mejores instrumentos que poseía el finado Sr. [Manuel] Castro, y se compusieron y mejoraron los que ya tenía la clase, quedando trazado el plan y dadas las disposiciones para colocar en lugar conveniente el instrumento de pasos meridianos, construido por el famoso E[r]tel en Munich, y que recibimos hace poco tiempo; el instrumento universal del mismo constructor y los demás astronómicos y meteorológicos, que quedarán establecidos convenientemente para hacer y aprovechar las observaciones a que están destinados". p.340.

⁷⁴ Coatsworth, John. "La decadencia de la economía mexicana, 1800-1860", *Los orígenes del atraso*. p.11.

⁷⁵ Trabulsee, Elías. "Ciencia y tecnología en México a mediados del siglo XIX", en *Crítica y heterodoxia*. Ensayos de historia mexicana. Universidad de Guadalajara/Xalili. México, 1991. p.122 y ss.

⁷⁶ Sánchez Flores, Ramón. *Historia de la Tecnología y la invención en México*. Fomento Cultural Banamex. México. 1980. p.351-356.

"intermediario permanente y regular para todos los trabajos particulares entre los sabios y los industriales".⁷⁷ Una vez que México pudiera dedicarse a las "ciencias exactas y físicas, a las prácticas y de aplicación", podría ofrecer una base científica para la industrialización de México.

Por tanto, el Ministerio de Fomento representaba un paso significativo "para el adelantamiento de la industria", por medio de dos objetivos centrales, la construcción y arreglo de caminos desde la Ciudad de México hacia los principales puertos y fronteras nacionales y "la aplicación práctica y material de los conocimientos científicos" a los sectores más productivos del país como la agricultura, las minas y el comercio.⁷⁸

La existencia del Ministerio de Fomento, con funciones de creación, operación y dirección de actividades científicas y tecnológicas útiles a la administración pública, tendría una amplia repercusión durante la segunda mitad del siglo XIX y, según Trabulsee, una prueba de que "México reinició sus esfuerzos para recoprar el terreno perdido en las tres décadas anteriores".⁷⁹

4. Dos trayectorias científicas de la geografía de México

Las dos trayectorias geográficas delineadas en proyectos legislativos y oficiales durante los primeros años del gobierno nacional, formalizaron académica y profesionalmente su existencia al mediar el siglo XIX en México. Para su estudio, no es suficiente seguir la trayectoria social de cada vertiente geográfica.

La teoría de la estructura burocrática y del papel del intelectual en la burocracia pública de Robert Merton, contiene una interesante base metodológica, útil para el tema de esta investigación. Por tanto, el estudio tiene como objeto la articulación de la actividad profesional, en particular, de los ingenieros geógrafos con el Estado.

Merton propone una clasificación convencional de los intelectuales. Dos grupos pueden distinguirse, "los que

⁷⁷ Compte, Augusto. *Primeros ensayos*. F.C.E. México, 1981. reimpresión. Véase la cuarta parte. p.230-231.

⁷⁸ *Diario Oficial del Supremo Gobierno*, T.III. Núm.99. México, martes 7 de noviembre de 1854. Los caminos proyectados fueron: México-Veracruz; Puebla-Tehuantepec; México-Acapulco; México-Manzanillo; México-San Blas; México-Chihuahua; Querétaro-Tampico; México-Tuxpan y; México-Tampico. p.294.

⁷⁹ Trabulsee, Elías. "Ciencia y tecnología..." p.125.

ejercen funciones asesoras y técnicas dentro de una burocracia, y los que no pertenecen a una burocracia".⁸⁰

La trayectoria geográfica representada por la ingeniería geográfica, al seguir los lineamientos institucionales de la educación profesional, puede denominarse como una geografía ortodoxa y cuyos orígenes legales en México provienen del año 1823. A esta vertiente de trabajo geográfico correspondieron unas funciones asesoras y técnicas dentro de la burocracia

La práctica geográfica oficial del gobierno, fue de tiempo completo y retribuida económicamente. Sin embargo, ante la escasez de ingenieros geógrafos para satisfacer la oferta de trabajo, otros profesionales, como ingenieros civiles, topógrafos, mineros o militares encontraron en el trabajo geográfico un amplio campo potencial para desempeñarse de modo profesional.

La otra trayectoria, aquí denominada como la geografía heterodoxa por contener distinto origen académico y legal, tenía diferente organización laboral, medios, métodos y resultados de trabajo. También laboraba en la burocracia oficial, de la que recibía recursos para vivir pero, de modo eventual, destinaba tiempo extra para dedicarse al trabajo geográfico y, ocasionalmente, fueron apoyados por el gobierno. Su trabajo geográfico correspondía a diversas propuestas de proyectos personales.

Con el advenimiento del Ministerio de Fomento, ambas trayectorias geográficas tendrían las condiciones políticas y económicas para convertirse en una geografía viable, pues no obstante los distintos orígenes, de condiciones materiales y de trabajo, los resultados presentados por las dos vertientes geográficas contaron con el reconocimiento del gobierno.

Rápidamente, los ingenieros egresados de las escuelas profesionales de Agricultura, Minería y San Carlos establecieron una relación de trabajo dentro de la estructura del Ministerio de Fomento, a manera de "expertos especializados a sueldo". Incorporados a la planta laboral, los ingenieros actuaron como agente activo de la naciente burocracia tecno-científica de Fomento.

Efectivamente, la existencia del Ministerio de Fomento condujo a la formación de una creciente estructura burocrática, con la participación de las distintas especialidades de la ingeniería.

⁸⁰ Merton, Robert. *Teoría y estructura sociales*. F.C.E. México, 1964. p.291 y ss.

En la jerarquía administrativa de Fomento, los ingenieros ocuparon puestos ejecutivos y operativos. Para la alta dirección y jefaturas de secciones, el ingeniero fue nombrado por un superior. En "los procedimientos técnicos", el ingeniero actuaba como "funcionario burocrático" subordinado a la autoridad, en el cumplimiento de los fines oficiales que debía cumplir el ministerio.

En la organización burocrática del ministerio, el ingeniero estaba "en un grado muy importante controlado por sus relaciones sociales con los instrumentos de producción". El ingeniero tenía que emplearse para trabajar y disponer de instrumentos y equipo, en poder de la burocracia pública o privada.

El Ministerio, al comprar los instrumentos científicos a las principales casas europeas, fue dueño del instrumental geográfico de alta precisión. Por tanto, los ingenieros geógrafos debían emplearse en el ministerio para tener acceso directo a la tecnología geográfica y poder realizar el trabajo geográfico.

Con su participación en la burocracia, el ingeniero tendría "acceso a los instrumentos a fin de trabajar para vivir". La burocratización del ministerio aseguraba la separación de los individuos de los medios de producción.⁸¹ Las especialidades de la ingeniería formaron una muestra representativa de esa situación laboral, al participar en las comisiones del gobierno.

Otra característica de los ingenieros, empleados en comisiones científicas oficiales, de acuerdo a la teoría burocrática de Merton, fue su "eficacia técnica, con una gran estimación por la precisión, la rapidez, el control experto, la continuidad, la discreción y la óptima restitución del gasto que representa".⁸²

La geografía oficial estuvo representada por los primeros ingenieros geógrafos egresados del Colegio de Minería entre 1856 y 1858. La geografía heterodoxa o no oficial, tenía en la labor geográfica de Antonio García Cubas (1832-1912) a uno de sus mejores y más fecundos cultores de esa época. Una primera relación de los trabajos geográficos de cada vertiente mostrará en qué consistieron y los resultados.

En 1853 y todavía sin contar con un título profesional, García Cubas pasó a trabajar al recién fundado Ministerio de Fomento, por su demostrada habilidad, como "dibujante topógrafo". En ese lugar, aprovechó los recursos materiales que le permitían consultar, entre los que se encontraba la biblioteca, que visitaba para observar atlas geográficos y

⁸¹ *Ibidem.*

⁸² *Ibidem.* p.276.

leer libros de geografía, además, con una rigurosa disciplina personal, condujo una autoformación en los idiomas y en las matemáticas.

Con esos elementos y, sobre todo, el permiso concedido por la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística para consultar su rica mapoteca, García Cubas imaginó varios proyectos geográficos, todos ellos de gabinete, que de alguna forma dieron continuidad a los emprendidos por la propia Sociedad años atrás.

En 1853, por encargo del ministro, Joaquín Velázquez de León, García Cubas realizó una copia de la carta general de la República, terminada por la Sociedad de Geografía. En poco tiempo, el trabajo paciente y constante permitieron terminar de modo personal, una nueva versión de la carta de la república que fue entregada al Ministerio de Fomento.

García Cubas siguió empleado por el Ministerio de Fomento. El éxito de su trabajo geográfico, presentado ante el Presidente Santa Anna, fue suficiente para estimular su labor y empeñarse en terminar no sólo una carta general de la república, sino la de cada estado de la federación, de acuerdo con la división política que establecía la Constitución de 1857.

García Cubas organizó un sistema de suscripción, que le permitía recaudar fondos por adelantado para efectuar el trabajo. Así, cada suscriptor del proyecto, previo registro, recibiría cada mapa conforme salían las hojas de la imprenta.⁸³ Una vez terminada la obra, la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, fue el marco científico que García Cubas aprovechó para presentar su Atlas geográfico e histórico de la República Mexicana.

Efectivamente, en la sesión del 12 de agosto de 1858 fue presentado el atlas ante los socios. García Cubas recibió la más cordial felicitación por parte de los asistentes, quienes observaron con satisfacción la terminación de ese trabajo geográfico.⁸⁴ Entre 1856 y 1858, García Cubas realizó la compilación cartográfica para la formación de ese atlas, compuesto de veintinueve cartas estatales y de los territorios, además de dos cartas generales del país a diferente escala cartográfica.

La labor geográfica de García Cubas recibió otro apoyo parcial del gobierno. En 1861, el Ministerio de Fomento, por conducto de Ignacio Ramírez, autorizó el pago de la impresión de otra carta general de la República Mexicana, de

⁸³ Mendoza Vargas, Héctor. *Historia de la Geografía...* p. 177-178.

⁸⁴ *Diario Oficial del Supremo Gobierno*, T.I. Núm.225. México. 5 de septiembre de 1858. p.3.

cuatro hojas y que, en buena medida, resumía el trabajo iniciado por el autor diez años atrás.

A la coexistencia de las dos vertientes del quehacer geográfico, conviene mostrar la colaboración de trabajo que entablaron la geografía ortodoxa y la heterodoxa, es decir, la interacción y desempeño profesional de ambas tendencias a través de los protagonistas.

La construcción de una nueva carta general de la República Mexicana, representó para García Cubas el reto de superar diferentes problemas geográficos. La necesidad de trabajo mutuo de ambas geografías fue patente.

El trabajo geográfico de García Cubas requería el soporte tecno-científico para la construcción del mapa, por lo que solicitó ese trabajo al ingeniero geógrafo Francisco Díaz Covarrubias (1833-1889).

La selección de los parámetros y las formulas matemáticas para calcular la proyección cartográfica, fueron desarrollados por Díaz Covarrubias. El modelo de proyección fue una de tipo policónica. Los elementos del elipsoide seleccionados fueron los de Bessel para calcular las normales, los grados del meridiano, el radio de la proyección y los paralelos. Los valores obtenidos formaron unas tablas de las coordenadas x y y para construir la cuadrícula de la proyección.

Por último, Díaz Covarrubias le escribió a García Cubas que: "Una vez situados de esta manera los puntos de intersección de los meridianos y los paralelos, se unirán los de misma latitud para tener el paralelo correspondiente, y los de la misma longitud darán los meridianos. Si la construcción se ha hecho con cuidado, resultarán curvas perfectamente regulares, y sin apariencia poligonal vistas desde su extremos".⁸⁵

García Cubas, con el caneavé de la proyección, inició el trabajo de situar los pueblos sobre la carta, por medio de las coordenadas geográficas; fijó los límites estatales e internacionales y ejecutó el trazo del dibujo geográfico.

En su labor, evitó el método gráfico de obtener coordenadas geográficas de puntos de otras cartas geográficas, ya que "conduciría a cometer mas adelante errores de consideración".⁸⁶ Por tanto, utilizó sólo las determinaciones obtenidas directamente por Alejandro de

⁸⁵ Carta de Francisco Díaz Covarrubias a García Cubas del 2 de octubre de 1858, en García Cubas, Antonio. *Memoria para servir a la Carta General de la República Mexicana*. Imprenta de Andrade y Escalante. México. 1861. p.11-13.

⁸⁶ *Ibidem*. p.35.

Humboldt, los ingenieros geógrafos como Francisco Jiménez y Francisco Díaz Covarrubias y de los expertos al servicio de compañías mineras extranjeras residentes en el país.

El Ministerio de Fomento, además de patrocinar la impresión de la carta, fue el evaluador del resultado. Un informe de Blas Balcárcel señalaba las virtudes del trabajo, el método empleado y la información geográfica incorporada. En resumen, la "Carta ejecutada por el C. Antonio García y Cubas, si no es exacta en todas sus partes, porque no hay datos para poderla formar, al menos es la mejor que se conoce hasta la fecha y es el resultado de un impropio trabajo por parte del autor".⁸⁷

Ese trabajo geográfico, representado por García Cubas, fue descrito por Orozco y Berra como una labor "de simple compilación" de materiales, que presentaba algunos "errores considerables". No obstante, el trabajo fue exaltado:

El mérito indisputable de García Cubas consiste en reunir los mejores planos existentes, coordinarlos y darlos a luz, llevando a cabo por primera vez una empresa que había sido imposible para la Sociedad de Geografía, y que a pesar de los defectos que se le supongan, es hasta hoy la única de su género, habiéndolo llenado un gran vacío en la ciencia geográfica de nuestra patria.⁸⁸

En esos trabajos, explicó Orozco y Berra, lo que debía exigirse a los autores era que los trabajos compilados fueran "los mejores de su clase". En ese sentido, García Cubas terminaba un importante trabajo geográfico de escala y formato pequeño, que permitía rápidamente observar la forma, límites y extensión del país.

La administración de la geografía académica, fue testigo de la destacada trayectoria de los primeros alumnos que completaron el ciclo de los cursos de la ingeniería geográfica del Colegio de Minería. El primer título de ingeniero geógrafo fue otorgado, de manera extraordinaria, a José Salazar Ilarregui (1823-1892), por su desempeño como jefe de la tercera Comisión Mexicana de Límites con los Estados Unidos.⁸⁹

⁸⁷ *Ibidem.* p.31.

⁸⁸ Orozco y Berra, Manuel. *op cit.* p.424.

⁸⁹ Tanto José Salazar Ilarregui como Francisco Jiménez participaron en las tres Comisiones Mexicanas de Límites con los Estados Unidos de 1849-1850, 1850-1854 y 1854-1857. Véase: Orozco y Berra, Manuel. *op cit.* p.434-441, 441-461 y 462-498. Goetzmann, W.H. "The United States-Mexican Boundary Survey, 1848-1853", en *Southwestern Historical Quarterly*, October, Vol. LXII, 1958. p.164-190. Hewitt, Harry P. "The Mexican Boundary Survey Team: Pedro García Conde in California", en *The Western Historical Quarterly*, may,

El 18 de marzo de 1856, la Junta Facultativa del Colegio de Minería, decidió otorgarle a Salazar Iñarregui el título como reconocimiento a su destacada labor en los arreglos limítrofes de ambos países.⁹⁰ Los altos servicios tecnológicos de Salazar Iñarregui le hicieron acreedor a la distinción académica otorgada, después del topógrafo, por el Colegio. Desde entonces, el ingeniero geógrafo fue reconocido por el gobierno como una nueva figura profesional encargada de la delimitación de límites internacionales de México.

Los otros dos ingenieros geógrafos de ese primer periodo de promoción fueron Francisco Díaz Covarrubias y Francisco Jiménez (1824-1881). Los dos tuvieron una importante actividad geográfica al servicio del gobierno, por medio del Ministerio de Fomento. Díaz Covarrubias estuvo al servicio del gobierno republicano entre 1856 y 1863, hasta la llegada del Imperio de Maximiliano (1863-1867), que rechazó y le obligó a salir de la capital. Jiménez y Salazar Iñarregui, por su parte, sirvieron a ambos gobiernos.

El noviciado profesional de Díaz Covarrubias estuvo asociado al Ministerio de Fomento, donde fue contratado para ejecutar una serie de operaciones geodésicas para la formación de la carta geodésica y topográfica del Valle de México, como parte del proyecto para el Atlas nacional que promovieron tanto el ministro Manuel Siliceo, como el oficial mayor Orozco y Berra.

El trabajo geográfico de Díaz Covarrubias comprendió varias operaciones, entre ellas: un plano topográfico del Distrito de México a escala 1:25 000; la determinación de la posición geográfica de México; diversas operaciones geodésicas para la formación de la carta del Valle de México y otros trabajos geográficos publicados al terminar la guerra civil de los tres años (1858-1860).⁹¹

De esos trabajos, las operaciones geodésicas que Díaz Covarrubias planeaba ejecutar para Fomento, a fines de 1856, resultan una muestra representativa del trabajo de la

Vol. XXI. 1990. p.171-196. Hewitt, Harry P. "El deseo de cubrir el honor nacional": Francisco Jiménez and the Survey of the Mexican-United States Boundary, 1849-1857", en *La ciudad y el campo en la Historia de México*. Memoria de la VII Reunión de Historiadores Mexicanos y Norteamericanos. U.N.A.M., México. 1992. T.II. p.709-719. Hewitt, Harry P. "The Mexican Commission and Its Survey of the Rio Grande River Boundary, 1850-1854", en *Southwestern Historical Quarterly*, april, Vol. XCIV, 1991. p.555-580.

⁹⁰ Ramírez, Santiago. op cit. p.391.

⁹¹ Mendoza Vargas, Héctor. *Historia de la Geografía...* p.184-185.

ingeniería geográfica de la época. En un informe de las operaciones geodésicas, Díaz Covarrubias notificaba al ministro las características del plan, así como las operaciones y difíciles condiciones de trabajo emprendidas por la comisión a su cargo.

Díaz Covarrubias comenzó su trabajo reuniendo los instrumentos científicos para practicar las observaciones y mediciones angulares de la determinación geográfica. Los instrumentos eran propiedad del ministerio de Fomento y procedían de las prestigiosas casas europeas de Troughton & Simms, Ertel, Dean y de la nacional de Lozada. Consistían en un telescopio de pasos, un telescopio zenital, un altazimut, un sextante, un telescopio, un círculo-teodolito, y dos cronómetros náuticos. Algunos de ellos, como el primero había servido al gobierno para dotar a la Comisión Mexicana de Límites con los Estados Unidos.

Con los instrumentos en su poder, las operaciones que le correspondía ejecutar a Díaz Covarrubias en calidad de ingeniero geógrafo de la Comisión del Valle consistieron en:

- 1a. Ejecutar una triangulación geodésica compuesta esencialmente de dos cadenas, la una dirigida de Norte a Sur, y la otra de Oriente a Poniente, a lo largo del meridiano y paralelo de la capital, a fin de conocer la extensión de la parte de estos arcos comprendida en el Valle, así como su amplitud astronómica, para deducir de su comparación el aplanamiento polar que conviene a estas regiones.
- 2a. Ejecutar de la nivelación trigonométrica de los vértices de la cadena, procurando hacer algunas observaciones simultáneas y recíprocas para determinar el valor del coeficiente de refracción.
- 3a. Determinar astronómicamente las coordenadas de la capital, y de los extremos de los arcos de meridiano y paralelo.⁹²

Por su parte a los ingenieros topógrafos, incorporados a la Comisión, se encargarían de las siguientes operaciones:

- 1a. Practicar las triangulaciones de segundo y tercer orden enlazadas con la geodésica.
- 2a. Apoyándose en estas triangulaciones, configurar las montañas, los lagos, caminos, curso de los ríos, &c.

⁹² Díaz Covarrubias, Francisco. "Dirección General de la Comisión para levantar el plano del Valle de México". Memoria de la Secretaría de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización, Industria y Comercio de la República Mexicana escrita por el Ministro del ramo C. Manuel Siliceo, para dar cuenta con ella al Congreso Constitucional. Imprenta de Vicente G. Torres. 1857. Documento Núm. 10. p.67.

3a. Determinar las alturas de los puntos principales, con especialidad los que sirven de vértices en los triángulos de segundo orden.

4a. Levantar los planos particulares del Distrito de México y de las poblaciones más importante, excepto el de la capital que está ya levantado.⁹³

Según el orden de las operaciones, Díaz Covarrubias debía realizar un reconocimiento en las inmediaciones de la capital, encontrar un terreno plano y establecer una base geodésica que permitiera extender la triangulación de primer orden. El lugar seleccionado por él fue la calzada del Peñón, que contaba con 10,043.5 metros de extensión desde la garita de San Lázaro hasta la venta del Peñol.

En esa época la calzada del Peñón era muy importante, ya que comunicaba a la capital con Puebla y Veracruz. Desde octubre 1854 se habían hecho recomendaciones para su "reedificación" dado su "mal estado" y la urgencia de su arreglo. De modo que cuando Díaz Covarrubias llegó a la calzada, que conducía de la capital al Cerro del mismo nombre, se encontraba totalmente inundada, debido al copioso periodo de lluvia, sin poder medirse. No sólo el trabajo de la Comisión se vio afectado por el notable deterioro de la calzada y la completa inundación que presentaba, sino también el transporte público de la empresa de las Diligencias generales y la Administración general de Correos.⁹⁴

Por tanto, mientras pasaba la época de lluvias y el gobierno arreglaba el camino para medir la base geodésica, Díaz Covarrubias decidió ocuparse en las observaciones astronómicas para la determinación de la posición geográfica de la Ciudad de México. Trabajo que realizó hasta diciembre de 1857, cuando la guerra civil le obligó a interrumpir las observaciones astronómicas en su campamento de San Lázaro.⁹⁵

En 1862, al regreso del régimen republicano, un contrato entre el ministro de Fomento Jesús Terán y Francisco Díaz Covarrubias permitieron reiniciar el trabajo geográfico suspendido por la guerra de Reforma. El Ministerio tenía interés de disponer de un documento de alta precisión geográfica del Valle, que permitiera "conocer fácilmente la

⁹³ *Ibidem*.

⁹⁴ AGN. Fomento. Calzadas. T.I. Exp.7. El tramo que estaba en buenas condiciones corría de la garita de San Lázaro hasta el rancho de Santa Cruz (2,346.4 metros), todo lo demás con más o menos agua hasta el Convento de Dolores (6,180.2 metros). El arreglo de la calzada se continuaba aún en abril de 1858.

⁹⁵ Mendoza Vargas, Héctor. *Historia de la Geografía...*

configuración del terreno en diversas direcciones, única manera de fundar bien un proyecto de desagüe".⁹⁶

El ingeniero geógrafo se comprometió a terminar la Carta Hidrográfica del Valle de México. El trabajo fue suscrito por medio de un contrato, por el cual quedaron fijados los componentes del plan de operaciones, el pago y el tiempo de cinco meses para la entrega de la carta. Las operaciones comprendían trabajos topográficos, hidrográficos y geodésicos; la redacción y presentación de la memoria y los planos generales y parciales.

El trabajo de la Comisión fue terminado en el año de 1862. El 12 de enero de 1863, en la primera sesión de trabajo de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, el Secretario, Dr. José Guadalupe Romero, informaba de los trabajos de la Comisión del Valle de la siguiente forma:

Los señores Díaz Covarrubias, Iglesias, Herrera y Fernández Leal han puesto la última mano a los trabajos científicos sobre el Valle de México, y acaban de presentar al Supremo Gobierno la Carta Hidrográfica del referido valle, con memorias descriptivas de el mismo. Esta obra ejecutada con escrupulosa exactitud en su parte topográfica, se apoya en una base geodésica, la primera que se ha medido en la República: abraza una extensión de 180 leguas cuadradas en las que se han fijado la posición geográfica de mas de 200 puntos importantes, la altura de las montañas y la configuración general del terreno.⁹⁷

Durante el imperio, los materiales fueron reunidos por Orozco y Berra, que formó la memoria de la carta y añadió otras investigaciones topográficas, geográficas y químicas del Valle. La carta y memoria quedaron disponibles cuando Fomento las mandó imprimir por la litografía de Hipólito Salazar, de acuerdo al dibujo original de Ramón Almaraz.⁹⁸

El trabajo geográfico de la Comisión del Valle de fijar series de coordenadas geográficas, medir una base geodésica y extender una triangulación de precisión en los alrededores de la Ciudad de México, resaltaron la necesidad de contar

⁹⁶ Memoria que el Secretario de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización, Industria y Comercio presenta al Congreso de la Unión. Imprenta del Gobierno, en Palacio. México, 1868. Documento Número 33. p.375-377.

