



Educación matemática

ISSN: 0187-8298

ISSN: 2448-8089

Sociedad Mexicana de Investigación y Divulgación de la
Educación Matemática A.C.; Universidad de Guadalajara

Sabatinelli, Pablo Agustín; Llanos, Viviana Carolina
Álgebra Lineal y Geometría Analítica en la formación de ingenieros
en Argentina desde 1810 a la actualidad: análisis macrodidáctico
Educación matemática, vol. 36, núm. 1, 2024, pp. 121-156
Sociedad Mexicana de Investigación y Divulgación de la
Educación Matemática A.C.; Universidad de Guadalajara

DOI: <https://doi.org/10.24844/EM3601.05>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40578778006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Álgebra Lineal y Geometría Analítica en la formación de ingenieros en Argentina desde 1810 a la actualidad: análisis macrodidáctico

Linear Algebra and Analytic Geometry in engineering education
in Argentina from 1810 to the present: macrodidactic analysis

Pablo Agustin Sabatinelli,¹ Viviana Carolina Llanos²

Resumen: Tanto la formación de ingenieros en Argentina como los saberes matemáticos contenidos en los planes de estudio de las carreras de ingeniería han cambiado desde su creación. En este trabajo se definen cuatro etapas que permiten describir los grandes cambios, utilizando la *escala de niveles de codeterminación didáctica*, desarrollado por Yves Chevallard dentro de la Teoría Antropológica de lo Didáctico. Se recopilan 504 planes de estudio y se genera una categorización que permite definir cada etapa, analizando condiciones para la difusión del saber matemático en la Universidad. En este trabajo nos enfocamos en el nivel del *área*, con el objetivo de describir las transformaciones en la organización de los saberes de Geometría Analítica y Álgebra Lineal. A pesar de los cambios sociales y culturales de los últimos años, en los últimos 50 años no se evidencian modificaciones sustanciales en los saberes a estudiar de Geometría Analítica y Álgebra Lineal.

Fecha de recepción: 18 de noviembre de 2022. **Fecha de aceptación:** 7 de febrero de 2024.

¹ Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (UNR), Rosario, Argentina, pablosabatinelli@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9686-3780>.

² Núcleo de Investigación en Educación en Ciencia y Tecnología (NIECYT), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina, vcllanos@exa.unicen.edu.ar, <https://orcid.org/0000-0003-0433-2654>.

Palabras clave: *Formación de Ingenieros, Planes de Estudio, Matemáticas, Teoría Antropológica de lo Didáctico.*

Abstract: Both the education of engineers in Argentina and the mathematical knowledge contained in the curricula of engineering careers have changed since their creation. In this work, four stages are defined to describe the major changes, using the scale of levels of didactic codetermination, developed by Yves Chevallard within the Anthropological Theory of Didactics. A total of 504 study plans are compiled and a categorization is generated to define each stage, analyzing conditions for the diffusion of mathematical knowledge at the University. In this work we focus on the level of the area, with the objective of describing the transformations in the organization of the knowledge of Analytic Geometry and Linear Algebra. Despite the social and cultural changes of recent years, in the last 50 years there have been no substantial modifications in the knowledge to be studied in Analytic Geometry and Linear Algebra.

Keywords: *Engineering Education, Curriculum, Mathematics, Anthropological Theory of Didactics.*

INTRODUCCIÓN

Este artículo aborda el problema de la enseñanza del Álgebra Lineal (AL) y la Geometría Analítica (GA) en las facultades de Ingeniería de Argentina. Concretamente nos enfocaremos en la descripción de las transformaciones de los saberes propuestos a estudiar de AL y GA según resultan de los planes de estudio correspondientes en el país. Para analizar las características de las carreras de ingeniería y sus finalidades en cada momento histórico, es necesario definir y examinar la estructura de estas desde su creación, los planes de estudio de cada momento y finalmente la matemática implicada en dichos planes. Esta investigación propone identificar los cambios en los saberes propuestos a estudiar según los planes de estudio de AL y la GA que forman parte del ciclo básico común a todas las carreras de ingeniería del país, incluyendo los planes de estudio generados desde la Academia de Dibujo fundada por Manuel Belgrano en 1799 hasta los de las universidades nacionales actuales.

Con relación a la enseñanza de AL y GA en el ciclo básico de las universidades en Argentina, se reconocen varias investigaciones que estudian los problemas acerca de la génesis de estos conocimientos, los errores y obstáculos en la enseñanza universitaria, propuestas de enseñanza y análisis de puesta a punto en el aula. Una recopilación de 168 investigaciones (Sabatinelli *et al.*, 2021) permite identificar un problema común que es relativo a la vinculación entre estos conocimientos de AL y GA que forman parte actualmente de una misma asignatura en la propuesta de los planes de estudio, pero que, de hecho, se estudian como dos partes separadas, inconexas, lo que podría ser uno de los motivos a los que Chevallard (2013a) atribuye el fenómeno de la *pérdida de sentido* de estos saberes. Como ejemplo tomamos el trabajo de Oktaç (2018) quien solicitó a estudiantes universitarios que dibujaran en el plano cartesiano dos rectas cuyas ecuaciones estaban dadas y cuyas gráficas coincidían, y en segundo lugar que resolvieran un sistema de ecuaciones lineales correspondiente a la gráfica obtenida antes –aunque no se especificaba explícitamente esta relación–. A partir de entrevistas a estudiantes, se identifican dos concepciones en la solución de un sistema de ecuaciones: “una como el punto de intersección geométrico y la otra como los puntos que satisfacen ambas ecuaciones” (Oktaç, 2018, p. 77). El estudio concluye que es difícil modificar las concepciones analítico-aritméticas adquiridas en la resolución de sistemas 2×2 para incluir interpretaciones geométricas del mismo.

Otras investigaciones se focalizan en la abstracción inherente al estudio del AL (Carlson, 1993; Dunda *et al.*, 2012), y sus investigaciones son conducentes a abordar esta dificultad de orden epistemológico sin proponer necesariamente una vinculación con la GA. El grupo LACSG (Carlson *et al.*, 1993) en la década de 1990 propuso una *perspectiva matricial*, donde el AL se enfoca en los aspectos computacionales y calculatorios priorizando para esto algoritmos, y luego los conceptos y relaciones más abstractas (Carlson *et al.*, 1993). El grupo RUMEC (Research in Undergraduate Mathematics Education Community) (Dubisnky, 1997) en contraposición al grupo LACSG, busca crear situaciones didácticas que promuevan la reflexión en los individuos.

Otras investigaciones proponen una *enseñanza conjunta del AL y la GA*, entre las que se destaca la de Ba y Dorier (2010), quienes sugieren interpretar geométricamente resultados algebraicos, dado que la base geométrica provee a los conceptos algebraicos con una base intuitiva y aporta una mayor consistencia entre el método algebraico y la interpretación geométrica. En línea con esta investigación Guedet-Chartier (2002, 2009, 2003, 2004, 2006) ahondan en esta

problemática, y acuerdan en que los vectores (como elementos de un espacio vectorial) no se construyen, sino que son objetos dados definidos solamente por sus propiedades como componentes de una estructura. Los vectores geométricos, por el contrario, son el resultado de un proceso dinámico de abstracción: intuición geométrica y elaboración algebraica. Concluyen que una perspectiva de enseñanza conjunta de AL y GA será beneficioso para ambas ramas del conocimiento matemático.

Para llevar a cabo esta investigación recopilamos textos sobre la historia de la ingeniería en Argentina (Lucchini, 1981; Silva *et al.*, 2016a), documentos fundacionales, leyes de creación de las escuelas de dibujo y academias de náutica y, más tarde, de las universidades nacionales, disposiciones ministeriales, informes económicos y otros que permiten conocer el contexto de la creación y los fines de las carreras de ingeniería en Argentina en cada una de las etapas históricas que definimos en esta investigación. Estos documentos son esenciales para analizar otros que también son una referencia: los planes de estudio. Los 504 planes de estudio son analizados utilizando la escala de niveles de codeterminación didáctica (Chevallard, 2001, 2013b) en la Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD). La investigación se realiza en dos instancias. En primer lugar, se analizan los cambios en la concepción de las carreras de ingeniería y el desarrollo, a través del tiempo, del rol del ingeniero: como técnico, como académico, por su función social, asociado a la industria, según necesidades de índole política, social, económica entre otras (Sobrevila, 2000; Nguyen, 1998). En segundo lugar, el estudio se hace sobre los saberes de AL y GA que se proponen enseñar en la formación de ingenieros. Con base en este análisis buscamos responder las preguntas: ¿Cuáles son las condiciones y restricciones para la enseñanza de AL y GA, según los saberes incluidos en los planes de estudio para las carreras de ingeniería en Argentina? ¿Qué factores afectan a la difusión de los saberes de AL y GA en las facultades de ingeniería?

MARCO TEÓRICO

La Teoría de la Transposición Didáctica (TTD) (Chevallard, 1985) proporciona instrumentos para definir las

transformaciones que un objeto o un cuerpo de conocimiento experimenta desde el momento en que se produce, se pone en uso, se selecciona y se diseña para ser enseñado, hasta que realmente se enseña en una institución educativa determinada. (Chevallard y Bosch, 2014, p. 170)

Es posible identificar dos fases del proceso transpositivo de un saber: en primer lugar, el saber académico se produce y comunica en una cierta comunidad científica de referencia, constituida por expertos del saber; la segunda fase de la transposición se desarrolla en lo que Chevallard denomina metafóricamente *noósfera* (Chevallard, 1985). La *noósfera*, la escuela y la sociedad regulan las condiciones del sistema educativo. Entre otras funciones, es en la *noósfera* donde se piensa el funcionamiento general de una institución educativa y se determinan las características de lo que, en este caso, un estudiante de ingeniería necesitará en su formación para su desempeño profesional futuro. Integran la *noósfera* además de los expertos en el saber académico y en currículum, los representantes de la política, de las asociaciones gremiales de docentes y los empresarios, entre otros (Chevallard, 1985, 1987; Otero, 2021); y las producciones de la *noósfera* incluyen los diseños curriculares, los planes de estudio de las carreras, los programas de las asignaturas, los libros de texto, materiales didácticos, las investigaciones científicas desarrolladas en el seno de una comunidad.

