



EVOLUCIÓN DE LA ENSEÑANZA DE LOS MATERIALES

Ing. Lucio Iurman

Profesor Titular de Materiales Metálicos, Facultad Regional Bahía Blanca de la UTN

Profesor Consulto, Universidad Nacional del Sur.

e-mai: lucioiurman@yahoo.com.ar

Introducción

En este trabajo expondré algunas reflexiones sobre la enseñanza de la Ciencia y Tecnología de los Materiales, desde sus principios hasta fines del siglo XX, fundamentalmente en el ámbito de la educación terciaria y cuaternaria. Reseñaré también algunas experiencias en el ámbito empresarial, a nivel nacional y latinoamericano.

No pretendo ni remotamente dar un panorama global, sino tratar de sentar algunas premisas a modo de ejemplo con casos concretos, para iniciar un trabajo más profundo sobre este tópico tan trascendente.

¿Qué entendemos por enseñanza?

La respuesta obvia e inmediata es que se trata de la **transmisión del conocimiento**. Y en este sentido uno se inclina a pensar en el modo convencional, formal y sistematizado, de la transmisión de ese conocimiento, o sea la escuela, el colegio, la universidad.

Sin embargo, la contracara, la visión especular de la transmisión del conocimiento, es el **aprendizaje**. Alguien recibe y elabora lo que le es transmitido. Y en base a esa elaboración, es capaz de producir hechos.

Pues bien, tanto enseñanza como aprendizaje se pueden dar y recibir de muy diversas formas, y en el caso de los procesos productivos este hecho es relevante, porque adquieren valor también otros modos de enseñanza, además de la formal:

- La existencia de medios de comunicación, por ejemplo. El hecho de que podamos comprar una revista sobre el tema que nos ocupa, los materiales, en el kiosco

de la esquina de casa, es un avance en la transmisión del conocimiento en este campo.

- La experiencia del hecho productivo es otro aspecto de suma importancia. La calidad de los aceros en algunos países centrales se debió durante mucho tiempo a la existencia de generaciones dedicadas a la siderurgia, por ejemplo.

En este contexto, cuando se hable de enseñanza, y más en nuestro ámbito, todos estos diferentes modos de impartirla deberán tenerse en cuenta, evaluarse su importancia relativa, que es variable en el tiempo, para actuar en consecuencia.

En lo que sigue, abordaremos solamente algunos aspectos de la enseñanza formal de los materiales, fundamentalmente en lo que respecta a las universidades.

El ámbito de la Ciencia y Tecnología de los Materiales

A los efectos de definir y delimitar el campo de nuestro objetivo, resulta conveniente ponernos de acuerdo sobre los términos que estamos empleando, detrás de los cuales hay conceptos que deben quedar precisados del mejor modo posible, dentro de este mundo que empieza a gustar cada vez más de la indefinición.

Hablamos de Ciencia y Tecnología de los Materiales.

¿Qué se entiende por Ciencia?

Resulta difícil encontrar una definición universalmente aceptada. Citaremos pues dos, como ejemplo y para usarlas en nuestras reflexiones.

El término "ciencia" comprende varios sentidos. Sin embargo, hay dos que interesan especialmente aquí. Uno de ellos



es de mayor extensión: se refiere al conocimiento que cada época histórica considera sólido, fundamentado y avalado por determinadas instituciones. El otro sentido es más preciso: Alude al conocimiento surgido entre los siglos XVI y XVII, cuyos fundadores fueron Copérnico, Kepler, Galileo y Newton, entre otros, y que, junto con las instituciones en las que se ha desarrollado, y se desarrolla, constituye la empresa científica.

El paradigma inicial de esta ciencia (la moderna) es el físico-matemático. Hacia fines del siglo XVIII aparecen otras disciplinas, como la química, la biología y las ciencias sociales fueron logrando también su inclusión en el terreno de la ciencia. Durante el siglo XX aparecieron – y actualmente siguen apareciendo – nuevas disciplinas científicas. Se puede discutir la independencia o pertenencia científica de algunas de las nuevas disciplinas, sea porque se las considere prolongaciones de ciencias que ya existían, o porque se entienda que no pertenecen a la ciencia sino a la técnica: tal es el caso de la informática. De todos modos, en la episteme actual ya no parece posible separar la ciencia de la tecnología, aunque tal separación resulte eficaz con fines de análisis” [1].

La pertinencia del estudio de los materiales como una ciencia, por su vinculación con la tecnología la hemos percibido en carne propia, por ejemplo, en los reparos de ciertos funcionarios de Educación a que se otorgasen títulos de “Doctor en Ciencia y Tecnología de los Materiales”, no hace mucho tiempo.