⁹⁷ Romero, José Guadalupe. *Reseña de los trabajos científicos de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística en 1862*. Imp. de Vicente G. Torres. México, 1863. p. 8.

⁹⁸ Orozco y Berra, Manuel. "Memoria para la Carta Hidrográfica del Valle de México", en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*. Tomo IX, México, 1862. p.508.

con un centro geográfico de referencia, el cual podría enlazar el conjunto de los levantamientos terrestres.

Al terminar la Carta Hidrográfica, el ingeniero geógrafo presentó, al gobierno republicano de Juárez, una propuesta para el establecimiento de un Observatorio Astronómico Nacional en Chapultepec. Sin embargo, la suspensión de los pagos de la deuda externa del país, por parte del gobierno nacional, provocaron amenazas y la inminente invasión militar de las potencias europeas al territorio de México.

No obstante esa delicada situación y de reducido margen para apoyar la operación de la iniciativa anterior, el Ministerio de Fomento aceptó el proyecto de Díaz Covarrubias para fundar un observatorio en el Castillo de Chapultepec. La dirección del nuevo centro científico fue encomendada a Díaz Covarrubias y, con un austero presupuesto, fueron iniciados los trabajos para adaptar las instalaciones que recibirían el equipo.⁹⁹

En el observatorio, Díaz Covarrubias contó con la asistencia del ingeniero Agustín Barroso. Ambos orientaron el trabajo para la determinación de las coordenadas geográficas del lugar. El cálculo y precisión de los datos numéricos del observatorio podrían servir, en el corto plazo, como una exacta y confiable referencia para iniciar el trabajo geográfico de las comisiones científicas del gobierno.

A largo plazo, el observatorio podría dirigir un proyecto geográfico nacional, al coordinar la determinación de coordenadas geográficas sobre el territorio nacional, lo que apoyaría el diseño y construcción de series de mapas.

La dedicación puesta en ese trabajo geográfico fue afectada por la inconformidad del partido conservador frente a la vigencia de la Constitución federal de 1857 y el régimen republicano. La llegada de la monarquía en la figura de Maximiliano de Habsburgo y la invasión militar por tropas del ejército francés por Veracruz y Puebla, alteraron la permanencia del programa político y científico republicano.

En mayo de 1863, Juárez y con él la república, salieron de la Ciudad de México en dirección al Norte del país. Díaz Covarrubias que tenía una postura política en favor del régimen constitucional, decidió abandonar la capital y seguir el exilio de los liberales, ante la intervención militar francesa. Evidentemente, el observatorio fue abandonado, al igual que los trabajos ahí emprendidos.

⁹⁹ Moreno Corral, Marco Arturo. "Los primeros años del Observatorio Astronómico Nacional", en Anuario del Observatorio Astronómico Nacional para el año de 1985. Año CV, México, 1984. p.226-230.

Por último, en este periodo los ingenieros intentaron activar una organización independiente, al margen del aparato burócrata estatal. Algunos miembros de la Comisión Mexicana de Límites con los Estados Unidos, aprovecharon la experiencia profesional y el prestigio social derivados de esa comisión, para anunciar una empresa privada de asesoría y prestación de servicios directamente a la sociedad, con la participación de cada especialidad de la ingeniería.

El sábado 11 de diciembre de 1858, apareció un anuncio en el *Diario oficial*, donde los miembros de la tercera Comisión Mexicana de Límites, ingenieros geógrafos y militares, se anunciaban como "ingenieros en servicio pasivo", autorizados legalmente para realizar "comisiones particulares".

Esos ingenieros, informaron, podían desempeñar "dentro y fuera de la capital" y a cualquier distancia que se solicitara, "todo lo relativo a los ramos de construcción en arquitectura, como la formación de proyectos para la completa edificación de establecimientos públicos e industriales o fincas particulares, su construcción y reparaciones de todas clases; y de agrimensura, topografía y geodesia, que comprenden el levantamiento de planos de cualquiera estension, nivelaciones, deslindes, division de terrenos, distribución de aguas, formación de cartas geográficas, &c; toda clase de avalúos de fincas rústicas y urbanas; dar cátedras o lecciones particulares de primero y segundo curso de matemáticas, de mecánica analítica y aplicada a la práctica, de topografía teórica y práctica, de geodesia, de astronomía práctica, de arquitectura, de dibujos de delineación, de lavado y topográfico".¹⁰⁰

Los ingenieros, al ofrecer sus servicios a la sociedad, aseguraban "toda exactitud y precisión requeridos, por un precio bastante equitativo" y, en todos los trabajos, ofrecían "esmero y puntualidad".

Al final, resaltaron los antecedentes y amplia experiencia profesional de cada ingeniero al servicio del gobierno nacional. Cada uno había participado en la "formación de proyectos y construcción de edificios, levantamientos de planos, dar cátedras, &c", pero el énfasis fue puesto en la participación que tuvieron en la demarcación de los límites entre México y los Estados Unidos entre 1849 y 1856.¹⁰¹

Con esa estrategia laboral, los ingenieros geógrafos y los militares buscaron emplearse de forma particular, como grupo de trabajo independiente. La función de expertos asesores en la construcción civil, diseño y ejecución de mapas y en la

¹⁰⁰ *Diario Oficial del Supremo Gobierno*, T.I. Núm.317, México. 11 de diciembre de 1858, p.4.

¹⁰¹ *Ibidem*.

docencia especializada intentaba crear una nueva imagen social de la ingeniería.

La caracterización anterior de los trabajos geográficos, pertenecientes a los geógrafos heterodoxos o independientes y de los ingenieros geógrafos, señala con claridad la diferencia tanto en los métodos empleados como en la presentación final de los resultados.

García Cubas fue autodidacta y *amateur*, utilizó un método geográfico de gabinete y, de manera solitaria, procedió a la reunión, selección y comparación de las fuentes de información geográficas disponibles de distinta procedencia. Al final, la eliminación y la crítica de los valores le permitieron completar productos geográficos de escala y formato pequeños, representados por los mapas estatales y nacionales, dados a conocer entre 1853 y 1863.

El trabajo de García Cubas, de innegable importancia para la geografía de México, tuvo como principal cliente a los suscriptores individuales del proyecto y, en menor medida, al gobierno, que le financiaba ocasionalmente la impresión de los mapas o bien le facilitaba la consulta de las estadísticas e información geográfica oficial.

Díaz Covarrubias, en cambio, tuvo al gobierno por medio del Ministerio de Fomento, como principal cliente. Un contrato regulaba las obligaciones y responsabilidades de cada parte. El método geográfico empleado fue basado en la combinación de observaciones astronómicas, cálculos geodésicos y geográficos de campo y el empleo de la tecnología geográfica de alta precisión. Además, en la jerarquía del equipo de trabajo, el ingeniero geógrafo actuaba como director de operaciones y los ingenieros topógrafos como operarios.

Por tanto, a mediados del siglo XIX dos trayectorias geográficas fueron ejercidas: la geografía ortodoxa y la heterodoxa. Ambas contaron con legítimos representantes de altura académica, que intentaron que los resultados trascendieran al ámbito social y oficial.¹⁰² La primera proviene de la actividad de los primeros ingenieros geógrafos de México. La otra geografía, tenía en la labor de los *amateurs* un firme y creativo representante.

¹⁰² Véase en la *Memoria de Fomento* de 1857, los informes que presentaron a ese ministerio. Díaz Covarrubias, Francisco. "Dirección General para la...", *op cit.* p.67-71. García Cubas, Antonio. "Carta General de la República", *op cit.* p.71-88.

5. La ingeniería geográfica en los proyectos tecnológicos del Imperio de Maximiliano 1863-1867

La llegada de Maximiliano de Habsburgo a México, fue el último intento por restablecer el viejo orden colonial, por parte del poder de los conservadores, que trataron de recuperar los viejos privilegios.

En la nueva administración, fueron promovidos cambios al sistema de educación profesional, particularmente a las especialidades de la ingeniería. Aunque sin éxito, merece destacarse la propuesta de Manuel Siliceo para poner en operación a la ingeniería geográfica, junto con la de Minas, en el edificio de Minería.

En el gabinete imperial, Luis Robles Pezuela ocupó el Ministerio de Fomento. En ese lugar fueron formuladas diversas iniciativas para impulsar el trabajo geográfico del país. En la Memoria del Ministerio, Robles Pezuela destacaba la importancia de la Geografía para el país. Sobre el territorio nacional, el ministro escribió:

Dueños de una extensión de mas de ciento catorce mil leguas cuadradas (200 000 000 de hectáreas), bañadas al Este por el Atlántico y al Oeste por el Pacifico; limitados por el N. por terrenos inmensos, ricos por lo general en los tres reinos de la naturaleza; ceñidas al S. por una parte estrecha del continente, en donde se encuentran ríos navegables que convidan a establecer una fácil comunicación interoceánica; y dotados ampliamente por la naturaleza de una inmensa variedad de climas, parece que no sería necesaria mas de la voluntad para hacer de nuestro territorio el país más rico del mundo...¹⁰³

Dentro del optimismo de Luis Robles, qué papel aguardaba desempeñar a la Geografía. Según el ministro, para poder explotar los vastos recursos naturales, era "necesario conocerlos, ponerlos en acción; en suma, sembrar y cultivar para cosechar". En correspondencia, el ministro se encargó de apuntar los elementos científicos útiles que el gobierno debía fomentar, para conseguir resultados prácticos para la administración imperial y recomendó que:

Sin el gasto de fuertes sumas empleadas en comisiones científicas que se ocupen de hacer levantamientos geodésicos, en situar puntos astronómicos, en ejecutar nivelaciones, en hacer observaciones meteorológicas y

¹⁰³ Robles Pezuela, Luis. *Memoria presentada a S.M. el emperador por el ministro de Fomento... de los trabajos ejecutados en su ramo el año de 1865.* Imprenta de J.M. Andrade y F. Escalante. México, 1866. p.9-10.

reconocimientos geológicos y de historia natural, nuestra geografía no podrá adelantar sino muy lentamente.¹⁰⁴

En ese contexto de la necesidad estatista por conocer el país, la geografía sería promovida por cuenta del imperio, al intentar aprovechar todos los recursos disponibles y emplearlos de la mejor manera. El cuadro de trabajos científicos que estaban en ejecución durante el imperio, fueron: los trabajos de la Comisión Científica de Pachuca; la determinación de la posición geográfica de San Juan Teotihuacan por el ingeniero geógrafo Francisco Jiménez; el levantamiento del plano de la Ciudad de México por Ramón Almaraz; trabajos geológicos de Antonio del Castillo y el reconocimiento del valle y de los minerales de Zacatecas y Guanajuato; la expedición de Metlaltoyuca; la *Geografía de las lenguas y carta etnográfica de México*, el cuadro geográfico y estadístico de los antiguos y nuevos departamentos del imperio mexicano ambos por Manuel Orozco y Berra y; el catálogo de posiciones astronómicas de varios puntos del imperio y otro de alturas sobre el nivel del mar.¹⁰⁵

Merece atención, dentro del tema de los trabajos geográficos del imperio, la coexistencia de la ingeniería geográfica y de la geografía heterodoxa. Nuevamente, al lado de la participación del ingeniero geógrafo, surgieron los de la geografía no académica, esta vez, representada por Orozco y Berra.

Efectivamente, Manuel Orozco y Berra llevó a cabo una intensa actividad política y científica en favor del imperio. La momentánea estabilidad política que el régimen imperial proporcionaba a sus seguidores, fue suficiente para estimular el trabajo de varias misiones oficiales.

En junio de 1864, cuando el emperador entró a la Ciudad de México, Orozco y Berra ya había terminado su investigación sobre la geografía de las lenguas. El ingeniero geógrafo Salazar Ilarregui, inicialmente subsecretario de Fomento, convenció al emperador de apoyar la impresión final de la obra. Se destinaron 200 pesos mensuales al autor, durante cinco meses, para poner lista la versión final y pasar a la imprenta. El libro fue publicado a fines de 1865, por cuenta del gobierno.

Apuntar el método geográfico de Orozco y Berra, permite conocer con mayor detalle el trabajo de la geografía heterodoxa. Orozco y Berra, previo estudio de las fuentes y elementos teóricos de la filología del país, pasó a la elaboración del mapa. El procedimiento empleado para formar

¹⁰⁴ *Ibidem.*

¹⁰⁵ *Ibidem.* Véanse los documentos de la memoria.

el mapa, que acompañaba la obra, fue descrito de la siguiente forma:

Con el plano de particular de un Departamento a la vista, estudiaba y comparaba los materiales que tenía acopiados acerca de aquella fracción política. Una vez que me figuraba haberlos entendido, y daba por resueltas las cuestiones que se me presentaban, procedía señalar uno por uno todos los pueblos de una misma lengua, y distinguía con diverso color el uno del otro idioma: tiraba en seguida líneas de separación. Del particular pasaba el último resultado al plano general, y por la adición de los datos parciales llegué a obtener todo el conjunto.¹⁰⁶

La publicación de la obra recibió un caluroso elogio de parte del Secretario Robles Pezuela en la Memoria de Estado. Según él, el país podía "envanecerse de haber contribuido a una de las publicaciones mas útiles e interesantes, cuyo mérito ha valido a su autor las alabanzas mas cumplidas de parte de los hombres distinguidos y algunas sociedades científicas de Europa".¹⁰⁷

Desde Fomento, tanto Robles Pezuela como Salazar Ilarregui aprovecharon su condición ejecutiva para dirigir una serie de medidas que, una vez aprobadas en su financiamiento, promovieron no sólo el trabajo geográfico de gabinete, sino también el de alta precisión.

Salazar Ilarregui, en palabras de Ramón Almaraz, conecdor de lo atrasada de la geografía del país, tenía proyectado formar diversas comisiones científicas encargadas de levantar los planos topográficos, formar estadísticas, describir los tres reinos de la naturaleza y determinar la riqueza agrícola, mineral y manufacturera de los Departamentos del imperio, "para tener de esta manera una nueva carta del Imperio que mereciera confianza, formar la estadística de todo el país, y seguir la ruta que nos dejó trazada el ilustre Barón de Humboldt". Una empresa que, sin duda, reclamaba "el honor nacional".¹⁰⁸

De los ingenieros geógrafos titulados, dos de ellos, Salazar Ilarregui y Jiménez estaban al servicio del imperio

¹⁰⁶ Orozco y Berra, Manuel. *Geografía de las lenguas y Carta etnográfica de México precedidas de un ensayo de clasificación de las mismas lenguas y de apuntes para las migraciones de las tribus*. Imprenta de J.M. Andrade y F. Escalante. México, 1864. p.XII.

¹⁰⁷ Robles Pezuela, Luis. *Memoria presentada a...* p.12-13.

¹⁰⁸ Almaraz, Ramón. *Memoria de los trabajos ejecutados por la Comisión Científica de Pachuca en el año de 1864*, Imprenta de J.M. Andrade y F. Escalante. México, 1865, Introducción. p.5-9.

y uno más, Díaz Covarrubias, de convicciones republicanas, estaba en el exilio con el gobierno de Juárez. En ausencia de Robles Pezuela, Salazar Ilarregui encargó a Jiménez ocuparse de la operación de un trabajo geográfico de alta precisión.

Jiménez debía efectuar la determinación de la posición geográfica de San Juan Teotihuacan, con la cual se podrían enlazar con toda precisión más lugares de los alrededores de la Ciudad de México con los trabajos de la carta hidrográfica del Valle de México.

Como ingeniero geógrafo, Jiménez debía elegir la mejor tecnología geográfica disponible, en ese momento, en la Escuela de Minas. En ese lugar le facilitaron un altazimut, un círculo vertical y tres cronómetros náuticos.

La selección de los métodos geográficos, fue determinada por las características técnicas del equipo disponible. Para la latitud decidió usar el círculo vertical de Ertel y el altazimut de Troughton. Para la longitud, en teoría, dos métodos podían elegirse, basado uno en el uso del telégrafo electro-magnético y el otro en señales de fuego.

Una vez disponible el instrumental, Jiménez sería auxiliado en el trabajo por un pequeño, pero eficaz, equipo integrado por Ramón Almaráz, Javier Yañez y Luis Espinosa. Los trabajos fueron realizados simultáneamente en San Juan Teotihuacan y en la Escuela de Minas, de la que fue aprovechada la determinación de Díaz Covarrubias, como meridiano de referencia.

Para la latitud geográfica, Jiménez utilizó uno de los métodos de la astronomía práctica. Con el uso del círculo vertical y el método de distancias zenitales circunmeridianas, comenzaron las primeras observaciones en San Juan Teotihuacan el 24 y 27 de febrero y siguieron los días 7, 8, 9, 10, 16, 17, 20, y 22 de marzo de 1865. El mal estado del instrumento influyó en la precisión de los registros y motivaron a Jiménez a considerar los resultados "como aproximados".¹⁰⁹

El 5, 6, 8, 9, 10 y 11 de abril de ese año, con el empleo del fino altazimut, realizaron otro ensayo, pues no sólo tenía una retícula de cinco hilos verticales y horizontales, sino que disponía de dos micrómetros divididos de segundo en segundo para observar las fracciones. Además, este instrumento lo conocía muy bien Jiménez, pues lo había usado en la determinación de límites con los Estados Unidos.

¹⁰⁹ Jiménez, Francisco. "Memoria sobre la determinación astronómica de San Juan Teotihuacan", en Almaraz, Ramón. op. cit. p.41-54.

Las segundas series de observaciones, fueron practicadas en San Juan Teotihuacan. El método utilizado fue semejante al anterior. Por medio de sesenta observaciones a diez y nueve estrellas diversas, al Norte y Sur del zenit, dieron la altura o distancia zenital de las estrellas que fueron promediadas. La diferencia con la declinación, daba "la latitud con gran precisión".

Cabe mencionar que en el cálculo de la latitud geográfica, Jiménez aplicó a las series observadas el método de los mínimos cuadrados para detectar el error probable de la determinación. Los resultados de latitud obtenidos en cada ensayo tuvieron 1" de diferencia, como se muestra

Primer ensayo. Círculo vertical.....	19°41'08".3
Segundo ensayo. Altazimut.....	19°41'07".20

Aunque fue pequeña la diferencia entre el valor final de cada determinación, Almaraz adoptó la latitud calculada por medio del altazimut, por considerar que el instrumento tenía mayor precisión.

La inexistencia de una línea telegráfica entre la Ciudad de México y San Juan Teotihuacan, obligó a Jiménez adoptar el segundo método apuntado para la longitud, en combinación con el uso de los cronómetros náuticos. El método de señales luminosas consistía en la observación de señales con el uso de la pólvora a intervalos, entre cada persona instalada en cada estación para encontrar la diferencia de longitudes entre ambos lugares.

Previamente fueron determinados el error de colimación, los intervalos ecuatoriales de los hilos de las retículas y los valores de las divisiones de los niveles. También fueron seleccionadas 10 estrellas del Almanaque Náutico Inglés, para la observación de los tránsitos de estrellas, determinar la ecuación personal de cada observador en San Juan y en la Escuela de Minas y restar el valor a la marcha absoluta de cada cronómetro.

Una vez verificados esos valores y la regularidad de los cronómetros, procedieron los días 6, 7, 8, 9 y 10 de abril de 1865 a observar cada noche las señales luminosas.

Al igual que la latitud, en la longitud Jiménez aplicó el método de los mínimos cuadrados para "deducir la marcha absoluta de los cronómetros en cada una de las dos estaciones" y obtener los resultados más probables de las observaciones y su reducción.

El promedio de 24 observaciones, dieron como diferencia de longitud entre México y San Juan 64".463 (1m04s46 de tiempo, equivalente a 15'06".95 de arco). Como San Juan estaba al

este de la Ciudad de México, fue restado el valor de la posición geográfica del Colegio de Minas, como se muestra

Longitud del Colegio de Minas determinada por el ingeniero geógrafo Francisco Díaz Covarrubias al oeste de Greenwich..... 6h 36m 28s.560

Promedio de 24 observaciones, diferencia entre San Juan y el Colegio de Minas..... 64s.463

Longitud de San Juan, al oeste de Greenwich.. 6h 35m 24s.097
En arco..... 98° 51'01".46

La memoria de la determinación de San Juan, no sólo se trataba de otro trabajo clásico de la ingeniería geográfica de la época, sino que permite conocer el comportamiento del ingeniero geógrafo, en su papel de "funcionario" especialista que ponía énfasis en los métodos empleados, considerados como "los más precisos" y "económicos".

Cuando Jiménez informaba al ministro que en el trabajo geográfico había "procurado combinar, según las instrucciones que había recibido, la economía de tiempo y dinero, con la exactitud que requerían las operaciones que tenía que practicar", sin duda, actuaba como experto especializado a sueldo. La memoria de Jiménez fue bien recibida por el Ministro Robles Pezuela, quien le felicitó e informaba que dispuso el envío de una copia a la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística.¹¹⁰

Jiménez, también tenía un plan de trabajo para establecer un observatorio astronómico, con fines geográficos, pero diferente con respecto al de Díaz Covarrubias. En su opinión, el de la Escuela de Minas, aunque se encontraba "en uno de los lugares de mas movimiento en la capital y en una parte elevada del edificio", reunía los elementos necesarios para convertirse en un "observatorio de práctica".

Ese sitio, opinaba Jiménez, debía convertirse en el "centro de todas las operaciones que se ejecuten para llevar a cabo el proyecto de la determinación de las longitudes relativas de las principales ciudades del Imperio, por medio del telégrafo electro-magnético que contribuirá tanto al desarrollo de la geografía del país".¹¹¹

Jiménez presentó un plan a la Comisión Científica y Literaria de México, para la determinación de posiciones geográficas de los lugares donde había instalados

¹¹⁰ Comunicación de Francisco Jiménez al Ministro de Fomento, Luis Robles Pezuela del 10. de junio de 1865. *El Diario del Imperio*, México, 17 de junio de 1865. T.I. Núm.138. p.565.

¹¹¹ Jiménez, Francisco. "Memoria sobre la...". p.71.

telégrafos. El proyecto fue aprobado por el presidente de la Comisión, pero mientras faltaran recursos económicos, el imperio no podía ponerlo en operación.

Un año después, en 1866 Jiménez propuso al Ministro de Fomento, Robles Pezuela, la determinación de las coordenadas geográficas de la ciudad de Cuernavaca. Esa vez, trataba de darle un uso geográfico a la nueva tecnología de la línea telegráfica instalada entre la capital y esa ciudad, para "que fuera el principio del plan propuesto y aprobado por la comisión".¹¹²

La propuesta fue aprobada por el ministro. Jiménez consideraba que el trabajo no sólo tenía el interés geográfico de contar con "un punto importante por observaciones directas, sino el haber sido fijada la diferencia de longitud respecto al meridiano de la capital, empleando por primera vez el telégrafo electro-magnético".¹¹³

Jiménez utilizó nuevamente los instrumentos geográficos de la determinación de San Juan Teotihuacan y en el intercambio de señales y registros telegráficos fue auxiliado por Ramón Almaraz en Cuernavaca. Con la mayor economía, Jiménez procedió a la determinación de la latitud, por medio del método de alturas circunmeridianas de estrellas en posición directa e inversa del instrumento. En la longitud fue empleado el telégrafo, para determinar la diferencia de tiempo entre los dos puntos y deducir la longitud absoluta con relación a los meridianos de Greenwich y París.