En la TAD no es posible interpretar la actividad matemática dentro de una institución sin considerar los fenómenos relacionados con los procesos de construcción y deconstrucción de dichos saberes en la institución que los produce. La escala de niveles de codeterminación didáctica (Chevallard, 2001, 2019) supone una jerarquía de niveles que podría afectar los saberes matemáticos a estudiar, y las maneras de organizar el estudio de estos en una institución. La escala se denomina de codeterminación porque se considera la relativa dependencia entre la forma de organizar la matemática y la forma de organizar su enseñanza (Chevallard, 2019; Barquero *et al*, 2014). La escala en su versión completa se representa en la figura 1.

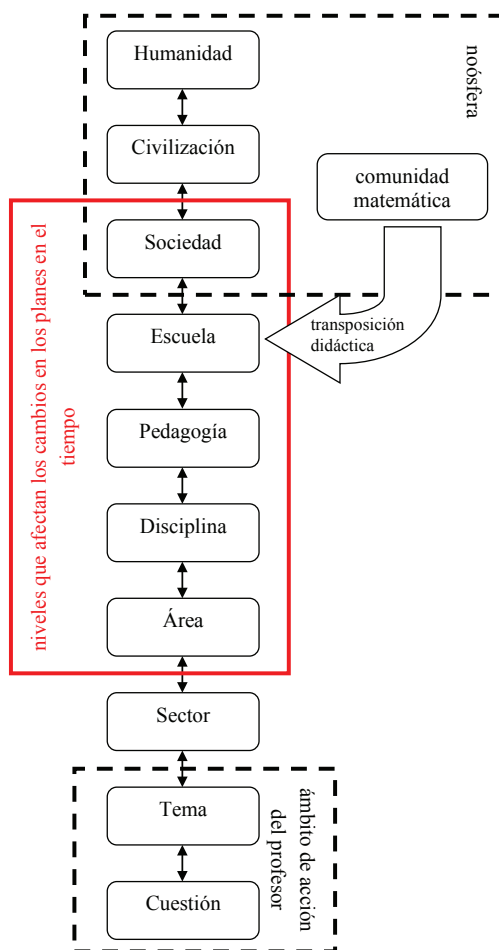


Figura 1. Escala de niveles de codeterminación didáctica y algunos factores asociados.

Entre los niveles superiores que no se incluyen en este trabajo se encuentran los de *humanidad* y *civilización*. El nivel de *humanidad* define al “humano moderno” y desde hace unos 10.000 años la única especie sobre la tierra es el *Homo sapiens*, por lo tanto, no explica los cambios en los planes. Tampoco el nivel de *civilización*, que define al conjunto de costumbres, ideas, creencias, cultura y saberes que caracterizan a un grupo humano en un momento de su evolución y que nuclean diversas sociedades.

El nivel *sociedad* corresponde al conjunto de personas, pueblos o naciones que conviven bajo normas comunes como su organización política, la de su sistema educativo, las leyes que regulan las actividades entre las personas que integran la sociedad (Chevallard, 2019; Otero, 2021). Entre las sociedades de interés para este trabajo, podemos mencionar: la del Reino de España durante el siglo XVIII, la colonial en el Río de la Plata, la República Argentina. El nivel *escuela* agrupa instituciones como Universidad, o una facultad determinada, una institución no universitaria (escuela primaria, escuela secundaria, entre otras) o cualquier otra de enseñanza (centros de formación técnica o centros de capacitación laboral, por ejemplo). Específicamente interesa diferenciar aquí las *escuelas* que acogen las carreras de ingeniería y que van desde escuelas militares y de dibujo, hasta las facultades de ingeniería dependientes de universidades nacionales. El nivel *pedagogía*, se relaciona con el “arte” de poner a los estudiantes en contacto con cierta obra a estudiar. Esta obra o conjunto de obras que serán objeto de estudio están enmarcadas en una *disciplina*. En nuestro caso, la *disciplina* es la matemática, y las áreas de interés son AL y GA.

A su vez, las áreas se desagregan en *sectores* y estos en *temas* de estudio para los que se formulan *cuestiones* para estudiar dichos temas. El análisis y las vinculaciones de los *sectores*, *temas* y *cuestiones* no se desarrollan aquí, pero son considerados en la investigación y se hace con base en los saberes de matemática propuestos en los programas de estudio que, por su puesto, se ajustan a las características de los planes que aquí analizamos con base en los niveles superiores destacados con el recuadro rojo en la figura 1.

METODOLOGÍA

Se trata de un estudio exploratorio y descriptivo, basado en un análisis documental (Hernández Sampieri *et al.*, 2016; Valles, 1999) sobre los siguientes documentos:

- 1) 3 planes de estudio de las Academias Militares y de Dibujo, durante el periodo 1810-1816, que identificamos como el origen de las carreras de ingeniería en el país y, 504 planes de estudio de universidades nacionales.
- 2) Leyes nacionales con sus decretos reglamentarios, decretos provinciales, discursos oficiales de representantes del Poder Ejecutivo, de rectores de Universidades Nacionales, etcétera.

El análisis se realizó utilizando la escala de los niveles de codeterminación didáctica. En primera instancia, se analizan los documentos fundacionales, leyes nacionales y provinciales, decretos y los documentos emanados de la noósfera, que permiten definir la relación *sociedad-escuela*, dado que a partir de estos niveles de la escala se definen las características para la creación de las carreras de ingeniería. En la figura 2 se coloca el instrumento desarrollado para definir las características de la escala en el nivel *sociedad-escuela*, en lo que respecta a las carreras de ingeniería en Argentina. Con base en más de sesenta documentos fundacionales, leyes y decretos y planes de estudio, se realiza este primer análisis.

Tipo de documento	Sociedad	Escuela	Perfil del ingeniero	Duración de la carrera	Destinatarios

Figura 2. Instrumento para el primer análisis.

En la columna Tipo de documento indicamos si se trata de un decreto, una ley o una resolución ministerial. En la columna Sociedad indicamos características sociales, económicas o políticas que hacen a los cambios y necesidades de una sociedad en un determinado momento. En Escuela se indica el tipo de institución educativa (escuelas militares, Academias de Dibujo, Academias de Náutica, Universidades Nacionales, Universidad Obrera, Universidad Tecnológica Nacional). En Perfil del ingeniero se indica la especialidad para la que se propone cada plan de estudio, y las características del desenvolvimiento profesional del ingeniero en función de las necesidades de cada momento. En la columna Duración de la carrera se indica la cantidad de años del plan de estudios. En la columna Destinatarios se indican los requisitos y perfil del ingresante a la carrera (edad, conocimientos mínimos, género, nivel socioeconómico, entre otros).

Como consecuencia de este análisis, detectamos que las políticas de industrialización/desindustrialización afectan directamente a la formación de ingenieros en el país, en concordancia con las investigaciones de Rougier (2021) y Kosacoff (2010). Esto permitió identificar cuatro etapas:

- Etapa 1 (E1): periodo 1810 a 1920, caracterizada por la conversión de los ingenieros con orientación militar a los ingenieros orientados a la producción y la industria (ingenieros civiles).
- Etapa 2 (E2): desde 1921 a 1976, corresponde al desarrollo de las carreras de ingeniería en compás con el proceso de industrialización del país y de políticas económicas basadas en la sustitución de importaciones.
- Etapa 3 (E1): periodo 1977 a 2002, responde a una etapa de estancamiento y retroceso de la carrera de ingeniero a partir de la desindustrialización del país y políticas económicas que fomentaron la importación de productos elaborados.
- Etapa 4 (E4): desde 2003, corresponde a una vuelta hacia la industrialización, y políticas públicas conducentes a fomentar la formación de ingenieros en Argentina.

El segundo análisis es relativo a los niveles de la escala *escuela-pedagogía-disciplina-área*. Se realiza con base en los 504 planes de estudio de las carreras de ingeniería de cada una de las etapas definidas antes. La información de los planes en los niveles mencionados, se sintetiza en la tabla de la figura 3.

Etapa	N° plan	Año	Escuela / Universidad	Carrera	Resolución	Disciplina	Saber AL y GA
-------	------------	-----	--------------------------	---------	------------	------------	------------------

Figura 3. Tabla de planes de estudio de Ingeniería en Argentina.

La columna Etapa (desde E1 a E4) describe la distribución de los planes: 20 corresponden a E1, 41 a E2, 123 a E3 y 320 corresponden a E4. La columna Año indica el año del plan de estudios. Se identifica la Escuela/Universidad a la que corresponde cada plan de estudios y con la columna Carrera, se clasifican las mismas según el tipo de ingeniería en cada caso. Con la columna Resolución se indica el número de resolución que certifica cada plan de estudios. Con Disciplina se indica el nombre de las asignaturas que se analizarán en este trabajo. Saber AL y GA corresponde al enunciado de los saberes de AL y GA de los planes de estudio. Para ello se generó otra planilla donde se listan estos saberes y se indica una breve descripción que corresponde a los contenidos enunciados en los planes de estudio. Esto permitirá analizar específicamente

los cambios en los saberes enunciados en los planes de estudio y las posibles causas de estos cambios en el tiempo. Las líneas de tiempo permiten sintetizar los grandes hitos en cada etapa identificada.

