

La Escuela Nacional de Ingenieros, fundamental en el nacimiento de la física profesional en México

G. Tanamachi Castro

*Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México,
e-mail: gtanamachi777@gmail.com*

M. de la Paz Ramos Lara

*Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades
de la Universidad Nacional Autónoma de México,
Torre II de Humanidades, 6to piso, Ciudad Universitaria
e-mail: ramoslm@unam.mx*

Received 27 March 2014; accepted 14 November 2014

La Escuela Nacional de Ingenieros, cuyo origen fue el prestigioso Real Seminario de Minería, sobresalió como la institución de educación superior más importante en su campo en México, depositaria del mayor número de cursos de física y matemáticas, con el nivel más elevado. Por ello, sus profesores fueron los más indicados para colaborar con el primer esfuerzo por establecer estudios especializados de física, tanto en la Escuela Nacional de Altos Estudios como en su sucesora, la Facultad de Filosofía y Letras. Al no cristalizar el proyecto en estas entidades, algunos ingenieros le otorgaron su apoyo al Ing. Ricardo Monges López, quien gestionó cambios en la legislación de la Universidad Nacional Autónoma de México. Asimismo, aprovechó los recursos existentes en el Palacio de Minería (asignaturas, catedráticos, aulas, laboratorios y biblioteca, entre otros) para iniciar y después consolidar la carrera de física y el Instituto de Física de dicha Universidad, primeros en su género creados en México.

Descriptores: Profesionalización de la física en México; Universidad Nacional Autónoma de México; Escuela Nacional de Ingenieros; Facultad de Ciencias; Instituto de Física.

The Escuela Nacional de Ingenieros (National School of Engineers), which origin was the prestigious Real Seminario de Minería (Royal School of Mines), stood out as the most important higher education institution in its field in Mexico, depositary of the largest number and highest level of courses in physics and mathematics. Because of this, its teachers were the most suitable to collaborate with the first effort in establishing specialized studies in physics, at the Escuela Nacional de Altos Estudios (National School for Advanced Studies) as well as at its successor, the Facultad de Filosofía y Letras (Faculty of Philosophy and Literature). As the project did not crystallize in these entities, some engineers gave their support to engineer Ricardo Monges López, who managed changes in the legislation of the National Autonomous University of Mexico. He also took advantage of the existing resources in the Palace of Mines (subjects, professors, classrooms, laboratories and library, among others) to initiate and then strengthen the physics career and the Institute of Physics at the aforementioned University, both the first in its field created in Mexico.

Keywords: Professionalization of physics in Mexico; National Autonomous University of Mexico; National School of Engineers; Faculty of Sciences; Institute of Physics.

PACS: 01.85.+f; 01.40E-; 01.65.+g

1. De la física virreinal a la Escuela Nacional de Ingenieros

Desde el siglo XVI, la ciencia europea circuló en las aulas de diversos colegios novohispanos a través de cursos de artes, filosofía y propiamente de física. En la Real Universidad de México, por ejemplo, cuatro años después de su apertura en 1553, el agustino fray Alonso de la Veracruz (1504-1584) escribió y publicó el libro *Physica Speculatio* para sus alumnos de artes y filosofía. Esta obra descolló como el primer libro de física publicado en América [1]. En su calidad de precursora, en 1637, la ahora Pontificia Universidad inició lo que sería la primera cátedra de matemáticas y astrología dictada en el continente americano, la cual estuvo a cargo de dos destacados cosmógrafos, fray Diego Rodríguez (c. 1596-1668) y Carlos de Sigüenza y Góngora (1645-1700), quienes introdu-

jeron los conocimientos de Copérnico, Galileo y Descartes, entre otros [2].

Los principales centros de difusión del conocimiento científico moderno fueron las instituciones educativas de la Compañía de Jesús, donde se difundió ampliamente la física newtoniana durante el siglo XVIII. Los jesuitas incorporaron al colegio los nuevos métodos científicos experimentales, para lo cual adquirieron equipo de laboratorio, modernizaron los programas de sus estudios y escribieron sus propios tratados de física, como fue el caso de *Physica Particularis* de Francisco Javier Clavijero (1731-1787) y *Cursus Philosophicus* de Francisco Javier Alegre (1729-1788). Este movimiento renovador se vio vulnerado por la expulsión de los jesuitas del Reino en 1767 [3].

Sin embargo, el interés de los novohispanos por los fenómenos físicos y su comprobación experimental con-

tinuó, como se constata en el libro *Elementa Recentioris Philosophiae* (1774) de Juan Benito Díaz de Gamarra y Dávalos (1745-1783), rector y catedrático de filosofía del Colegio de San Francisco de Sales. Su obra fue aceptada como texto universitario y actualmente es reconocida como la primera obra de física moderna escrita en territorio novohispano [4]. Gamarra publicó también *Academias Filosóficas*, considerada como el antecedente más lejano de un programa de estudios de física en Nueva España [5]. Gamarra y muchos otros novohispanos disfrutaban de llevar a cabo experimentos de física; algunos de ellos no se limitaron a sesiones de laboratorio, sino que incluso efectuaron exhibiciones públicas para sorprender a los asistentes, especialmente con los espectaculares fenómenos de electricidad [6].

Las reformas borbónicas del siglo XVIII también favorecieron el desarrollo de la ciencia moderna en el territorio novohispano, pues estimaban al conocimiento científico como fuente de progreso social. El reconocimiento público que adquirieron la ciencia y el científico dio apertura tanto a la creación de varios tipos de medios impresos de amplia difusión (rubro en el que sobresalió José Antonio Alzate [7]), como a la fundación de instituciones de nuevo cuño, como la Real Escuela de Cirugía (1768), la Academia de las Nobles Artes de San Carlos (1781), el Jardín Botánico de México (1787) y el Real Seminario de Minería (1792) [8]. Este último ha sido distinguido como la primera Casa de la Ciencias en México, por considerarse fundamental en el desarrollo de la ciencia desde su institucionalización -tanto en la enseñanza como en la investigación- hasta su profesionalización en el siglo XX [9].

La creación del Real Seminario de Minería respondió a una amplia reflexión llevada a cabo al interior del virreinato para buscar soluciones a todos aquellos problemas que impedían una mayor producción de la minería, principal actividad económica. Así, se generaron debates sobre las instituciones encargadas de organizar al gremio minero, la fundación de instituciones crediticias, la elaboración y promulgación de una nueva legislación minera, y la educación científico-tecnológica de los expertos de la minería, entre otros [10].

Las preocupaciones provenían de novohispanos ilustrados apoderados de reales de minas que deseaban aumentar sus ganancias y pretendían aprovechar la apertura que mostraba el régimen borbónico para la expresión de opiniones. Algunos de ellos las formularon por escrito, como Francisco Javier Gamboa (1717-1794), cuyo libro fue publicado en Madrid en 1761 y traducido al inglés para circular en otros países [11]. Sin embargo, el proyecto asentido por el Rey fue el de los novohispanos Joaquín Velázquez Cárdenas de León (1732-1786) y Juan Lucas de Lassaga (¿-1786), publicado en 1774, a quienes les autorizó establecer el Real Tribunal de Minería, el Real Seminario de Minería, un Banco de Avíos y elaborar nuevas ordenanzas, entre otras disposiciones. Velázquez Cárdenas de León se convirtió en el eje central de las reformas, por lo que fue nombrado director de las dos primeras instituciones mencionadas y responsable de

preparar las Nuevas Ordenanzas de Minería, las cuales fueron aprobadas en 1783 y adaptadas a otros virreinos dos años más tarde [12].

Velázquez murió en 1786, al igual que Lassaga, pero dejó avanzado el proyecto del Real Seminario, con un plan de estudios definido, un inmueble rentado y adaptado para recibir y alojar al personal docente y al alumnado, la selección de algunos novohispanos para integrar el cuadro de profesores, convenios docentes con otras instituciones afines y algunos libros e instrumentos [13]. Las autoridades de la metrópoli nombraron como nuevo director, tanto del colegio como del Tribunal, al afamado mineralogista español Fausto de Elhuyar (1755-1833), egresado de la escuela de minas más reputada del mundo, la de Freiberg en Alemania, y quien se distinguía por haber descubierto un nuevo elemento (hoy wolframio) junto con su hermano Juan José (1754-1796). Elhuyar aprovechó los recursos disponibles, incluyendo el plan de estudios. No obstante, discrepó en el cuadro docente, pues prefirió profesores europeos con estudios realizados en instituciones educativas del Viejo Mundo [14].

El Real Seminario de Minería se inauguró el 1 de enero de 1792 y se convirtió en la primera escuela de minas en funcionar exitosamente en América y una de las ocho más importantes en el mundo, sobrepasando en calidad y nivel incluso a la de España, la de Almadén. Abrió sus puertas con un plan de estudios equivalente al de las instituciones más prestigiadas en el mundo, que consistía en cuatro cursos científicos: matemáticas, física, química y mineralogía. En poco tiempo, la escuela de minas novohispana sobresalió por sus contribuciones, una de ellas al conocimiento universal, cuando el catedrático de mineralogía, el mineralogista español Andrés Manuel del Río (1764-1849), descubrió el elemento hoy denominado vanadio. Él también escribió y publicó el libro *Elementos de Orictognosia*, considerado como la mejor obra de la literatura en español en su campo, mientras que el profesor de física, Francisco Antonio Bataller y Ros (1751-1800), escribió el primer libro de texto de física moderna aplicado a la minería en el mundo de habla hispana y el primero en el continente americano, *Principios de física matemática y experimental*. También se realizó la primera traducción al español del primer tomo del libro *Tratado elemental de química* de Antoine L. Lavoisier (1743-1794). En este escenario de florecimiento de la educación científico-técnica se institucionalizaron exitosamente las ciencias exactas, por primera vez en América. Por otro lado, la opulencia económica del gremio se expresó en la construcción de un palacio para albergar el Seminario, el Palacio de Minería [15].