En resumen, estos ejemplos del trabajo práctico de la ingeniería geográfica, muestran los diversos elementos que intervenían en su ejecución. El ingeniero geógrafo requería para su trabajo del permiso y financiamiento oficial del gobierno, el empleo de una refinada tecnología geográfica y de métodos astronómicos y geográficos de alta precisión. La participación de un equipo de personas para trabajar simultáneamente y la residencia en el lugar donde practicaba las observaciones. Además, la aplicación de la teoría de las matemáticas superiores para eliminar los probables errores de la observación y el cálculo de los valores finales.

La conjunción de esos elementos no era sencillo. Por tanto, en el Ministerio de Fomento fue promovido un proyecto para formar un catálogo de posiciones geográficas de todo el país.¹¹⁴ El trabajo, inicialmente a cargo de la Sección

¹¹² Jiménez, Francisco. *Memoria sobre la determinación astronómica de la ciudad de Cuernavaca*. Imprenta de Andrade y Escalante. México, 1866. p.5-6.

¹¹³ *Ibidem*.

¹¹⁴ Orozco y Berra, Manuel et al. *Posiciones geográficas de varios puntos del Imperio Mexicano*. Imprenta de J.M. Andrade

Científica de Fomento, fue terminado por Manuel Orozco y Berra, Francisco Martínez Chavero y Francisco Jiménez.

Desde 1862 comenzaron los trabajos de recopilación de datos de distintas fuentes geográficas de información como libros, mapas, informes y memorias. En tiempos del imperio, el número de coordenadas creció considerablemente, junto con el de alturas. El catálogo no podía asegurar la exactitud de cada coordenada apuntada, por lo que contenía una columna de la autoridad respectiva, para que fuera juzgado "el grado de confianza que merece". Lo datos procedían de muy distintas fuentes, tanto de observaciones directas como de mapas. Ambas fuentes de información tenían diferencias de cerca de 1° de latitud y más de 1° de longitud para un mismo punto. De cualquier forma, para el gobierno era mejor disponer de la "situación de un punto aunque sea aproximadamente".¹¹⁵

A ese trabajo científico a cargo de la administración imperial, debe apuntarse otro organizado desde Francia. El 27 de febrero de 1864, iniciaron en París los trabajos de la Commission Scientifique du Mexique, creada por el Emperador Napoleón III e inspirada en la Expedición a Egipto organizada por Napoleón I.¹¹⁶

En esa comisión, fueron reunidos funcionarios y miembros científicos, presididos por el ministro de Instrucción Pública de Francia, que realizarían investigaciones de la química, zoología, arqueología y etnología, astronomía, geografía, arquitectura, medicina y geografía de México.

Maldonado Koerdell señala que no todos los expedicionarios se trasladaron al país. Por tanto, sólo existen los trabajos científicos de aquellos que viajaron por el territorio mexicano, por ejemplo los mineralogistas y geólogos A. Dollfus, E. de Montserrat y P. Pavie. En otras disciplinas, "poco o nada se hizo".

En el caso del trabajo geográfico, un informe redactado por Vivien de Saint-Martin dio a conocer los estudios y fuentes de información geográfica nacionales útiles para la carta general del país.¹¹⁷ Además de señalar 39 artículos

y F. Escalante. México, 1866. Robles Pezuela, Luis. Memoria presentada a... Documentos 13 y 14. p.242-281 y 281-312.

¹¹⁵ Robles Pezuela, Luis. Memoria presentada a... p.13-14.

¹¹⁶ Maldonado Koerdell, Manuel. "La Commission Scientifique du Mexique, 1864-1869". en Beltrán, Enrique (ed.). *Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia*. Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología. México, 1964. T.I. p.241.

¹¹⁷ Vivien de Saint-Martin. "Repport sur l'état actuel de la Géographie du Mexique et sur les études locales propes á perfectionner la carte du pays", en *Archives de la*

geográficos y estadísticos dedicados a 16 estados y del Valle de México, publicados en el *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, otros materiales fueron apuntados.

En la lista de trabajos geográficos sobre los cuales Vivien de Saint-Martin fijó la atención figuraron los de Alejandro de Humboldt, la fundación del Instituto Nacional de Geografía y Estadística, los del ingeniero geógrafo Francisco Díaz Covarrubias y los trabajos geodésicos del Valle de México y la obra geográfica de García Cubas. Mención especial dedicó a los trabajos de delimitación realizados en la frontera norte con los Estados Unidos por parte de la Comisión Mexicana de Límites. Esos trabajos geográficos, apuntó Saint-Martin, serían tan sólo el punto de partida de la labor que faltaba realizar.

En la capital francesa, un plan de operaciones geográficas, con alcances generales y particulares fue propuesto por Tesson, miembro del Instituto de Francia. El trabajo general, proponía el empleo de instrumental portátil "que diera los ángulos de altura y azimutes, con un minuto de diferencia". Por tanto, la latitud y longitud geográficas serían calculadas con esa precisión. Los puntos formarían "una especie de triangulación grosera, ligando entre sí los diversos puntos de estación y los diversos croquis topográficos".¹¹⁸ Por último, el uso del barómetro aneroides serviría para la nivelación general del país.

El trabajo particular fue reservado para la Ciudad de México. En ese lugar, informaba el militar francés "se podrían poner los fundamentos de una gran triangulación geodésica con la medida de una base, por una rigurosa nivelación (muy útil a causa de los vecinos lagos) y por el principio de una triangulación. Esto iniciaría a los sabios mexicanos con los métodos de precisión, quienes más tarde podrían extender el trabajo al resto del imperio".¹¹⁹

De manera falsa, los franceses apuntaban que su llegada "iniciaría a los sabios mexicanos con los métodos de precisión". Orozco y Berra, colaborador del imperio y conecador de los trabajos geográficos existentes, sorprendido por tal afirmación, escribió al Ministro de Instrucción Pública de Francia. En su carta, le explicó que México contaba con diversos trabajos de topografía, geodesia y astronomía. En especial, informaba de los trabajos de la base geodésica y la determinación geográfica de la Ciudad de

Commission Scientifique du Mexique. Tome premier. Imprimerie Imperiale. Paris, 1865. p.240-287.

¹¹⁸ Tesson, de. "Geographie", en *Archives...* Tome premier.

¹¹⁹ 73-76. Orozco y Berra, Manuel. *Apuntes...* p.429-431.

¹¹⁹ *Ibidem.* p.75.

México terminadas por Francisco Díaz Covarrubias con la mayor precisión.

Inconforme con el plan presentado, Orozco y Berra resaltaba que ignoraba "completamente cuanto en México se había hecho por la ciencia geográfica", pues dejaba la impresión de "que se trataba de algún país descubierto recientemente, en que por primera vez se iba a poner una señal topográfica sobre el terreno y a dirigir una visual a los objetos físicos".¹²⁰

La fuerza militar invasora, dirigida por el general Forey, tenía como principal fuente de información geográfica del ejército, el Atlas geográfico y la Carta General de México formados por García Cubas.

En México, la estrategia geográfica trazada en el exterior, evidentemente, fue regulada por el contexto socio-político imperante en el país, lo que fue decisivo en los resultados obtenidos.¹²¹ Factores como el poco tiempo y personal disponible del ejército, el equipo portátil y la débil plataforma política del imperio de Maximiliano determinaron la amplitud, el método y la precisión del trabajo geográfico.

El Estado Mayor francés, por medio del cuerpo de oficiales, trataron de recabar todos los datos impresos, manuscritos y orales. Cada desplazamiento de tropas fue acompañado de un oficial encargado de efectuar el levantamiento de las rutas seguidas y de localizar los documentos topográficos y geográficos en las municipalidades, las parroquias y las grandes haciendas.

En la Ciudad de México fue realizada la parte de consulta. Así, fue revisada la colección de mapas de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, que guardaba valiosos materiales geográficos, pero faltaba información de la mayor parte del territorio nacional, sobre todo del Norte.

No obstante la habilidad de los oficiales, al no contar con instrumentos de alta precisión, no pudieron emprender un proyecto geográfico ambicioso, calcular series de coordenadas geográficas, medir alturas sobre el nivel del mar y enlazar grandes triangulaciones terrestres. Sólo extendieron una serie de observaciones topográficas a lo largo de 28 000 kilómetros de itinerarios militares desde la Ciudad de México, levantados a brújula y orientados en la dirección Norte-Sur.

¹²⁰ Orozco y Berra, Manuel. *Apuntes...* p.432.

¹²¹ Saldaña, Juan José. "Science et pouvoir au XIXe Siècle. La France et le Mexique en perspective", en *Science and Empires*. Petitjean, P. et al. (eds.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, 1992. p.158-159.

Esa labor no fue exclusivamnte de los franceses, que en su trabajo, escribió Orozco y Berra "tomaban de lo nuestro lo que les parecía mejor, aunque sin confesar la fuente en donde bebían". La reunión de los levantamientos y la coordinación de numerosos materiales geográficos disponibles, revisados y seleccionados, permitieron la formación de una carta geográfica de México de formato y escala cartográfica pequeña.

Originalmente, el diseño de la carta general del imperio fue proyectada en escala 1:1 000 000. Sin embargo, ante la caída del régimen, el trabajo permaneció pendiente en el Depósito de la Guerra en París. Finalmente, en 1873, fue publicada la carta de México a la escala 1:3 000 000, que resumía todos los trabajos anteriores.¹²²

6. La ingeniería geográfica en los proyectos tecnológicos de la República restaurada 1867-1877

El 15 de julio de 1867, Juárez regresó a la Ciudad de México. La república fue restaurada. Al frente del gobierno quedaba una minoría liberal compuesta de dieciocho letrados y doce soldados.¹²³

Las filas del gabinete presidencial fueron ocupadas por los distinguidos intelectuales de la Reforma y creadores de la Constitución liberal de 1857. El ejército fue reducido y repartido por el territorio nacional, de modo que no significara mayores gastos económicos. En las manos de esos hombres quedaría la reconstrucción del país y el diseño de la nueva política. Infinidad de asuntos debían atenderse. El programa liberal, escribió Luis González, comprendía el orden político, social, económico y cultural.

En la perspectiva de la cultura, requería urgente arreglo la educación en todos los niveles. El presidente Juárez dispuso la creación de un nuevo plan de instrucción pública. Antonio Martínez de Castro, desde el Ministerio de Justicia e Instrucción Pública, encomendó a una comisión la formación y presentación del plan.

Dentro del grupo de liberales, fue convocado un selecto grupo para trabajar en el diseño de un nuevo modelo educativo. El plan quedó listo en diciembre de 1867 y puesto en operación el siguiente año. En cuanto a los estudios profesionales, los liberales encumbrados por primera ocasión podían presenciar la operación de una escuela con

¹²² Niox, G. *Notice sur la carte du Mexique au 1/3,000,000*. Librairie militaire de J. Dumaine. Paris. p.4 y ss.

¹²³ González, Luis. "El liberalismo triunfante", en *Historia general de México*. p.903.

especialidades de la ingeniería al transformar el Colegio de Minería.¹²⁴

La ley Martínez de Castro aseguraba las bases para una enseñanza "gratuita, obligatoria, laica, patriótica y científica", sobre todo para la de primeras letras. La educación sería positivista y nacional, en medio de "un clima nacional adverso a las prosperidades democrática, liberal, económica, científica y nacionalista".¹²⁵

Las nuevas disposiciones legislativas de 1867 sobre la educación superior, fueron modificadas un año después. Un nuevo plan educativo fue publicado. La ingeniería geográfica fue considerada como una de las especialidades de la escuela de ingenieros. Sin embargo, los arreglos aprobados en 1868, modificaba y restringía la enseñanza teórica y práctica profesional del ingeniero geógrafo.

Como resultado del restablecimiento de la legislación republicana, fueron llamados a comparecer los servidores al imperio y la aplicación de la ley del 25 de enero de 1862, que fijaba la cárcel o el destierro. Además, los ingenieros que habían conseguido su título bajo el amparo del imperio quedaron invalidados, según las leyes restablecidas.

Los ingenieros geógrafos de México, distinguidos por su firme adhesión a uno u otro sistema político mexicano, tuvieron distintos destinos a partir de ese momento. Los dos ingenieros geógrafos empleados del imperio fueron juzgados y, uno de ellos, Salazar Ilarregui expulsado del país. Díaz Covarrubias, en cambio, fue invitado a participar dentro del selecto círculo de intelectuales, para el arreglo de la nueva administración pública.

En el caso de los protagonistas de la geografía heterodoxa, el mayor o menor grado de participación en la administración imperial determinó su futuro inmediato. Orozco y Berra, fue multado, señalado y encarcelado de acuerdo a las leyes republicanas.

Una situación especial rodeaba a García Cubas. El 13 de julio de 1865, había recibido su título de ingeniero topógrafo y, aunque había aceptado colaborar en el imperio, su "falta" fue menor y en actividades de tipo operativas, como practicante en varias comisiones científicas enviadas por Fomento al distrito minero de Pachuca y a la Sierra de Huauchinango.

¹²⁴ Otto Fritz de la Orta, Gustavo. *Principales acontecimientos en la historia del Seminario de Minería o Escuela Nacional de Ingenieros desde 1773 hasta 1900.* México, 1989. p.36.

¹²⁵ González, Luis. "El liberalismo...", p.924.

Así que García Cubas no fue expulsado del país por la república, pero tampoco fue llamado a participar en la reforma educativa del gobierno de Juárez. En esos momentos de crecido repudio oficial a los empleados del imperio, García Cubas, sin duda, pasó momentos difíciles para conseguir un empleo y poder ejercer su carrera profesional.

Con angustia, el 27 de abril de 1868 dirigió una carta al Presidente Juárez, con objeto de conseguir su apoyo para reintegrarse a la administración pública. García Cubas describió la delicada situación por la que pasaba

Deseo, señor, ya que la carrera de ingeniero en México está nulificada, prestar mis servicios a mi Patria en los ramos que profeso, procurando con empeño llenar mis deberes. Por mi parte, no le soy gravoso a la Nación, pues el sueldo que reciba no compensará los beneficios y utilidades que producirá la publicación de las obras que concluya.

Además de narrar su trayectoria profesional y los servicios extraordinarios prestados al país, como la publicación del Atlas, de la Carta General de la República, del Curso de Dibujo Topográfico y Geográfico, así como el Curso de Geografía, García Cubas apuntaba una difícil posición económica:

He sacrificado mi juventud al estudio y al trabajo y, sin embargo, no tengo con que sostener a mi numerosa familia.

García Cubas le pide a Juárez le otorgue la gracia de concederle "la plaza vacante de estadística en el Ministerio de Hacienda". Una vez reinstalado, podría dedicarse a la formación de un diccionario de Geografía y de una carta administrativa, que serían la "base de las operaciones del Ministerio de Hacienda" de la nueva administración.¹²⁶

Juárez estuvo de acuerdo y personalmente pidió al ministro de Hacienda que recibiera a García Cubas. De esa forma, la geografía heterodoxa no sólo aseguraba un sitio en la burocracia oficial como trabajo remunerado y de tiempo completo, sino que intentaba transformarse y pasar del estadio de la individualidad y marginalidad para convertirse en un proyecto impulsado por y desde el Estado en la tarea de formar las estadísticas nacionales.

En efecto, Matías Romero fue el ministro de Hacienda que dio la bienvenida a García Cubas, durante su gestión de 1868 a 1872, como jefe de la sección quinta de Estadística y

¹²⁶ Carta de Antonio García Cubas a Benito Juárez del 27 de abril de 1868, en Tamayo, Jorge L. *Benito Juárez, documentos, discursos y correspondencia*, 2a. ed. Editorial Libros de México, México, 1974. T.13. p.327-328.

Contabilidad de ese ministerio. Desde esa oficina, García Cubas "consideró necesario llamar la atención del Gobierno sobre la conveniencia de reunir estadísticas, instrumento que ya en esa época se consideraba necesario para el estudio de los fenómenos sociales y económicos".

El plan de García Cubas fue presentado al Secretario de Justicia e Instrucción Pública, José María Iglesias y publicado el 21 de mayo de 1870. Conviene detenerse en ese trabajo, pues contiene diversos elementos que más tarde serán recogidos y considerados en la definición y trabajo de la geografía heterodoxa.

García Cubas proponía un plan con la participación de toda la administración pública federal. Para la formación de la estadística general de la República, escribió García Cubas, "no existen más que dos medios: destinar fuertes sumas para el pago de numerosas comisiones que se encarguen de reunir el material necesario, o servirse el Gobierno de sus propios y de su influencia respecto de todas las autoridades".¹²⁷

Por las circunstancias particulares que pasaba el gobierno, García Cubas apuntó que el primer medio no era posible ejecutar pero, en cambio, el segundo sí. Recomendaba que cada Ministerio se encargara de formar la estadística de su propio ramo.

De esa forma, el plan aseguraba la recolección de los materiales, pues los "funcionarios públicos, que directamente dependen de cada Secretaría, se verían en la estrecha obligación de dar cumplimiento a las disposiciones emanadas del Ministerio del ramo; el conocimiento práctico de los asuntos que gira cada Ministerio produciría la doble ventaja de la adquisición y exactitud de los datos por parte de los funcionarios subalternos y la discusión y adopción de ellos por parte del Ministerio".¹²⁸

Cada Ministerio, en el plan de García Cubas, tendría una responsabilidad que cumplir para formar las estadísticas, como se muestra a continuación:

El Ministerio de Gobernación: División territorial de la República, Estados, Distritos y Municipalidades, Nómina de las ciudades, villas, pueblos, haciendas y ranchos de cada Estado, Población, Movimiento de la Población y organización del correo.

El Ministerio de Hacienda: Cuenta general de la Federación, ingresos y egresos, comercio exterior, exportación de caudales, amonedación, cuadro sinóptico

¹²⁷ García Cubas, Antonio. "Estadísticas", en *El Siglo Diez y Nueve*, México, T.VIII. Núm.141. Sábado, 21 de mayo de 1870. p.3

¹²⁸ *Ibidem*.

fiscal, marina mercante, catastro, carta fiscal, edificios correspondientes al ramo civil.

El Ministerio de Relaciones: Entrada y salida de pasajeros en los puertos, su nacionalidad y profesión, extranjeros residentes en la República, organización del archivo general, obras y manuscritos.

El Ministerio de la Guerra: División militar de la República; organización del ejército, marina de guerra; almacenes, maestranzas, astilleros, edificios del ramo militar.

El Ministerio de Justicia: Organización de la justicia, juzgados, notarias, estadística criminal, instrucción pública, profesiones, bibliotecas públicas y particulares, propiedad literaria.

Ministerio de Fomento: Estadística general formada de sus propios ramos y de las estadísticas parciales de los otros Ministerios, Carta general, física, política y civil de la República en grande escala.

Sociedad de Geografía: Diccionario histórico, geográfico y estadístico de la República Mexicana.¹²⁹

García Cubas consideraba que la estadística del país no estaba formada, a pesar de la existencia del Ministerio de Fomento pues no se acataban "debidamente sus disposiciones". Por tanto, para él la estadística serviría para "deducir consecuencias y obtener resultados útiles y provechosos, prevenir las necesidades de los pueblos, los medios de represión a los criminales, el aumento de los caudales públicos y su conveniente distribución...".¹³⁰

Desde el punto de vista geográfico, García Cubas preparó los materiales estadísticos del Ministerio de Hacienda, para la formación de la carta fiscal de México, de pequeña escala y formato, para el servicio de consulta de la distribución de las oficinas federales y demás asuntos de comunicación y comercio de la administración pública.¹³¹

Lo que precede, revela aspectos interesantes del trabajo geográfico impulsado por García Cubas en la burocracia oficial, consistente en la formación de estadísticas nacionales, la representación de éstas, por medio del diseño y publicación de mapas de formato pequeño y la redacción de textos sobre las características sociales y económicas del país.¹³² Esa vertiente de trabajo geográfico fue integrada en la definición y trabajo de la geografía heterodoxa.

¹²⁹ *Ibidem*.

¹³⁰ *Ibidem*.

¹³¹ Mendoza Vargas, Héctor. *Historia de la Geografía...*

p.173.

¹³² Véase: Vivó Escoto, Jorge A. "Esbozo Biobibliográfico de Antonio García Cubas", en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*. T.CXXIII, México, 1976. p.49-59.

Efectivamente, José María Pérez Hernández reconoció que la geografía tenía un vínculo muy estrecho con la estadística. En un intento para aclarar las relaciones y campo de acción de cada una de ellas, escribió que

La geografía tiene por objeto describirnos todos y cada uno de los puntos de nuestro globo o esferoide, pertenecientes al estado físico y al estado político; y demostrar una larga serie de hechos que toma de la naturaleza o de la civilización, con los cuales presenta un cuadro interesante y necesario.

La estadística se apodera de esos mismo hechos, los estudia analíticamente, los clasifica y compara, acercando los tiempos y los diversos puntos para presentar consecuencias particulares...

La geografía nos marca los kilómetros cuadrados de una superficie, y la estadística nos clasifica esa misma superficie, demostrándonos cuantos hay en cultivo, en pastos, en montes, sin cultivo alguno, en áreas de población, ríos, lagos y lagunas, y avanza hasta clasificarnos cuántas son las hectáreas que ocupan los cereales, las legumbres y otras producciones.

La geografía nos señala el número de ciudades, villas, pueblos, aldeas o rancherías, haciendas de labranza y cría de ganados; más la estadística se detiene y patentiza, el número de casas, su valor, el de las haciendas mayores o menores, sus gastos y producciones, su consumo, los gravámenes rentísticos que reporta; los brazos que emplea y la utilidad líquida que mide. De suerte que sin embargo de la conexión marcada entre las dos ciencias, son distintas los objetos y distintos fines.¹³³

La otra vertiente del trabajo geográfico, la ingeniería geográfica, al regreso de la república a la capital nacional tuvo arreglos académicos. Desde el punto de vista profesional, Díaz Covarrubias fue reintegrado al gobierno de Juárez, tras la vida incierta por el Norte del país durante el imperio.

Díaz Covarrubias volvió a la actividad pública como docente, cuando fue llamado para integrar la planta docente de la reciente fundada Escuela Nacional Preparatoria, en la cátedra primera de matemáticas y, en la de ingeniería, de astronomía práctica y geodesia. Igualmente, dentro del

¹³³ Pérez Hernández, José María. "De las relaciones íntimas entre la estadística, la geografía, la aritmética política y la economía", en *Curso elemental de Estadística o tratado de las formación de estadísticas*. Imprenta del Cinco de Mayo. México, 1874. p.21-23.

gabinete fue nombrado como oficial mayor del Ministerio de Fomento.

A partir de entonces, Díaz Covarrubias combinó dos tipos de puestos burocráticos, la docencia y la de funcionario de gobierno, al servicio de la administración pública. Desde el Ministerio, aparte de cumplir con el despacho y trabajo administrativo, propuso varios proyectos encaminados para el conocimiento del país y del avance de la geografía nacional.

En efecto, Díaz Covarrubias propuso un proyecto para crear una "sección móvil" que realizara la exploración del territorio, con el objeto de realizar levantamientos terrestres y obtener datos numéricos de los principales sitios para la administración. El proyecto fue apoyado por el ministro de Fomento, ingeniero Blas Balcárcel, pero la necesidad inmediata de reducir los gastos económicos y atender sólo lo más urgente del trabajo oficial, impidió su aprobación.

Además de la actuación de Díaz Covarrubias en la comisión para formar un nuevo plan de estudios, el gobierno dio los fondos necesarios para imprimir varias obras redactadas por él, para uso de los alumnos de la escuela de ingenieros.

De esa forma, la ingeniería geográfica contaba con nuevas obras útiles para el plan de estudios de las especialidades de topografía y geografía, donde fueron presentados, principalmente, nuevos métodos topográficos y geodésicos, de observación astronómica, de cálculo de coordenadas geográficas y de diseño y construcción de proyecciones cartográficas adaptados a México.¹³⁴ El *Tratado de Topografía y de Geodesia* de Díaz Covarrubias sustituyó el texto de Tomás Ramón del Moral, vigente durante quince años en la docencia de la escuela de ingenieros.