ANÁLISIS DE LOS PLANES DE ESTUDIO DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA EN ARGENTINA

La formación de ingenieros en Argentina tiene una correlación directa con los procesos de industrialización y producción del país y, con las políticas estatales conducentes a fomentar estos procesos o a desalentarlos. Cada etapa describe de qué modo esto repercute en la formación de ingenieros, junto con otros cambios que exceden a las decisiones de la nóosfera, y que se sitúan, por ejemplo, en el nivel del saber.

ETAPA 1: ORIGEN DE LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN ARGENTINA (1810-1920)

Las carreras de ingeniería en Argentina surgen al igual que en España, como una necesidad militar: el rol de los primeros ingenieros estaba vinculado con el arte militar, como construir elementos útiles para la guerra, fortificaciones para resguardo de las ciudades, maquinaria bélica y obras públicas (Silva *et al.*, 2016b). Los centros de enseñanza en esta etapa corresponden a las diferentes Academias Militares españolas de Matemática y de Dibujo, con sede en Argentina y Uruguay, que en el siglo XVIII formaban parte del Virreinato del Río de la Plata. En 1799, en el Real Consulado de Buenos Aires, comenzaba a funcionar la Academia de Náutica que, según Manuel Belgrano –fundador de dicha academia–, era “tan necesaria y útil al Estado, al bien público, y a la Patria” (*Boletín Oficial* 115, 1810). La necesidad de contar con personas capacitadas en la medición de las tierras, así como también competentes en conflictos bélicos, era fundamental en un período todavía signado por los procesos de revolución que se estaban dando en el continente americano. Dentro del reglamento, publicado en el *Boletín Oficial* en 1810, se destaca el interés por la matemática:

La matemática es la ciencia más útil y necesaria para un militar. Sin ella no es posible forme un arreglado plan de defensa ni ataque, que conozca las ventajas y desventajas que ofrece un país. (*Boletín Oficial* 115, 1810)

En la figura 4, contextualizamos los acontecimientos que se dan en el nivel *escuela* vinculados con otros del nivel *sociedad* (Revolución de Mayo), además de las transformaciones propias de la matemática. La Revolución de Mayo tuvo con la destitución del virrey español Hidalgo de Cisneros el comienzo de la disolución del Virreinato del Río de la Plata. Esto dio lugar a cuatro estados independientes: Argentina, Paraguay, Uruguay y Bolivia, y a la instauración del libre comercio, que posibilitó la exportación de productos a Europa. En cuanto a la evolución de la matemática, desatacamos: la publicación de las tablas de logaritmos a 7 y 10 cifras por Vega en 1794, el aporte de Wessel (1799) quien desarrolla un dispositivo para sumar y multiplicar con ciertas entidades geométricas (vectores en dos dimensiones), diagramas que actualmente se utilizan para representar vectores y números complejos. En 1799, Gauss da la primera prueba aceptada por la comunidad matemática de que todo polinomio a coeficientes complejos tiene al menos una raíz compleja. En 1872, F. Klein propone el programa de Erlangen, en donde llega a definirse con toda generalidad a la geometría a partir de la teoría de grupos (de transformaciones) y los invariantes por ese grupo. (Kleiner, 2007; Kline, 2012). Finalmente, el matemático francés Fourier (*series de Fourier*) tendrá gran influencia en la física-matemática, en la termodinámica, la mecánica y la ingeniería.

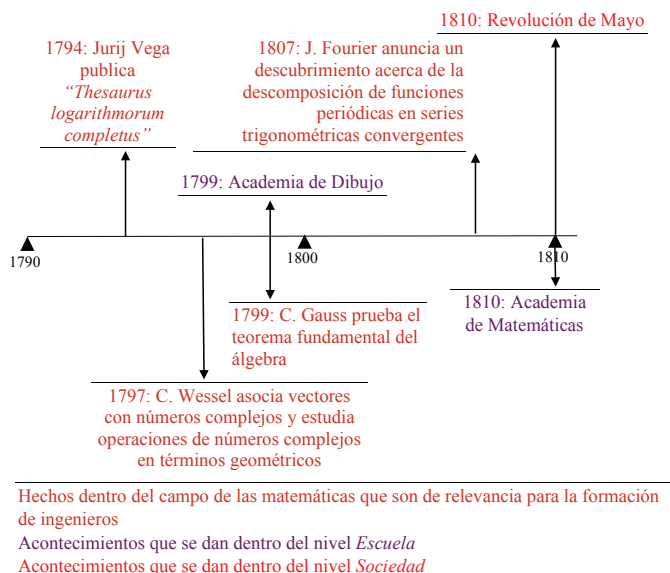


Figura 4. Línea de tiempo 1790–1810.

Después de la revolución de mayo, las academias militares se cierran. La Academia de Matemáticas de 1810 pasa a funcionar como una Escuela Militar y de Matemáticas. En 1821 esta se integra a la naciente Universidad de Buenos Aires (UBA). Sin embargo, la formación de ingenieros sigue estando bajo la órbita militar. El rector de la UBA, Juan María Gutiérrez (1809-1878) crea en 1861 la primera carrera de Ingeniería en el ámbito universitario. En 1869 egresa la primera camada de ingenieros, habilitados también para actuar como agrimensores. Las Academias de formación de Ingenieros, pasaron de depender del Ejército a la UBA con la creación de la carrera de Ingeniero Civil, cambio que se explica en los niveles de *escuela* y *sociedad*. Es decir, la consolidación de la Nación Argentina como estado independiente reflejado en el contexto político y social de ese momento, conduce a que el interés ya no esté puesto en la formación de ingenieros militares, sino de ingenieros civiles. La ingeniería comienza a tener un perfil más orientado hacia la industria, la producción y la economía en general. Un ejemplo de esto fue la creación de la Escuela de Ingenieros de Minas de San Juan en 1876, que surge a partir de que Sarmiento encomendara un informe sobre la utilidad económica que podían tener los minerales existentes en las cadenas montañosas de la región sanjuanina. Desde el nivel *sociedad* se requiere de ciudadanos capacitados para explotar recursos naturales propios de una región, y el nivel *escuela* responde a esta demanda creando primero las cátedras de mineralogía en 1869 y finalmente la escuela de ingenieros en 1876.

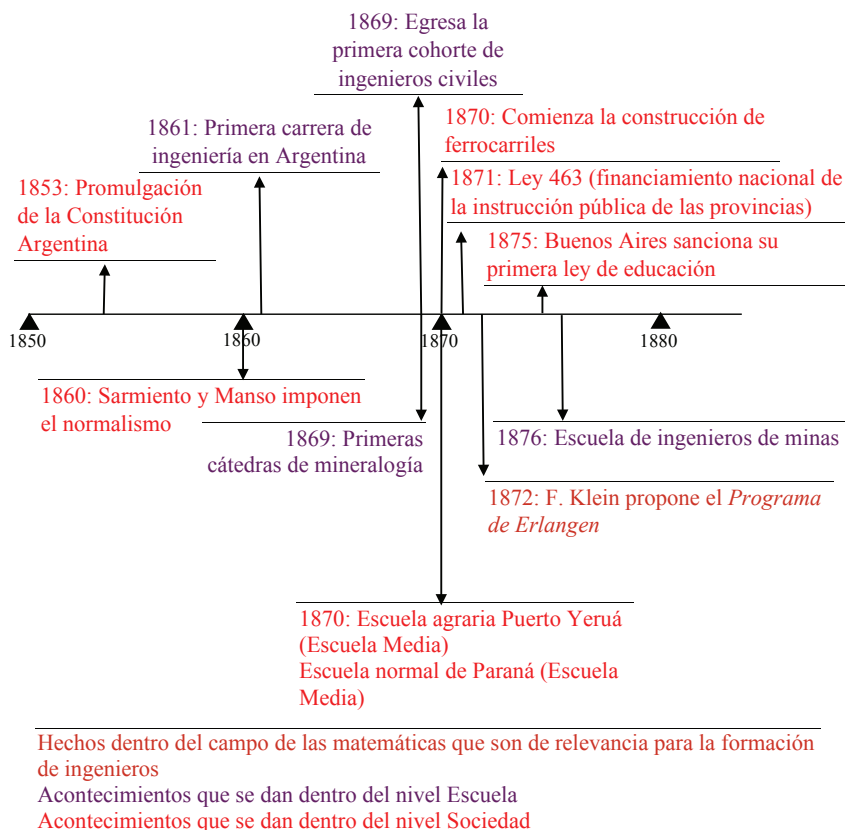


Figura 5. Línea de tiempo 1850–1880.

En el nivel *escuela*, lo anterior se refleja en lo que se denomina perfil *profesionalizante* de la universidad (Buchbinder, 2005). Se puede inferir este perfil en el papel que se espera de los ingenieros, según se trasluce en el discurso del entonces decano de la Facultad de Ingeniería, ingeniero. Krause con motivo del acto de colación de grado para ingenieros en la UBA en 1909:

La misión de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales es muy compleja [...] debe satisfacer ante todo los intereses generales del país. Su enseñanza ha de contribuir directa o indirectamente al desenvolvimiento progresivo de las obras públicas, de las industrias y de la cultura superior científica... (Krause, 1909, p. 279)

En el nivel de la *disciplina*, los saberes matemáticos implicados en la formación de ingenieros militares correspondían a Geometría Euclidea (se estudiaban los *Elementos* de Euclides (ca. 300 a.C) o libros que los transcribían) y también aritmética y álgebra (principalmente operatoria con números naturales y racionales, reparticiones proporcionales, logaritmos, ecuaciones lineales y cuadráticas en una variable y en algunos casos sistemas de ecuaciones lineales de orden 2 o 3). Estos saberes requieren un nivel de abstracción relativamente bajo, entendiendo que el enfoque estaba orientado a las técnicas de resolución y no a la justificación de estas. Posteriormente se sancionan dos leyes que afectan la formación de estudiantes universitarios: la ley n°463 en 1871, con la que las provincias recibían financiamiento del Estado nacional para la educación primaria y secundaria, y la ley n°1420 en 1884 referida a la instrucción primaria obligatoria, gratuita y gradual. Producto de estas leyes, resultará que los candidatos a estudiar ingeniería ya habrán aprendido durante la escuela primaria y secundaria muchos de los saberes que enunciamos como componentes de los planes de estudio para la formación de ingeniero. Así, las leyes 463/71 y 1420/84 terminan afectando a la formación de los ingenieros, en los niveles *disciplina* y *área*. Con estos cambios, pasan a incluirse en la universidad cálculo diferencial e integral en una variable, geometría analítica y proyectiva. Por otra parte, en geometría, por razones de practicidad, economía de recursos y capacidad de generalización, comienza a ganar terreno la geometría analítica por sobre la geometría euclidea, conduciendo a una *algebrización* de la geometría. En lo que respecta al álgebra, se amplía el campo numérico con un estudio más profundo de los números complejos. Se estudian campos numéricos (rationales, reales, complejos) y la resolución de ecuaciones (polinómicas en su mayoría) y sistemas de ecuaciones lineales. En la tabla 1 se sintetizan los distintos niveles de la escala, identificando aspectos comunes o cambios según corresponde en cada uno de sus elementos.