La gloria financiera de esta institución decayó en las primeras décadas del siglo XIX, cuando empezó a sufrir los estragos de la guerra de Independencia y más tarde los conflictos internos entre partidos políticos e inclusive las invasiones extranjeras, pues dejó de pertenecer al gremio minero y se integró al Estado. A diferencia de la Real y Pontificia Universidad, que se abría y cerraba de acuerdo al partido en turno, hasta su clausura definitiva en 1865, el Colegio de Minería, como también se le llamaba, sólo cambiaba su figura

institucional de acuerdo a los intereses del bando en el poder. Su situación se estabilizó en 1883, cuando fue transformado en Escuela Nacional de Ingenieros (ENI). Esta transición lo colocó como la escuela de ingeniería más importante del país, por lo que influyó decisivamente en la creación y operación de otras instituciones afines [16]. Sin embargo, su situación privilegiada no la exentó de sufrir las convulsiones políticas de la nación, pues hubo años en que estuvo a punto de ser cerrada [17]. Este fue el contexto en el que se desarrollaron los cursos de física que se insertaron poco a poco a la mayor parte de las especialidades, como veremos en el siguiente apartado.

2. Los estudios de física en la Escuela Nacional de Ingenieros

El primer programa del curso de física del entonces Real Seminario de Minería incluía los temas de física que se enseñaban en otras partes del mundo: estática, dinámica, hidrostática, hidráulica, aerometría, óptica, “calórico”, electricidad, magnetismo, meteorología, astronomía y sistemas planetarios, e incluso geografía. Elhuyar, de la misma forma que con la construcción del portentoso inmueble, en un principio no escatimó recursos para traer de Europa libros de texto, revistas y equipo de laboratorio, aunque, para evitar los inconvenientes de su traslado, parte del equipo se empezó a construir en la misma escuela. Para el curso de física, en particular, Elhuyar quería un texto de física moderna aplicado a la minería que no existía en la literatura española, así que solicitó a su catedrático, el español F. A. Bataller, que escribiera una obra para el colegio. En esa época, en que era común la publicación de volúmenes temáticos alrededor de una disciplina, Bataller dejó cinco tratados en manuscrito antes de morir, cuatro de mecánica y uno de óptica, bajo el título de *Principios de física matemática y experimental*. De cualquier manera, la biblioteca del colegio contaba con los textos de física de mayor circulación a nivel mundial: libros de autores como Nollet, Desaguliers, d’Alembert y Sigaud de la Fond, así como algunos ejemplares de la obra de Isaac Newton

(1642-1727) *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Los profesores, sus ayudantes y los estudiantes se preparaban con este material y con revistas científicas. El siguiente profesor de física, Salvador Sein, optó más bien por utilizar una de las obras más difundidas en la época, aunque no tuviera aplicaciones a la minería: la Física de Brisson. Este profesor enfermó pocos años después, por lo que fue necesario contratar a Juan José de Oteyza (1777-1810), estudiante del mismo Colegio. Ante su prematura muerte, la cátedra quedó en manos de otro alumno de la institución, Manuel Ruíz de Tejada (1779-1867), quien la ocuparía hasta su muerte [18].

Una vez que México obtuvo su independencia se iniciaron reformas educativas para mejorar el estado de la educación en todos sus niveles. En particular, en el Colegio de Minería se hizo evidente que no podía haber un solo curso de física en el plan de estudios, pues el programa se extendía al incluir áreas que, aunque aún no mostraban su gran potencial en la tecnología, como la termodinámica y el electromagnetismo, se tenían que estudiar como parte integral del cuerpo de conocimientos de la disciplina. La mecánica destacaba por la importancia de las máquinas en la industria, por lo que en 1843 se abrió un curso de mecánica aplicada a las minas y después se reforzó con otro que tuvo mayor permanencia, el de mecánica racional e industrial [19]. Ambos derivaron en el de mecánica analítica y mecánica aplicada, a fines del siglo XIX y principios del siguiente [20]. Más tarde se hizo común organizar los cursos por campo de conocimiento, como se muestra en el Diagrama 1.

Las asignaturas de mecánica no fueron las únicas que se desprendieron del curso de física experimental, sino que éste fue semillero de otras más, como meteorología y varias de astronomía. La evolución hasta 1935 de las materias dedicadas a los fundamentos de las ciencias físicas se muestra en el Diagrama 2. Debido a que no es posible entrar en detalle en sus contenidos, simplemente señalaremos que se fueron actualizando de acuerdo a los avances que esa disciplina tenía en el mundo tanto en aspectos teóricos como aplicados [22]. Ejemplo de ello nos los da la termodinámica y el electromagnetismo, áreas que transformaron los modos de producción y la vida cotidiana de las sociedades modernas [23].

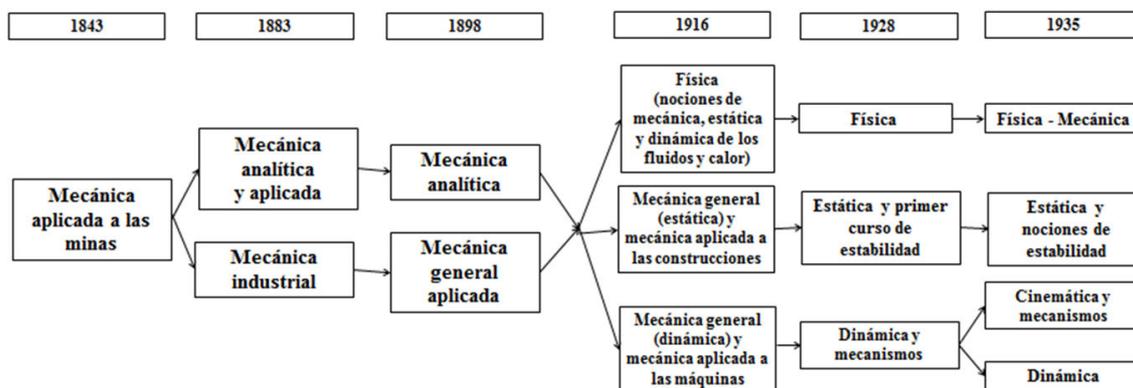


DIAGRAMA 1. Evolución de las materias de mecánica en la ENI (1843-1935). Fuente: Elaboración propia [21].

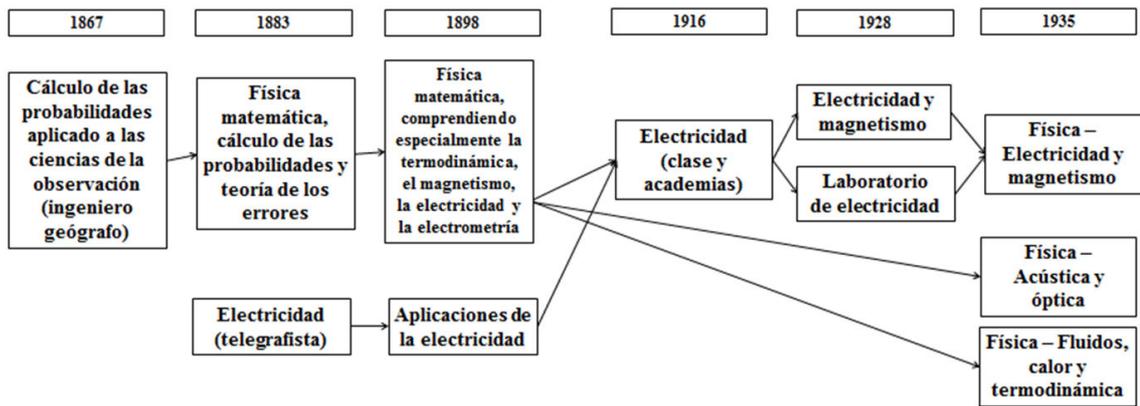


DIAGRAMA 2. Evolución de las materias de física en la ENI (1867-1935). Fuente: Elaboración propia [24].

Los cursos de física y mecánica del Colegio de Minería y la ENI aumentaron con el paso de los años, aunque el número de carreras, con la aparición de unas y la desaparición de otras, no fue muy variable. Estas tuvieron formatos curriculares diferentes por la manera en la que se fueron creando y de acuerdo a las crisis económicas y políticas que sufrió el país. Las había de corta duración -de 1 o 2 años,- que podían incluir o no materias científicas, mientras que en las de larga duración -con fluctuación de entre 4 y 6 años- los cursos de ciencias básicas eran obligatorios. Estas últimas terminaron por imponerse como estudios profesionales en el siglo XX [25].