El ingeniero geógrafo también escribió al Presidente Juárez. Una vez, para que le ayudara en la realización de su trabajo geográfico y en otra carta, del 3 de julio de 1871, para agradecerle "la resolución para poner a su disposición un lote de aparatos científicos que se encontraban arrumbados en completo abandono e inacción en la Escuela Especial de Ingenieros". Díaz Covarrubias escribió

¹³⁴ Díaz Covarrubias, Francisco. *Nuevos métodos astronómicos para determinar la hora, el azimut, la latitud y la longitud geográficas con entera independencia de medidas angulares absolutas*. Imprenta del Gobierno, en Palacio. México, 1867. Díaz Covarrubias, Francisco. *Tratado de Topografía y de Geodesia con los primeros elementos de astronomía práctica*. Imprenta del Gobierno, en Palacio. 2 tomos. México, 1868-1869.

Mucho agradezco, señor Presidente, la cooperación material y eficazísima con que se sirve usted alentar mis esfuerzos...

Con el instrumental geográfico de alta precisión, Díaz Covarrubias, informaba al Presidente, intentaría poner en práctica diversas operaciones para determinar con precisión la latitud y longitud geográficas de las ciudades, con el empleo de la nueva tecnología disponible en la ciudad

Confío, señor, en que durante el próximo invierno [de 1871] podré dar principio a algunas de las observaciones que tienen por objeto fijar la posición de nuestras ciudades enlazadas con la Capital por medio del telégrafo. Este trabajo, importante para la geografía de México, a usted será debido en gran parte y me honraré con expresarlo así al publicar sus resultados...¹³⁵

En efecto, Díaz Covarrubias comenzó ese trabajo con la determinación de la diferencia de longitudes geográficas entre las ciudades de México y Puebla, por medio del telégrafo electro magnético. El método para esas operaciones geográficas fue descrito por Díaz Covarrubias, de la siguiente forma:

...puesto que la diferencia de longitud entre dos o mas lugares distantes, no es mas que la diferencia de las horas que se cuentan en ellos en un mismo instante físico, se obtendrá este dato geográfico, por la simple comparación de los cronómetros arreglados a sus respectivos meridianos; y como la corriente eléctrica se propaga en un espacio de tiempo apenas apreciable, la comparación de las horas locales puede hacerse fácilmente por medio de una señal telegráfica.¹³⁶

El método anotado por Díaz Covarrubias requería de la coordinación de las administraciones de las líneas del telégrafo que, como en el caso de las ciudades de Cuernavaca y de Puebla, habían cedido tiempos nocturnos de uso del equipo con fines geográficos. Díaz Covarrubias consideraba que el país contaba con extensas líneas telegráficas que "convendría utilizar en beneficio de su imperfecta geografía".¹³⁷

¹³⁵ Carta de Francisco Díaz Covarrubias a Benito Juárez del 3 julio de 1871, en Tamayo, Jorge L. op cit. T.14. p.940.

¹³⁶ Díaz Covarrubias, Francisco. "Determinación de la diferencia de longitudes geográficas entre las ciudades de México y Puebla, por medio del telégrafo electro magnético", en *Anales de la Sociedad Humboldt*. Imprenta de Ignacio Escalante. México, 1872. T.I. p.201.

¹³⁷ *Ibidem*. El auge de las comunicaciones en los gobiernos de Juárez y de Lerdo, escribió Luis González, dio como resultado que las líneas del telégrafo incrementaran su

Diferencias sobre la administración de Fomento entre Díaz Covarrubias y Blas Balcárcel, propiciaron la salida del primero de la administración pública, a pesar de la desaprobación del Presidente. Díaz Covarrubias aprovechó el tránsito de Venus sobre el disco solar, fenómeno esperado en China y Japón para el 9 de diciembre de 1874, para separarse temporalmente del ministerio como Oficial Mayor.

Varias actividades, apoyadas por el gobierno de Lerdo de Tejada, fueron organizadas para formar la comisión científica del gobierno mexicano que viajaría a esas lejanas tierras.¹³⁸ Los trabajos de esa comisión por Japón, escribió José Ramón de Ibarrola, "contribuyeron a establecer la reputación de nuestros ingenieros geógrafos, tanto en aquel país como en Europa".¹³⁹

Efectivamente, Díaz Covarrubias regresó por Europa, lugar donde dio a conocer los resultados de las observaciones del fenómeno de la comisión mexicana. Además, en su viaje tuvo oportunidad de participar en los trabajos del II Congreso Internacional de Ciencias Geográficas, celebrado en París del 1 al 11 de agosto de 1875, como representante de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística.¹⁴⁰

7. La ingeniería geográfica y el regreso del militarismo al gobierno mexicano 1877-1910

Las dos vertientes de trabajo geográfico de México presentadas anteriormente, contaron con el apoyo del Estado, por medio de la figura presidencial, pero también del amplio reconocimiento del extranjero. Efectivamente, en la Exposición Universal de Filadelfia, fueron invitadas las naciones de todo el mundo para celebrar juntas, de abril a octubre de 1876, el centenario de la independencia de los Estados Unidos.

Cada gobierno fue responsable del diseño y construcción de un pabellón para la exposición de las obras científicas y artísticas, junto a las muestras de los recursos naturales y productos metalúrgicos, industriales, agrícolas y manufactureros más representativos de cada país.

extensión de mil quinientos kilómetros a más de siete mil en el lapso de 1867 a 1876.

¹³⁸ Sobre la polémica y detalles del viaje véase: Moreno Corral, Marco Arturo. *Odisea 1874 o el primer viaje internacional de científicos mexicanos*. FCE/CONACYT/SEP. México, 1986. (La Ciencia desde México\15).

¹³⁹ Ibarrola, José Ramón de. *Apuntes sobre el desarrollo de la ingeniería en México*. Tip. de la Viuda de F. Díaz de León, Succ. México, 1911, p.17.

¹⁴⁰ Sobre los detalles de esa participación véase: Mendoza Vargas, Héctor. *Historia de la Geografía...* p.193-196.

En la sección de educación y ciencias, México presentó la obra científica de varios miembros y sociedades de la comunidad científica nacional.¹⁴¹ Los trabajos geográficos presentes en esa exposición fueron los de Díaz Covarrubias y los de García Cubas. Los jueces, al examinar los trabajos de ambos, recomendaron a la Comisión Centenaria de los Estados Unidos un Diploma y Medalla a cada uno.¹⁴²

La noticia de que México había recibido tan elevados reconocimientos a las obras y trabajos presentados en esa reunión, dio motivo para organizar una gran festividad, en la que el Presidente de la República sería el encargado de entregar, personalmente, a cada expositor el premio de la Comisión Centenaria.

La mañana del domingo 22 de julio de 1877, el Presidente Díaz presidió la entrega de medallas y diplomas en el escenario del Teatro Nacional. A ese lugar llegaron las autoridades militares y civiles, representantes y miembros de sociedades científicas, comerciales y de clubes, entre otros.

García Cubas recibió de manos del Presidente la medalla y diploma ganados en Filadelfia por sus trabajos geográficos. Aunque Díaz Covarrubias había ganado y tenía derecho a recibir su premio, no asistió al evento. Como funcionario ejecutivo de la administración de Juárez y de Lerdo de Tejada, no había aceptado colaborar en la de Díaz. Unos meses después, fue "congelado" y destinado al servicio diplomático exterior de México.

La sucesión presidencial de 1876, significó el regreso de los militares al poder político. La lucha creció entre juaristas, iglesistas y porfiristas. Lerdo de Tejada había salido del país el 23 de noviembre de ese año y Porfirio Díaz proclamó oficialmente el plan de Tuxtepec, que desconocía a los funcionarios del gobierno federal de la pasada administración. Sólo quedaron José María Iglesias, presidente de la Suprema Corte de Justicia y el general

¹⁴¹ Otros científicos nacionales presentes fueron Mariano Bárcena, Francisco Pimentel, Agustín Barroso (en representación de la Sociedad Humboldt); Santiago Ramírez (en representación de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística); Alfonso Herrera (en representación de la Sociedad Mexicana de Historia Natural) y; José Sebastián Segura y Miguel Pérez (en representación de la Sociedad Mijera Mexicana).

¹⁴² Nuestro país recibió 47 medallas en total. Pérez, Miguel. "Distribución de los premios concedidos a los expositores de México en Filadelfia", en *Boletín del Ministerio de Fomento de la República Mexicana*. México, 24 de julio de 1877, T.I. Núm.10. p.3-4.

Díaz. Finalmente, Iglesias, sin recursos económicos para oponerse fue derrotado y salió para los Estados Unidos.

En febrero de 1877, Díaz ocupó la presidencia provisional y, en mayo siguiente, la presidencia constitucional. Luis González escribió que Díaz carecía de experiencia en el manejo de civiles y entre 1877 a 1880, "no supo manejar su gabinete". En ese periodo, conocido por los historiadores como de pacificación, Díaz, y después Manuel González, "llamaron a colaborar en la administración pública desde incondicionales del Plan de Tuxtepec hasta encendidos leрдistas... y connotados conservadores y aun siervos de Maximiliano". En opinión de Luis González, se trataba de la "llamada política de conciliación con los enemigos de ideas políticas".¹⁴³

Díaz, que había tenido una trayectoria militar en la guerra de Reforma, incrementó considerablemente su prestigio social al derrotar al imperio, al frente del ejército republicano. Sin embargo, la experiencia militar no fue suficiente para ganar las elecciones presidenciales de 1867 y 1871. Por tanto, Díaz formuló unas alianzas con jefes militares y, como no podía prescindir de los intelectuales, recibió a los jóvenes que Lerdo de Tejada no había dado entrada al Palacio Nacional.

"Cuéntase, escribió Domingo Taboada, que en 1876, instalado en la Presidencia, el Gral. Porfirio Díaz platicaba con algunos amigos, que hubiera podido hacer sus campañas más rápidas y con menor derramamiento de sangre de haber tenido cartas y mapas, y preguntaba qué se necesitaría para hacerlas".¹⁴⁴

Antes de anotar la respuesta, es necesario recordar que, con el paso del tiempo, Díaz sumó a la trayectoria militar el ejercicio político. Es decir, fue militar y después Presidente al mismo tiempo. En Díaz había esa doble función y perspectiva sobre el mando del país: la militar y la ejecutiva. Por tanto, lo militar fue un factor importante en el arreglo de los planes y proyectos impulsados por la administración pública.

Para responder al Presidente, el ingeniero Blas Balcárcel y el general Vicente Riva Palacio "propusieron formar un grupo de gente bien preparada, que recorriese el país, dotado de instrumentos portátiles, determinando posiciones geográficas por métodos astronómicos con precisión, lo que

¹⁴³ González, Luis. "El liberalismo...", p.949.

¹⁴⁴ Taboada, Domingo R. "Observatorio astronómico", en *Anales de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*, México, Núm.1. 1969, p.23.

exigía un buen Observatorio Astronómico bien instalado...".¹⁴⁵

Pues bien, ¿cuál sería ese "grupo de gente bien preparada", encargada de cumplir con la propuesta presentada al Presidente? ¿Dónde estaba el personal preparado para iniciar esa tarea geográfica? ¿Podrían los ingenieros geógrafos de México encargarse de esa tarea?

El Presidente, una vez aceptadas las propuestas, encomendó a Riva Palacio la organización de los proyectos. El hábil ministro de Fomento invitó al ingeniero civil Angel Anguiano a incorporarse a la administración de Díaz y trabajar en el diseño y operatividad del observatorio astronómico para instalarlo en Chapultepec.¹⁴⁶

Faltaba, pues, el cuerpo de gente bien preparada para la ejecución de los mapas del país. Los tres ingenieros geógrafos de México, en ese momento, eran José Salazar Iñarregui, Francisco Jiménez y Francisco Díaz Covarrubias. Cada uno de ellos había presentado propuestas al gobierno para formar comisiones científicas encargadas de operaciones geográficas de gran precisión y el empleo de la tecnología instalada en la ciudad con fines geográficos. Sin duda, eran los especialistas idóneos para organizar ese trabajo.

Con Díaz y los militares en el gobierno, la situación fue diferente a la del imperio y la república restaurada. Díaz Covarrubias, sería enviado al servicio exterior como representante de México ante las repúblicas centroamericanas. Salazar Iñarregui había regresado del exilio de los Estados Unidos y estaría a cargo de la Comisión Mexicana de Límites con Guatemala. Por último, Francisco Jiménez trabajaba en el Observatorio Astronómico Central, en Palacio Nacional, dependiente de la Inspección General de Caminos de la Secretaría de Fomento, destinado para auxiliar a los ingenieros de esa oficina.

a) La Comisión Geográfico-Exploradora

El 20 de enero de 1877, el ministro Riva Palacio daba a conocer, por medio de una comunicación, el plan original de operaciones. Ese documento proponía el nombramiento de Comisiones Científicas para fijar astronómicamente los puntos más importantes del país. Ese trabajo aprovecharía el paso de los "conductores telegráficos, con objeto de establecer bases para la gran triangulación de México". Las

¹⁴⁵ *Ibidem*.

¹⁴⁶ Sobre los detalles de ese centro véase: León, Luis G. *Los progresos de la Astronomía en México, desde 1810 hasta 1910*. Tip. de la Vda. de F. Díaz de León Sucs. México, 1911. p.16 y ss.

operaciones serían dirigidas por la Inspección General de Caminos del ministerio de Fomento.

Las comisiones fijarían las coordenadas geográficas, previamente seleccionadas de los lugares. Cada punto determinado, serviría "como centro de operaciones secundarias para enlazar con él, por medio de grandes triángulos, otros puntos de importancia, como son las cúspides principales de nuestras montañas".¹⁴⁷

La determinación de coordenadas geográficas, el establecimiento de bases, la ejecución de grandes triangulaciones y el enlace con las operaciones secundarias sobre el territorio nacional significaba ejecutar un trabajo geográfico de alta precisión y, por tanto, la participación de los ingenieros geógrafos como personal *ad hoc*, provistos de amplios recursos económicos y materiales.

La ausencia de esos ingenieros geógrafos y el dominio militar del régimen, dio motivo para que el plan original fuera modificado. Riva Palacio propuso a un oficial del ejército. El capitán de ingenieros Agustín Díaz, fue nombrado jefe de la Comisión de cartografía o de ingenieros del Ministerio de Fomento. Díaz era un militar en servicio pasivo, exalumno del Colegio Militar y exmiembro de la Comisión Mexicana de Límites con los Estados Unidos de 1850 a 1857.¹⁴⁸

De esa forma, fue introducido a nivel directivo, el elemento militar en la organización del trabajo geográfico del Estado. Aspecto evidente, como señala Luis González, pues el Presidente Díaz "antepuso los militares a los civiles". En su gabinete "contaron más los hombres de espada que los hombres de la pluma".

En febrero de 1877, Agustín Díaz inició su tarea en Fomento con la evaluación de los datos y materiales geográficos en poder del gobierno. Un informe reveló serias diferencias en los documentos, pues fueron terminados sin una "reglamentación previa de todos los pormenores". Las cartas geográficas contenían distintas proyecciones cartográficas, escalas, simbología y tipografía. Otros detalles como la hidrografía y la orografía fueron dibujados sobre los mapas al seguir las rutas principales e itinerarios, sin relacionarse. Igual confusión había en la relación de posiciones geográficas del país, que estaban registradas en los catálogos, pero no había "ninguna

¹⁴⁷ Comunicación del Ministerio de Fomento del 20 de enero de 1877. Dublán, Manuel y Lozano, José María. *op cit.* 1886. T. XIII, p.138-139.

¹⁴⁸ Sánchez Lamego, Miguel A. "Agustín Díaz, ilustre cartógrafo mexicano", en *Historia Mexicana*. Vol. XXIV. Núm. 4 1975. p.562-565.

discusión sobre su procedencia", de los métodos empleados y datos obtenidos.¹⁴⁹

Con esos elementos, escribió Agustín Díaz, no sería posible "formar una buena ni aun regular carta del país". Tampoco podían eliminarse esos trabajos terminados, así que "se entró de lleno a la discusión de un plan", mismo que, anotaba Díaz, requería la disponibilidad de personal

Nuestro país es demasiado vasto para que el nombramiento de un corto personal pueda corresponder a la urgencia con que la época reclama la corrección de cartas; es pues indispensable un personal competente y bien dirigido, que llenando el objeto, sea en relación poco costoso, y cuyos gastos sean posibles de sufragar por el erario.¹⁵⁰

Agustín Díaz escribió en su informe que, "la escasez de personal con la aptitud suficiente" era una limitante principal, cuando el gobierno iniciaba trabajos en las dependencias. Por tanto, para el plan de formar la carta de la república, Díaz recomendó "la combinación de elementos" de que disponían los ministerios de Guerra y Fomento, para el personal de campo y de los de Hacienda y Gobernación por la "aglomeración de datos" que tenían en sus oficinas.

De manera semejante que otros países, sería encomendada "la topografía y ciertos ramos de la estadística a la oficialidad del ejército", que estaba "diseminada hasta las regiones más lejanas" del país. Una de las ventajas apuntada en el informe fue el gasto que representaría cada oficial, reducido a "las erogaciones personales extraordinarias que tendrían que hacer en sus constantes marchas". Sin embargo, había una ventaja más decisiva para los militares:

...estudiar el país militarmente con muy corto aumento de trabajo. Este estudio haría a los oficiales muy conocedores del terreno, los acostumaría al golpe de vista que es indispensable en el arte de la guerra y los pondría en perfecta aptitud de constituir un cuerpo estratégico, esencialmente práctico, de cuya falta ha dependido el poco éxito que nuestras armas han alcanzado en las pasadas guerras extranjeras. La buena ejecución ya no dependería más que del tino con que se distribuyesen las labores encomendadas a cada individuo según su

¹⁴⁹ Díaz, Agustín. "Informe sobre el estado actual de la Cartografía", en *Memoria presentada al Congreso de la Unión por el Secretario de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización, Industria y Comercio de la República Mexicana* Vicente Riva Palacio, corresponde al año transcurrido de diciembre de 1876 a noviembre de 1877. Imprenta de Francisco Díaz de León, México. 1877. p.476.

¹⁵⁰ *Ibidem*. p.477.

capacidad y de los medios que se empleasen para estimularlos a un desempeño activo y concienzudo.¹⁵¹

El general Porfirio Díaz sabía de la utilidad de los mapas para el conocimiento militar del país, la guerra y el servicio del ejército, pero también opinaba que los documentos geográficos podían tener otro uso. De hecho, el Presidente consideraba que debían contribuir para el conocimiento de las localidades, como base de una buena administración y la apreciación de las necesidades.¹⁵²

Los métodos geodésicos de la ingeniería geográfica no serían aplicados. Agustín Díaz propuso un plan nuevo, consistente en la determinación de coordenadas geográficas. La latitud, podría obtenerse "con la suficiente precisión en unos cuantos días por métodos directos" de la astronomía práctica. Para la longitud, sería empleada la tecnología de las líneas telegráficas, con objeto de disponer de una red, enlazar los datos aislados disponibles y apoyar cuantos trabajos topográficos fueran realizados.¹⁵³

En un programa de publicación, Agustín Díaz dio a conocer al ministro Riva Palacio la formación de seis series de mapas del país, a saber: 1. Cartas fraccionales de la República; 2. Cartas de conjunto de la República; 3. Cartas de reconocimiento de regiones aisladas; 4. Cartas hidrográficas de las costas, lagos y ríos; 5. Cartas de poblaciones y; 6. Cartas estratégicas y militares.¹⁵⁴

En ese programa fueron fijados los rasgos tecnológicos principales de las series de mapas: el registro de fraccionamiento para las cartas, las escalas (1:2 000 000 1:1 000 000 y 1:500 000), la proyección cartográfica policónica, el meridiano principal de la torre Este de la Catedral de México (según las observaciones del ingeniero geógrafo Díaz Covarrubias) y los signos y caracteres para "facilitar la lectura de las cartas". A pesar de tratarse de una serie de mapas militares Díaz recomendaba, al gobierno, la venta de los documentos a precios "excesivamente módicos" para tratar de "popularizar la geografía del país".

El avance del diseño y los trabajos de gabinete de la Comisión de Cartografía, requerían de los de campo. Riva Palacio presentó al Congreso de la Unión el proyecto de ley, por medio del cual se autorizaría al Presidente "restablecer

¹⁵¹ *Ibidem*.

¹⁵² "Atlas General de la República Mexicana comenzado a publicar en 1877 por el Ministerio de Fomento", en *Boletín del Ministerio de Fomento de la República Mexicana*. México, 10 de julio de 1877, T.I. Núm.8. p.2.

¹⁵³ Díaz, Agustín. *op. cit.* p.478.

¹⁵⁴ *Ibidem*. Documento Núm.3. p.480. "Atlas General...", p.2.

las comisiones exploradoras encargadas de la colectación de datos geográficos y estadísticos".¹⁵⁵

Riva Palacio presentó el programa de Agustín Díaz al Presidente Díaz. El 13 de diciembre de 1877, el Congreso aprobaba al ejecutivo las partidas presupuestales para restablecer dos comisiones exploradoras que, debido a la escasez de fondos de la hacienda pública, fue formada una sola, la Comisión Geográfico-Exploradora.¹⁵⁶ Finalmente, Agustín Díaz fue nombrado director de la Comisión. El 5 de mayo de 1878, dio inicio el trabajo cuando un ingeniero Julio Alvarado y un ayudante marcharon a Puebla para iniciar los trabajos de campo.¹⁵⁷

En ese lugar, la Comisión realizó diversas operaciones topográficas y de observaciones astronómicas en las cercanías de la ciudad para formar la carta topográfica de los alrededores de Puebla en escala 1:20 000. La Comisión salió de Puebla a fines de 1881, para trasladarse a la ciudad de Xalapa, Veracruz como sede definitiva.¹⁵⁸

b) Cuerpo Especial de Estado Mayor del Ejército Mexicano

La organización de la Comisión Geográfico-Exploradora requería de personal suficiente para cumplir con el programa de publicación de series de mapas propuesto. El Presidente Díaz dispuso la creación de un cuerpo militar especialmente dedicado a esa tarea. El 24 de enero de 1879, en un decreto del ejecutivo fue establecido el Cuerpo Especial de Estado Mayor, compuesto de un jefe general, cinco coroneles, diez tenientes coroneles, diez comandantes, cuarenta y cinco capitanes, cuarenta y ocho tenientes y dos capitanes adjuntos.¹⁵⁹

¹⁵⁵ *Ibidem*. Documento Núm.1. p.479.

¹⁵⁶ García Martínez, Bernardo. "La Comisión Geográfico-Exploradora", en *Historia Mexicana*. Vol. XXIV. Núm.4. p.484-555. Sáenz de la Calzada, Carlos. "La Comisión Geográfico-Exploradora", en *Anales de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*, México, Núm.1. 1969, p.49-64. Treviño Urquijo, Ma. Cristina. *La Comisión Geográfico-Exploradora del ministerio de fomento y la carta general de la República Mexicana a la 100 000a 1877-1914*. Secretaría de Agricultura y Ganadería, México, 1974.

¹⁵⁷ Carta de Agustín Díaz al ministro Riva Palacio del 4 de mayo de 1878, en *Boletín del Ministerio de Fomento de la República Mexicana*. México, 5 de mayo de 1878, T.II. Núm.62. p.230.

¹⁵⁸ García Martínez, Bernardo. *op. cit.* p.499 y ss.

¹⁵⁹ "Estado Mayor y organización del Ejército", en *Memoria que el Secretario de Estado y del Despacho de Guerra y Marina General de División Gerónimo Treviño, presenta al Congreso de la Unión en 31 de mayo de 1881, y comprende del 1o de diciembre de 1877 a la expresada fecha; lleva además*

El Estado Mayor contaba con presupuesto propio proveniente del Ministerio de la Guerra, para la "compra de libros, instrumentos y demás útiles necesarios", gastos de escritorio, compostura de instrumentos científicos y para las secciones encargadas de itinerarios, levantamientos de planos y trabajos geográficos.

Para ingresar al Estado Mayor con el grado de teniente, era necesario haber aprobado con "notable aprovechamiento", todas las materias que señalaba el Reglamento del Colegio Militar. El Estado Mayor debía cumplir con dos objetos: primero, la organización y reglamentación del ejército y, segundo, la formación de la carta y estadística militar de la República.¹⁶⁰ levantamientos de planos y formación de itinerarios.