Tabla 1. Síntesis de los niveles de codeterminación de la etapa 1810-1920

Sociedad I	Sociedad II
Virreinato del Río de la Plata. Sociedad colonial que dependía del gobierno español desde lo político y lo económico. Bajo nivel educativo. La educación era para unos pocos.	Sociedad Argentina independiente. Se construyen escuelas en todo el territorio nacional y hay una expansión tanto de la educación (creación de Universidades nacionales) como de la identidad nacional (escuelas normalizadoras sarmientinas -su nombre por Sarmiento-; ley 1420). Desde lo económico comienzan a crearse algunas pequeñas industrias y la actividad agropecuaria requiere de ingenieros.
Escuela I	Escuela II
Academias militares, Academia de Náutica y Dibujo; y Escuela de Matemáticas (dependientes del ejército).	Universidades Nacionales argentinas.
Pedagogía	
Clases magistrales y expositivas. Estudio de algunas obras de referencia.	
Disciplina I	Disciplina II
Matemática elemental: nivel de abstracción bajo. Estudio de problemas concretos y cuya resolución implica herramientas de tipo aritmético o geométrico (geometría euclidea)	Mayor nivel de abstracción. Problemas más generales. Introducción del cálculo diferencial e integral. Algebrización de los saberes.
Área I	Área II
Álgebra elemental. Geometría Euclidea. Primeras cuestiones de Álgebra Lineal (sistemas de ecuaciones lineales de dos ecuaciones con dos incógnitas o tres ecuaciones con tres incógnitas.)	Álgebra y estructuras algebraicas (resolución de ecuaciones y sistemas de ecuaciones desde un punto de vista más general y en campos numéricos más generales). Cálculo diferencial e integral.

Identificamos que la relación *sociedad* ↔ *escuela* en este periodo responde al perfil profesionalizante que se le otorgó a la universidad en el país. Además, los cambios sociales que ocurrieron durante este periodo no solo modificaron la institución universitaria en sí por el pasaje de la órbita militar a la órbita civil, sino que también modificaron los niveles de *disciplina* y *área*. En efecto, tal como señalamos, la voluntad política del momento en conjunto con la sanción de las leyes de financiación de la educación y la obligatoriedad, gratuidad y universalidad de esta, hizo que las personas ingresasen a la universidad con conocimientos mucho más amplios que los de finales del siglo XIX.

ETAPA E2: PERIODO DE EXPANSIÓN DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA (1921-1976)

Con el decreto 26971 del 21/03/1939 se crea la Universidad Nacional de Cuyo. El espíritu de la ley sigue manteniendo el perfil profesionalizante que mencionamos en la etapa anterior. En su artículo 9°, el decreto establece que la Facultad de Ciencias articula con la Escuela Industrial que ya funcionaba en San Juan, e identificamos aquí cada vez más la articulación *sociedad y escuela*. Este periodo propone una profundización en la interacción entre estos dos niveles de la escala, con la creación también de la Universidad Obrera Nacional (UON) en 1948, que en 1959 se convertirá en la Universidad Tecnológica Nacional (UTN).

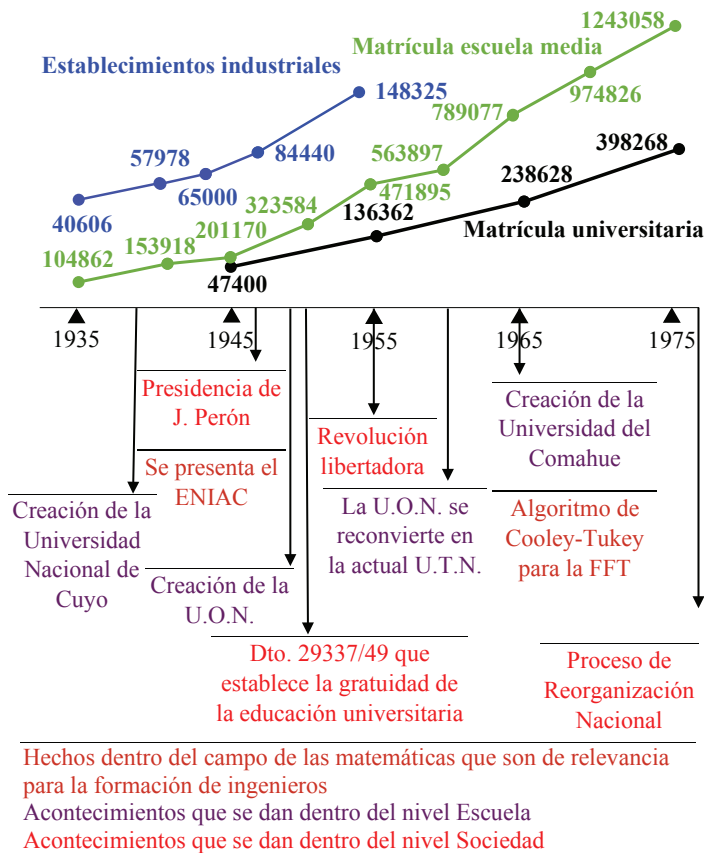


Figura 6. Línea de tiempo 1935–1976.

En el artículo 10° de la ley de creación de la UON se establecen entre las finalidades “formación integral de profesionales de origen obrero destinados a satisfacer las necesidades de la industria nacional” y “asesorar en la organización, dirección y fomento de la industria, con especial consideración de los intereses nacionales”. Observemos que aquí no se trata de una articulación entre escuela técnica o industrial y universidad, sino entre los obreros fabriles y la universidad. Ejemplificamos esto con el primer artículo de la ley 13229 de creación de la UON, sancionada el 19 de agosto de 1948:

ARTICULO 1. – [...] a) Proporcionar a la industria técnicos competentes y especializados y facilitar a los obreros el acceso a superiores condiciones de vida y de trabajo y la capacitación necesaria para el desempeño de actividades de mayor responsabilidad en el orden técnico b) Dotar al obrero de los conocimientos fundamentales indispensables para abordar ulteriormente el estudio de disciplinas científico-técnicas superiores que integrarán el plan de enseñanza de la Universidad Obrera Nacional. (Ley 13229)

La UON está vinculada con el sector industrial y las ciudades donde se localizan las distintas Facultades Regionales que eran polos industriales en desarrollo. El modelo universitario que se propone con la creación de la UON entra en conflicto con el modelo hegemónico que desde la reforma de 1918 regulaba las universidades argentinas. Durante el gobierno de Perón, las Universidades Nacionales fueron vistas desde el poder político como “elitistas” y con una visión ajena al “pueblo” y a la clase obrera. Así, podemos distinguir dos vertientes en el nivel *escuela*: por una parte, las universidades tradicionales y por la otra, la universidad obrera. Lo anterior responde a nuevas articulaciones con el nivel *sociedad*: ahora se propone incluir dentro del nivel *escuela* a obreros, técnicos fabriles, etc. que antes no tenían acceso a la formación universitaria, para que puedan acceder a mejores condiciones laborales, sociales y económicas.

En el nivel *pedagogía* distinguimos características diferentes para las universidades nacionales y la UON. En primer lugar, cabe mencionar que la UON constituye Facultades Regionales con ciclos lectivos dispuestos en trimestres, que se acreditaban con un examen teórico-práctico. El título era Ingeniero de Fábrica en la especialidad correspondiente. Respecto de las universidades nacionales la UON se diferencia por: la enseñanza regionalizada (en contra de la centralización y homogeneización del sistema educativo argentino); una orientación hacia la formación integral de profesionales de origen obrero –el

ingeniero de fábrica— caracterizada por horario de clases vespertino; clases en formato seminario, asistencia obligatoria, trabajar en la industria o especialidad que se estudie en la universidad y, por último una revalorización política de los saberes de la clase obrera: el “saber hacer” en contraposición al “saber decir” que estos consideran que caracteriza a los doctores e ingenieros pertenecientes al modelo de ingeniería generalista formados en la universidad tradicional.