Dentro de este mosaico curricular, los planes de estudio de las carreras fueron cambiando a lo largo de los años. Algunas de las que consideraban cursos de física en sus inicios dejaron de tenerlos después, como fue el caso de los ensayadores y los ingenieros topógrafos (a estos últimos se les volvieron a incorporar); otras nacieron del seno de las ciencias físicas, como los ingenieros mecánicos (a veces denominados industriales) y los ingenieros electricistas. Para la reforma de los planes de estudio de 1935, todos los estudios de ingeniería tenían como base los cursos de física y matemáticas, piedra angular de la ingeniería de esa época. En el Diagrama 3 señalamos el vínculo entre las ingenierías y las materias de física de 1883 a 1935 [26].

En las primeras cuatro décadas del siglo XX, la trayectoria de la ENI estuvo marcada por hechos como su incorporación a la UNM en 1910, la Revolución Mexicana [28], el establecimiento del orden político posrevolucionario, la lucha por la Autonomía Universitaria y sus lazos con el gobierno mexicano y la iniciativa privada. Su dependencia de las actividades económicas del país causó con frecuencia cambios en sus estudios, los cuales se pueden resumir de la siguiente manera: los estudios de ingeniero geógrafo y ensayador dejaron de aparecer; los de ingeniero mecánico y de ingeniero electricista se fusionaron en una sola carrera (ingeniero mecánico-electricista), al igual que sucedió con el ingeniero de minas y el metalurgista (carreras que previamente se habían separado), y se creó en 1927 la ingeniería petrolera. Por otra parte, se hizo evidente la transición de la influencia francesa a la estadounidense en el material didáctico de apoyo a las clases y la adquisición de equipo de laboratorio, aunque en el caso de la física, la influencia francesa se mantuvo en cierta medida [29].

En lo que se refiere a la evaluación, ésta se fue haciendo cada vez más estricta. De exámenes anuales se pasó a mensuales y se impuso un mínimo de asistencia para tener derecho a presentarlos; al examen escrito se adicionó el oral y de la evaluación del profesor se pasó a la conformación de un jurado con tres integrantes. No obstante, a partir de mediados

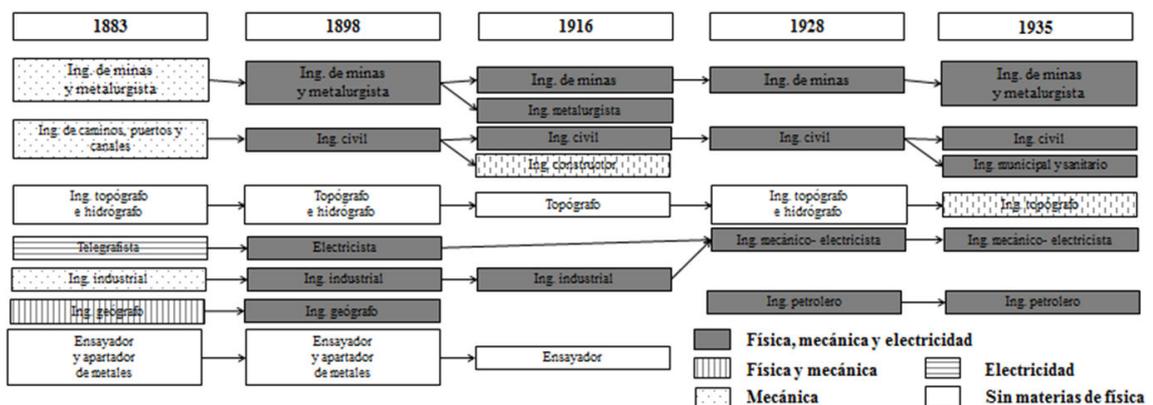


DIAGRAMA 3. Carreras con cursos obligatorios de física y mecánica en la ENI (1883-1935). Fuente: Elaboración propia [27].

de la década de los treinta, estas medidas se empezaron a revertir [30]. Aunque, por un lado, los alumnos tenían la obligación de hacer prácticas en obras, plantas y talleres, tanto gubernamentales como particulares, por otro, se recomendaba con insistencia dar mayor prioridad a la enseñanza práctica sobre la teórica en la enseñanza dentro de las aulas [31]. Para obtener el grado, debían sustentar un examen profesional y, después de graduarse, disponían de la posibilidad de perfeccionar sus estudios fuera del país con el apoyo del gobierno [32].

3. El apoyo fundamental de la ENI para promover los estudios de física desde la creación de la Escuela Nacional de Altos Estudios hasta la fundación de la Facultad de Ciencias y del Instituto de Física de la UNAM

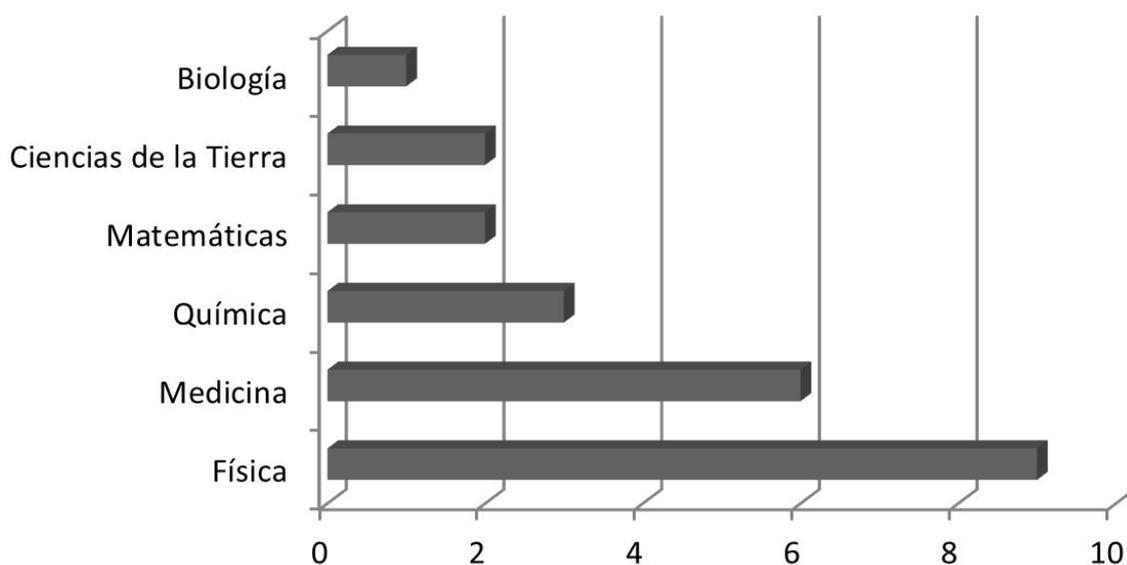
La ENI tuvo el privilegio de poseer uno de los inmuebles más majestuosos del México decimonónico, el Palacio de Minería, por lo que tuvo la posibilidad de albergar notables instituciones gubernamentales y científicas como la Secretaría de Fomento, Colonización, Industria y Comercio; la Secretaría de Agricultura y Ganadería; el laboratorio de la Comisión Nacional de Caminos; la Cámara de Diputados [33]; la Sociedad Matemática Mexicana; la Sociedad Mexicana de Física; los Departamentos de Física y Matemáticas de la Facultad de Ciencias; el Instituto de Física, y el Instituto de Matemáticas [34].

Además del magno edificio, la ENI contaba con excelentes gabinetes de mecánica, topografía, astronomía, geodesia, electricidad y materiales de construcción, así como un laboratorio de química, colecciones de geología y mineralogía, y un observatorio meteorológico [35]. Este estable-

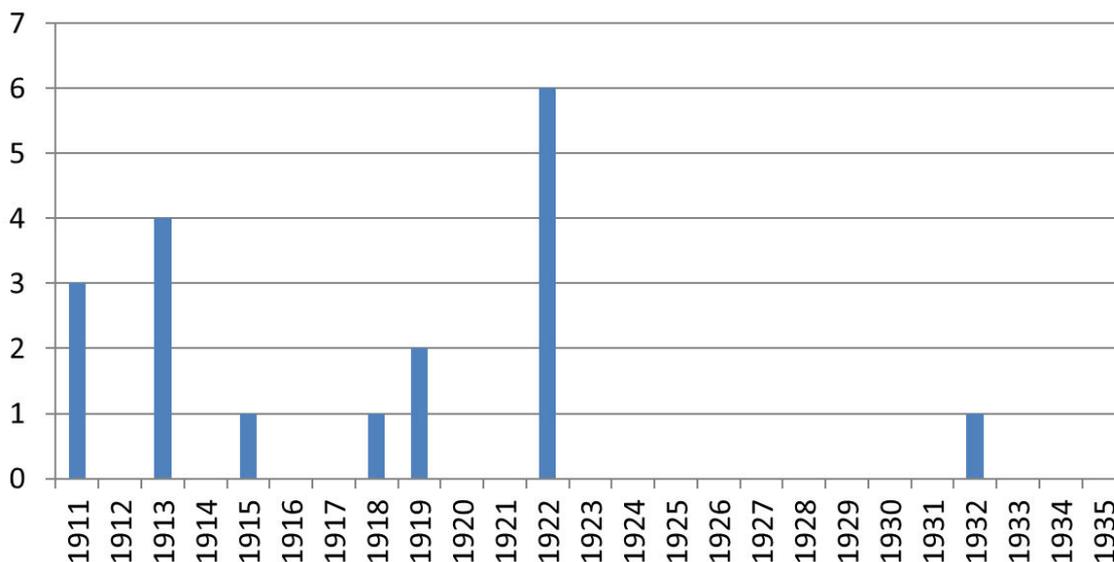
cimiento contaba con el mayor número y el nivel más elevado de cursos de física y matemáticas. Por ello, Justo Sierra (1848-1912) la incorporó en su proyecto de UNM de 1881, donde proyectaba establecer las condiciones propicias para desarrollar la ciencia básica en todas sus formas institucionales, y la física estaba incluida [36].