El reglamento indicaba la creación del Departamento del Cuerpo Especial del Estado Mayor dentro del ministerio. Un coronel sería el jefe de las secciones de geografía, topografía, estadística y de la formación de la carta militar de la República. A la sección de geografía y de la carta fueron asignados un teniente coronel, tres capitanes y dos tenientes.

Los oficiales, al ingresar al Estado Mayor permanecerían seis meses en el Departamento para conocer la organización y movilización del ejército, después pasarían a los distintos servicios como de infantería o caballería para practicar y, por último, a la ejecución de trabajos topográficos o a los Estados Mayores de Divisiones o Brigadas.

Los trabajos topográficos serían realizados en la Comisión Geográfico-Exploradora. De esa forma, "los alumnos que a fines de 1879, terminaron su carrera en el Colegio Militar, pasaron directamente al Cuerpo de Estado Mayor y en su mayor parte fueron destinados a la Comisión".¹⁶¹

En opinión de Bernardo García, "la Secretaría de Guerra tomó la decisión de hacer de la Comisión Geográfico-Exploradora una escuela práctica de oficiales facultativos, adonde pasarían a entrenarse por un período determinado de tiempo. La medida beneficiaba a la Secretaría al proporcionar ocupación útil a los militares que ya no hacían falta en las campañas, y a la Comisión al hacer realidad uno de los puntos del proyecto de su creador, dándole en forma

un apéndice hasta el mes de diciembre del mismo año de 1881.

Tipografía de Gonzalo A. Esteva, T.I. México. 1881. p.10-14.

¹⁶⁰ *Ibidem*. Art.2. p.112 y 398. Art.3. p.113, 115-117.

¹⁶¹ Garfias Magaña, Luis. "La Comisión Geográfico-Exploradora", en *Revista del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos*. T.III. mayo de 1979. p.5

prácticamente gratuita un personal auxiliar abundante y calificado".¹⁶²

De lo que precede, una serie de factores políticos, económicos y humanos actuaban en la estrategia del Estado para la organización y administración militar del trabajo geográfico oficial de esa época. Merecen apuntarse, la llegada de los militares al poder ejecutivo federal. Una marcada ausencia de ingenieros geógrafos, altamente especializados, en disponibilidad dentro de la burocracia gubernamental y un limitado presupuesto económico que no permitiría la aplicación de métodos e instrumental de alta precisión, propios del ingeniero geógrafo, para el proyecto de la carta general de República.

La serie de mapas formaban parte de los materiales imprescindibles del estudio militar que intentaban completar el ejército de México. El difícil e informal aprendizaje de los militares del territorio nacional durante las guerras que el país sostuvo por mucho tiempo, no solo en el interior, sino más importante, con el exterior, fue suficiente para que Díaz, desde la Presidencia, impulsara la organización, movilización y profesionalización del ejército mexicano.

Entre la alternativa de crear una organización civil o bien arreglar la militar para la formación de series de mapas del país, el gobierno mexicano decidió por la segunda. Los alcances, objetivos y beneficios que podrían resultar de una organización profesional del ejército serían mayores desde distintos puntos de vista, como la solución a la creciente demanda de documentos geográficos con fines sociales y oficiales.

Dentro de la estructura del ejército, fue creada una organización profesional que, entre los múltiples asuntos encomendados, podía atender y colaborar en la formación de la carta general del país. Esa institución fue el Cuerpo Especial del Estado Mayor, dependiente del Ministerio de la Guerra y receptor de los subalternos del Colegio Militar.

Al cubrir las necesidades del trabajo geográfico nacional por medio del elemento militar, el Estado no tuvo que destinar presupuesto especial para apoyar la formación de un cuerpo especial, de corte civil, para ese trabajo. Además de la competencia profesional que significaban los integrantes del Estado Mayor, fue suprimida la mayor posibilidad de promoción profesional para los ingenieros geógrafos dentro de la burocracia estatal.

No obstante que en reiteradas ocasiones los ingenieros geógrafos habían comunicado al más alto nivel del gobierno

¹⁶² García Martínez, Bernardo. op. cit. p.500.

la estrategia de planes, los métodos y la tecnología para el arreglo de la geografía nacional, el régimen de Díaz dio pasos en otra dirección para satisfacer la inexistencia de materiales geográficos del territorio de la federación.

El gobierno dio acceso al ejército, al nivel directivo, por medio de un oficial del ejército como director de operaciones geográficas; al nivel operativo estableció la creación del Cuerpo de Estado Mayor para incorporarse a las actividades de la Comisión Geográfico-Exploradora, dependencia federal encargada del trabajo geográfico nacional que emplearía métodos uniformes de levantamiento topográfico, de formato, de diseño y de escala cartográfica. El financiamiento fue proporcionado por el ministerio y por el Ayuntamiento de la ciudad sede de la Comisión.

A partir de 1883, después de veinticinco años de inactiva promoción académica, surgieron nuevos ingenieros geógrafos de la Escuela de Ingenieros. La Comisión Geográfico-Exploradora no podía formar una alternativa de trabajo profesional para los egresados, pues debían enfrentar la competencia de los militares del Estado Mayor.

La administración pública y la docencia superior, en cambio, ofrecían otras condiciones laborales. Los ingenieros geógrafos podían incorporarse a la burocracia pública en las múltiples actividades tecno-científicas dirigidas y financiadas por el Estado.

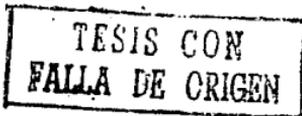
c) El Observatorio Astronómico Nacional

La fundación del Observatorio Astronómico Nacional, la otra dependencia creada junto con la Comisión Geográfico-Exploradora, tuvo como director a un ingeniero civil. Consultado por el gobierno para arreglar ese centro, Angel Anguiano señaló que los ingenieros geógrafos eran los profesionistas adecuados para cumplir esa misión oficial.

Sin embargo, la falta de ingenieros geógrafos, la disposición del régimen de Díaz para incorporar empleados de la administración de Lerdo y la trayectoria profesional de Anguiano resultaron favorables para que fuera nombrado director del Observatorio. En ese lugar, Anguiano implementó un plan de trabajo basado en las consideraciones geográficas de Díaz Covarrubias.¹⁶³

De acuerdo con el ingeniero geógrafo, Anguiano consideraba que el Observatorio debía consagrarse a "organizar y dirigir las operaciones geográficas que poco a poco se fuesen comprendiendo en el país". Ese plan fue efectivo hasta 1881, cuando el centro emprendió los estudios y trabajos de tipo astro-fotográficos del país, pero

¹⁶³ Anguiano, Angel. Cartografía Mexicana, p.25.



...sin dejar por eso de seguir desempeñando el Observatorio el importante papel que le corresponde en los trabajos geográficos, ya por los cambios de señales telegráficas para la longitud, ya proporcionando cada año un extenso catálogo de estrellas fundamentales, y otras tablas o elementos útiles para el ingeniero geógrafo.¹⁶⁴

La organización civil del observatorio le daba mayores posibilidades de convertirse en un centro de trabajo para los ingenieros geógrafos. De hecho, para éstos la fundación del observatorio fue una iniciativa oficial acertada, pues el programa de trabajo contenía elementos que podían conducir a la propagación y enlace de coordenadas geográficas por el territorio nacional.

El 19 de febrero de 1878, el ministro Riva Palacio informaba la reapertura de la práctica en el Observatorio Astronómico Central, suprimida en el reglamento del plan de estudios de 1869. Para esa práctica los aspirantes debían demostrar los conocimientos teóricos de la geodesia y de la astronomía. Una vez aceptados y concluido el curso, los que salieran con un "certificado de aptitud", serían preferidos en los trabajos astronómicos del Ministerio de Fomento.¹⁶⁵

En las instalaciones del observatorio, los ingenieros geógrafos podían acudir a realizar ejercicios prácticos de manejo de instrumental, llevar registros de los datos numéricos y terminar los cálculos de las observaciones. En 1880, fue publicado un catálogo con 171 coordenadas geográficas, publicado en el *Anuario del observatorio*, en un intento de dar a conocer los lugares que contaban con ese registro más o menos confiable.¹⁶⁶ Hasta 1900, ese catálogo llegó a reunir cerca de 684 posiciones, repartidas en todo el territorio nacional, provenientes de distintas fuentes, todas ellas de observaciones directas recientes.

Con la salida de Anguiano del Observatorio para ocupar la dirección de la Comisión Geodésica Mexicana en 1899, la ingeniería geográfica tuvo acceso a la dirección de ese centro. Tres fueron los ingenieros geógrafos que ocuparon la dirección, a saber: Felipe Valle de 1900 a 1910; Valentín Gama de 1910 a 1914 y; Joaquín Gallo Monterrubio de 1915 a 1946.

¹⁶⁴ *Ibidem.* p.23.

¹⁶⁵ Dublan, Manuel y Lozano, José María. *op. cit.* T.XIII. 1886. p.469. *Boletín del Ministerio de Fomento de la República Mexicana*, México, 26 de febrero de 1878. T.II. Núm.28. p.105.

¹⁶⁶ Anguiano, Angel. *Anuario del Observatorio Astronómico de Chapultepec para el año de 1881.* Imprenta de Francisco Díaz de León. México, 1880. p.224-229.

En conjunto, los ingenieros geógrafos tuvieron una larga participación en la organización y administración del Observatorio Astronómico Nacional de México, desde la segunda mitad del siglo XIX y la primera mitad del XX. Esa permanencia al frente de la dirección del observatorio, trajo como consecuencia una prolongada adopción de métodos de trabajo tradicionales de la ingeniería geográfica.

Esta perspectiva de investigación apenas da resultados. Los de Bartolucci muestran que frente a las actividades de la astronomía práctica del observatorio, realizadas casi desde la fundación, a comienzos de 1940 creció el interés de ampliar los estudios hacia el Sol, la espectroscopía estelar y estrellas variables, en un palabra, comenzar el programa de la astrofísica moderna de México.¹⁶⁷

Había expectativa de sustituir el trabajo de la ingeniería geográfica del observatorio astronómico. Bartolucci sugiere que Gallo fue "incapaz de sacrificar algunas de las tareas heredadas por el Observatorio, en pos de favorecer el desarrollo de otras, consideradas prioritarias desde un punto de vista personal o en el marco de una ideología determinada". Por tanto, Luis Enrique Erro (1897-1955), diplomático mexicano que había servido a la revolución mexicana y representante de la nueva astronomía, consiguió que el gobierno revolucionario le apoyara para fundar otro observatorio. El 17 de febrero de 1942, fue inaugurado el Observatorio Astronómico de Tonantzintla, Puebla.¹⁶⁸

d) La Comisión Geodésica Mexicana

El Estado reconocía la importancia de la geografía, como "ramo de utilidad práctica inmediata". En esa dirección, Anguiano escribió al ministro de Fomento, Manuel Fernández Leal, un oficio sobre la recomendación de formar el "boceto de nuestra carta" sobre una "verdadera base científica".

La medida tenía por objeto apoyar al gobierno sobre el "establecimiento de las vías de comunicación, la valorización de la riqueza pública o sea el conocimiento exacto de las principales fuentes de riqueza nacional, como son especialmente entre nosotros la agricultura y la minería; los elementos de que puede disponer nuestra futura industria, ya con relación a los motores que necesita, o a

¹⁶⁷ Bartolucci, Jorge. "Formación tardía de comunidades científicas. El caso de los astrónomos mexicanos", en *Quipu, Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*. Vol.8, Núm.3. 1991, p.371.

¹⁶⁸ *Ibidem*. p.374. Véase también. Bok, Bart J. "Astronomía mexicana 1930-1950", en Moreno Corral, Marco Arturo. (Comp.). *Historia de la astronomía en México*. FCE/CONACYT/SEP. México, 1986. (La Ciencia desde México\4). p.206-216.

los centros consumidores; la misma equidad y conveniencia en los impuestos sobre la propiedad raíz; el mantenimiento de la paz que muchas veces depende del perfecto conocimiento que se tenga de las cormarcas en que se genera el grito de rebelión, etc".¹⁶⁹

El oficio del director del observatorio astronómico de Tacubaya lleva fecha del 28 de mayo de 1887. Anguiano proponía un plan de trabajo de alta precisión, que incluía la fundación de una Comisión Geodésico-Astronómica, encargada de "prestar grandes servicios a la Geografía".

Anguiano recomendaba al gobierno, iniciar los trabajos para formar la red geodésica nacional, "aunque sea bajo un plan muy económico". La primera propuesta fue la formación de una comisión "compuesta de tres o cuatro ingenieros, bajo una Dirección hábil, activa y entendida, que comprenda con perfecta claridad las miras del Gobierno". La segunda, fue la formación por lo menos de "dos o tres Comisiones geográficas" que, bajo la dirección del observatorio, se encargarían de "fijar con precisión las Capitales de todos los Estados, nuestros puertos en ambas costas, nuestras principales ciudades y aquellos lugares que por alguna circunstancia especial merezcan preferencia en los trabajos".¹⁷⁰

A primera vista parece extraño que Anguiano pidiera al gobierno iniciar otros trabajos geográficos, de los que ya ejecutaba la Comisión Geográfico-Exploradora. Sin embargo, los métodos topográficos empleados por los militares de la Comisión y la inexistencia de la práctica de la geodesia en la Escuela de Ingenieros para los ingenieros geógrafos influyeron para que Anguiano considerara la necesidad de dar "mayor ensanche a los trabajos geográficos".

La procedencia original del plan expuesto al gobierno, fue reconocida por Anguiano de la siguiente forma

Todas esas ideas referentes a la Geodesia, nacieron y se desarrollaron en mi alma en una época, de [18]71 a [18]76, en que estuve en íntimo y constante contacto con el Sr. Ingeniero Geógrafo D. Francisco Díaz Covarrubias, con quien tuve largas conversaciones en que bastante luz me dió sobre el alto fin de la Geodesia, que al enlazarse íntimamente a la Astronomía, que era su ideal, formaba la base única y necesaria para llegar a tener con la exactitud que se requiere, a fin de que sea verdaderamente útil, la Carta Geográfica de nuestra República.¹⁷¹

169 Anguiano, Angel. *Cartografía Mexicana*. p.50.

170 *Ibidem*. p.51-52.

171 *Ibidem*. p.53.

La iniciativa de trabajo contó con el consenso del ministro Fernández Leal. Sólo que, reconoció Anguiano, "la época no era propicia para tomarla en consideración". Así, pasaron veinticinco años antes que el Estado decidiera apoyar la ejecución oficial de los trabajos geodésicos del país.

Varios factores locales y externos favorecieron esa determinación. En lo interno, la necesidad de la burocracia de disponer de "un mapa catastral de la república" para resolver el creciente problema agrario, ante el crecimiento de las haciendas y el reclamo de los pueblos despojados, formularon arreglos a la administración pública de Díaz.¹⁷² Tras la muerte de Díaz Covarrubias, Anguiano asistió como observador de México en el foro de la Asociación Geodésica Internacional realizado en París, en octubre de 1889. Esa reunión fue el marco externo que dio a conocer los adelantos teóricos y prácticos de la geodesia y los diversos apoyos que cada gobierno ofrecía para realizar esos trabajos.

De regreso, Anguiano fue recibido por el Presidente Díaz y Fernández Leal. En el encuentro, ambos escucharon los resultados de ese congreso y estuvieron de acuerdo de que México no debía salir de esas reuniones científicas internacionales. No obstante, el país dejó de asistir a las reuniones de la Asociación Geodésica de Bruselas de 1892 y de Berlín de 1895.

Los ingenieros geógrafos resaltaron la importancia de reformar los métodos de producción de materiales geográficos que el Estado ejecutaba sobre el territorio. En marzo de 1896, fue presentada una propuesta completa de trabajo geodésico, para apoyar la formación de la nueva carta general de la República.

El ingeniero geógrafo Francisco Díaz Rivero, escribió un plan de operaciones geodésicas para el Presidente Díaz. El estudio consideraba que el Estado debía contar con una nueva carta de gran escala y precisión desde el punto de vista catastral, político, civil y militar. En ese plan, Díaz Rivero llamaba la atención del Presidente de la República de la siguiente forma

...es uno de nuestros principales propósitos, hacer notar respetuosamente en este Estudio que nuestro país cuenta para su Geografía, con un importante elemento científico que hace muchos años espera ansioso la protección del Gobierno para poner en práctica sus magníficos conocimientos adquiridos en las aulas, a fuerza de los más complicados y difíciles estudios: me refiero al

¹⁷² García Martínez, Bernardo. *op. cit.* p.541-542.

elemento de Ingenieros Geógrafos, cuya profesión sólo puede tener aplicación bajo los auspicios Nacionales.¹⁷³

El plan apuntaba un proposición interesante para ese trabajo geográfico. Díaz Rivero estimaba que tanto los ingenieros geógrafos como los oficiales del Estado Mayor debían integrarse como personal fijo y dedicarse a las operaciones geodésicas, astronómicas, topográficas y cartográficas del plan general de la nueva carta general del país.¹⁷⁴

Las propuestas de Anguiano y de Díaz Rivero tuvieron respuesta oficial, hasta el año fiscal de 1897-1898. La ley de presupuesto dio lugar a la formación de una Comisión Geodésica Mexicana. Las operaciones geodésicas debían apoyar la solución de problemas locales del sistema hacendario y de la agricultura, además del interés externo del estudio de la desviación de la vertical, y del problema de la forma y dimensiones de la Tierra.¹⁷⁵

Sin embargo, en abril de 1898, enterado los Estados Unidos de la formación de la Comisión Geodésica, enviaron una invitación al gobierno mexicano para participar, junto con Canadá y los Estados Unidos, en la medición de un arco de meridiano terrestre tan grande como fuera posible, con el fin práctico de conocer la forma y dimensiones de la Tierra para esta parte de norteamérica.

La aceptación del gobierno de esa invitación apresuraron los arreglos y administración de la Comisión Geodésica. El gobierno designó a Anguiano como director de la nueva comisión y al ingeniero geógrafo Valentín Gama como subdirector, el resto del personal fue integrado por los ingenieros Miguel López y Abel Díaz Covarrubias, adjuntos; Cosme Torres y José A. Ceballos, ayudantes.¹⁷⁶

Para el tema de la ingeniería geográfica, merecen atención los aspectos del aprendizaje y aplicación de métodos de la

¹⁷³ Díaz Rivero, Francisco. *Estudio preliminar sobre la manera de proceder al levantamiento de la Carta Militar, Catastral, Civil y Política del país*. Reproducción facsimilar del MS. de 1896. Prólogo del Ing. Marte R. Gómez. Taller de offset de la Comisión Nacional de Irrigación. México, 1946. p.99.

¹⁷⁴ *Ibidem*. p.100-101.

¹⁷⁵ Valle, Felipe. "Necesidad e importancia del levantamiento exacto de la Carta de la República Mexicana", en *Anuario de la Academia Mexicana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales correspondiente de la de Madrid*. Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento. México, 1899. p.87 y ss.

¹⁷⁶ Anguiano, Angel. *Anales de la Comisión Geodésica Mexicana*. Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento. México, T.I. 1904. p.3.

Comisión Geodésica Mexicana. Los trabajos iniciaron el 17 de febrero de 1899, en los salones del edificio del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya.¹⁷⁷

El trabajo de la Comisión debía tocar la costa del Pacífico y extenderse a lo largo del meridiano 98° al Oeste de Greenwich, por territorio nacional, hasta alcanzar la frontera con los Estados Unidos para seguir hacia territorio canadiense. Un arco terrestre que mediría 45° o más.

De los miembros de la Comisión, sólo la directiva sabía la teoría de la ingeniería geográfica, pero fue un hecho que faltaba la experiencia. Anguiano escribió que en la aplicación de los métodos geodésicos

no conocíamos el alcance de nuestras aptitudes ni el valor científico de nuestros elementos en materia que nos era del todo desconocida en su aplicación práctica...¹⁷⁸

Efectivamente, aunque la Comisión tenía a Valentín Gama como subdirector fue reconocida, todo el tiempo, la falta de práctica del ingeniero geógrafo en la administración de la Escuela de Ingenieros. Resulta contrastante. Mientras el gobierno, de acuerdo con Anguiano, impulsaba la iniciativa oficial para formar la Comisión Geodésica Mexicana, en la Escuela de Ingenieros no había candidatos a la especialidad de geografía y tampoco fue implementada la práctica de la cátedra de geodesia.

¿Cómo fue posible aplicar un plan de operaciones bajo esas circunstancias? ¿Cómo relacionar la teoría geográfica con un proyecto potencialmente viable de ejecutar sobre una larguísima franja de 1,200 kilómetros del territorio nacional? En esa época, los escasos ingenieros geógrafos de México estaban formados, casi exclusivamente, de forma teórica. Sólo tenían la práctica del Observatorio Astronómico.

A partir del 20 de marzo de 1899, Anguiano fue el responsable de formar unas "instrucciones sobre los trabajos geodésicos". Esas instrucciones permiten responder varias de las interrogantes. De ese trabajo, Anguiano escribió que

...aprovechando la experiencia de instituciones semejantes a la nuestra, podía tomar como tipo principal en la formación de las Instrucciones, las aceptadas en el Instituto Geográfico y Estadístico de Madrid, que, en mi concepto, contienen muchas cosas buenas que, en general, podíamos adoptar, suprimiendo aquéllas que no caben todavía en el programa de nuestros trabajos, modificando

¹⁷⁷ Sobre los detalles de la Comisión véase: Mendoza Vargas, Héctor. *Historia de la Geografía...* p.137 y ss.

¹⁷⁸ Anguiano, Angel. *Anales...* p.5.

otras que no están en consonancia con nuestra educación científica,¹⁷⁹ y agregando lo que es peculiar de nuestra localidad.

Las instrucciones, escribió Anguiano, debían comprender tres partes principales, a saber: la formación de la red geodésica, una parte astronómica y la nivelación de precisión. Los métodos de gabinete fueron "reducidos a términos claros y concretos, en el orden en que prácticamente se van ejecutando todas las operaciones de cálculo, partiendo de los datos recogidos en los trabajos de campo".

La resolución de las cuatro operaciones de la red geodésica comprendió, compensación de las direcciones, compensación de los ángulos, cálculo de los lados de la triangulación y el cálculo de las posiciones geográficas de los vértices de la red. Para el cálculo de las coordenadas geográficas, latitud y longitud, Anguiano escribió, "hemos seguido el formulario empleado en el "Coast and Geodetic Survey" de los Estados Unidos...".¹⁸⁰

Con esos elementos metodológicos, Anguiano diseñó un modelo o formulario, por medio del cual intentaba asegurar el correcto orden de los cálculos matemáticos de precisión. De esa forma el calculador, que comenzaba a aplicarse por primera vez, tenía "a la mano una guía que con toda claridad lo conduzca paso a paso en la magna labor que importan las operaciones numéricas que tiene que ejecutar".¹⁸¹ Ese método permitía detectar y corregir faltas cometidos por el personal de la Comisión, ya que las rutinas fueron repetidas tres y cuatro veces.

No queda duda de los medios que aprovecharon los directivos de la Comisión para enmendar la falta de experiencia de México en los trabajos geodésicos. La práctica de España y los Estados Unidos en esa clase de trabajos, fue adaptada por Anguiano a la circunstancia local para formar las instrucciones de la Comisión. De esa forma fueron aprendidos los métodos geodésicos entre los ayudantes y adjuntos de la Comisión Geodésica, mientras fue terminada la medida del arco 98° al Oeste de Greenwich entre 1900 y 1916.

El aprendizaje informal y sobre la marcha permitió remplazar a los ingenieros geógrafos, por medio de ingenieros topógrafos incorporados a la Comisión. En el plan de la red geodésica, fueron aplicados métodos y rutinas que no tenían práctica en la Escuela de Ingenieros.

179 *Ibidem*, p.5-6.

180 *Ibidem*, p.6 y segunda parte, apéndice núm.1. p.12.

181 *Ibidem*.

Lo anterior, demuestra que la dirección de la Comisión fue la encargada de estudiar la metodología de trabajo, poner en operación el proyecto general de la red geodésica y coordinar la medición del arco terrestre, de alta precisión, por el territorio nacional. La adaptación de métodos, experiencia y avance del trabajo condujeron al éxito de los resultados.