“... la ciencia es esencialmente una metodología cognoscitiva y una peculiar manera de pensar acerca de la realidad” [2]. Y agrega el mismo autor más adelante: “Desde un punto de vista estrecho, que deja de lado la actividad de los hombres de ciencia y los medios de producción del conocimiento científico, podemos decir que la ciencia es fundamentalmente un acopio de conocimientos que utilizamos para comprender el mundo y modificarlo.” (pág. 21)

Como hemos visto en uno de los comentarios sobre la definición de ciencia, en

muchos campos ésta viene acompañada por la tecnología.

¿Qué entendemos por tecnología?

Las definiciones o aproximaciones son muy abundantes en este caso. En un artículo publicado no hace mucho, yo decía que “tecnología es la aplicación de conocimientos científico – técnicos a la producción, y capacidad de organización de esa producción” [3].

Una definición probablemente inédita, pero para inducirnos a pensar, tan realista y comprobada por quienes alguna vez desarrollamos procesos tecnológicos, se la oí decir a uno de nuestros socios de la vieja SAM que lamentablemente ya no está con nosotros, pero a quien aprendí a valorar a lo largo de años de trabajo conjunto. Me refiero al Ingeniero Jorge Kittl, según el cual “la tecnología consiste en saber cuáles son las variables de un proceso que no es necesario tener en cuenta”.

Existen algunos enfoques críticos sobre el rol de la tecnología:

“Las conceptualizaciones más usuales acerca de la tecnología hacen referencia, en general, a la aplicación del conocimiento científico al proceso de producción.

Estas concepciones se enmarcan dentro del pensamiento propio de la modernidad donde la ciencia y la tecnología constituyen los ejes motores de un proceso de desarrollo evolutivo, de carácter lineal y universal. La acumulación de conocimientos científicos y la aplicación de la técnica al proceso productivo se basan en el supuesto de un progreso indefinido cuyo alcance comprendería al conjunto de la civilización” [4].

¿Qué son esas cosas llamadas materiales?

Ya más o menos ubicados en el contexto de la ciencia y la tecnología, nos queda el concepto de **materiales** para definir nuestro campo de estudio. Para los que venimos ocupándonos de algún material en particular, esta palabra parece de una identidad indiscutible. Sin embargo, ello no es así, y se encarga de demostrárnoslo

Eduardo Mari, Director del CIDEMAT Centro de Investigación y Desarrollo de Materiales de INTEMIN – SEGEMAR: “Mucho más complicado es el caso de la palabra “material” ... Esto ocurre porque la palabra “material” desde el punto de vista lingüístico, encierra mucha información pero poco significado: al querer decir cualquier cosa, en realidad significa muy poco. En el lenguaje común, la palabra “material” es un comodín, lo que hace surgir problemas en la comunicación” [5].

Resulta conveniente, entonces, según Mari, utilizar una definición más estricta, que si bien no está normalizada, reconoce bastante consenso en su uso en el ámbito técnico. Esta definición es: **“Un material es el tipo de sustancia o mezcla de sustancias de que está hecho un objeto.”** Y sigue Mari: “Para fabricar los materiales se parte de todo tipo de materias primas, naturales o sintéticas, inorgánicas u orgánicas, pero siempre **un material es el resultado de un proceso industrial**, que puede ser sencillo (cortar una piedra) o muy complejo (obtener un circuito integrado por fotolitografía), y responde a determinadas especificaciones sencillas o complicadas. Con los materiales se elaboran objetos destinados a toda clase de aplicaciones, tanto productos finales como bienes intermedios, o formando parte de componentes que luego integran sistemas.”

Siendo tan amplio y variado el campo de los materiales, no cabe ninguna duda de que resulta útil tener alguna clasificación de los mismos. De todas las posibles, Mari se inclina por la que tiene en cuenta su estructura y en particular el tipo de enlace presente, y en consecuencia los clasifica en:

- **Metálicos:** Metales y aleaciones.
- **Cerámicos:** Sólidos inorgánicos no metálicos.
- **Polímeros orgánicos:** Sólidos fundamentalmente orgánicos.
- **Compuestos:** Mezclas de los anteriores en forma sólida consolidada.

Como se ve por lo expuesto, el tema que pretendemos analizar no es

precisamente lo que se dice algo simple. A complicarlo un poco más, desde el punto de vista de la enseñanza, concurre la yuxtaposición o diferenciación, según quién y cómo lo vea, de los ámbitos de la Ciencia y de la Ingeniería de los Materiales.