La UNM se inauguró el 22 de septiembre de 1910, conformada por las Escuelas Nacionales Preparatoria, de Jurisprudencia, de Medicina, de Ingenieros, de Bellas Artes y de Altos Estudios (ENAE) [37]. La única escuela de nueva creación fue esta última -creada cuatro días antes que la Universidad-, concebida como “el peldaño más alto del edificio universitario” [38], y con el objetivo supremo de “hacer sabios”, de ser un “territorio elevado y libre donde pudiera cultivarse la ciencia por la ciencia”, aunado a la noble misión de formar profesores [39]. De acuerdo a los planes de la ENAE, la investigación científica y los estudios de posgrado tenían la puerta abierta para su desarrollo. Sin embargo, poco tiempo después, con el inicio de la Revolución Mexicana, el proyecto encontró obstáculos de diversa índole.

De esta forma y a contra corriente empezó a funcionar la ENAE. En 1911, el director Porfirio Parra (1854-1912) y un equipo de trabajo organizaron las materias que integrarían las tres secciones que la constituirían: 1) Humanidades; 2) Ciencias exactas, físicas y naturales; 3) Ciencias sociales, políticas y jurídicas. En el primer plan de la segunda sección sobresalen las materias de física sobre cualquier otra disciplina, como se muestra en la Gráfica 1. Estas eran: mecánica racional, astronomía, mecánica celeste, física matemática, física experimental, físico-química, termodinámica, electrología e historia de la física y de la química. En virtud de que la mayor parte de esos cursos eran impartidos en la ENI, al igual que los de matemáticas, química y ciencias de la Tierra, ésta se convirtió en una institución fundamental para el desarrollo de los estudios de física y de otros campos en la ENAE. Como



GRÁFICA 1. Materias incluidas en el primer plan curricular de la segunda sección de la ENAE. Fuente: IISUE-ENAE, caja 7, exp. 137, fs. 3572, año 1912.



GRÁFICA 2. Número de cursos de física propuestos en la ENAE y en la FFyL (1911-1935). Fuente: Datos obtenidos de M. P. Ramos Lara, "Los ingenieros promotores de la física académica en México (1910-1935)", *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 12, 35 (2007) 1241-1265.

era de esperarse, el cuadro docente en ciencias físicas (al igual que en matemáticas y ciencias de la Tierra) provenía de la ENI, y las clases se impartían en sus instalaciones, especialmente las que requerían de laboratorio, pues la ENAE no los tenía [40].

En 1924 la ENAE se fragmentó en tres instituciones, una de las cuales fue la Facultad de Filosofía y Letras (FFyL). Las humanidades habían logrado profesionalizarse en esta Escuela, mientras que la física y las matemáticas apenas sobrevivían, en la ahora denominada Sección de Ciencias, la cual fue cerrada en 1935, después del esfuerzo frustrado de las autoridades de la FFyL y de los matemáticos Sotero Prieto (1884-1935) y Alfonso Nápoles Gándara (1897-1992) por organizar ahí estudios de maestría y doctorado en física y matemáticas. Hemos identificado algunos problemas causantes de esta situación, el primero de los cuales es que había pocos alumnos, de modo que con frecuencia los grupos no alcanzaban el mínimo necesario para ser abiertos [41]. El segundo alude a la falta de presupuesto para pagar a los profesores, quienes con frecuencia dejaban de asistir por esa razón, situación entendible a la luz de que era una época en la que no existía la modalidad de tiempo completo en las instituciones educativas, por lo que algunos docentes se veían obligados a impartir cursos en varias instituciones para conseguir un ingreso digno.

Así, los cursos de física se caracterizaron por ser pocos pero variados, con profesores distintos, en su mayoría parte del personal académico de la ENI. Situación diferente era la de las humanidades, donde algunos catedráticos se mantuvieron en la planta docente durante décadas y las materias se conservaban independientemente de que los profesores cambiaran. En física, las materias se impartieron de manera aislada y las temáticas eran al gusto del catedrático, por lo que la

mayoría proponía alguna cátedra que estaba impartiendo en la ENI, en otra institución o por interés propio. Encontramos que, de 18 nombramientos en asignaturas, hubo 12 denominaciones distintas: física matemática, física experimental, astronomía práctica, mecánica y óptica, electricidad, física teórica y experimental, ciencias físico-químicas, astronomía, ayudante de electricidad, ciencias físicas, historia de las ciencias exactas y física teórica [42]. En la Gráfica 2 se presenta su distribución con respecto al tiempo.

Para 1935, cuando se cerró la Sección de Ciencias en la FFyL, el escenario cultural para México había cambiado y la Universidad estaba en mejores condiciones de cobijar el proyecto de profesionalización de los estudios de física. Se vislumbraba un nuevo orden político posrevolucionario, los universitarios habían ganado la Autonomía y, para el bien de las ciencias físicas, el Observatorio Astronómico Nacional (OAN) se había integrado a la Universidad. La ENI se encontraba en franco crecimiento por la gran demanda que tenía la ingeniería civil [43], y la Sociedad Científica Antonio Alzate (creada en 1884) había alcanzado el estatus de Academia Nacional de Ciencias (ANC) en 1930 y pugnaba por la creación de carreras de física y matemáticas, entre otras [44].

Por otra parte, el mexicano Manuel Sandoval Vallarta (1899-1977), después de terminar su doctorado en física y trabajar como profesor distinguido del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en Estados Unidos, había adquirido fama internacional por sus contribuciones en los rayos cósmicos, campo por el cual científicos de talla internacional venían a México para realizar experimentos y medidas de la radiación de fondo, pues todavía no se conocía su composición y los investigadores se dividían entre los que creían que eran partículas cargadas y los que eran partidarios de que era energía electromagnética. Para determinar su naturaleza se

requería medir la radiación extraterrestre a distintas latitudes del planeta, y la Ciudad de México estaba en un lugar adecuado. La ANC aprovechaba las visitas de Sandoval Vallarta y de científicos extranjeros que estudiaban este tema para que dictaran conferencias en su sede y despertaran el interés de los jóvenes y del público en general por el conocimiento científico, como en el caso de Arthur Holly Compton (1892-1962), ganador del premio Nobel de Física [45].

En esta atmósfera académica, Ricardo Monges López (1886-1983) jugó un papel trascendental en el establecimiento de los primeros estudios de ciencias físicas y matemáticas, en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con el decidido apoyo de la ENI. Había realizado estudios de ingeniería civil en esa escuela y al graduarse había hecho una estancia en Europa, donde observó los avances de la física y sus aplicaciones en algunos países industrializados. A su regreso trabajó con mucho éxito en la industria del petróleo y alrededor de 1930 decidió ingresar a la ENI como profesor y Consejero Honorario de la Dirección [46]. Asimismo, ocupó la presidencia de la ANC y emprendió, con otros colegas, una campaña periodística para convencer a la sociedad mexicana y a las autoridades universitarias de que México tenía gente capaz de realizar aportaciones a la ciencia, pero no existían las instituciones adecuadas; afirmaba que Sandoval Vallarta era muestra de ello [47].

Monges López aprovechó que la física y las matemáticas eran la base de la ingeniería para disponer de la infraestructura de la ENI (cursos, profesores, biblioteca, laboratorios, salones, material didáctico, personal docente y administrativo) como soporte en su primer proyecto de estudios [48]. Por otra parte, su labor periodística le hizo merecer, en medio de los cambios que sufrió la universidad con los gobiernos posrevolucionarios, en especial el de la Autonomía Universitaria, la invitación de Manuel Gómez Morín (1897-1972) para participar en la reestructuración de la universidad [49], cuyos estudios quedaron integrados en cuatro Corporaciones Universitarias fundamentales: la Facultad de Filosofía y Letras y Bellas Artes; la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales; la Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas, y la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM). Esta última estaría integrada por la ENI, la Escuela Nacional de Ciencias Químicas (ENCQ) y el recién creado Departamento de Ciencias Físicas y Matemáticas (DCFM), en el cual se ofrecerían los estudios de Maestro en Ciencias Físicas y Matemáticas [50]. El Consejo Universitario aprobó esta estructura universitaria el 21 de enero de 1935 [52], y con ello se dio vida a los primeros estudios profesionales en física y matemáticas en México [52], ciencias cuyo desarrollo había quedado estancado por décadas al interior de la universidad, mientras que se concebía el desarrollo del país sólo a través de las ciencias aplicadas.