Durante este periodo los saberes identificados en los planes de estudio cambiaron respecto de la etapa E1, y el nivel *disciplina* se corresponde con la Disciplina II de la etapa anterior. En esta etapa se profundiza el nivel de abstracción, entendiendo por tal que las cuestiones aritméticas y de geometría euclídea dejan de ser relevantes, mientras que la GA y el AL pasan a ser los protagonistas de la matemática a estudiar dentro de los planes de estudio. Esto se explicaría si consideramos que en 1930 el matemático neerlandés B. L. van der Waerden publica el libro *Moderne Algebra*, de gran influencia en la enseñanza del álgebra abstracta, desarrollado a partir de las lecciones de E. Artin y E. Noether, en donde se presenta un estudio axiomático de los espacios vectoriales muy similar al que actualmente se hace en los primeros cursos de AL. Por otra parte, los cambios en el nivel de la disciplina resultan a instancias del formalismo en matemática. Durante este periodo histórico, las matemáticas se consideran como la “ciencia de las estructuras” y entre los referentes se encuentra el grupo Bourbaki conformado por matemáticos franceses. Producto de esto, surgen las llamadas *matemáticas modernas* de gran influencia en Argentina y que entre sus características señalamos: generalidad y abstracción; especial atención a los fundamentos; predominio del álgebra; unificación de la matemática (Font, 2003; Kline, 1976; Smithies, 1963). Las *áreas* durante este periodo, como consecuencia de esto, ya pueden delimitarse más claramente entre Cálculo, GA y AL.

Los cambios en los niveles *disciplina* y *área*, pueden explicarse a partir de la propagación de escuelas medias y técnicas en el territorio nacional en este periodo. Como consecuencia de esta expansión en la matrícula y la difusión de los saberes, el nivel de conocimientos matemáticos que tiene un ingresante a las carreras de ingeniería es superior al que tenían los ingresantes en la etapa anterior. En 1900 la matrícula para escuelas secundarias era de 6,735, hacia 1930 había crecido a 85,732 y para 1960 la cifra ya era más de seis veces mayor: 563,897. De esta forma el nivel *sociedad* influye sobre los niveles *disciplina* y *área*, entre otras cosas por la proliferación del nivel de escolarización.

En el nivel *pedagogía* agregamos que los planes de estudio de las universidades nacionales no presentan diferencias significativas con el de la universidad

obrero, y los contenidos mínimos coinciden. Algunas universidades nacionales optaron por planes de estudio con materias cuatrimestrales en el ciclo básico mientras que otras optaron por materias anuales. La UTN implementó planes de estudio con materias cuatrimestrales en el ciclo básico para algunas carreras, mientras que para otras continuó con asignaturas anuales. Sin embargo, la carga horaria destinada a las asignaturas de matemática (análisis matemático, álgebra y geometría analítica) fue la misma. En la tabla 2 se sintetizan con una breve descripción los distintos niveles de la escala.

Tabla 2. Síntesis de los niveles de codeterminación de la etapa 1920-1976

Sociedad I	Sociedad II
Sociedad argentina consolidada. Nivel de escolarización alto. Ingreso a la universidad cada vez más amplio e irrestricto.	Cambio de un modelo agroexportador a uno orientado a la industria nacional y la sustitución de importaciones (economía).
Escuela I	Escuela II
Universidades Nacionales.	Universidad obrera (posteriormente la UTN) con una configuración diferente a las tradicionales Universidades Nacionales.
Pedagogía I	Pedagogía II
Se mantienen las clases magistrales y expositivas. La acreditación de las materias es a partir de un único examen final totalizador (con la posibilidad de exámenes parciales). Se permite la posibilidad de rendir una materia como estudiante "libre"	Los tiempos de la universidad obrera se adaptan a los de las fábricas e industrias. Turno vespertino para el cursado universitario. La regularidad en una asignatura es a partir de trabajos prácticos. Los estudiantes deben ser regulares para poder acceder a un examen final.
Disciplina	
La matemática implicada adquiere mayor abstracción, lo que permite una mayor generalización de los problemas, y las aplicaciones de la matemática se alejan de lo cotidiano, para vincularse con necesidades de otras: la propia matemática, física, problemas de ingeniería.	
Área	
Cálculo diferencial e integral en una y varias variables. Álgebra Lineal. Geometría Analítica.	

En este periodo, identificamos una nueva interacción *sociedad ↔ escuela ↔ pedagogía*. El nivel *sociedad* influye sobre el nivel *escuela* de tal modo que se crea una universidad obrera con el fin de incluir a los obreros y técnicos fabriles, que hasta ese momento no podían acceder a la universidad. Este cambio se identifica a partir del reclamo de nuevos derechos para los trabajadores, cuyo correlato es la creación de una universidad que, en principio, atenderá la demanda de este sector social. Por otra parte, esta nueva universidad influye sobre el nivel *pedagogía*: se adoptan nuevos horarios, formas y regímenes de materias para permitir al obrero cursar. Las clases son en horario vespertino, las materias son trimestrales, la asistencia obligatoria y requiere la acreditación de trabajos prácticos. La influencia del nivel *sociedad* sobre los de *disciplina* y *área* que en el periodo anterior había comenzado como consecuencia de la ley 1420, se profundiza en este periodo y se evidencia con la complejización y extensión de los saberes de matemática propuestos en los planes de estudio a otras disciplinas.

Identificamos dos *escuelas* diferentes: por una parte, la universidad tradicional y por otra la recientemente creada universidad obrera (UON); cada una con características propias y fines distintos.

ETAPA E3: PERIODO DE DESINDUSTRIALIZACIÓN NACIONAL (1977-2002)

La etapa desde 1977 a 2002 estuvo marcada por el último golpe militar que se dio en Argentina, y el retorno de la democracia desde 1983. A pesar de los vaivenes políticos que signaron este periodo histórico, desde lo económico identificamos características neoliberales, que comenzaron en 1976 y se extendieron hasta 2002, con cambios en el modelo económico. La política económica estuvo dirigida por grupos dedicados a actividades agropecuarias, industriales, financieras e inmobiliarias. Este periodo marcó la llegada del neoliberalismo a la Argentina y ello repercutió en la formación de ingenieros en el país.

Por decisión política, la matrícula universitaria estuvo fuertemente condicionada, y se propusieron medidas para disminuirla. Por ejemplo, con la ley 22.207 sancionada en abril de 1980 se aranceló la universidad, haciendo que la matrícula bajara drásticamente, como se muestra en la figura 6. Además, el ministro de educación del momento, Ricardo Bruera, dispuso un sistema de cupos para el ingreso. Así, según cupos de admisión y número de aspirantes a determinadas disciplinas se podía definir hasta la supresión de algunas carreras. El número de los estudiantes de universidades nacionales se redujo por primera vez en el país. Numerosos trabajos dan cuenta de esta situación de retracción de la Universidad

Argentina (Seia, 2018; Rodriguez, 2015). Además, durante este periodo se fomenta la idea de que los productos importados eran de mayor calidad que los nacionales. La promoción de la importación de productos afectó negativamente a la industria nacional, que es la mayor empleadora de ingenieros, de modo que las políticas económicas que se implementaron repercutieron desfavorablemente en la matrícula de estudiantes de ingeniería del país. En consecuencia, identificamos dos factores (uno de origen económico y otro de origen político) que desde el nivel *sociedad* modifican tanto al nivel *escuela* como al de *pedagogía*. En el primer caso, se instrumentan políticas económicas para desalentar la industria nacional, que es el principal empleador de ingenieros. Por otra parte, desde lo político se proponen controles y restricciones que afectan directamente a los estudiantes: arancelamiento, cupos de ingreso y hasta persecución política. Existe un tercer factor que opera desde el nivel *sociedad* al nivel *pedagogía* y corresponde a la concepción negativa que la Junta Militar tenía sobre la matemática moderna y la teoría de conjuntos.

Los militares tuvieron una obsesión muy particular con la matemática. El general Albano Harguindeguy, ministro del Interior, consideraba a la matemática moderna como subversiva [...] la matemática era peligrosa porque enseñaba al alumno a razonar. (Díaz de Guijarro, 2017)

Con la vuelta de la democracia en 1983 la universidad vuelve a organizarse de manera autónoma y deja de depender del Poder Ejecutivo. Sin embargo, las políticas económicas dispuestas en los últimos años de dictadura no se modifican completamente y la industria nacional no se recupera, lo que permite identificar restricciones que operan desde el nivel *sociedad* al nivel *escuela*. Por mencionar algunas, los egresados de la escuela secundaria se vuelcan a carreras como abogacía, medicina o ciencias económicas y relegan el estudio de la ingeniería. Hasta 2002 la política económica en Argentina fue conducente a una desindustrialización y concentración de la producción que afectó negativamente a las pequeñas y medianas empresas (Kosacoff, 2010; Azpiazu *et al.*, 2001).

En cuanto a los niveles *disciplina* y *área*, la resolución 68/94 del Consejo Superior de la UTN modifica y homogeniza los saberes a estudiar de “Álgebra y Geometría Analítica” para todas las especialidades. Dentro de sus considerandos se menciona establecer “una adecuada formación básica, entendiendo como tal a la formación científica en el estudio de las problemáticas que dan origen a las carreras de ingeniería” (Resolución CS 68/94). Además,

...los nuevos diseños curriculares de la Universidad Tecnológica están dirigidos hacia una fuerte formación básica para la preparación del ingeniero, es muy importante reconocer y resaltar la parte común a todas las ingenierías y utilizarla no solo para mejorar la eficiencia del proceso de aprendizaje-enseñanza, sino también como un medio de integración a nivel universidad de las disciplinas con la que cada ingeniero deberá interactuar en su vida profesional. (Resolución CS 68/94, Anexo I, p. 1)

A pesar de los múltiples cambios y modificaciones a los planes de estudio de las diferentes ingenierías, los saberes matemáticos prácticamente no cambian. Por otra parte, los saberes que la UTN propone en sus planes de estudio coinciden con los de las otras universidades nacionales para este periodo: en Álgebra ya todas las facultades incorporaron el estudio de los espacios vectoriales, las transformaciones lineales y diagonalizaciones (en algunos planes se incluye incluso forma normal de Jordan), además de matrices, determinantes y sistemas de ecuaciones y dejó de formar parte el estudio de nomogramas. La resolución de ecuaciones fue migrando hacia un estudio desde el análisis y cálculo numérico en espacios curriculares *ad hoc*. En GA se adopta definitivamente un enfoque vectorial para su estudio y las curvas clásicas y algebraicas dejan de estudiarse (con excepción de las cónicas y superficies de segundo orden que permanecen en los planes de estudio).