Ciencia e Ingeniería de Materiales

Tomaremos aquí dos opiniones, una de fuera de la región, y otra del ámbito latinoamericano.

“La **Ciencia de materiales** está principalmente ligada a la búsqueda de conocimientos básicos acerca de la estructura interna, propiedades y procesado de los materiales. La **Ingeniería de materiales** está relacionada con el uso de los conocimientos fundamentales y aplicados sobre los materiales, de modo que los materiales puedan ser convertidos en productos necesarios o requeridos por la sociedad. El nombre **Ciencia e Ingeniería de Materiales** combina a las dos. La ciencia de materiales tiene como fin básico el conocimiento del conjunto de materiales existentes, y la ingeniería de materiales tiene como objetivo el conjunto de los

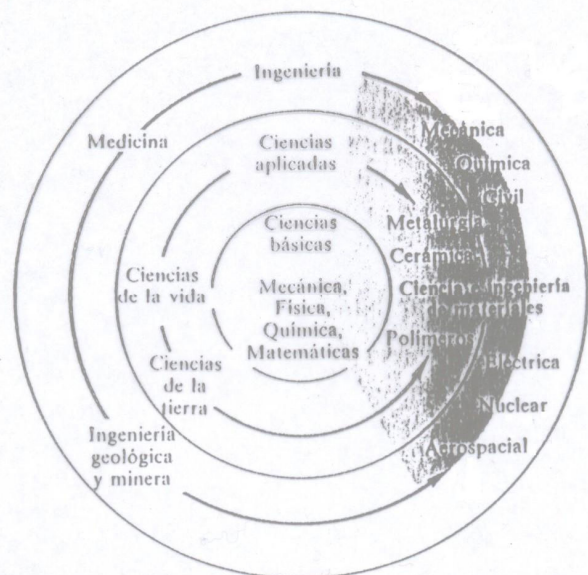


Figura 1: Diagrama de relación entre las ciencias básicas, la ciencia e ingeniería de materiales y otras disciplinas.



conocimientos aplicados, sin que exista frontera clara entre ambas.

La Figura 1 muestra un diagrama de tres niveles que indica la relación entre las ciencias básicas (y las matemáticas), la ciencia e ingeniería de materiales, y otras disciplinas de la ingeniería. Las ciencias básicas están localizadas en el anillo más interno o centro del diagrama, mientras que las distintas disciplinas de la ingeniería (mecánica, eléctrica, civil, química, etc.) se sitúan en la parte más externa. Las ciencias aplicadas, metalurgia y ciencia de las cerámicas y los polímeros se disponen en el anillo intermedio. La ciencia e ingeniería de materiales se muestra formando un nexo, dentro del conocimiento de los materiales, entre las ciencias básicas (y las matemáticas) y las ramas de la ingeniería.

Los conceptos anteriores se deben a William F. Smith [6] en *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales*.

En cuanto a una opinión sobre el mismo tema en el ámbito de nuestra región, citaremos al colega y amigo Ing. Roberto Villanueva [7]:

“Por definición, un ingeniero es una persona que aplica el saber científico mediante una juiciosa, ponderada combinación de conocimientos y técnicas, con el objeto de usar la materia y las fuentes de energía por medio de invenciones, construcciones útiles, en fin, ingenios de diversa naturaleza...”

El ingeniero en materiales. Si intentamos definir el área que cubre el desempeño de este ingeniero, tropezaremos con dificultades en la medida que busquemos ser tan precisos como hasta ahora. Algunos definen a esta área de la ingeniería - o ciencia - de los materiales como una disciplina centrada en el estudio de la estructura íntima de la materia, es decir, la física del estado sólido, y la consiguiente aplicación práctica de esos estudios - y sus conclusiones - a todos los materiales en general.

De una manera más concisa, entonces, podemos decir que por ser ciencia, es el conocimiento cierto de los materiales mediante el empleo de la investigación y su aplicación tecnológica, buscando usos y fines prácticos.