El DCFM quedó establecido en el Palacio de Minería [53], y hacia allá dirigieron sus pasos los profesores que trabajaban en el proyecto desde la FFyL, como Sotero Prieto, Alfonso Nápoles Gándara y Valentín Gama (1868-1942), y ya empezaban a aparecer en el cuadro docente Nabor Carril-

lo (1911-1967) y Carlos Graef Fernández (1911-1988), ambos alumnos de ingeniería de la ENI, sólo que Graef se había ausentado por cerca de dos años para estudiar en Alemania. El primer ciclo del plan de estudios formó parte de las asignaturas de ciencias de la ENI en un 82 %. El ciclo superior era más especializado, sin embargo, estuvo compuesto por materias que quedaron en el tintero cuando el DCFM, que para entonces era dirigido por Monges López, se transformó en Escuela Nacional de Ciencias Físicas y Matemáticas (ENCFM) al año siguiente, manteniendo a su director.

En el plan de estudios de la ENCFM aparecieron algunas materias nuevas, concretamente dos en el primer ciclo, pero ambas pertenecientes a las asignaturas de la ENI: geometría descriptiva y calor y termodinámica. En el ciclo superior se eliminó el único curso de humanidades (filosofía, literatura o ciencias naturales) y se programaron materias con contenidos propios para la formación de los físicos, como introducción a la física teórica, teoría electromagnética y recientes progresos de la física, que no formaban parte de los planes de estudios de la ENI. La ENCFM, al igual que el DCFM, tuvo una vida corta: abrió sus puertas en 1937 y al año siguiente se transformó en Facultad de Ciencias (FC), también dirigida inicialmente por Monges López. Es preciso mencionar que la FC fue un magno proyecto universitario que integraba todas las carreras científicas existentes en la UNAM y que abrió sus puertas el 1 de enero de 1939 con siete departamentos: matemáticas, física, química, biología, geología, geografía y astronomía [54].

En la Tabla I se comparan sus planes de estudios con el del ingeniero mecánico-electricista -el cual en esos años tenía, de manera integral, el mayor número de cursos de física básica y aplicada como obligatorios- y se muestra que los primeros dos años de los físicos estaban compuestos en buena medida por materias de la ENI, excepto, por ejemplo, por electrónica, con la que Monges López incorporó en 1939 a un joven mexicano que regresaba de Estados Unidos, Manuel L. Perrusquía. Por otro lado, se ve que ese mismo año se eliminaron dos materias de física en el segundo año -calor y termodinámica y mecánica- y tres de los cursos superiores: electricidad y magnetismo, teoría electromagnética y recientes progresos de la física.

En el DCFM no se abrió ningún curso de física y fue hasta 1938 que en la ENCFM se ofrecieron dos cursos de esta disciplina: elasticidad, que tuvo como profesor a Nabor Carrillo, e introducción matemática a la física teórica, a cargo de Alfredo Baños (1905-1994), quien ya había impartido este curso en la ENAE [55]. La apertura de cursos de física en estos años era difícil dado que en el territorio mexicano apenas había un doctor en física, Alfredo Baños, quien acababa de regresar del MIT, donde había realizado un doctorado en física con Sandoval Vallarta. Mientras tanto, en las materias de matemáticas estaban profesores como Nápoles Gándara, Jorge Quijano, Agustín Anfossi, Alberto Barajas, Carlos Graef y el mismo Nabor Carrillo [56].

La estructura de los estudios de física en la FC se mantuvo dividida en dos partes, dos años con asignaturas de la ENI

TABLA I. Comparación de planes de estudios de maestro en ciencias y físico respecto al de ingeniero mecánico-electricista [57].

Plan de estudios para Maestro en Ciencias Físicas de la FFyL en 1932	Plan de estudios para la carrera de Maestro en Ciencias Físicas DCFM (Palacio de Minería) 1935	Plan de estudios para la carrera de Físico ENCFM, propuesto en marzo de 1936	Plan de estudios de la carrera de Físico, aprobado por el Consejo Universitario el 19 de enero de 1939	Plan de estudios para la carrera de Ingeniero Mecánico -Electricista ENI 1937
	<i>Primer ciclo:</i>	<i>Primer año</i>	<i>Primer año</i>	<i>Primer año</i>
Curso complementario de matemáticas	Complementos de álgebra	Complementos de álgebra	Complementos de álgebra	Complementos de álgebra
Matemáticas	Geometría analítica y cálculo	Geometría analítica y cálculo	Geometría analítica y cálculo diferencial e integral	Geometría analítica y cálculo diferencial e integral
Física	diferencial e integral	diferencial	Física (1er curso, mecánica y calor)	Física. Mecánica y fluidos
Físico-química	Física. Mecánica	e integral	Geometría descriptiva	Geometría descriptiva
Química inorgánica	Física. Fluidos, calor y termodinámica	Física (mecánica, fluidos, calor y termodinámica)	Complementos de geometría y trigonometría	Ensaye para mecánico elect.
Química orgánica	Trigonometría rectilínea y esférica (un semestre)	Geometría descriptiva	Laboratorio de física (1er curso)	Tecnología para mecánico elect.
Geografía física	Ecuaciones diferenciales	Complementos de geometría y trigonometría		Métodos generales de dibujo
Mineralogía	Cálculo práctico	Química inorgánica y análisis cualitativo		Topografía y prácticas parciales
Geología	Física. Acústica y óptica	Inglés		Forja, ajuste y fundición
Teoría de los errores	Física. Electricidad y magnetismo			
	Química inorgánica			
	Español			
	Inglés			
	Francés o alemán			
	Materias optativas			
<i>Materias optativas</i>		<i>Segundo año</i>	<i>Segundo año</i>	<i>Segundo año</i>
Cálculo de probabilidades		Geometría analítica, cálculo diferencial e integral y ecuaciones diferenciales	Geometría analítica, cálculo diferencial e integral y ecuaciones diferenciales	Geometría analítica, cálculo diferencial e integral y ecuaciones diferenciales
Botánica		Cálculo práctico	Cálculo práctico	Cálculo práctico
Zoología		Física (acústica, óptica, electricidad y magnetismo)	Física (2° curso. Electricidad y óptica)	Física. Calor y termodinámica, acústica y óptica
Biología		Laboratorio de física (2° curso)	Laboratorio de física (2° curso)	Física. Electricidad y Magnetismo
Estratigrafía y paleontología		Calor y termodinámica	Electrónica	Estática y nociones de Estabilidad
Topografía y geodesia		Mecánica (cinemática y dinámica)		Metalurgia del hierro y del acero
Lógica y epistemología		Electiva (alemán, francés o italiano)		Dibujo de elementos de Máquinas
Metafísica				Máquinas útiles

<i>Ciclo superior</i>	<i>Tercer año</i>	<i>Tercer año</i> (cursos superiores)	<i>Tercer año</i>
Análisis vectorial (dos semestres)	Análisis vectorial	Análisis vectorial	Cinemática,
Ecuaciones diferenciales (dos semestres)	Introducción a la física teórica (I)	Introducción a la física teórica (I)	dinámica y mecanismos
Introducción al análisis matemático (dos semestres)	Medidas físicas	Laboratorio de medidas físicas	Hidráulica y prácticas
Mecánica general (dos semestres)	Electricidad y magnetismo	Historia de la física	Dibujo de máquinas Máquinas térmicas y laboratorio
Medidas físicas (dos semestres)	Historia de la física	Introducción al análisis	Teoría y máqs. de corr. contin.
Introducción a la física teórica (cuatro semestres)	Recientes progresos de la Física	matemático (I)	Teoría de la corr. alterna. Mediciones eléctricas
Historia de la física (dos semestres)			
Idiomas (dos semestres)			
Filosofía, literatura o ciencias naturales (cuatro semestres)			
Materias optativas (ocho semestres)			
	<i>Cuarto año</i> (cursos superiores)	<i>Cuarto año</i> (cursos superiores)	<i>Cuarto año</i>
	Introducción a la física teórica (II)	Introducción a la física teórica (II)	Máquinas hidráulicas Plantas de vapor y laboratorio
	Teoría electromagnética	Física atómica	Máquinas de comb. interna y labor.
	Introducción al análisis matemático	Métodos mat. de la física teórica	Estructuras de madera y metálicas
	Electiva (matemáticas superiores)	Dos materias electivas (cursos superiores de	Máqs. de transp. y transmisión
	Electiva (astronomía general, geofísica o física atómica)	física o Matemáticas)	Máquinas de corriente alterna Laboratorio de máquinas eléctricas
			Comunicaciones eléctricas
			<i>Quinto año</i>
			Plantas hidroeléctricas Constr. y organiz. de plantas y talleres Finanzas, presup. y contabilidad industrial Instalac. indust. mecánicas y proyec.

Inst., oper., cons.
 y prueba de
 maquinaria eléctrica
 Transmisión y distr.
 de energ. eléct.
 Instal. indust.
 eléct. y proy.
 ingeniería mecán.
 de ferrocarriles
 Materia optativa

ENI y dos con cursos propios de su especialidad. Este hecho promovió que los estudiantes pasaran primero por ingeniería y después viraran hacia la carrera de física (estudios que comparados con la ingeniería mecánica tenían menos materias y eran de menor duración) o bien de matemáticas. Esta costumbre se integró al reglamento de la FC en 1941, cuando se aceptó que los alumnos que hubieran terminado en la ENI el tercer año de las carreras de ingeniero civil, mecánico electricista, municipal, petrolero o de minas se pudieran inscribir al tercer año de la maestría de física y matemáticas [58]. Desde 1939, el grado volvió a ser de maestro en ciencias, como se había propuesto en el DCFM, esto por la tradición remitida desde la ENAE a la FFyL, pues era requisito de toda Facultad contar con estudios superiores a los de licenciatura. En ésta última también se otorgaron grados de maestro que después se convirtieron en licenciatura.