Observamos también que en la figura 6, ya no está indicada la matrícula para el nivel medio. Esto se debe a que en este periodo ya no resulta de interés la evolución de la matrícula en el nivel medio porque la tasa de escolarización desde 1980 en adelante siempre se mantuvo por encima de 60%. En efecto, mientras que, en 1965 apenas 18% de los adolescentes de 13 a 17 años asistía al nivel primario y 29% al secundario, para 1980 63% de los adolescentes lo hace y, finalmente, para 1991 72% asiste a la escuela.

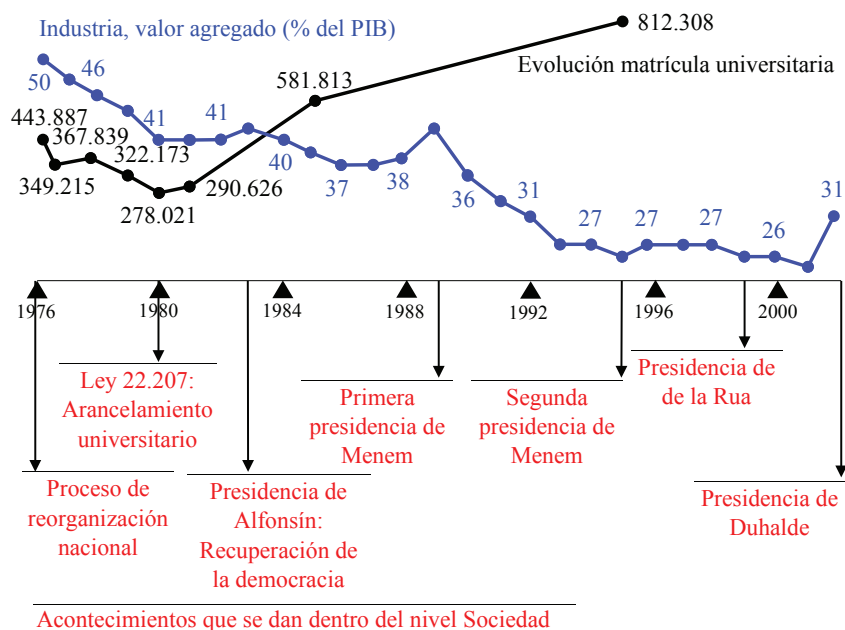


Figura 7. Línea de tiempo 1976-2002.

Se produce entonces el caso de que el modo en que la matrícula escolar codetermina a los niveles *disciplina* y *área* cambia. Mientras que en las etapas E1 y E2 el nivel de escolarización de la población condicionaba los saberes de matemática a incluir en los planes de estudio, en la etapa E3 ayuda a consolidarlos y estabilizarlos. En esta etapa no hay grandes cambios respecto de lo que se propone estudiar en matemática para la formación de ingenieros. En la tabla 3, se sintetizan con una breve descripción los distintos niveles de la escala.

Tabla 3. Síntesis de los niveles de codeterminación de la etapa 1976-2002

Sociedad	
El nivel de escolarización crece y se consolida. Las políticas económicas son de apertura de importaciones con repercusiones en la industria nacional. El modelo neoliberal atenta contra la industrialización del país.	
Escuela I	Escuela II
Universidades Nacionales.	Se consolida la UTN: de 5 regionales en 1953 pasa tener regionales en cada provincia argentina (en algunos casos, varias por provincia).
Pedagogía I	Pedagogía II
La acreditación de las materias es a partir de un examen final. Se permite la posibilidad de rendir una materia como estudiante "libre"; en algunos casos surgen trabajos prácticos para promoción de materias	Continúa el turno vespertino, y se agregan además turnos de mañana y tarde. La regularidad es por asistencia y aprobación de trabajos prácticos o exámenes parciales. Los estudiantes deben ser regulares para poder acceder a un examen final.
Disciplina	
Se consolida la matemática a estudiar en el ciclo básico de una carrera de ingeniería en cualquier universidad del país. Las aplicaciones de la matemática son relativas a problemas propios de la ingeniería. Vinculación de la matemática con la física.	
Área	
Cálculo diferencial e integral en una y varias variables. Álgebra Lineal. Geometría Analítica.	

ETAPA E4: PERIODO ACTUAL

Desde 2003 y después de una crisis económica que devino en una crisis institucional, comenzó una etapa de recuperación económica y se diseñaron políticas públicas tendientes a fomentar la industria nacional y su consumo. Asimismo, se creó un plan de mejoramiento de la enseñanza de la ingeniería a nivel nacional (PROMEI) que buscaba elevar la calidad en la formación de ingenieros y una vinculación regional a partir de una acreditación del título en el MERCOSUR. El informe del plan estratégico de formación de ingenieros para el periodo 2012-2016 señala que “considerando un país de 40 millones de habitantes, se ha pasado de que se gradúe 1 ingeniero cada 8,000 habitantes por año en 2003, a 1 ingeniero cada 6,700 habitantes en 2009”. Si bien esta cifra es baja comparada con otros países (China tiene 1 cada 2,000, Alemania o Francia 1 cada 2,300, México o Chile 1 cada 4,500 y Brasil 1 cada 6,000), se buscó como

objetivo 1 ingeniero graduado cada 4,000 habitantes por año, lo que implica lograr que egresen un mínimo de 10,000 ingenieros por año para asegurar un desarrollo sostenible del modelo productivo y del sistema científico, tecnológico y de innovación. Hasta 2017, esta es la evolución de los ingenieros recibidos en nuestro país según la Dirección de Información Universitaria (SPU).

Tabla 4: Matrícula de Alumnos de Ingeniería en Universidades Públicas

Año	Ingresantes	Reinscriptos	Estudiantes	Graduados
2009	40,096	148,429	188,525	7,237
2010	39,072	156,320	195,392	7,445
2011	38,997	160,381	199,378	7,988
2012	40,547	162,504	203,051	7,945
2013	38,447	162,651	201,098	7,932
2014	40,995	165,965	206,960	8,542
2015	42,378	170,020	212,398	8,823
2016	45,678	169,127	214,805	8,303
2017	44,700	174,946	219,646	8,823

Con las nuevas políticas de Estado que reseñamos, la matrícula en las carreras de ingeniería vuelve a crecer y la relación *sociedad ↔ escuela* cambia respecto de la etapa E3. Estas políticas modifican la relación *escuela ↔ pedagogía* ya que el PROMEI, por ejemplo, fue diseñado para mejorar la enseñanza de la ingeniería, tanto en cuestiones didácticas como de condiciones laborales para docentes. Por ejemplo, en el marco del PROMEI, se jerarquizó a docentes, se otorgaron becas a estudiantes, se financió la compra de materiales para laboratorios y equipamiento informático y la construcción de nuevas aulas.

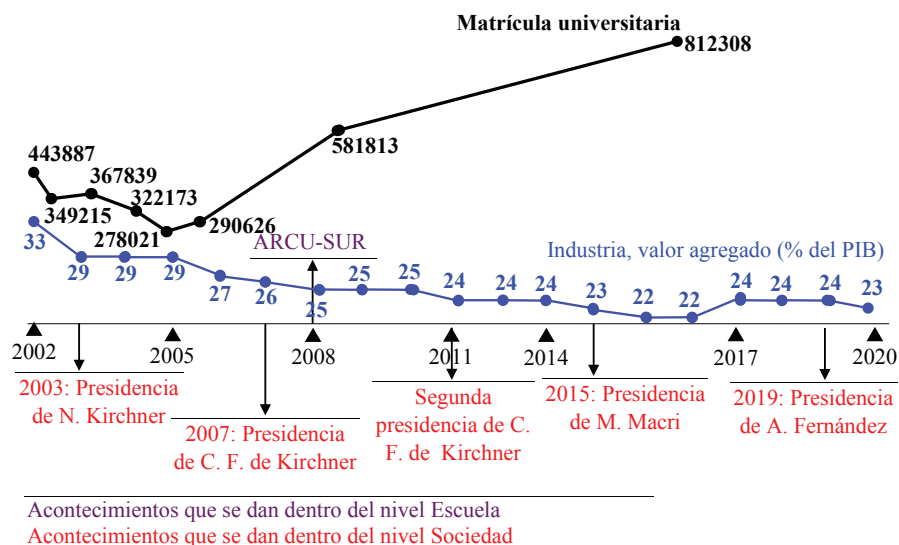


Figura 8. Línea de tiempo 2002-2020.

Ejemplificamos la nueva relación *sociedad* ↔ *escuela* con la creación de nuevas carreras de ingeniería y el cambio de planes de estudio en carreras ya existentes. Estas modificaciones en los planes de estudio, además de la actualización natural por el paso del tiempo de una disciplina que depende fuertemente de los avances tecnológicos-industriales, también obedeció a la necesidad de compatibilizar en el marco del MERCOSUR las carreras, incumbencias, terminalidades y perfil del ingeniero. En efecto, convenios como el ARCU-SUR homologado por el Consejo del Mercado Común del MERCOSUR a través de la Decisión CMC N° 17/08, establecen un sistema de acreditación regional de carreras universitarias en Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay y Chile. Las carreras de Ingeniería forman parte del sistema de acreditación del MERCOSUR, y como consecuencia, las diferentes facultades de ingeniería convienen regionalmente en contenidos mínimos y carga horaria mínima para los planes de estudios. En consecuencia, el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI) formuló directrices generales para cualquier carrera de ingeniería. Por ejemplo, además de las competencias específicas de cada ingeniería, se distinguen dos grupos de competencias comunes a todas las ingenierías: las competencias tecnológicas y las competencias sociales, políticas y actitudinales. Listamos a continuación las 5 competencias correspondientes al primer grupo.