Al contrastar otros proyectos terminados en el extranjero, con las necesidades locales, fue orientada la estrategia de trabajo para diseñar un proyecto propio. A pesar de la falta de ingenieros geógrafos, Anguiano fue lo suficientemente hábil para convencer al gobierno y mediar la conveniencia de que la hacienda pública financiara los trabajos geodésicos a nivel nacional.

8. El trabajo de los ingenieros geógrafos de México

Esa situación de México, de principios del siglo XX, de no contar con ingenieros geógrafos expertos en el diseño y ejecución de la red geodésica nacional, requerida por la administración pública, respondía no sólo a la dependencia laboral del ingeniero geógrafo con el gobierno, particularmente con el poder ejecutivo federal, sino también a las exigencias propias del ejercicio profesional.

En efecto, el ingeniero geógrafo Agustín Aragón en una conferencia ante los estudiantes de la Escuela Nacional Preparatoria para promover las especialidades de la ingeniería, escribió cómo trabajaba el ingeniero geógrafo. El conferencista escribió que

El Ingeniero Geógrafo trabaja en la formación de las cartas de las naciones, de sus mapas, con los requisitos de la ciencia; queda ya dicho, pues está imbíbido, que el geógrafo ha de trabajar en el campo, subido a veces en los picos más altos de las sierras, acampando otras en las llanuras desiertas; ya se ha de hallar en la orilla de los mares como en el centro de los continentes, ora se le ve en el corazón de las ciudades, ora en las aldeas lejanas y ocultas, ya en los márgenes de los ríos, ya en las riberas de los lagos. El que no quiera malpasarse, el que no quiera trabajar de noche, y el que no quiera ser empleado de los gobiernos, que no sea Ingeniero Geógrafo, pues el trabajo de éste en el campo es, a veces muy penoso y en ocasiones lleno de tedio, frecuentemente es nocturno y a la intemperie, y sólo los gobiernos dan quehacer a los Ingenieros Geógrafos que se consagran a esa profesión.¹⁸²

¹⁸² Aragón, Agustín. "Sobre las aptitudes que deben tener los jóvenes que se dediquen a la carrera de Ingeniería, y las dificultades de adquisición de los conocimientos de la misma carrera, y ventajas del ejercicio de ésta", en *El Arte*

Sin duda, ese cuadro dejaba a la ingeniería geográfica poco atractiva como proyecto de vida cotidiana, familiar y, sobre todo, profesional. Difícilmente los jóvenes consagrarían dedicación y empeño a los estudios de esa especialidad. Además, la profesión, apuntó Aragón, requería de una constitución física personal especial, pues

...es menester que sea vigorosa, de constitución robusta. Un hombre endeble que pretenda seguir la carrera de ingeniería [geográfica] para ejercer en ella su actividad, no será el más a propósito, pues tendrá que ir a veces a lugares desiertos; debe saber montar a caballo, muchas veces tendrá que acampar en despoblado, al pie de los montes o en el fondo de las barrancas; tiene que subir cerros, atravesar llanos, a veces a pie, a veces sin cabalgadura, cargado en algunas ocasiones; debe ser hombre que resista a la fatiga, que no le hagan mella las inclemencias del tiempo, que resista del mismo modo los rigores del Sol de los trópicos que los hielos de los lugares muy fríos.¹⁸³

En resumen, la profesión exigía una formación científica de altura, un fuerte rendimiento profesional y unos dotes físicos personales que, junto con la competencia de los militares y las relaciones de poder establecidas con el Estado, dejaban una imagen pública y laboral reducida y de escaso impacto entre el estudiantado.

Una revisión de la ocupación de los ingenieros geógrafos a principios del siglo XX, permite indagar el ejercicio profesional de cada uno. Con motivo de la realización del Primer Congreso Científico Mexicano, organizado por la Sociedad Científica "Antonio Alzate", efectuado en la Ciudad de México del 9 al 14 de diciembre de 1914, ocho ingenieros geógrafos participaron, lo que representaba una muestra del cincuenta por ciento del total de estos profesionales.¹⁸⁴

En la "Lista general de los miembros del Congreso", aparece el nombre y empleo de cada ingeniero geógrafo participante, Manuel de Anda; Agustín Aragón, director de la "Revista Positiva"; Isidro Díaz Lombardo, director del Catastro; Leandro Fernández, Doctor Ex-Oficio de la Universidad Nacional; Joaquín Gallo, astrónomo del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya; Valentín

y la Ciencia. México, Año VIII. mayo y junio de 1907. Núms.

11 y 12. p.331

¹⁸³ Ibidem. p.324-325.

¹⁸⁴ Herrera, Alfonso L. *Actas y memorias del Primero Congreso Científico Mexicano, organizado por la Sociedad Científica "Antonio Alzate" y celebrado en la Ciudad de México, del 9 al 14 de diciembre de 1912*. Imprenta del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnología. México, 1912.

Gama, director del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya; Joaquín de Mendizabal Tamborrel y Ezequiel Pérez, director de la Oficina de Pesas y Medidas.¹⁸⁵

Ese listado muestra que los ingenieros geógrafos no cumplían funciones consideradas propias de la profesión, descritas por Aragón, como "en la formación de las cartas de las naciones, de sus mapas, con los requisitos de la ciencia", o bien en las difíciles condiciones del trabajo de campo. Al parecer ese grupo de ingenieros geógrafos debió buscar otra ocupación. Sólo trabajaban de noche los del Observatorio Astronómico Nacional.

Sin embargo, los ingenieros geógrafos habían encontrado condiciones de trabajo dentro de la burocracia de la administración pública y en la docencia de la Escuela Nacional de Ingeniería, al margen de la estrategia nacional para la formación de la carta general de la República con bases geodésicas. Esa actividad fue desempeñada sin enlaces tecno-científicos entre la dirección operativa de los militares del régimen del Presidente Díaz y la directiva de la Comisión Geodésica Mexicana.

La revolución de 1910, trajo cambios en el país. Una nueva administración del quehacer geográfico nacional fue impulsada. Por decreto del 15 de septiembre de 1915, Venustiano Carranza, encargado del Poder Ejecutivo, acordó que la Secretaría de Fomento fuera reorganizada. Pastor Rouaix fue el responsable de esa encomienda presidencial, consistente en "agrupar, bajo una misma Dirección, las distintas dependencias técnicas que aisladamente y sin concierto alguno, llevaban a cabo trabajos de índole semejante".¹⁸⁶

El Poder Ejecutivo buscaba que esa reforma contribuyera a mejorar los servicios públicos y a facilitar la tramitación de los asuntos oficiales". La Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos, fue integrada por la antigua Comisión Geodésica, la Geográfico-Explotadora, la de Cartografía y los Observatorios Meteorológico y Astronómico. Como director fue nombrado el ingeniero Pedro C. Sánchez. Esa resolución del ejecutivo fue tomada, mientras la Escuela Nacional de Ingenieros había suprimido los estudios profesionales del ingeniero geógrafo de México.

¹⁸⁵ *Ibidem*. p.15-26.

¹⁸⁶ Gallo, Joaquín. "La Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos y el Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya", en *Boletín del Observatorio Astronómico Nacional*. Departamento de Imprenta de la Secretaría de Fomento. México, Núm.5. 1916. p.165.

CONCLUSIONES

Los antecedentes de la ingeniería geográfica, como fue señalado, se remontan a España y Francia con una amplia trayectoria que inicia desde el siglo XVI y que llega al siglo XIX. Tarea del Estado francés fue promover de modo legal y académicamente las especialidades de la ingeniería. Los ingenieros geógrafos, civiles, militares y de minas fueron formados previamente en la Escuela Politécnica y después en las Escuelas de Aplicación de París. En esa organización la escuela de ingenieros geógrafos cerraba un largo ciclo de enseñanza informal.

No queda duda de que en el siglo XVIII y XIX, la enseñanza de la geodesia teórica fue propia del ingeniero geógrafo y su aplicación para series de mapas de los territorios de Egipto, Francia, Europa central y oriental hasta Rusia.

Con la derrota del imperio de Napoleón, la ingeniería geográfica, junto con el Estado Mayor francés, fueron encargados por el gobierno para ejecutar la carta general de Francia. El plan de 1824-1825 fue terminado por fases hasta 1882. Ese proyecto reunió el trabajo de más de ochocientos oficiales, entre ellos un centenar de ingenieros geógrafos.

Impulsado en el siglo XVI, España reinició en el siglo XIX el proyecto geográfico nacional. Ante la ausencia de ingenieros geógrafos, otras especialidades de la ingeniería como la de caminos, de minas y de montes se encargaron de ese trabajo geográfico de precisión.

Con estos antecedentes europeos y con la existencia de una tradición geográfica de la Nueva España, que incluía el trabajo del tlaculo y del agrimensor español, fue confirmada la asociación de componentes técnicos del trabajo geográfico colonial, que dieron resultados originales en esa dirección desde el siglo XVI en adelante.

Ello contribuyó para que, a fines del siglo XVIII, tuvieran un auge importante los trabajos geográficos a cargo de especialistas de distinta procedencia. Los ingenieros militares, que ejercieron un trabajo geográfico práctico para cumplir las necesidades militares y económicas de la corona española. Los novohispanos que, a petición de la administración colonial, realizaron trabajos geográficos prácticos puntuales y de reducido alcance territorial. La administración del Colegio de Minería, por su parte, implementó la práctica geográfica con fines de explotación minera.

Al acercarse el fin de la colonia, tanto Alzate como Humboldt apuntaron las consideraciones teóricas y prácticas más importantes de la geografía de ese periodo.

Los primeros intentos de formar ingenieros geógrafos en México estuvieron asociados al nuevo Estado y a los debates ideológicos sobre el modelo de país. Así, en los primeros años de la formación del Estado mexicano, el problema de la educación superior fue discutido sobre la permanencia del modelo de la universidad canónica o bien la apertura académica para fundar nuevas escuelas de ingeniería.

El grupo de Conservadores impulsaba a la universidad como institución encargada de los estudios superiores, apoyados en los agentes legislativos de origen hispano. Los liberales, en cambio, proponían arreglos profundos a la educación superior. Una educación orientada a la formación de ingenieros geógrafos, construcción naval, caminos, puentes y canales, minería y artillería.

En ese contexto surge la ingeniería geográfica de México como proyecto legislativo y político de un sector promotor de la utopía tecnológica, es decir el anticipo a futuros posibles para la docencia de especialidades de la ingeniería y, de modo especial, para el ejercicio profesional de la ingeniería geográfica.

Desde 1823, la legislación de los republicanos liberales buscaría articular opciones estratégicas para la operatividad de la ingeniería geográfica, junto con otras especialidades y proporcionar al país una educación especializada de altura académica.

La temprana presencia de las especialidades de la ingeniería nacional, en particular de la ingeniería geográfica no debe desestimarse como un catálogo de "buenas intenciones", pues fue significativo que la legislación haya identificado futuros deseables en el plano educativo y profesional de la geografía.

El peso político, económico y de seguridad nacional impidió el paso de la gestación y creación legal a la operación de escuelas de ingeniería. Sólo desde esta perspectiva, se explica la prolongada sobrevivencia de la administración del Colegio de Minería hasta 1867.

La respuesta del grupo conservador fue adaptar lo existente, no crear nada nuevo y detener la propuesta de los liberales de que México destinara fondos para las nuevas escuelas politécnicas y de aplicación de ingeniería, como la de ingenieros geógrafos. En los planes de 1828, 1830 y 1832 fue suprimida, sucesivamente, la propuesta original de los liberales de fundar escuelas de ingeniería.

En el plano profesional, los exitosos trabajos geográficos de Tomás Ramón del Moral de 1827-1829 demostraron la estrategia estatal más significativa de la época para dotar

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

a la administración pública de un trabajo geográfico y estadístico de una entidad de la federación.

En el ámbito federal, para impulsar la economía minera de la época Lucas Alamán pedía la formación de un Atlas geográfico y minero. Acción que centralizaba el trabajo geográfico en la Ciudad de México. En 1832, Tadeo Ortiz, en cambio, pedía al Poder Legislativo y Ejecutivo Federal la formación de una comisión geográfica integrada por personal especializado.

Tadeo Ortiz pedía resolver los grandes problemas geográficos nacionales: límites internacionales, el conocimiento de las costas y el interior del inmenso territorio. Ortiz proponía la formación de una legislación propia de ese trabajo y la vinculación de las operaciones de campo con los estudiantes del Colegio de Minería. La insuficiencia económica oficial y la inexistencia de ingenieros geógrafos del gobierno detuvieron la operatividad del plan.

En la obra científica de los primeros ingenieros geógrafos de México fueron incluidas propuestas semejantes a la de Ortiz, para que el gobierno impulsara el trabajo geográfico de alta precisión y alcances nacionales.

El atraso económico no impedía de manera absoluta el trabajo geográfico, pero sí el alcance territorial. La aplicación de los métodos de la ingeniería geográfica fueron puntuales y locales. Así trabajaron Francisco Díaz Covarrubias en el Valle de México, Puebla o San Luis Potosí, Francisco Jiménez en Teotihuacan y en Cuernavaca y José Salazar Ilarregui en Yucatán.

El año de 1843 merece atención porque fue adoptado el plan de especialidades de la ingeniería en la administración del plantel de Minería y también por la petición formal de que el Estado se encargara de impulsar el proyecto financiero y geográfico de alta precisión de la carta general de la República. La crisis económica, las intervenciones militares y la inestabilidad política alteraron esa propuesta.

Desde el punto de vista académico, la primera generación de ingenieros geógrafos surgieron en una época propicia para el trabajo profesional. La fundación del Ministerio de Fomento (1853) les permitió actuar en calidad de "expertos especializados a sueldo" para la administración pública.

Convertidos en funcionarios especializados, los ingenieros geógrafos ejercieron la dirección y ejecución del trabajo geográfico al frente de comisiones científicas patrocinadas por el gobierno, la operación de alta precisión y el empleo de los más modernos métodos y tecnología geográfica.

Los ingenieros geógrafos también desempeñaron funciones de orden burocrático como docentes, incorporados al cuerpo de

profesores del Colegio Nacional de Minería, después en la Escuela Nacional Preparatoria y en la Escuela de Ingenieros.

En la segunda mitad del siglo XIX la otra geografía, la independiente o heterodoxa, practicada por amateurs también fue impulsada. Esta geografía no contó con el reconocimiento oficial. Practicada de modo extraordinaria y escasos recursos, tampoco contaba con bases legales y académicas.

Para impulsar la geografía oficial, los ingenieros geógrafos escribieron al Presidente para informarle la estrategia para que el país emprendiera trabajos geográficos por el territorio nacional. Nuevamente, esas propuestas debían esperar otra organización estatista y administrativa.

En 1877, el regreso del militarismo en el Poder Ejecutivo Federal alteró la promoción profesional de la ingeniería geográfica. El presidente Porfirio Díaz favoreció a los militares del Estado Mayor para dirigir y operar el trabajo geográfico nacional, por medio de la Comisión Geográfico-Exploradora, hasta el periodo de la Revolución Mexicana.

El Ministerio de Fomento fue receptor de los ingenieros geógrafos. En el Observatorio Astronómico Nacional, fundado en 1877, los estudiantes de la ingeniería geográfica efectuaron las prácticas. Con el tiempo, los ingenieros geógrafos ocuparon la dirección del Observatorio de 1899 a 1946.

Al terminar el siglo XIX, los ingenieros geógrafos volvieron a escribir al Presidente sobre la necesidad de modificar la operación del trabajo geográfico nacional para formar unos documentos geográficos precisos y útiles para impulsar los proyectos de vías de comunicación, el conocimiento de la agricultura y la minería, los impuestos y el mantenimiento de la paz nacional.

El director del Observatorio, Angel Anguiano, propuso el cambio de los métodos topográficos por los geodésicos para la formación de la carta general de México. Ese fue el sentido original del proyecto legal, económico y tecnocientífico de la Comisión Geodésica Mexicana para ejecutar los trabajos geodésicos de México.

Sin embargo, ante la falta de experiencia de los ingenieros civiles, geógrafos y topógrafos en la aplicación de la geodesia teórica, la Comisión adaptó los formularios y el modelo de trabajo del Instituto Geográfico y Estadístico de España y del "Coast and Geodetic Survey" de los Estados Unidos. Aunque exitosos los trabajos de la Comisión Geodésica, no fueron coordinados con la producción de los mapas oficiales de la Comisión Geográfico-Exploradora.

De regreso al plano académico, a partir de 1892 el Poder Ejecutivo Federal promovió reformas académicas en la Escuela

de Ingenieros. Los catedráticos de la ingeniería geográfica expusieron una serie de consideraciones en torno al estado que guardaba la profesión.

Los puntos anotados fueron, el contraste del reducido número de ingenieros geógrafos titulados y la demanda oficial del trabajo geográfico de precisión en comisiones geográficas, de límites internacionales y para el levantamiento de grandes extensiones de terreno. También, la falta de la práctica de astronomía general y física, la de geodesia y el auspicio del Estado para que alumnos de la ingeniería geográfica realizaran esas prácticas como "pensionados" en "algunas de las comisiones que dependían del Ejecutivo".

Sin embargo, otra postura señalaba que la ingeniería geográfica estaba reducida a la determinación de coordenadas geográficas. Se pedía ampliar los estudios de astronomía observacional y que la práctica final de la profesión no fuera en comisiones geográficas, sino en el Observatorio Astronómico Nacional.

La falta de organización académica, la lejanía del trabajo geográfico en las comisiones del gobierno sobre el territorio y la "pequeña pensión" asignada a los alumnos para las prácticas, influyeron para el escaso atractivo social y profesional de los estudios del ingeniero geógrafo.

Aunque los estudios del ingeniero geógrafo no tuvieron mayores arreglos académicos en las reformas de 1897 y 1902, al comenzar el siglo XX el director interino de la Escuela de Ingeniería reconocía que la ingeniería geográfica no contaba con estudiantes porque no tenía "fuera del Estado ninguna demanda", y su ejercicio profesional exigía "grandes recursos" que sólo el gobierno podía proporcionar. Una opinión semejante apuntó Norberto Domínguez en 1907.

Al comenzar la Revolución Mexicana, la Escuela de Ingenieros proponía que la labor del ingeniero geógrafo debía ejecutarla el ejército, para preparar las cartas geográficas que el país necesitaba. Esa propuesta no prosperó.

En 1914, había dos planes de estudios de las especialidades de ingeniería en espera de aprobación por parte de la Secretaría de Instrucción Pública, a saber el de Luis Salazar de ese año y el de 1913 de la Junta de Profesores. Ambos diferían sustancialmente, pues el primero eliminaba definitivamente la ingeniería geográfica y el segundo la mantenía en la legislación universitaria.

El esporádico régimen militar de Victoriano Huerta, con la ley del 20 de abril de 1914 aprobaba el plan de Salazar. Éste fue el primer intento por eliminar la ingeniería geográfica de México. Como el régimen fue derrocado por el Ejército Constitucionalista la ley quedó sin efecto.

En el nuevo régimen constitucionalista el ingeniero geógrafo Valentín Gama fue rector de la Universidad. El gobierno pidió a la Universidad un nuevo plan de estudios de la Escuela de Ingeniería. El 29 de abril de 1915, Gama presentó un plan que no incluía a la ingeniería geográfica. Este fue el segundo intento y definitivo para eliminar ésta especialidad.

Gama dio las razones sociales que determinaron esa decisión. Los estudiantes de ingeniería aspiraban a satisfacer la "sed de riquezas y de los placeres"; la inestabilidad política reducía el ejercicio profesional del ingeniero geógrafo; el estilo personal de gobernar del Poder Ejecutivo Federal de remover empleados públicos, la lejanía y dificultad del trabajo geográfico para la formación de la carta del país de gran escala.

Gama volvía a proponer que el servicio cartográfico pasara al ejército. En ese trabajo, los jefes y oficiales no estarían expuestos a la eventualidad del trabajo, conocerían el país con fines militares y no causarían gastos económicos extraordinarios a la hacienda pública.

En contraste, mientras en la administración de la Universidad Nacional de México fue suprimida la ingeniería geográfica, el gobierno constitucional preparaba una nueva organización de los trabajos geográficos con la fundación, el 15 de septiembre de 1915, de la Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos.

Estos precedentes de la ingeniería geográfica de México forman tres fases académicas y profesionales de su desarrollo, a saber: unos orígenes legales y políticos asociados a los debates ideológicos sobre el nuevo Estado nacional y a la discusión sobre el impulso a los estudios profesionales. Más tarde, la utilización por parte del Estado de los ingenieros geógrafos, por la vía de la burocratización y la ejecución de un trabajo con reducidos alcances territoriales. Al final del siglo XIX se dan intentos de academización, pero el militarismo marginó a los ingenieros geógrafos del trabajo geográfico nacional, lo que trajo el declive profesional y después la eliminación de la ingeniería geográfica del país.

Índice de Cuadros

Cuadro 1	Proyecto de la carta de Francia, 1818	66
Cuadro 2	Presupuesto estimado para la carta de Francia, 1821	68
Cuadro 3	Alumnos de la clase de geografía del Seminario de Minería, 1802-1805	113
Cuadro 4	Escuelas de Ingeniería y cátedras de acuerdo con cada especialidad, plan de 1823	132
Cuadro 5	Cátedras de la Academia para perfeccionar la educación profesional, plan de 1826	136
Cuadro 6	Cátedras del Tercer Establecimiento de Ciencias Físicas y Matemáticas, plan de 1833	143
Cuadro 7	Cátedras del "agrimensor geógrafo", plan de 1833	144
Cuadro 8	Cátedras de los estudios preparatorios comunes a todas las especialidades de la ingeniería, plan de 1843	149
Cuadro 9	Estudios profesionales y cátedras del Colegio de Minería, plan de 1843	150
Cuadro 10	Facultad de Filosofía. Sección de ciencias físico-matemáticas: grados y cátedras, plan de 1854	154
Cuadro 11	Cátedras del bachiller, de las secciones de físico-matemática y de ciencias naturales, Reglamento de 1854	155
Cuadro 12	Estudios profesionales y cátedras del Colegio Nacional de Minería, plan de 1859	157
Cuadro 13	Cátedras de la Escuela de Minas, plan de 1861	159
Cuadro 14	Estudios profesionales y cátedras de la Escuela Nacional de Ingenieros, plan de 1867	164
Cuadro 15	Preparatoria para los ingenieros, Reglamento de 1868	166
Cuadro 16	Distribución de los estudios profesionales del ingeniero geógrafo, Reglamento de 1868	167
Cuadro 17	Preparatoria para los ingenieros, Reglamento de 1869	168
Cuadro 18	Distribución de los estudios profesionales del ingeniero geógrafo, Reglamento de 1869	169
Cuadro 19	Preparatoria y cátedras de los ingenieros, plan de 1881	171
Cuadro 20	Estudios profesionales y cátedras de la Escuela de Ingenieros, plan de 1881	172
Cuadro 21	Estudios profesionales y cátedras de la Escuela de Ingenieros, plan de 1883	174
Cuadro 22	Distribución de los estudios profesionales del ingeniero geógrafo, reglamento de 1883	175
Cuadro 23	Estudios profesionales del ingeniero geógrafo, propuesta de Manuel María Contreras, 1892	183
Cuadro 24	Estudios profesionales del ingeniero geógrafo, plan de 1897	186

Cuadro 25	Distribución de los estudios profesionales del ingeniero geógrafo, plan de 1902	191
Cuadro 26	Estudios profesionales del ingeniero geógrafo y astrónomo, propuesta de Luis Salazar, plan de 1907	199
Cuadro 27	Estudios profesionales del ingeniero geógrafo y astrónomo, plan de 1913	203
Cuadro 28	Ingenieros titulados del Colegio de Minería, 1835-1865	208
Cuadro 29	Ingenieros titulados de la Escuela Nacional de Ingeniería, 1876-1910	209
Cuadro 30	Los ingenieros geógrafos de México	211
Cuadro 31	Plan de trabajo científico de la Comisión de Geografía y Estadística del estado de México, 1827-1829	223
Cuadro 32	Distritos del estado de México, según la Ley Orgánica Provisional del 6 de agosto de 1824	224
Cuadro 33	Mapas de la Comisión de Geografía y Estadística del estado de México, 1827-1829	229
Cuadro 34	Presupuesto del personal de la Carta General de México, 1832	236

Bibliografía

- Acuña, R. (Ed.) (1984), *Relaciones Geográficas del Siglo XVI*: Antequera. UNAM-Instituto de Investigaciones Antropológicas. México.
- Alamán, L. (1825), *Memoria presentada a las dos camaras del Congreso General de la Federación, por el Secretario de Estado y del despacho de Relaciones Exteriores e Interiores al abrirse las sesiones del año 1825. Sobre el estado de los negocios de su ramo*. Imprenta del Supremo Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos en Palacio. México.
- : (1830), *Memoria de la Secretaría de Estado y del Despacho de Relaciones Interiores y Exteriores, leída por el Secretario del ramo en la Cámara de Diputados el día 12 de febrero de 1830, y en la de Senadores el día 13 del mismo*. Imprenta del Aguila, México.
- Almada, F. R. (1967), "La reforma educativa a partir de 1812", en *Historia Mexicana*, El Colegio de México, Vol. XVII. Núm. 1.
- Almaraz, R. (1865), *Memoria de los trabajos ejecutados por la Comisión Científica de Pachuca en el año de 1864*, Imprenta de J. M. Andrade y F. Escalante. México.
- Alzate R. J. A. (1831), "Estado de la geografía de la Nueva España, y modo de perfeccionarla", en *Gacetas de Literatura de México*. Reimpresas en la oficina de S. Pedro. Puebla. T. IV. p.123-124.
- : (1985), "Méritos, Servicios, obras escritas y publicadas y comisiones particulares del presbítero don... residente en México 1790", en Roberto Moreno (Ed.). José Antonio de Alzate. *Memorias y ensayos*. UNAM. México. (BEU:103).
- Anguiano, A. (1880), *Anuario del Observatorio Astronómico de Chapultepec para el año de 1881*. Imprenta de Francisco Díaz de León. México.
- : (1904), *Anales de la Comisión Geodésica Mexicana*. Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento. México, T. I.
- : (1913), *Cartografía Mexicana*. Imp. de Arturo García Cubas. México.
- Aragón, A. (1907), "Sobre las aptitudes que deben tener los jóvenes que se dediquen a la carrera de Ingeniería, y las dificultades de adquisición de los conocimientos de la misma carrera, y ventajas del ejercicio de ésta", en *El Arte y la Ciencia*. México, Año VIII. Núms. 11 y 12.
- "Atlas General de la República Mexicana comenzado a publicar en 1877 por el Ministerio de Fomento", (1877), en *Boletín del Ministerio de Fomento de la República Mexicana*. México, T. I. Núm. 8.
- Bagrow, L. (1964), *History of cartography*. Revised and enlarged by R.A. Skelton. C.A. Watts & Co. Ltd. London.