En este punto conviene detenernos en otra de las virtudes del proyecto de Monges López de la FC, el cual no sólo integraba todas las profesiones científicas de la UNAM sino que también consideraba la creación de un instituto por cada especialidad, y el vínculo era tan estrecho que el director del instituto era a su vez jefe del departamento de ese campo en la FC. De aquí surgió la idea de dividir el Instituto de Física y Matemáticas -que él mismo había creado en 1938 y que dirigía Alfredo Baños- en dos, uno de física y uno de matemáticas. El Instituto de Física inició en 1939, pero el de matemáticas tuvo que esperar hasta 1942. Por otra parte,

como ya existía el OAN, se creó la carrera de astronomía, la cual funcionó en una dinámica parecida a la de la física ante la ENI, como un subconjunto de los estudios de física, mas nunca llegó a independizarse y terminó por cerrarse en 1967 [60].

Esta estrecha relación entre el Instituto de Física (IF) y el Departamento de Física de la FC también se manifestó en que sus integrantes fueron prácticamente los mismos, al no haber más personal. En la Tabla III vemos que Baños y Perrusquía, que se desempeñarían como profesores e investigadores, tenían como línea de investigación el estudio de los rayos cósmicos, campo en el que Baños se había formado en el MIT bajo la dirección de Sandoval Vallarta, quien ejercía desde allá una marcada influencia en las investigaciones del IF sobre dicho tema. Inicialmente, este instituto se creó con varias secciones de investigación, pero las dos que empezaron a desarrollarse fueron la de rayos cósmicos y la de mecánica de suelos [61]. Ésta última comenzó a operar en 1939 con equipo donado por la Universidad de Harvard, gestionado por el ingeniero José Antonio Cuevas (1894-1942), quien estudió ahí ese mismo año bajo la dirección de Arthur Casagrande (1902-1981), al igual que lo hiciera Nabor Carrillo un año más tarde. El IF contrató al admirable inventor e ingeniero Manuel González Flores (1908-1986) para hacerse cargo del laboratorio, sin embargo, no permaneció ahí por mucho tiempo, pues el equipo fue trasladado a la ENI en 1942 [62].

TABLA II. Profesores del Departamento de Física de la FC en los cursos superiores en 1939 [59].

Nombre	Materia impartida en la FC	Cátedra en la ENI
Dr. Alfredo Baños	Física atómica Introducción a la física teórica	Teoría de la corriente alterna
Manuel L. Perrusquía Camacho	Electrónica	(no era profesor de la ENI)
Nabor Carrillo	Elasticidad	Complementos de álgebra
Valentín Gama	Historia de la física	Topología e hidrografía
Antonio Romero Juárez	Ayudante de física	Geometría analítica y cálculo diferencial e integral
Joaquín Gallo	Cosmografía	Astronomía práctica

TABLA III. Integrantes del Instituto de Física en 1939 [63].

Nombre	Cargo	Línea de investigación
Dr. Alfredo Baños	Director	Radiación cósmica (teórica)
Ing. Manuel González Flores	Investigador B.	Laboratorio de mecánica de suelos
Ing. Manuel L. Perrusquía Camacho	Ayudante de investigador A.	Radiación cósmica (experimental)
Ing. Héctor Uribe Martínez	Ayudante de investigador A.	Radiación cósmica (teórica)
Jaime Lifshitz	Ayudante de investigador A.	Radiación cósmica
Pedro Zuloaga	Ayudante de investigador A.	
José Hernández Prieto	Ayudante de investigador A.	

Manuel Perrusquía había estudiado ingeniería en Estados Unidos con una beca del gobierno carrancista. Fue inspector de la radio de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas y el primer mexicano en obtener una comunicación transoceánica [64]. Pedro Zuloaga (1891-1954) estudió en México, Estados Unidos, Suiza y Alemania, donde conoció a Albert Einstein [65]. Héctor Uribe también era profesor de la ENI. Fernando Alba Andrade, quien estuvo como ayudante en 1938, inició estudios de ingeniería y posteriormente ingresó a la carrera de física de la FC y fue el primero en graduarse, en 1943, bajo la dirección de Carlos Graef. Le siguió Marcos Moshinsky Borodiansky (1921-2009) al año siguiente, bajo la tutela de Sandoval Vallarta [66]. El siguiente fue Fernando Enrique Prieto Calderón (fallecido en 2003) en 1948. Fue hasta los inicios de la década de los cincuenta cuando la graduación se empezó a regularizar. El primer estudiante doctorado en la FC fue Fernando Alba en 1956 [67].

Para la década de los años cuarenta, la etapa más compleja de la profesionalización de la física y de la institucionalización de la investigación científica en ese campo ya había sido superada gracias a la persistente labor de Ricardo Monges López [68], quien contó con el firme apoyo de la ENI y de varios de sus profesores. Sin duda, los primeros años de operación para ambas instituciones fueron difíciles, pero en poco tiempo recibirían la recompensa de encabezar el desarrollo de la física a nivel nacional. Varios factores con-

tribuyeron a este florecimiento, entre ellos, la adquisición de instalaciones propias en Ciudad Universitaria, la llegada del extranjero de otros jóvenes mexicanos con doctorado, la graduación de doctorandos en la propia FC, la incorporación de científicos europeos que huían de la guerra en Europa, la tenacidad de algunos científicos mexicanos por impulsar otros campos de la física (como lo hicieron Nabor Carrillo y Marcos Moshinsky con la física nuclear) y la creación de instituciones rectoras de la ciencia a nivel nacional, como la Comisión Coordinadora e Investigadora de la Investigación Científica (CICIC), bajo la dirección de Sandoval Vallarta, la Sociedad Mexicana de Ciencias Físicas (de vida efímera), la Comisión Nacional de Energía Nuclear, la Academia de la Investigación Científica y la Sociedad Mexicana de Física.

Finalmente, el sueño de Justo Sierra, Sotero Prieto y Ricardo Monges López no sólo se había materializado y consolidado, sino que desde la Torre de Ciencias en Ciudad Universitaria empezaría su influencia y expansión hacia otros lugares del territorio mexicano.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento al físico Omar Escamilla y a la lic. Adriana Tovar por el apoyo que nos brindaron en el AHPM y en el archivo de la DGAE, respectivamente. Asimismo, a la maestra Leticia Plascencia por compartir su material de archivo de la Facultad de Ciencias con nosotros.

Archivos consultados.

AGN	Archivo General de la Nación de México.
IISUE-ENAE	Archivo del Instituto de Investigaciones Sobre la Universidad y la Educación de la UNAM. Fondo Escuela Nacional de Altos Estudios.
IISUE-ENI	Archivo del Instituto de Investigaciones Sobre la Universidad y la Educación de la UNAM. Fondo Escuela Nacional de Ingenieros.
IISUE-AH	Archivo del Instituto de Investigaciones Sobre la Universidad y la Educación de la UNAM. Revistas del Acervo Histórico.
AHPM	Archivo Histórico del Palacio de Minería de la UNAM.
DGAE	Sala de Actas de la Dirección General de Administración Escolar de la UNAM.