- 1) Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- 2) Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.
- 3) Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.
- 4) Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.
- 5) Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

Tomamos como ejemplo el caso de una de las universidades creadas durante este periodo y una de las universidades creadas hace más de 60 años. En el caso del Instituto de Ingeniería y Agronomía dependiente de la Universidad Nacional Arturo Jauretche (creada en 2009), para el plan de estudios de la carrera de Bioingeniería se sostiene:

La propuesta de creación de la carrera tiene como objetivo dar soluciones a la problemática del ámbito de la salud mediante la aplicación de modernos métodos tecnológicos. (Resolución CS 98/14, Universidad Nacional Arturo Jauretche)

En el caso de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura dependiente de la Universidad Nacional de Rosario (escindida en 1968 de la Universidad Nacional del Litoral, creada en 1919), para el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica se justifica:

El presente plan de estudios tiene por propósito que sus egresados posean una sólida formación científica, técnica, social y profesional, [...] estimulando una actitud crítica y creativa en la identificación, análisis y resolución de problemas propios de la Ingeniería Mecánica, considerando los aspectos políticos, económicos -ambientales y culturales, con visión ética y humanística, tomando en cuenta las necesidades de la sociedad. (Resolución CS 375/2014, UNR)

Respecto de los saberes a estudiar, de las 3,600 horas mínimas distribuidas en 5 años que se piden para una carrera de ingeniería, las ciencias básicas (matemática, física y química, sistemas de representación y fundamentos de informática) requieren un mínimo de 750 horas (21%) y, en particular matemática corresponde a 400 hs (53% del bloque de ciencias básicas y 11% del total de horas mínimas para la carrera).

Vemos que el nivel de *disciplina* es mucho más específico en este periodo porque existen mayores condicionantes sociales (nacionales e internacionales) que lo codeterminan. Cualquier carrera de ingeniería debe orientar su plan de estudios en el área de matemática teniendo en cuenta el Acuerdo Plenario n°13 del 14 de noviembre de 2001 del Consejo de Universidades, que establece estos objetivos:

- Contribuir a la formación lógico-deductiva y proporcionar una herramienta heurística que le permita modelar fenómenos de la naturaleza.
- Incluir saberes de AL, GA, Cálculo en una y varias variables, ecuaciones diferenciales, Probabilidad y Estadística y Análisis Numérico.

Como consecuencia de esto, en el nivel *área*, todas las facultades de ingeniería, habida cuenta de los procesos de acreditación nacionales e internacionales, tienden a homogeneizar los saberes de matemática a estudiar en el ciclo básico: álgebra vectorial, geometría lineal del plano y del espacio, cónicas y superficies, álgebra matricial, sistemas de ecuaciones lineales, determinantes, espacios vectoriales, transformaciones lineales y diagonalización.

Observamos cómo el nivel *sociedad* actuó sobre los niveles *escuela* y *pedagogía* a través de políticas públicas que fomentaron el estudio de carreras de ingeniería, decidiendo ya no solo a nivel de *escuela* sino regional los contenidos mínimos para formar un ingeniero. En la tabla 5, se sintetizan con una breve descripción los distintos niveles de la escala.

Tabla 5. Síntesis de los niveles de codeterminación de la etapa E4

Sociedad	
Las políticas económicas contribuyen a un desarrollo industrial en el país. Si bien se mantienen características de la etapa E3, la formación de ingenieros paso a ser política de estado.	
Escuela I	Escuela II
Hay 30 Universidades Nacionales que cuentan con carreras de ingeniería.	La UTN ya cuenta con 30 regionales en el país.
Pedagogía I	Pedagogía II
La acreditación de las materias es a partir de un examen final. Se permite la posibilidad de rendir una materia como estudiante "libre"; en algunos casos con trabajos prácticos para promoción. Se incorporó la tesina de grado como trabajo final en la mayoría.	La UTN se "mimetiza" con la propuesta de las Universidades Nacionales, aunque conserva algunas características propias: la regularidad por asistencia y la obligatoriedad de la regularidad para acceder a examen final. Se incorporó la tesina de grado como trabajo final.
Disciplina	
La matemática a estudiar está regulada por organismos nacionales e internacionales de acreditación. La posibilidad de modificar la disciplina por parte de la Escuela está fuertemente regulada.	
Área	
Cálculo diferencial e integral en una y varias variables. AL. GA.	

DISCUSIÓN

Desde sus inicios, la formación de ingenieros en Argentina estuvo ligada al desarrollo productivo e industrial del país. Las diferentes etapas en que dividimos el análisis muestran características diferentes desde lo social y económico y sus repercusiones en las carreras de ingeniería. Los niveles en la escala de codeterminación fueron modificándose, aunque no todos al mismo ritmo. Sintetizamos a continuación cada elemento de la escala en las etapas generadas en la investigación:

Tabla 6. Síntesis de los niveles de codeterminación

	E1	E2	E3	E4
Sociedad	• Sociedad Colonial a Sociedad Argentina independiente. • Proceso de industrialización • Al finalizar la etapa: educación universal y gratuita	• Aumenta el nivel de escolarización primaria y media. • El ingreso a la universidad es amplio e irrestricto. • Modelo de sustitución de importaciones.	• El nivel de escolarización está consolidado. • Modelo económico liberal.	• Las políticas económicas contribuyen a un nuevo desarrollo industrial en el país. • La formación de ingenieros es política de estado.
Escuela	• Formación de ingenieros bajo la órbita militar • Formación de ingenieros bajos la órbita civil (Universidades nacionales)	• Universidades Nacionales • Universidad Obrera/ UTN	• Universidades Nacionales • UTN	
Pedagogía	• Clases magistrales y expositivas. • Estudio de algunas obras de referencia.	• La acreditación de las materias es a partir de un único examen final totalizador. • Se permite la posibilidad de rendir una materia como estudiante "libre". • Turno vespertino para el cursado universitario. • La regularidad es a partir de trabajos prácticos. • Los estudiantes deben ser regulares para poder acceder a un examen final.	• Matemática más abstracta: permite una mayor generalización de los problemas, pero las aplicaciones de la matemática que se proponen son menos cotidianas.	• Se incorpora la tesina de grado como trabajo final.
Disciplina	• Matemática elemental: nivel de abstracción bajo. Estudio de problemas concretos y cuya resolución implica herramientas de tipo aritmético o geométrico (geometría euclidea)	• Mayor nivel de abstracción producto de la influencia del formalismo en la matemática. Problemas más generales. Introducción del cálculo diferencial e integral. Algebrización de los saberes.		• La matemática a estudiar está regulada por organismos nacionales e internacionales.
Área	• Álgebra elemental. Geometría Euclidea. Primeras cuestiones de Álgebra Lineal • Álgebra y algunas estructuras algebraicas. Cálculo diferencial e integral.	• Cálculo diferencial e integral en una y varias variables. • Álgebra Lineal. • Geometría Analítica.		

La codeterminación de los niveles *sociedad* ↔ *escuela* se pone de manifiesto en:

- Se pasó de la formación de ingenieros bajo la órbita militar a la formación dentro del ámbito civil en las Universidades Nacionales.
- Como respuesta al problema del desarrollo industrial en el país, se crea la UTN con el objetivo de jerarquizar al sector de obreros y técnicos que trabajaban en la industria con el fin de otorgarles un título universitario.
- La UTN convive actualmente con las Universidades Nacionales, y se establecen acuerdos y normativas comunes como la constitución de un ciclo básico común para la formación de ingenieros en Argentina y el acceso irrestricto.

Con relación a la *sociedad* ↔ *disciplina*: la evolución en la cantidad de escuelas secundarias e industriales hace que los saberes a estudiar en el ciclo básico de las carreras de ingeniería sean cada vez más abstractos en las propuestas. La abstracción se propone como respuesta a la búsqueda de la generalización que durante este periodo interesó a los matemáticos. La axiomatización y el estudio de las estructuras caracterizó a la matemática de esta época: pensar la geometría a partir del programa de Erlangen, o los estudios de Hilbert al respecto (Giovannini, 2014) son prueba de esta búsqueda. Las modificaciones explicadas por los niveles *escuela* ↔ *pedagogía*, justifican los cambios en: el tiempo en la organización de las asignaturas, la carga horaria y el turno de cursado para favorecer a los trabajadores. Esto impacta en el nivel *sociedad*, en la medida que estos nuevos ingenieros favorecen a los sectores productivos, a la industria y a la sociedad en su conjunto, que es el objetivo de los niveles superiores. Específicamente la formación de los ingenieros puede considerarse como una pieza clave para el desarrollo productivo, social, político y económico de un país.

Por otra parte, el nivel *disciplina* que tantas modificaciones tuvo en las dos primeras etapas, se estabilizó en las últimas. Esto podría explicarse por dos motivos: uno de orden epistemológico (Sabatinelli y Llanos, 2022) dado que en las dos primeras etapas se identifican los grandes cambios con relación al saber, y otro que sería noosférico dado que los lineamientos de CONFEDI y CONEAU han homogeneizado y establecido características comunes sobre los saberes mínimos requeridos para un ingeniero. Esto se nota principalmente en la etapa E4 donde además de las restricciones puestas por los organismos antes mencionados, se agregan los convenios regionales que se suscribieron dentro del MERCOSUR.

CONCLUSIONES

A través de la escala de niveles de codeterminación didáctica se pudo sintetizar las características de los 504 planes de estudio en un periodo de 209 años y comprender las decisiones que al nivel de la *noósfera* se toman en cada momento con intenciones que exceden al nivel del profesor, de la universidad, y hasta del mismo ingeniero para su inserción al ámbito laboral. Los cambios están determinados primero al nivel de *sociedad* con intereses ideológicos, políticos, sociales y económicos de cada momento. Los niveles de *escuela* y *pedagogía* son una consecuencia de estas necesidades, y se establecen desde de la *noósfera*. La interacción *disciplina* ↔ *área* se materializa al compás de esos cambios, con la inevitable transformación epistemológica vinculada al saber en cada momento.