- Baranda, M. (1985), "Memoria del Secretario de Estado y del Despacho de Justicia e Instrucción Pública a las Cámaras del Congreso Nacional de la República Mexicana, en enero de 1844", en Staples, Anne (Ant.). *Educar: panacea del México independiente*. SEP. México.
- Baranda, M. y Lía García Verástegui. (1987), *Estado de México. Una historia compartida*. Gobierno del Estado de México/Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora. México
- Barreda, G. (1987), *La educación positivista en México*. Selección de Edmundo Escobar. Editorial Porrúa. México.
- Bartolucci, J. (1991), "Formación tardía de comunidades científicas. El caso de los astrónomos mexicanos", en *Quipu, Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*. México, Vol.8, Núm.3.
- Basalla, G. (1967), "The spread of western science". *Science*. Vol.156. núm. 3775. mayo.
- Becerra López, J. L. (1963), *La organización de los estudios en la Nueva España*. México.
- Bernal, J. D. (1986), *La ciencia en la historia*. UNAM-Nueva Imagen. 8a. ed.
- Berthaut, H. M. A. (1898), *La Carte de France. Etude Historique 1750-1898*. Paris. 2 vol.
- Bok, Bart J. (1986), "Astronomía mexicana 1930-1950", en Moreno Corral, Marco Arturo. (Comp.). *Historia de la astronomía en México*. FCE/CONACYT/SEP. México. (La Ciencia desde México\4).
- Brading, D.A. (1985), *Miñeros y comerciantes en el México borbónico (1763-1810)*. F.C.E. México.
- Broc, N. (1981), "Les grandes missions scientifiques francaises au XIXe siècle (Morée, Algérie, Mexique) et leurs travaux géographiques", en *Revue d'histoire des sciences*. T.XXXIV. 3-4.
- Burrus, E. J. (1967), *La obra cartográfica de la provincia mexicana de la Compañía de Jesús (1567-1967)*. Ediciones José Porrúa Turanzas. Madrid. I.
- Calderón Q. J. A. (1949), "Ingenieros militares en Nueva España", en *Anuario de Estudios Americanos*. Sevilla. T.VI.
- Calvillo, M. (1974), "Los proyectos de Constitución para México 1822-1824", en *La Republica Federal Mexicana Gestación y Nacimiento*. Obra conmemorativa de la fundación de la República Federal y de la creación del Distrito Federal en 1824. D.D.F. México. T.II.
- Cañedo, J. de D. (1829), *Memoria de la Secretaría de Estado y del Despacho de Relaciones Interiores y Exteriores de la República Mexicana, leída en la cámara de Diputados el 8 y en la de Senadores el 10 de Enero de 1829*. Imprenta del Aguila. México.
- Capel, H. (1980), "La personalidad geográfica de Varenio", en Varenio, Bernhard. *Geografía general en la que se explican las propiedades generales de la Tierra*. 2a ed. Ediciones de la Universidad de Barcelona.

- : (1981), "Manuel de Aguirre y la nueva geografía española del siglo XVIII", en Aguirre, Manuel de. *Indagaciones y reflexiones sobre la Geografía con algunas noticias previas indispensables (1782)*. Edición y Estudio Introductorio por Horacio Capel. Universidad de Barcelona. Barcelona.
- : (1982), *Geografía y Matemáticas en la España del siglo XVIII*. oikos-tau. ediciones. Barcelona.
- : (1983), *Filosofía y Ciencia en la Geografía contemporánea*. 2a ed. Barcanova. Barcelona.
- : (1988), et al. *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*. SERBAL\CSIC
- : (1988a), "Geografía y Cartografía", en Selles M. Peset, J. L. y Lafuente, A. (Comps). *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*. Alianza Editorial. Madrid.
- : (1990), *Historia de la ciencia e historia de las disciplinas científicas*. Facultad de Filosofía y Letras, U.N.A.M. México.
- Carrera E. M. (1967), "Relaciones geográficas de Nueva España, siglos XVI y XVIII", en *Estudios de Historia Novohispana*. UNAM-Instituto de Investigaciones Históricas. Vol. II. México.
- Castillo, A. del. (1884), *Informe que rinde el director de la Escuela N. de Ingenieros correspondiente al año de 1882*. Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento. México.
- Ciscar, G. (1825), *Curso de estudios elementales de marina*. Adaptado para el uso de las Academias náuticas de la República de México, según lo ordenado por su primer Presidente D. Guadalupe Victoria. México.
- Civeira T. M. (1970), "Desarrollo histórico de la Geografía en México", en *Boletín Bibliográfico de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público*. Núm. 430. Año XVI. enero.
- Claval, P. (1984), *Géographie humaine et économique contemporaine*. Presses Universitaires de France. Paris.
- Cline, H. F. (1972), "A Census of the Relaciones Geográficas of New Spain, 1579-1612", en *Handbook of Middle American Indians*. University of Texas Press. Austin. T.12.
- : (1972a), "The Relaciones Geográficas of Spain, New Spain, and Spanish Indies: An annotated bibliography", en *Handbook of Middle American Indians*. University of Texas Press. Austin. T.12.
- : (1972), "The Relaciones Geográficas of the Spanish Indies, 1577-1648", en *Handbook of Middle American Indians*. University of Texas Press. Austin. T.12.
- Clozier, R. (1949), *Les étapes de la Géographie* 2e ed. Presses Universitaires de France. Paris.
- Coatsworth, J. (1990), *Los orígenes del atraso*. Alianza Editorial Mexicana, México.
- Cody, W.F. (1953), "An index to the periodicals published by José Antonio Alzate y Ramírez", en *The Hispanic American Historical Review*. Vol. XXXIII. August.

- Colección de Decretos... (1850), Imprenta de J. Quijano. Toluca. T.II.
- Colección de leyes y decretos del Estado Libre de Oaxaca (1879), Imprenta del Estado, Oaxaca.
- Collet, J. (1887), *La carte de France dite de l'état-majour*. Gauthier-Villars. Paris.
- Compte, A. (1981), *Primeros ensayos*. F.C.E. México.
- Crone, G. R. (1978), *Maps and their makers*. An introduction to the History of cartography. 5th ed. Dawson. Archon Books.
- Cuadernos del Archivo Histórico de la UNAM. (1982), UNAM, Enero-abril, Núm.1. México.
- Chávez, E. A. (Dir.) (1903-1910), *Boletín de Instrucción Pública*. México.
- Dainville, F. de. (1960), "Enseignement de "géographes" et des "géomètres", en René Taton (Dir.) *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIIIe siècle*. Hermann. Paris.
- Daus, F. A. (1961), *Qué es la Geografía*. Editorial Columba. Buenos Aires.
- D'Avezac, M. (1863), "Coup d'oeil historique sur la projection des cartes de géographie", en *Bulletin de la Société de Géographie*. Paris. avril et mai.
- Debus, A. G. (Ed.). (1968), *World Who's who in science*. A biographical dictionary of notable scientists from antiquity to the present. Marquis-who's who inc.
- Derrotero de las islas antillas, de las costas de tierra firme, y de las del seno mexicano, corregido y aumentado y con un apéndice sobre las corrientes del Océano Atlántico a mandado reimprimir. (1825), Por el Exmo. Sr. D. Guadalupe Victoria, Primer Presidente de la República Mexicana. México.
- Deschamps, H. (1971), *Historia de las exploraciones*. Oikos-tau. Barcelona.
- Díaz, A. (1877), "Informe sobre el estado actual de la Cartografía", en *Memoria presentada al Congreso de la Unión por el Secretario de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización, Industria y Comercio de la República Mexicana* Vicente Riva Palacio, corresponde al año transcurrido de diciembre de 1876 a noviembre de 1877. Imprenta de Francisco Díaz de León, México.
- Díaz C. F. (1857), "Dirección General de la Comisión para levantar el plano del Valle de México". *Memoria de la Secretaría de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización, Industria y Comercio de la República Mexicana escrita por el Ministro del ramo C. Manuel Silceo, para dar cuenta con ella al Congreso Constitucional*. Imprenta de Vicente G. Torres. Documento Núm. 10.
- : (1867), *Nuevos métodos astronómicos para determinar la hora, el azimut, la latitud y la longitud geográficas con entera independencia de medidas angulares absolutas*. Imprenta del Gobierno, en Palacio. México.

- : (1868-1869), *Tratado de Topografía y de Geodesia con los primeros elementos de astronomía práctica*. Imprenta del Gobierno, en Palacio. 2 tomos. México.
- : (1872), "Determinación de la diferencia de longitudes geográficas entre las ciudades de México y Puebla, por medio del telégrafo electro magnético", en *Anales de la Sociedad Humboldt*. Imprenta de Ignacio Escalante. México, T.I.
- Díaz R. F. (1946), *Estudio preliminar sobre la manera de proceder al levantamiento de la Carta Militar, Catastral, Civil y Política del país*. Reproducción facsimilar del MS. de 1896. Prólogo del Ing. Marte R. Gómez. Taller de offset de la Comisión Nacional de Irrigación. México.
- Dien, Ch. (s/a), *De l'usage des Globes et des sphères ou choix des problèmes les plus intéressants relatifs a la Géographie mathématique et aux principaux phénomènes célestes*. E. Bertaux, Libraire-éditeur. Paris.
- Domínguez, N. (1907), "El porvenir de la carrera de Ingenieros en México", en Ezequiel A. Chávez (Dir.). *Boletín de Instrucción Pública*, México. T. VIII.
- Dublán, M. y José Ma. Lozano. (1876), *Legislación mexicana o colección de las disposiciones legislativas expedidas desde la independencia a la República*. Imprenta de Comercio. México.
- Echeagaray, J.I. (Ed.). (1980), *Cartografía Novohispana una selección de los manuscritos y grabados que, al respecto, se conservan en el Museo Naval de Madrid*. San Angel Ediciones. México.
- Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo-Americana*. (1925), Hijos de J. Espasa, Editores. Barcelona. Primera parte. T.XXVIII.
- Espinosa de los Monteros, J. J. (1827), *Memoria del Ministerio de Relaciones Interiores y Exteriores de la República Mexicana, leída en la Cámara de Diputados el 10, y en la de Senadores el 12 de Enero de 1827*. Imprenta del Supremo Gobierno, en Palacio, México.
- "Estado Mayor y organización del Ejército". (1881), en *Memoria que el Secretario de Estado y del Despacho de Guerra y Marina General de División Gerónimo Treviño, presenta al Congreso de la Unión en 31 de mayo de 1881, y comprende del 10 de diciembre de 1877 a la expresada fecha; lleva además un apéndice hasta el mes de diciembre del mismo año de 1881*. Tipografía de Gonzalo A. Esteva, T.I. México.
- Fall, Y. K. (1983), "Las cartas de rumbos y su utilización en los siglos XIV y XV". en *Revista de Indias*. Instituto "Gonzalo Fernández de Oviedo". C.S.I.C.. Madrid. Vol. XLIII. Núm. 172.
- Fayet, J. (1960), *La Révolution française et la science 1789-1795*. Librairie Marcel Rivière. Paris.
- Fernández, J. (1902), *Plan de estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros*. Imprenta del Gobierno. México.

- Florescano, E. e Isabel Gil. (1988), "La época de las reformas borbónicas y el crecimiento económico, 1750-1808", en *Historia general de México*. El Colegio de México\Harla. México. T.I.
- Fontanillo M. E. (Dir), (1986), *Diccionario de Geografía*. Anaya, Madrid.
- Forbes, R. J. (1958), *Historia de la técnica*. F.C.E. México.
- Galarza, J. (1990), *Amatl, Amoxtlí. El papel, el libro*. Editorial Tava. México.
- Gallo, J. (1916), "La Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos y el Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya", en *Boletín del Observatorio Astronómico Nacional*. Departamento de Imprenta de la Secretaría de Fomento. México, Núm.5.
- Gallois, L. (1909), "L'Académie des sciences et les origines de la carte de Cassini", en *Annales de Géographie*, núm. 99. mayo. Paris.
- Gama, V. (1933), "Consideraciones acerca de la cartografía en México y sobre la manera de promover el adelanto de la misma", en *Primer centenario de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística 1833-1933*. Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, México.
- García C. A. (1861), *Memoria para servir a la Carta General de la República Mexicana*. Imprenta de Andrade y Escalante. México.
- García L. J. M. (1986), "Federalismo y centralismo en América Latina. Siglo XIX", en *El pensamiento latinoamericano en el siglo XIX*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Pub. Núm. 419. México.
- García M. B. (1975), "La Comisión Geográfico-Exploradora", en *Historia Mexicana*. Vol. XXIV. Núm.4.
- García, G. (1982), "Crónica oficial de las fiestas del primer Centenario de la Independencia de México", en *Cuadernos del Archivo Histórico de la UNAM*. UNAM. Núm.1. México.
- Garfías M. L. (1979), "La Comisión Geográfico Exploradora", en *Revista del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos*. T.III. Mayo.
- Garza, M. de la (Coord.). (1983), *Relaciones Histórico-Geográficas de la gobernación de Yucatán*. UNAM-Instituto de Investigaciones Filológicas. México. 2 vol. T.I.
- Goetzmann, W.H. (1958), "The United States-Mexican Boundary Survey, 1848-1853", en *Southwestern Historical Quarterly*, october, Vol. LXII.
- González, L. "El liberalismo triunfante", en *Historia general de México*. El Colegio de México\Harla. México. T.I.
- Goodman, D. (1990), *Poder y penuria. Gobierno, tecnología y sociedad en la España de Felipe II*. Alianza Editorial. Madrid.
- Gorbea T. J. (1967), "La arquitectura militar en la Nueva España", en *Estudios de Historia Novohispana*. UNAM-Instituto de Investigaciones Históricas. Vol. II. México.

- Greenberg, J. (1987), "Issac Newton et la théorie de la figure de la Terre". *Revue d'histoire des sciences*. T.XL. 3-4.
- Grimal, P. (1958), *Dictionnaire des biographies*. Presses Universitaires de France. Tomo primero. París.
- Gutierrez de E, J. M. (1835), *Memoria de la Secretaría de Estado y del Despacho de Relaciones Interiores y Exteriores, presentada por el Secretario del ramo a las Camaras del congreso general, en cumplimiento del artículo 120 de la Constitución, y leída en la de Diputados el día 26 y en la de Senadores el 30 de Marzo de 1835*. Imprenta del Aguila, Méjico.
- Hagen H. W. et al. (1987), *Alexander von Humboldt La vida y la obra*. Prólogo de Pierre Bertaux. C.H. Boehringer Sohn. Ingelheim am Rhein.
- Hernández I. L. I. (1983), *Geografía: fundamento de su teoría del conocimiento*. UNAM-FFyL. Colegio de Geografía. México. Tesis profesional.
- : (1990), "Sistemática del saber científico geográfico", en *Ilhuicac*. Vol.1. Núm.1. México.
- Herrera, A. L. (1912), *Actas y memorias del Primero Congreso Científico Mexicano, organizado por la Sociedad Científica "Antonio Alzate" y celebrado en la Ciudad de México, del 9 al 14 de diciembre de 1912*. Imprenta del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnología. México.
- Hettner, A. (1987), "La naturaleza y los cometidos de la Geografía". *Geocrítica*. Cátedra de Geografía Humana de la Universidad de Barcelona. 70. Julio.
- Hewitt, Harry P. (1990), "The Mexican Boundary Survey Team: Pedro García Conde in California", en *The Western Historical Quarterly*, may, Vol.XXI.
- : (1991), "The Mexican Commission and Its Survey of the Río Grande River Boundary, 1850-1854", en *Southwestern Historical Quarterly*, april, Vol.XCIV, No.4.
- : (1992), "El deseo de cubrir el honor nacional": Francisco Jiménez and the Survey of the Mexican-United States Boundary, 1849-1857", en *La ciudad y el campo en la Historia de México*. Memoria de la VII Reunión de Historiadores Mexicanos y Norteamericanos. U.N.A.M., México. T.II.
- Humboldt, A de. (1836), "Análisis razonada del atlas geográfico y físico de la Nueva España", en *Ensayo Político sobre Nueva España*. Traducido al castellano por don Vicente González Arnao. Tercera edición corregida, aumentada y adornada con mapas. 5 vols. Librería de Lecointe. París. T.V.
- : (1836), "Análisis racionada del mapa de la isla de Cuba", en *Ensayo Político de la Isla de Cuba*. Con un mapa de la Isla. 2a. ed. corregida Librería Lecointe. París.
- : (1970), *Tablas Geográficas Políticas del reino de Nueva España y correspondencia mexicana*. Dirección General de Estadística. México.

- : (1980), *Cartas americanas*. Compilación, prólogo, notas y cronología Charles Minguet. Biblioteca Ayacucho. Caracas.
- Humboldt, A. de y A. Bonpland. (1826), *Viage a las regiones equinocciales del Nuevo Continente, hecho en 1799 hasta 1804, por...* En casa de Rosa. Imprenta Pochard. Paris. T.I.
- Ibarrola, J. R. de. (1911), *Apuntes sobre el desarrollo de la ingeniería en México*. Tip. de la Viuda de F. Díaz de León, Sucs. México.
- Ishaq ibn al-Hasan al-Zayyat. (1989), *El Dikr Al-Aqalim* (Tratado de Geografía Universal). Francisco Castelló (Ed.). C.S.I.C./Universidad de Barcelona.
- Izquierdo, J. J. (1958), *La primera casa de las ciencias en México. El Real Seminario de Minería (1792-1811)*. Ediciones Ciencia. México.
- Jiménez, F. (1865) "Memoria sobre la determinación astronómica de San Juan Teotihuacan", en Almaraz, Ramón. op. cit.
- : (1866), *Memoria sobre la determinación astronómica de la ciudad de Cuernavaca*. Imprenta de Andrade y Escalante. México.
- Johnston, R.J. Gregory, D. y Smith, D. M. (1987), *Diccionario de Geografía Humana*, Alianza Editorial, Madrid.
- Joly, F. (1979), *La Cartografía*. Editorial Ariel. Barcelona.
- Jomini, G. B. de. (s/a), *Atlas portatif pour l'intelligence des relations des dernières guerres, publiées sans plans; notamment pour la vie de Napoléon*. Anselin. Paris.
- Lucas de L. J. y Velázquez de León, J. (1979), *Representación que a nombre de la minería de esta Nueva España hacen al rey nuestro señor...* SEPT. México. Edición facsimilar. Introducción por Roberto Moreno.
- Keuning, J. (1955), "The history of geographical map projections until 1600". *Imago Mundi*. XII. London.
- Kip F. J. (1961), "Engineering and Science: A Historical Review and Appraisal". en *Technology and Culture*. Detroit. Vol.II. No.4.
- Kish, G. A source book in *Geography*. (1978), Harvard University Press. Cambridge.
- Kretschmer, K. (1942), *Historia de la Geografía*. 3a ed. Editorial Labor. Barcelona.
- La Condamine y la expedición de los académicos franceses al Ecuador 250 aniversario 1735-1985*. (1987), Actas del Coloquio Internacional. I.P.G.H./Universidad Paris X-Nanterre. México.
- La Fuente, A. y Delgado, A. J. (1984), *La geometrización de la Tierra: observaciones y resultados de la expedición geodésica hispano-francesa al virreinato del Perú (1735-1744)*. C.S.I.C. Madrid. (Cuadernos Galileo de Historia de la Ciencia 3).

- Lafuente, A. (1983), "Los elementos de un debate científico durante la primera mitad del siglo XVIII: la cuestión de la figura de la tierra". *Geocrítica*. Cuadernos Críticos de Geografía Humana 46. Universidad de Barcelona. julio.
- : (1983), "Una ciencia para el Estado: la expedición geodésica hispano-francesa al virreinato del Perú (1734-1743)". en *Revista de Indias*. Instituto "Gonzalo Fernández de Oviedo". Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. Vol. XLIII. Núm. 172.
- Lafuente, A. et Peset, J. L. (1984), "La question de la figure de la Terre. L'agonie d'un debat scientifique au XVIIIe siècle". *Revue d'histoire des sciences*. T.XXXVII. 3-4.
- Lafuente, A. y Mazuecos, A. (1987), *Los caballeros del punto fijo*. Ciencia, política y aventura en la expedición geodésica hispanofrancesa al virreinato del Perú en el siglo XVIII. SERBAL/C.S.I.C. Madrid.
- Landes, D. S. (1979), *Progreso tecnológico y revolución industrial*. Editorial Tecnos. Madrid.
- Langis, J. (1980), "Sur la première organisation de l'École polytechnique. Texte de l'arrêt du 6 firmaire an III", en *Revue d'histoire des sciences*. T. XXXIII. 4.
- Latour, Bruno. (1987), *Science in action*. Harvard University Press. Cambridge. Massachusetts.
- Lemoine, E. (1970), *La Escuela Nacional Preparatoria en el período de Gabino Barrera 1867-1878*. U.N.A.M. México.
- León, L. G. (1911), *Los progresos de la Astronomía en México, desde 1810 hasta 1910*. Tip. de la Vda. de F. Díaz de León Sucs. México.
- Ley de Instrucción para las Escuelas Nacionales de Ingenieros y de Agricultura*. Reglamento de la Ley. (1883), Imp. de la Secretaría de Fomento. México.
- Leyes y reglamento para el arreglo de la instrucción pública en el Distrito Federal*. (1834), En la Imprenta de la Dirección de Instrucción Pública, en la casa de pobres, por Agustín Guinol.
- "Lista de los ingenieros civiles, arquitectos, de minas, agrónomos, etc, etc., a quienes se les ha expedido título profesional (de 1868 a 1905)", (1906), en Ezequiel A. Chávez. (Dir.). *Boletín de Instrucción Pública*. México. T.VI.
- Livingstone, D. N. (1990), "Geography", in R.C. Olby, G.N. Cantor, J.R.R. Christie y M.J.S. Hodge (Ed.) *Companion to the History of Modern Science*. Routledge, Londres.
- López P. J. M. (1979), *Ciencia y técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII*. Editorial Labor. Barcelona.
- López, T. (1795), *Principios geográficos aplicados al uso de los mapas*. Tercera edición. Imprenta de Don Benito Cano. Madrid. T.II.