1. A. de la Veracruz, *Physica Speculatio* (Edición Facsimilar 2012, México, UNAM, 1557). Cabe aclarar que la perspectiva aristotélica-escolástica de la obra era la vigente en la Europa del siglo XVI y lo que se enseñaba en las universidades del viejo continente. Ver el texto que se incluye en el facsimilar, de M. Moreno Corral “*La filosofía natural en la Physica Speculatio*”, pp. 25-42.
2. M. A. Moreno Corral, *Las ciencias exactas en México. Época colonial* (Universidad Autónoma de la Ciudad de México, México, 2007).
3. M. P. Ramos Lara, “La enseñanza de la física en México en el siglo XVIII: el proceso de institucionalización”, *Rev. Mex. Fís.* **45** (1999) 193-203.
4. M. A. Moreno Corral, “Los Elementos de la Filosofía Moderna”, *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* **27** 1 (2013) 59-60.
5. L. Plascencia Gaspar, M. P. Ramos Lara, J. M. Lozano Mejía, “La formación profesional del físico en la UNAM. Trayectoria de sus planes de estudios”, *Perfiles Educativos*, vol XXXIII, 131 (2011) 155-175.
6. M. P. Ramos Lara, *Difusión e institucionalización de la mecánica newtoniana en México en el siglo XVIII* (SMHCT y Universidad de Puebla, México, 1994).
7. José Antonio Alzate y Ramírez (1737-1799), padre del periodismo científico en México, difundió temas científicos de matemáticas, física, ciencias naturales y medicina a través del Diario Literario de México y las Gacetas de Literatura. A. Saladino García, *Dos científicos de la Ilustración Hispanoamericana*: J. A. Alzate, F. J. de Caldas (Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Autónoma del Estado de México, México, 1990).
8. E. Trabulse, *Historia de la ciencia en México*. Siglo XVI (Conacyt/FCE, México, 1983).
9. J. J. Izquierdo, *La primera casa de las ciencias en México. El Real Seminario de Minería* (1792-1811) (Ediciones Ciencia, México, 1958).
10. J. L. Lassaga, J. Velázquez Cárdenas de León, *Representación que a nombre de la Minería de esta Nueva España, hacen al Rey Nuestro Señor los apoderados de ella, D. Juan Lucas de Lassaga, Regidor de esta Nobilísima Ciudad, y Juez Contador de Menores, y Albaceazgos: y D. Joaquín Velasquez de Leon, Abogado de esta Real Audiencia, y Catedrático que ha sido de Matemáticas en esta Real Universidad* (Imprenta Felipe de Zúñiga y Ontiveros, México, 1774).
11. F. X. Gamboa, *Comentarios a las Ordenanzas de Minas* (1761) (Miguel Angel Porrúa, México, 1987).
12. *Reales Ordenanzas para la dirección régimen y gobierno del importante Cuerpo de la Minería de Nueva España y de su Real Tribunal General, de orden de su Magestad* (Madrid, 1783).
13. S. Ramírez, *Datos para la historia del Colegio de Minería*, México, Edición facsimilar de la UNAM 1892 (Imprenta del gobierno federal en el ex-arzobispado, México, 1890).
14. E. Flores Clair, *Minería, educación y sociedad. El Colegio de Minería 1774-1821* (Conaculta-INAH, México, 2000).
15. Andrés Manuel del Río fue compañero del célebre sabio prusiano Alexander von Humboldt (1769-1859). M. P. Ramos Lara, *Vicisitudes de la ingeniería en México (siglo XIX)* (UNAM, México, 2013).
16. M. P. Ramos Lara, “*El Colegio de Minería, la Escuela Nacional de Ingenieros y su proyección en otras instituciones educativas de la ciudad de México (Siglo XIX)*”, *Formación de ingenieros en el México del Siglo XIX* (María de la Paz Ramos y Rigoberto Rodríguez, coordinadores) (UNAM-UAS, México, 2007) 21-45. Ver también: J. M. Cárdenas Méndez y M. P. Ramos Lara, “*Docencia, difusión e investigación de la química en el Colegio de Minería*”, *Aportes recientes a la historia de la química en México* (UNAM, México, 2014). Conviene comentar que en 1875 los estados que tenían estudios de ingeniería eran: Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, el Estado de México, Oaxaca, San Luis Potosí y Zacatecas. J. Díaz Covarrubias, *La instrucción pública en México*, (Imprenta del Gobierno, en Palacio, 1875) pp. CXLIV y CXLV.
17. M. Bazant, “La enseñanza y la práctica de la ingeniería durante el porfiriato”, *Historia Mexicana*, **33** (1984) 254-297.
18. Elhuyar rechazó rotundamente al profesor de física que había designado el director novohispano, al astrónomo Antonio de León y Gama (1735-1802), brillante científico elogiado por Humboldt en la visita que hiciera a Nueva España. M. P. Ramos Lara, *Difusión e institucionalización de la mecánica newtoniana en México en el siglo XVIII* (SMHCT y Universidad de Puebla, México, 1994) 77.
19. Los profesores de mecánica mencionados en las diversas fuentes son: Próspero J. Goyzueta, que también fue profesor de mineralogía y de geología, paleontología y legislación de minas, además de Ingeniero en Jefe de la Comisión encargada de formar las Cartas Hidrográfica y Geológica del Valle de México; Juan Cecilio Barquera, quien en 1866 ocupó el cargo de subsecretario de Instrucción Pública y Cultos; Miguel Bustamante, que además fue profesor de mineralogía y geología; Mauricio Arriaga; Diego Velázquez de la Cadena; Joaquín Velázquez de León; Manuel Rivera, que en 1865 estuvo encargado de las obras de un telégrafo electromagnético en la plaza de Santiago de Mérida, y Carlos Romero. Es importante señalar que todos ellos habían sido alumnos del Colegio. M. P. Ramos Lara, “La mecánica clásica y su enseñanza en el Colegio de Minería”, *ContactoS*, **37** (2000), 49-59. Además, S. Ramírez, *Datos para la historia del Colegio de Minería, México, Edición facsimilar de la UNAM 1892* (Imprenta del gobierno federal en el ex-arzobispado, México, 1890) 321, 338, 370, 382, 395, 402, 428, 452, 457 y 474.
20. IISUE-ENI. Administrativo. Personal. Listas de empleados y asistencia, caja 15, exp. 12, fo. 311-315; AHPM, 1904, II-281, exp. 5, fo. 8; AHPM, 1912, I-314, exp. 1, fo. 5.
21. Datos obtenidos de: AGN, vol. 37, Justicia e Instrucción Pública, 1833-1854 (para 1843); IISUE-ENI, Administrativo, Personal, Listas de empleados y de asistencia, caja 14, exp. 2, fo. 3-4, y caja 15, exp. 6, fo. 263-265 (para 1883); IISUE-ENI, Administrativo, Personal, Nombramientos, caja 15, exp. 13, fo. 53-61 (para 1898); IISUE-ENI, Académico. Planes y programas de estudio. Cursos, caja 21, exp. 37, fo. 1350-1354 (para 1916); IISUE-ENI, Académico. Planes y programas de estudio. Cursos, caja 21, exp. 46, fo. 1534-1539 (para 1928); *Organización, planes y programas de estudios de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México* (1935, edición facsimilar, Prensas de Ciencias, 1991), pp. 9-14 (para 1935).

22. Algunos de los programas de los cursos de física y mecánica se encuentran en G. Tanamachi Castro, *La enseñanza de la física en la Escuela Nacional de Ingenieros y su aportación a la profesionalización de la física en México* (tesis de licenciatura FC-UNAM, México, 2014) pp. 148-166. También en M. P. Ramos Lara, *Historia de la física en México en el siglo XIX: Los casos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros* (tesis de doctorado FFyL-UNAM, México, 1996) 212-251.
23. J. D. Bernal, *La ciencia en la historia*, (Nueva Imagen, México, 2005).
24. Datos obtenidos de: IISUE-ENI, Administrativo, Personal, Listas de empleados y de asistencia, caja 14, exp. 1, fo. 1-2, caja 15, exp. 1, fo. 1-15. (para 1867); IISUE-ENI, Administrativo, Personal, Listas de empleados y de asistencia, caja 14, exp. 2, fo. 3-4, y caja 15, exp. 6, fo. 263-265 (para 1883); IISUE-ENI, Administrativo, Personal, Nombres, caja 15, exp. 13, fo. 53-61 (para 1898); IISUE-ENI, Académico. Planes y programas de estudio. Cursos, caja 21, exp. 37, fo. 1350-1354 (para 1916); IISUE-ENI, Académico. Planes y programas de estudio. Cursos, caja 21, exp. 46, fo. 1534-1539 (para 1928); *Organización, planes y programas de estudios de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México* (1935, edición facsimilar, Prensas de Ciencias, 1991) 9-14 (para 1935).
25. M. P. Ramos Lara, *Vicisitudes de la ingeniería en México* (siglo XIX) (UNAM, México, 2013).
26. Para mayor información sobre los cursos de física en los estudios de ingeniería en la ENI para los siglos XIX y XX dirigirse a: M. P. Ramos Lara, *Historia de la física en México en el siglo XIX: Los casos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros* (tesis de doctorado FFyL-UNAM, México, 1996) y G. Tanamachi Castro, *La enseñanza de la física en la Escuela Nacional de Ingenieros y su aportación a la profesionalización de la física en México* (tesis de licenciatura FC-UNAM, México, 2014).
27. IISUE-ENI, Dirección, Correspondencia, caja 2, exp. 18, fo. 139-141 (para 1883); *Revista de la Instrucción Pública Mexicana*, tomo II, núm. 13, 15 de septiembre de 1897, pp. 373-376; IISUE-ENI, Académico. Planes y programas de estudio. Cursos, caja 21, exp. 37, fo. 1350-1354 (para 1916); IISUE-ENI, Académico. Planes y programas de estudio. Cursos, caja 21, exp. 46, fo. 1534-1539 (para 1928); *Organización, planes y programas de estudios de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México* (1935, edición facsimilar, Prensas de Ciencias, 1991), pp. 9-14 (para 1935).
28. Aunque en esta época no hubo sanciones políticas al interior de la Escuela ni mayores problemas en la operación de la misma, la matrícula escolar disminuyó un poco, sin que se tenga noticia de que haya habido aspirantes rechazados.
29. G. Tanamachi Castro, *La enseñanza de la física en la Escuela Nacional de Ingenieros y su aportación a la profesionalización de la física en México* (tesis de licenciatura FC-UNAM, México, 2014) 139 y 167-169.
30. G. Tanamachi Castro, *La enseñanza de la física en la Escuela Nacional de Ingenieros y su aportación a la profesionalización de la física en México* (tesis de licenciatura FC-UNAM, México, 2014) 45 y 46.
31. AHPM, 1935, VI-530, exp. 36, p. 4.
32. M. Dublán, J. M. Lozano (comps.), *Legislación mexicana o colección completa de las disposiciones legislativas expedidas desde la independencia de la República*, vol. X (Imprenta del Comercio, México, 1878) 761-762.
33. "Recorrido. Salón Rojo", "Recorrido, Patio de Tacuba 7", "1850-1910. Ocupaciones transitorias", "1910-1960. Ocupaciones transitorias", en *200 Años. Palacio de Minería. 1813-2013* (consultado el 11 de octubre de 2013). http://www.palaciomineria.unam.mx/recorrido/salon_rojo_recor.php y http://www.palaciomineria.unam.mx/recorrido/patio_tacuba_7.php (consultado el 9 de marzo de 2014).
34. P. García de León Campero, "Mujeres pioneras de la Sociedad Matemática Mexicana", *Carta Informativa*, 38, (Sociedad Matemática Mexicana, México, 2003) 9-14; J. M. Lozano, L. García-Colín, A. Calles, "Historia de la Sociedad Mexicana de Física", *Rev. Mex. Fis.* **28** (1982) 277-293.
35. J. M. Iglesias, *Memoria que el Secretario de Estado y del Despacho de Justicia e Instrucción Pública presenta al Congreso de la Unión en noviembre de 1869*, (Imprenta del Gobierno, en Palacio, México, 1870) 162; J. Díaz Covarrubias, *La Instrucción Pública en México*, (Imprenta del Gobierno, en Palacio, México, 1875) 208; *Breve noticia de los Establecimientos de Instrucción dependientes de la Secretaría de Estado y del Despacho de Justicia e Instrucción Pública*, (Tipografía y Litografía "La Europea" de J. Aguilar Vera y Cía, México, 1900) 46-47.
36. J. Hernández Luna, *La Universidad de Justo Sierra* (Secretaría de Educación Pública, Colección de Documentos Universitarios, México, 1948).
37. *La Universidad Nacional de México 1910* (UNAM, México, Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes, 1990).
38. L. Zea, *El positivismo en México: nacimiento, apogeo y decadencia*, (FCE, México, 2005) 440.
39. B. Ruiz Gaytán, "Justo Sierra y la Escuela de Altos Estudios" *Historia Mexicana* **16** (1967) 541-564.
40. M. P. Ramos Lara, *Rev. Mex. Fis. E*, **52** (2005) 137-164.
41. M. P. Ramos Lara, "La química en los inicios de la Escuela Nacional de Altos Estudios", *Aportes recientes a la historia de la química en México* (UNAM, México 2014).
42. M. P. Ramos Lara, *Historia de la profesionalización de la física en México* (investigación posdoctoral, FFyL-UNAM, México, 2003).
43. M. P. Ramos Lara, "La física y la UNAM a mediados del siglo XX", *Experiencia mexicana en aceleradores de partículas* (M.P. Ramos, coordinadora) (UNAM y Siglo XXI, México, 2004) 19-36. Conviene mencionar que en 1928, en la ENI y no en la FFyL se impartían las conferencias de los científicos extranjeros invitados, como fue la del doctor Alexander Goetz, profesor de física experimental de la Universidad de Göttingen. "Conferencias", *Boletín de la Secretaría de Educación Pública*, marzo de 1928, p. 238.
44. J. C. Gallardo, J. M. Lozano, M. P. Ramos Lara, "Publicaciones sobre temas de física en las Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate", *Revista Ciencia Ergo Sum*, **12**, 1 (2005) 97-104.