Dentro del nivel *disciplina* identificamos dos *áreas* que estuvieron presentes desde el primer plan de estudio (1810) hasta los actuales: Geometría y Álgebra. La escala de codeterminación nos permitió identificar las transformaciones que se hicieron sobre estos saberes en los planes de estudio: de proponer el estudio del álgebra elemental y la geometría euclideana a pasar a estudiar AL y GA. Esto se explica por cambios al interior de la comunidad matemática, y entre otros el desarrollo de dos corrientes denominadas formalismo y estructuralismo que dieron lugar a una creciente axiomatización de los conocimientos matemáticos. Estas transformaciones en el seno de la matemática de referencia impactan en los planes de estudio en general y específicamente en los de las facultades de ingeniería. La matemática propuesta en estos planes ya no tiene tanto carácter elemental, intuitivo, sino algebraico, con fuerte énfasis en la necesidad de generalizar problemas y conceptos a dimensiones mayores a 3. Por otra parte, el hecho de que los ingenieros que se formaron en el territorio nacional (incluso antes de la Revolución de Mayo) tengan que estudiar Álgebra y Geometría, nos da la oportunidad de investigar en qué medida la propuesta de los saberes matemáticos del ciclo básico de las carreras de ingeniería podrían ser útiles al ingeniero. Nuestro interés ahora es la enseñanza de estos saberes y, nos proponemos una investigación más profunda, a través del análisis de los programas de las materias AL y GA que conforman los planes que analizamos en este trabajo.

REFERENCIAS

- Azpiazu, D., Basualdo, E., y Schorr, M. (2001). La industria argentina durante los años noventa: profundización y consolidación de los rasgos centrales de la dinámica sectorial post-sustitutiva. FLACSO.
- Ba, C., y Dorier, J. L. (2010). The teaching of vectors in mathematics and physics in France during the 20th century. In *Proceedings of CERME 6: Proceedings of the Sixth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 2682-2691). Editions INRP.
- Barquero, B., Gascón, J., & Bosch, M. (2014). Incidencia del «aplicacionismo» en la integración de la modelización matemática en la enseñanza universitaria de las ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 83-100.
- Buchbinder, P. (2005). *Historia de las universidades argentinas*. Sudamericana.
- Carlson, D., Johnson, C. R., Lay, D. C., y Porter, A. D. (1993). The Linear Algebra Curriculum Study Group recommendations for the first course in linear algebra. *The College Mathematics Journal*, 24(1), 41-46.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée sauvage.
- Chevallard, Y. (1999). El análisis de las prácticas docentes en la teoría antropológica de lo didáctico. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19(2), 221-266.
- Chevallard, Y. (2001). Aspectos problemáticos de la formación docente. *XVI Jornadas de Seminario Interuniversitario de Investigación en Didáctica de las Matemáticas*. http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id_article=15
- Chevallard, Y. (2007). Readjusting didactics to a changing epistemology. *European Educational Research Journal*, 6(2), 131-134.
- Chevallard, Y. (2013a). Enseñar matemáticas en la sociedad de mañana: Alegato a favor de un contraparadigma Emergente. *Journal of Research in Mathematics Education*, 2(2), 161-182.
- Chevallard, Y. (2013b). Journal du Séminaire TAD/IDD. Théorie Anthropologique du Didactique & Ingénierie Didactique du Développement. <http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/journal-tad-idd-2012-2013-5.pdf>
- Chevallard, Y. (2019). Introducing the anthropological theory of the didactic: An attempt at a principled approach. *Hiroshima journal of mathematics education*, 12, 71-114.
- Chevallard Y., y Bosch M. (2014). Didactic Transposition in Mathematics Education. In: Lerman S. (Ed.) *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 170- 174). Springer.
- Díaz de Guijarro, E. (2017). La dictadura militar en la FCEN. *La Ménsula*, 11(24). https://hdl.handle.net/20.500.12110/mensula_n024

- Dubinsky, E. (1997). Some thoughts on a first course in linear algebra at the college level. *MAA NOTES*, 85-106.
- Font, V. (2003). Matemáticas y cosas. Una mirada desde la Educación Matemática. *Boletín de la Asociación Matemática Venezolana*, 10(2), 249-279.
- Giovannini E. N. (2014). Geometría, formalismo e intuición: David Hilbert y el método axiomático formal (1891-1905). *Revista de Filosofía*, 39(2), 121-146. https://doi.org/10.5209/rev_RESF.2014.v39.n2.47307
- Gueudet-Chartier, G. (2004). Should we teach linear algebra through geometry? *Linear algebra and its applications*, 379, 491-501.
- Gueudet-Chartier, G. (2006). Using geometry to teach and learn linear algebra. *Research in collegiate mathematics education*, 6, 171-195.
- Gueudet-Chartier, G. (2002). Using "geometrical intuition" to learn linear algebra. *European Research in Mathematics Education II*, 533.
- Gueudet-Chartier, G. (2009). Geometrical and Figural Models in Linear Algebra. In *Proceeding of the 2th International Conference on the teaching of Mathematics* (vol. 202).
- Gueudet-Chartier, G. (2003). Geometric thinking in a n-space. In *European Research in Mathematics Education III., Processing of The Third Conference of the European Society for Research in Mathematics Education*.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2016). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Interamericana.
- Kleiner, I. (2007). *A History of Abstract Algebra*. Birkhäuser Boston.
- Kline, M. (1976). *El fracaso de la matemática moderna. Por qué Juanito no sabe sumar*. Siglo XXI.
- Kline, M. (2012). *El pensamiento matemático de la antigüedad a nuestros días*. Alianza Editorial.
- Kosacoff, B. (2010). *Marchas y contramarchas de la industria argentina*. CEPAL.
- Krause, O. (1909). Discurso del decano Ing. Otto Krause. *Revista de la Universidad de Buenos Aires*, VI(XII), 273-287. <http://ufdc.ufl.edu/AA00013094/00012>
- Ley 13.229 de 1948. Creación de la Universidad Obrera Nacional. 31 de agosto de 1948.
- Ley 22.207 de 1980. Régimen orgánico para el funcionamiento de las universidades argentinas. 11 de abril de 1980. B. O. Nro. 24404.
- Lucchini, A. P. (1981). *Historia de la ingeniería argentina*. Centro Argentino de Ingenieros.
- Nguyen, D. Q. (1998). The essential skills and attributes of an engineer: A comparative study of academics, industry personnel and engineering students. *Global Journal of Engineering Education*, 2(1), 65-75.

- Oktaç, A. (2018). Conceptions about system of linear equations and solution. *Challenges and strategies in teaching linear algebra*, 71-101.
- Otero, M. R. (2021). *La formación de profesores: recursos para la enseñanza por indagación y el cuestionamiento*. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Resolución 68 de 1994 [Consejo Superior de la Universidad Tecnológica Nacional]. Se establece la parte homogénea del diseño curricular de las carreras de la Universidad Tecnológica Nacional. 22 de febrero de 1994.
- Resolución 115 de 1810 [Propuesto por el Director y aprobado por la Junta]. Plan de la Escuela de Matemáticas. 10 de agosto de 1810.
- Resolución 98 de 2014 [Consejo Superior de la Universidad Nacional Arturo Jauretche]. Plan de Estudios de la Carrera Bioingeniería. 30 de abril de 2014.
- Resolución 375 de 2014 [Consejo Superior de la Universidad Nacional de Rosario]. Modificación del Plan de Estudios de la carrera de "Ingeniería Mecánica". 29 de mayo de 2014.
- Rodríguez, L. G. (2015). *Universidad, peronismo y dictadura: (1973-1983)*. Prometeo Libros.
- Rougier, M. (Comp.) (2021). *La industria argentina en su tercer siglo. Una historia multidisciplinar (1810-2020)*. Ministerio de Desarrollo Productivo.
- Sabatinelli, P., Llanos, V.C. (2022). La escisión de la geometría analítica y el álgebra lineal en la enseñanza universitaria: ¿problema epistemológico o didáctico? *Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática*, e022002-e022002.
- Sabatinelli, P., Llanos, V.C. y Otero, M.R. (2021). Álgebra Lineal y Geometría Analítica en carreras de Ingeniería: reporte de investigaciones. *IKASTORRATZA. e-Revista de Didáctica*, 26, 21-51. https://doi.org/10.37261/26_alea/2
- Seia, G. (2018). La aplicación de la política de "re-dimensionamiento" en la Universidad de Buenos Aires durante la última dictadura (1976-1983). *Revista iberoamericana de educación superior*, 9(25), 96-116.
- Silva, E., Pereyra, L., Ríos, C., y Tilli, P. (2016a). *Una visión histórica de la Ingeniería. Aportes para contextualizar históricamente la génesis de la Ingeniería*. edUTecNe. <http://www.edutecne.utn.edu.ar/>
- Silva, E., Pereyra, L., Ríos, C., y Tilli, P. (2016b). *Los inicios de la formación de ingenieros en Europa*. edUTecNe. <http://www.edutecne.utn.edu.ar/>
- Smithies, F. (1963). What Is Modern Mathematics? *The Mathematical Gazette*, 47(362), 278-298.
- Sobrevilla, M. A. (2000). *La formación del ingeniero profesional para el tiempo actual: tesis de las ingenierías de base*. Academia Nacional de Educación.

Valles, M. S. (2000). *Técnicas cualitativas de investigación social*. Síntesis Editorial.
Wessel, C. (1799). Om Directionens analytiske Betegning. *Nye Samling af det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Skifter*, 469-518.

Autor de correspondencia

PABLO AGUSTIN SABATINELLI

Dirección: Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (UNR),
Departamento de Matemática - EFB
Av. Pellegrini 250
(2000) Rosario, Argentina,
pablosabatinelli@gmail.com