- Lozano M. M. (1992), "El Instituto Nacional de Geografía y Estadística y su sucesora la Comisión de Estadística Militar", en *Los orígenes de la ciencia nacional*, Juan José Saldaña (Ed.) Cuadernos de Quipu: 4. Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología/Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México.
- Lugue A. E. (1970), *La educación en la Nueva España*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas-Escuela de Estudios Hispano-Americanos de Sevilla. Sevilla.
- Macune, Ch. W. (1978), *El estado de México y la federación mexicana*. F.C.E. México.
- Maldonado K. M. (1960), *Una triangulación del Valle de México en el siglo XVIII*. I.P.G.H. Buenos Aires. (Separata de la *Revista de Cartografía* Año 8, Núm. 8).
- : (1964), "La Commission Scientifique du Mexique, 1864-1869", en Beltrán, Enrique (Ed.). *Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia*. Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología. México, T.I.
- : (1968), "Los grandes atlas geográficos de México", en *Anuario de Geografía*. UNAM-PPyL. Año VIII. México.
- : (1969), "Observaciones astronómicas en México a fines del siglo XVIII", en *Anuario del Observatorio Astronómico Nacional para el año de 1970*. UNAM-Instituto de Astronomía. Año XC. México.
- : (1970) "Observaciones astronómicas y altimétricas de Alejandro de Humboldt en México (1803-1804)", en *Anuario del Observatorio Astronómico Nacional para el año de 1971*. UNAM-Instituto de Astronomía. año XCI. México.
- Malte-Brun, C. (1810-1817), *Geographic Universelle, ancienne et moderne, mathématique, physique, statistique, politique et historique des cinq parties du monde*. Chez Desray. libraire. Paris. T.I.
- Martínez de Lejarza, J. J. (1974), *Análisis estadístico de la Provincia de Michoacán en 1822*. Fimax Publicistas, Morelia, Michoacán.
- Martínez, J. L. (1987), "México en busca de su expresión", en *Historia General de México*. El Colegio de México. México. T.2.
- Martone, E. de. (1954), *La evolución de la Geografía*. Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. (tr. del original en francés de 1934 por Miguel A. Sánchez Lamego) México.
- Mateos, J. A. (s/f), *Historia parlamentaria de los congresos mexicanos*. Imprenta de José Vicente Villada. México, T.III.
- Mauptertuis, P.L. M. de. (1965), "Éléments de Géographie", en *Oeuvres*. Georg Olms Verlagsbuchhandlung Hildesheim. Germany. Vol. III.
- May, J.A. Kant's concept of geography and its relation to recent geographical thought. (1970), Department of Geography. University of Toronto Press.

- Melon, A. (1977), "Ocaso de la Geografía clásica". en *Estudios Geográficos*. C.S.I.C. Instituto "Juan Sebastian Elcano". XXXVIII, 146-147. Madrid.
- Memoria que el Secretario de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización, Industria y Comercio presenta al Congreso de la Unión. (1868), Imprenta del Gobierno, en Palacio. México.
- Mendoza Vargas, H. (1989). *Historia de la Geografía en México, siglo XIX*. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía. México. (Tesis profesional).
- : (1991). "Humboldt y la Geografía de Latinoamérica". *Memoria del III Encuentro de Geógrafos de América Latina*. I.N.E.G.I. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca. 18 al 22 de marzo de 1991, T.I.
- Meneses M. E. (1983), et al. *Tendencias educativas oficiales en México, 1821-1911*. Editorial Porrúa, México.
- Merton, R. (1964), *Teoría y estructura sociales*. F.C.E. México,
- Michel, H. (1960), "Astrolabistes, Géographes et Graveurs Belges du XVII^e siècle". en *La science au seizième siècle*. Hermann. Paris.
- Mier y Terán, Manuel, (1826), *Memoria del Secretario de Estado y del Despacho de la Guerra, presentada a las Cámaras en enero de 1825*. Imprenta del Supremo Gobierno, en Palacio.
- Mílada, B. (1984), "La enseñanza y la práctica de la ingeniería durante el porfiriato", en *Historia Mexicana*. Vol. XXIII. Núm.3.
- Miranda, J. (1962), *Humboldt y México*. UNAM-Instituto de Historia. México.
- Modesto, B. (1955), *La minería y la metalurgia en la América Española durante la época colonial*. F.C.E. México.
- Molina, I. (Tr.). (1889), "El Servicio Geográfico del Ejército Francés". En *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*. México. T.II.
- Mollat, M. (1990), *Los exploradores del siglo XIII al XVI*. Primeras miradas sobre nuevos mundos. F.C.E. México.
- Moncada M. J. O. (1988), "Military cartography and the knowledge of New Spain. The military Engineers in the eighteenth century", en *Proceedings of the 13th. International Cartographic Conference*. SPP-INEGI. México. Vol.1.
- : (1989), "La institucionalización de la Geografía en México, siglo XIX", en Saldaña, Juan José. (Ed.). *Memorias del Primer Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*. México, T.I.
- Montes, E. (1881), *Proyecto de ley orgánica de la Instrucción pública en el Distrito Federal*. Edición de la "Voz de México". Imprenta de J.R. Barbedillo y Ca. México.
- Mora, J. M. L. (1837). "Pensamientos sueltos sobre educación pública", en *Obras sueltas*. Librería de Rosa, Paris. T.II.

- Moral, T. R. del, (1852), *Curso elemental de Geodesia para uso de los alumnos del Colegio Nacional de Minería*. Imprenta de Vicente García Torres, México.
- : (1980), "Preliminar", en Noriega, Joaquín. *Estadística del Departamento de México, formada por la comisión nombrada por el Ministerio de Fomento, y presidida por el Sr. D... Edición facsimilar de la de 1854*. Biblioteca Enciclopédica del Estado de México. México.
- Moreno C. M. A. (1984), "Los primeros años del Observatorio Astronómico Nacional", en *Anuario del Observatorio Astronómico Nacional para el año de 1985*. Año CV, México.
- : (1986), *Odisea 1874 o el primer viaje internacional de científicos mexicanos*. FCE/CONACyT/SEP. México. (La Ciencia desde México\15).
- Moreno, R. (1977), *Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el Valle de México 1773-1775*. UNAM-Instituto de Investigaciones Históricas. México.
- : (1986), *Ensayos de historia de la ciencia y la tecnología*. UNAM-Instituto de Investigaciones Históricas. México.
- Mumford, L. (1987), *Técnica y civilización*. Alianza Universidad 11. Madrid. 4a. reimp.
- Nadal, F. y Urteaga, L. (1990), "Cartografía y Estado: los mapas topográficos nacionales y la estadística territorial en el siglo XIX". *Geocrítica*, 88. Barcelona.
- Nentuig, J. (1977), *El rudo ensayo. Descripción geográfica natural y curiosa de la provincia de Sonora, 1764*. Margarita Nolasco Armas. et al. S.E.P-I.N.A.H. México.
- Niox, G. (s/a) *Notice sur la carte du Mexique au 1/3,000,000*. Librairie militaire de J. Dumaine. Paris.
- Nordenskiöld, N. A. E. (1961), *Facsimile Atlas to the early history of cartography with reproductions of the most important maps printed in the XV and XVI centuries*. Translated from the swedish original by Johan Adolf Ekelöf and Clements R. Markham. Kraus Reprint Corporation. New York.
- Noticia de las personas aprobadas en la Escuela Nacional de Ingenieros para ejercer alguna de las profesiones establecidas en ella formada por la Secretaría de la misma escuela, comprende desde el 5 de febrero de 1859 hasta el 30 de septiembre de 1894*. (1894), Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento. México.
- O'Gorman, E. (1960), "Precedentes y sentido de la revolución de Ayutla", en *Seis estudios históricos de tema mexicano*. Universidad Veracruzana, Xalapa.
- Orbegozo, J. (1980), "Resultado del reconocimiento hecho en el Istmo de Tehuantepec de orden del Supremo Gobierno", en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*. Edición facsimilar de la de 1839 y 1850. Núm.1. México.
- Orozco y Berra, M. (1862), "Memoria para la Carta Hidrográfica del Valle de México", en *Boletín de la*

- Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. Tomo IX, México.*
- : (1864), *Geografía de las lenguas y Carta etnográfica de México precedidas de un ensayo de clasificación de las mismas lenguas y de apuntes para las migraciones de las tribus.* Imprenta de J.M. Andrade y F. Escalante. México.
- : et al. (1866), *Posiciones geográficas de varios puntos del Imperio Mexicano.* Imprenta de J.M. Andrade y F. Escalante. México.
- : (1881), *Apuntes para la historia de la Geografía en México.* Imprenta de Francisco Díaz de León. México.
- Ortega, F. (1825), *Ensayo de una memoria estadística del Distrito de Tulancingo.* Impreso de orden del Exmo. Sr. Gobernador del Estado. Imprenta del ciudadano Alejandro Valdés. México.
- Ortega, R. (1897), *Anuario de legislación y jurisprudencia. Sección de legislación.* México.
- Ortelius, A. (1964), *Theatrum Orbis Terrarum.* With an introduction by R.A. Skelton. Meridian Publishing Co. Amsterdam. T.III.
- Ortiz de A. S. T. (1968), *Resumen de la estadística del Imperio Mexicano 1822.* UNAM, México.
- : (1987), *México considerado como nación independiente y libre.* Edición facsimilar de la de 1832. Instituto Nacional de Estudios Históricos de la Revolución Mexicana. México.
- Otto Fritz de la Orta, G. (1989), *Principales acontecimientos en la historia del Seminario de Minería o Escuela Nacional de Ingenieros desde 1773 hasta 1900.* México.
- Paladines, C. (1986), "La herencia ilustrada", en *El pensamiento latinoamericano en el siglo XIX.* Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Pub. Núm. 419. México.
- Pederson, O. (1973), "Ortelius (o Oertel), Abraham, 1527-1598". en Guillispie, Charles Coulston (ed.). *Dictionary of Scientific Biography.* Charles Scribner's Sons. Nueva York. T.X.
- Pérez H. J. M. (1874), "De las relaciones íntimas entre la estadística, la geografía, la aritmética política y la economía", en *Curso elemental de Estadística o tratado de las formaciones de estadísticas.* Imprenta del Cinco de Mayo. México.
- Pérez, M. (1877), "Distribución de los premios concedidos a los expositores de México en Filadelfia", en *Boletín del Ministerio de Fomento de la República Mexicana.* México. T.I. Núm.10.
- Phillips, P. L. (Ed.), (1912), *The Lowery Collection. A descriptive list of maps of the spanish possessions within the present limits of the United States, 1502-1820,* by Woodbury Lowery. Government Printing Office. Washington.

- Pinchemel, P. (1985), "L'histoire de la Geographie. Évolution chronologique". *Encyclopaedia Universalis*. Encyclopaedia Universalis France. Corpus 8. Paris.
- Polanco, X. (1986), "La ciencia como ficción. Historia y contexto". en Juan José Saldaña (Ed.) *El perfil de la ciencia en América*. Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología. (Cuadernos de Quipu: 1). México.
- Portulano de la America Setentrional dividido en quatro partes. (1825), Publicado por orden del Esemo Sor D, Guadalupe Victoria, Primer Presidente de la República Mexicana, México. 1 mapa de México de M.B. Bueno.
- Proyecto del plan de estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros aprobado por la Junta de Profesores. (1913), Tipografía de "El Escritorio". México.
- Pruneda, A. (1928), *Plan de estudios de la Facultad de Ingeniería*. Talleres Gráficos de la Nación. México.
- Puissant, L. (1842), *Traité de Géodésie, ou exposition des méthodes trigonométriques et astronomiques, applicables a la mesure de la Terre, et a la construction du canevas des cartes topographiques*. Troisième édition. Bachelier. Paris. T.I.
- Ramírez, I. (1889), "Plan de estudios" en *Obras*. Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento. México. T.II.
- Ramírez, S. (1982), *Datos para la historia del Colegio de Minería*. UNAM-SEFI. México.
- Ramos-Catalina, M. L. (1956), "Expediciones científicas a California en el siglo XVIII", en *Anuario de Estudios Americanos*. T.XIII. Sevilla.
- Ramos E. C. (1972), *Planes educativos en México independiente 1821-1833*. The University of Texas, Austin, Tesis de Maestría.
- Ramos, L. M. P. "La Nueva Física y su Relación con la Actividad Minera en la Nueva España", en *Los orígenes de la ciencia nacional*, Juan José Saldaña (Ed.) Cuadernos de Quipu: 4. Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología/Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México.
- Randles, W.G.L. (1990), *De la tierra plana al globo terrestre. Una rápida mutación espistemológica, 1480-1520*. F.C.E. México.
- Real Ordenanza para el establecimiento e instrucción de Intendentes de ejército y provincia en el reino de la Nueva España 1786*. (1984), UNAM-Instituto de Investigaciones Históricas. México. (Serie facsimilar Nueva España/1).
- Robert M. A. C. (1990), *Geografía pequena história crítica*. HUCITEC. Sao Paulo.
- Robertson, D. (1972), "The Pinturas (Maps) of the Relaciones Geográficas, With a Catalog", en *Handbook of Middle American Indians*. University of Texas Press. Austin. T.12.
- Robinson, A. H. (1982), *Early Thematic mapping in the history of cartography*. The University of Chicago Press.

- Robles P. L. (1866), *Memoria presentada a S.M. el emperador por el ministro de Fomento... de los trabajos ejecutados en su ramo el año de 1865*. Imprenta de J.M. Andrade y F. Escalante México.
- Robles, M. (1986) *Educación y sociedad en la historia de México*. Siglo veintiuno editores. México.
- Rodríguez B. I. (1992). "La geografía en el proyecto nacional de México independiente, 1824 1835". en *Interciencia*. Vol 17 Núm.3 Caracas.
- : (1992b), "Ciencia y Estado en México: 1824-1829", en Saldaña, Juan José (ed). *Los orígenes de la ciencia nacional*.
- Romero, J. G. (1863), *Reseña de los trabajos científicos de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística en 1862*. Imp. de Vicente G. Torres. México.
- Ruiz de Esparza G., J. et al. (1991), *La enseñanza de la ingeniería mexicana, 1792-1990*. SEPI-UNAM. México.
- Rupert H. A. (1961), "Engineering and the Scientific Revolution". en *Technology and Culture*. Detroit. Vol.II. No.4.
- Sáenz de la Calzada, C. (1969), "La Comisión Geográfico-Exploradora", en *Anales de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*, México, Núm.1.
- Salazar, L. (1911), *Proyecto del Plan de Estudios de la Escuela de Ingenieros*. Presentado a la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes por el director de la Escuela, y sometido al examen de la Junta de Profesores. Tip. de la Oficina Impresora de Estampillas. México
- Saldaña, J. J. (1985), "La ideología de la ciencia en México en el siglo XIX", en *La ciencia moderna y el nuevo mundo*. C.S.I.C./Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología. Madrid.
- : (1987), "The failed search for 'useful know': Enlightened scientific and technological policies in New Spain", en Juan José Saldaña. (Ed.). *Cross Cultural Diffusion of Science*. Sociedad Latinoamericana de Historia de la Ciencia y la Tecnología. (Cuadernos de QUIPU 2).
- : (1989), "La ciencia y el leviatán mexicano", en González Claverán, Virginia (ed). *Actas de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*, vol. I. México.
- : (1992), "Science et pouvoir au XIXe Siècle. La France et le Mexique en perspective", en *Science and Empires*. Petitjean, P. et al. (Eds.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.
- : (1992a), "Acerca de la Historia de la Ciencia Nacional", en Saldaña, Juan José. (ed.), *Los orígenes de la ciencia nacional* (Cuadernos de QUIPU 4).
- : (1993), "Nuevas tendencias en la historia latinoamericana de las ciencias" en *Cuadernos Americanos*, Año VII, Vol.2, México.

- Salomon, J. J. (1984), "What is technology? The issue of its origins and definitions", en *History and Technology*. Vol. 1.
- Sánchez, F. R. (1980), *Historia de la Tecnología y la invención en México*. Fomento Cultural Banamex. México.
- Sánchez, G. A. (1974). *Historia del Estado de México*. Gobierno del Estado de México, Toluca.
- Sánchez, L. M. A. (1975), "Agustín Díaz, ilustre cartógrafo mexicano", en *Historia Mexicana*. Vol. XXIV. Núm.4.
- Sánchez, P. C. (1935), *Evolución de la Geografía*. México.
- Sarton, G. (1980), *Ciencia antigua y civilización moderna*. F.C.E. México. (Breviarios del FCE:155).
- Semanario Político Literario*, (1820), México. Imprenta de D. Mariano Ontiveros. Núm. 9.
- Sierra, C. (1984), *El nacimiento de México*. M.A. Porrúa. México, 2a. ed.
- Snyder, J. P. (1984), *Map projections Used by the U.S. Geological Survey*. Geological Survey Bulletin 1532.
- Sosa, F. (1985), *Biografías de mexicanos distinguidos*. Editorial Porrúa. México.
- Staples, A. (1982), "La Constitución del Estado Nacional", en *Historia de las profesiones en México*. El Colegio de México. México.
- : (1985), "Panorama educativo al comienzo de la vida independiente", en *Ensayos sobre historia de la educación en México*. 2a ed. El Colegio de México. México.
- Stoddart, D. R. (1988), "Altas miras para una Geografía de final del siglo". en Josefina Gómez Mendoza et al. *El pensamiento geográfico*. 2a ed. Alianza Universidad Textos/45.
- Taboada, D. R. (1969), "Observatorio astronómico", en *Anales de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*, México, Núm.1.
- Talavera, A. (1973), *Liberalismo y educación*. SepSetentas 103. México. T.I.
- Tamayo, J. y Alcorta G. R. (1941), *Catálogo de la exposición de cartografía mexicana*. I.P.G.H. Pub. Núm.59. Editorial Cultura. México.
- Tamayo, J. L. (1974), *Benito Juárez, documentos, discursos y correspondencia*, 2a. ed. Editorial Libros de México, México.
- Tanck de Estrada, D. (1979), "Las Cortes de Cádiz y el desarrollo de la educación en México", en *Historia Mexicana*, El Colegio de México. Vol. XXIX. Núm.1. México.
- : (1984), *La educación ilustrada (1786-1836)*. 2a. ed. El Colegio de México. México.
- Tardi, P. (1967), "L'oeuvre de l'académie des sciences dans la détermination de la forme et des dimensions de la Terre". en *Troisième Centenaire 1666-1966*. Institut de France-Académie des Sciences. Paris. T.I.
- Tena R. F. (1973), *Leyes fundamentales de México 1808-1973*. 5a. ed. Editorial Porrúa. México.

- Tessan, de. (1865), "Geographie", en *Archives de la Commission Scientifique du Mexique*. Tome premier. Imprimerie Imperiale. Paris.
- Trabulse, E. (1977), "El problema de las longitudes geograficas en el Mexico colonial", en *Interciencia*. Vol. 2. No.4. Caracas.
- : (1982), "Matemáticos mexicanos del siglo XVIII". *Diálogos*. vol. 18, Núm. 4. (106).
- : (1983), "La cartografía en la historia de la ciencia en México", en *Cartografía mexicana tesoros de la nación siglos XVI a XVIII*. Archivo General de la Nación. México.
- : (1983), *Historia de la Ciencia en México*. Estudios y Textos. Siglo XVI. Conacyt/FCE. México.
- : (1985), "Latinoamerica y la ciencia: un problema de identidad". En *Quipu Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*. México. Vol.2. Núm.3.
- : (1985), Francisco Xavier Gamboa: un político criollo en la ilustración mexicana. El Colegio de México. México.(Jornadas/109).
- : (1991), "Ciencia y tecnología en México a mediados del siglo XIX", en *Crítica y heterodoxia*. Ensayos de historia mexicana. Universidad de Guadalajara/Xalli. México.
- Treviño U. M. C. (1974), *La Comisión Geográfico Exploradora del ministerio de fomento y la carta general de la República Mexicana a la 100 000a 1877-1914*. Secretaría de Agricultura y Ganadería, México.
- Turreau de Linares, E. E. T. de. (1835), *Proyecto para el establecimiento en México de una compañía científico-industrial*. Imprenta de Galvan, México.
- Valadéz, D. (1987), *El derecho académico en México*. U.N.A.M. México.
- Valdés, Don Alexandro. (1820), *Constitución política de la monarquía española*. Promulgada en Cádiz a 19 de marzo de 1812. Reimpresa en México en virtud de orden del Exmo. Sr. Virey de 10 de junio de...
- Valle, F. (1899), "Necesidad e importancia del levantamiento exacto de la Carta de la República Mexicana", en *Anuario de la Adademia Mexicana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales correspondiente de la de Madrid*. Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento. México.
- Velasco Avila, Cuahutémoc, et al. (1988), *Estado y Minería en México (1767-1910)*. F.C.E.\S.E.M.I.P. México.
- Vicente M. M. I. y Piñero, M. E. (1991), *Aspectos de la ciencia aplicada en la España del siglo de oro*. Junta de Castilla y León. Consejería de Cultura y Bienestar Social. Salamanca.
- Vilá V. J. (1983), *Introducción al estudio teórico de la Geografía*. Editorial Ariel. Barcelona.
- Villoro, L. (1980), "Las corrientes ideológicas en la época de la independencia", en *Estudios de Historia de la Filosofía en México*. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras. México.

- vivien de Saint Martin, G. 1865, "Rapport sur l'état actuel de la Géographie du Mexique et sur les études locales propes á perfectionner la carte du pays", en Archives de la Commission Scientifique du Mexique. Tome premier. Imprimerie Imperiale. Paris.
-: (1878), "Historia de la Geografía". Nueva Geografía Universal. J.F. Parres y Compañía, editores. México. T.I.
- Vivó Escoto, J. A. 1956). *La enseñanza de la Geografía en México*. I.P.G.H. Publicación Núm. 215 México.
- (1976). "Esbozo Biobibliográfico de Antonio García Cubas" en Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística LXXXIII México.
- Wallis, H. M. y Robinson, A. H. 1982. *Cartographical Innovations An International Handbook of Mapping Terms to 1900*. Map Collector Publications Ltd.
- West, R. C. (1972), "The Relaciones Geográficas of Mexico and Central America, 1740 1792", en *Handbook of Middle American Indians*. University of Texas Press. Austin. T.12.
- Whitaker, A. P. (1951), "The Elhuyar minnig missions and the enlightenment", en *The Hispanic American Historical Review*. Vol. XXXI. No. 4.
- Wolf, A. (1935), *A History of science, technology, and philosophy in the 16th & 17th centuries*. The Macmillan Company.
- Woodward, D. (Ed.) (1975), *Five centuries of map printing*. The University of Chicago Press. Chicago.
- Wolter, J. A. (1975), "Cartography- An emerging discipline". Reprinted from the *Canadian Cartographer*, V. 12. No. 2.
- Zavala, L. de. (1976), *Obras*. Prólogo, ordenación y notas de Manuel González Ramírez. Editorial Porrúa, México (Biblioteca Porrúa: 64).
-: (1991), *Páginas escogidas*. Introducción y selección Fernando Curiel. UNAM. México.
- Zea, Leopoldo. (1986), "Latinoamérica entre la dependencia y la emancipación", en *El pensamiento latinoamericano en el siglo XIX*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Pub. Núm. 419. México.
-: (1984), *El positivismo en México: nacimiento, apogeo y decadencia*. F.C.E. México.
- Zoraida V. J. (1979), *Nacionalismo y educación en México*, El Colegio de México.