45. Manuel Sandoval Vallarta. *Homenaje* (Instituto Nacional de Estudios Históricos de la Revolución Mexicana, México, 1987).
46. En la ENI, Monges impartió el curso métodos geofísicos de exploración. AHPM, 1937, IV-548, exp. 13. Ver también J. Adem, Ricardo Monges López, fundador de la Facultad de Ciencias, *Ciencias* 4 (1983) 42-45.
47. M. E. Navarro Robles, *Antecedentes de la investigación y de los altos estudios de física y matemáticas en México (fines del siglo XIX y principios del siglo XX)* (tesis de maestría, FC-UNAM, 1997); H. Cruz Manjarrez, *El desarrollo de la física en México*, (Anaya Editores, 1996) 32; J. Adem, "Ricardo Monges López, fundador de la Facultad de Ciencias" *Ciencias*, 4 (1983) 42-45.
48. M. P. Ramos Lara, "Los ingenieros promotores de la física académica en México (1910-1935)", *Revista Mexicana de Investigación Educativa* 12 35 (2007) 1241-1265.
49. H. Cruz Manjarrez, *El desarrollo de la física en México*, (Anaya Editores, 1996) 32 y R. Monges López, "Historia de la Facultad de Ciencias (III)", *Ciencias*, 4 (1983) 46-48.
50. "Historia de la Facultad de Ciencias (II)", *Ciencias*, 3 (1983) 28-31. Además, *Organización, planes y programas de estudios de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México* (Edición facsimilar 1991, Prensas de Ciencias UNAM, México, 1935). También se ofrecían los estudios de Profesor de Física o de Matemáticas en escuelas preparatorias, secundarias o normales.
51. Cuatro meses antes de la muerte de Sotero Prieto.
52. L. Plascencia Gaspar, M. P. Ramos Lara, J. M. Lozano Mejía, "La formación profesional del físico en la UNAM. Trayectoria de sus planes de estudios", *Perfiles Educativos*, vol XXXIII, 131 (2011) 155-175. En mayo de 1935 se aprobó otorgar también grados de doctor. AHPM, 1935, VI-530, exp. 36, p. 3.
53. G. Auvinet Guichard, *Doscientos años en la historia de la ingeniería en México* (separata, Fundación ICA/Colegio de Ingenieros Civiles de México, A. C. (CICM)/Revista 20/10, 2009) 30.
54. M. P. Ramos Lara, "De la física de carácter ingenieril a la creación de la primera profesión de física en México" *Rev. Mex. Fís. E* 52 (2005) 137-164.
55. M. P. Ramos Lara, "De la física de carácter ingenieril a la creación de la primera profesión de física en México" *Rev. Mex. Fís. E* 52 (2005) 137-164.
56. DGAE, Actas de exámenes de la Facultad de Ciencias de 1936-1941.
57. J. Jiménez Rueda, "Los estudios universitarios en México y en el extranjero", Universidad de México, tomo IV, núms. 21 y 22 (1932) 342-359 (para 1932); *Organización, planes y programas de estudios de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México* (1935, edición facsimilar, Prensas de Ciencias, 1991), p. 11 bis (para 1935); L. Plascencia Gaspar, M. P. Ramos Lara, J. M. Lozano Mejía, "La formación profesional del físico en la UNAM. Trayectoria de sus planes de estudios", *Perfiles Educativos*, vol XXXII, 131 (2011) 164 (para 1939); A. Moles Batlle et al., *La enseñanza de la ingeniería mexicana, 1792-1990* (Sociedad de ex Alumnos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, México, 1991) 396-398 (para 1937).
58. M. E. Navarro Robles, *Antecedentes de la investigación y de los altos estudios de física y matemáticas en México (fines del siglo XIX y principios del siglo XX)* (tesis de maestría, FC-UNAM, 1997) 159.
59. "Nómina de la Facultad de Ciencias por la primera quincena de noviembre de 1939", AHPM, 1939, X-574, exp. 17, pp. 1-3. Además, "Lista de alumnos inscritos en la Escuela Nacional de Ingenieros en el año de 1937", AHPM, 1937, VIII-552, exp. 19, p. 9; AHPM, 1939-X-574, exp. 14.
60. L. Plascencia Gaspar, M. P. Ramos Lara, J. M. Lozano, "Semejanzas y diferencias entre las carreras de físico y de astrónomo en la UNAM (1939-1967)" *Rev. Mex. Fís. E*, 54 (2008) 216-225.
61. ISSUE-AH, A. Baños, "La misión del Instituto de Física de la Universidad Nacional de México", *Revista de Estudios Universitarios*, Tomo I, núm. 5 (1940) 579-586.
62. A. Minor García, *El Instituto de Física y sus prácticas. 1939-1955* (tesis de licenciatura FC-UNAM, México, 2009) 63-65. Manuel González Flores inventó el sistema "Descimbrar cimbrando" y "Pilote de control" con los cuales se facilitó la construcción de grandes edificios y se atenuó el problema del hundimiento de la ciudad de México. <http://www.pilotesdecontrol.com.mx/PICOSA5.html> (consultado el 25 de marzo de 2014).
63. AHPM, "Nómina del Instituto de Física", 1939, X-574, exp. 17; H. Cruz Manjarrez, *Reseña histórica del Instituto de Física. Primera etapa 1938-1953* (UNAM, México, 1975) 8.
64. Tramitó dos solicitudes de patente, una de un sistema de televisión a colores y otra sobre televisión estereoscópica. R. Velázquez Estrada, "El nacimiento de la radiodifusión mexicana", *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México*, 9 (UNAM, México, 1983) 137-170.
65. <http://einsteinylmexicanopedrozuloaga.blogspot.mx/2012/06/cientifico-filosofo-artista-y.html> (consultado el 25 de marzo de 2014).
66. Conviene señalar que Fernando Alba Andrade afirma haber participado como ayudante de investigador en 1938. F. Alba Andrade, "El acelerador Van de Graaff de 2 Mev de la UNAM", *Experiencia mexicana en aceleradores de partículas* (coordinadora M. P. Ramos Lara) (UNAM, México, 2004) 37.
67. DGAE, Libro de graduados en la Facultad de Ciencias, núm. 1.
68. Además de crear los primeros institutos de ciencias físicas y matemáticas, y de geofísica, Monges López sobresalió como un gran organizador y promotor de la ciencia tanto en la Universidad como a nivel nacional.