Ya en 1968 en México, el Dr. Adolfo Grinberg, en un análisis en cierto modo precursor en América Latina, se preguntaba a sí mismo: “¿Qué es la ciencia de los materiales?”, y proseguía: “Conviene señalar que la respuesta no es única, lo cual puede comprenderse bien ya que la metodología de esta ciencia surge de una manera totalmente nueva de enfocar los problemas. Para algunos, sólo se trata de una aplicación de la física del estado sólido a todos los materiales, presentando así las características de una disciplina científica. Otros, en cambio, consideran que la metalurgia, cuyos problemas son de un grado de complejidad mucho más elevado que los de la física o la química, por lo cual los metalurgistas debieran utilizar siempre una cierta dosis de empirismo e intuición, se ha desarrollado hasta una etapa tal en la que su panorama se amplía, extendiendo sus intereses y métodos experimentales a todos los materiales; pero también tratando de realizar una valoración cuantitativa de los complejos problemas que la caracterizan”

Nuestra región no ha dejado de participar en este nuevo desarrollo del saber acerca de la ciencia de los materiales, y en forma más o menos contemporánea Argentina, Brasil y México, respectivamente a través de la CNEA - Comisión Nacional de Energía Atómica; UFSC - Universidade Federal de Sao Carlos -, e IPN - Instituto Politécnico Nacional -, dieron los primeros pasos en esta nueva área.”[6]

Hasta aquí las palabras del amigo Villanueva. Seguiremos solos ahora analizando esa participación a la que él aludió en su trabajo.

Evolución del estudio de los materiales

En el Cuadro I se ve la evolución de los materiales metálicos, fundamentalmente del acero, a lo largo de la historia de la humanidad [8].

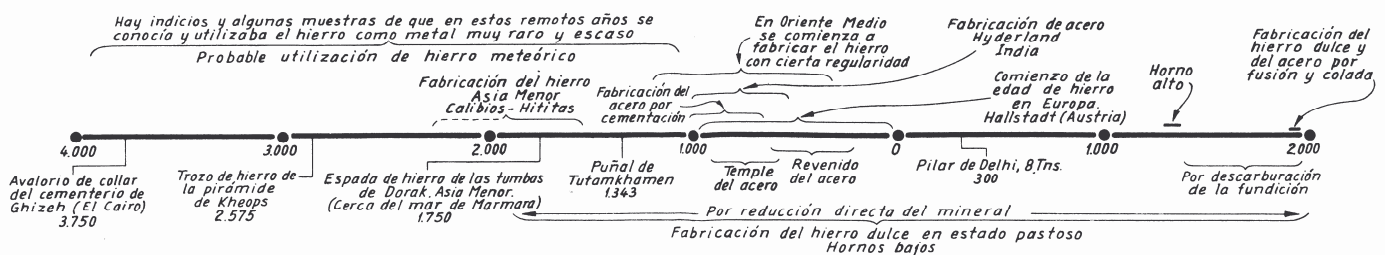
Por otra parte, todos estamos familiarizados desde la escuela primaria con la importancia que el hombre le ha dado a los materiales en su evolución hasta la actualidad. Hablamos corrientemente de las Edades de Piedra, del Bronce, del Hierro. Esta importancia se puede sintetizar en la cita que A. G. Guy hace en la Introducción de su ya famoso libro de Metalurgia Física [9],

de un dicho de J. D. Bernal: "Available materials set a limit to the technique of any age", lo que traducido en buen romance vendría a ser algo así como: "Los materiales disponibles ponen un límite a la técnica de cualquier era".

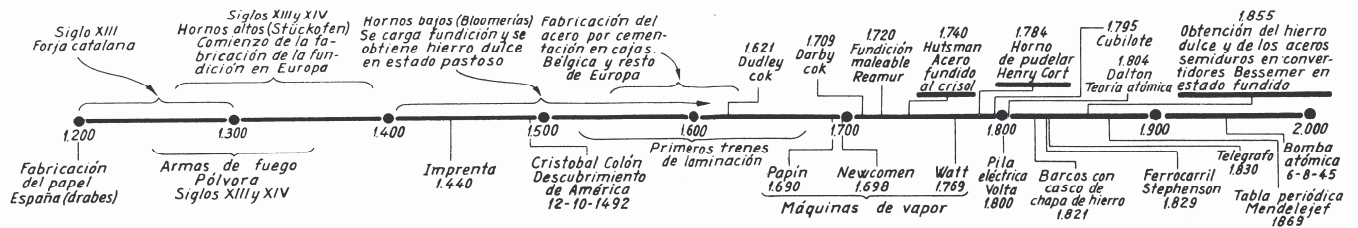
Desde antiguo, se mezclaron, separaron, confundieron y diferenciaron minerales y metales. Nos ceñiremos al análisis de lo que pasó con estos últimos.

Sin lugar a dudas, la historia del empleo de los metales nace con la observación de las características de algunos trozos de material que presentaban propiedades superiores – o distintas por lo menos – a las de las piedras. Algunos de estos trozos eran naturales – oro, plata,

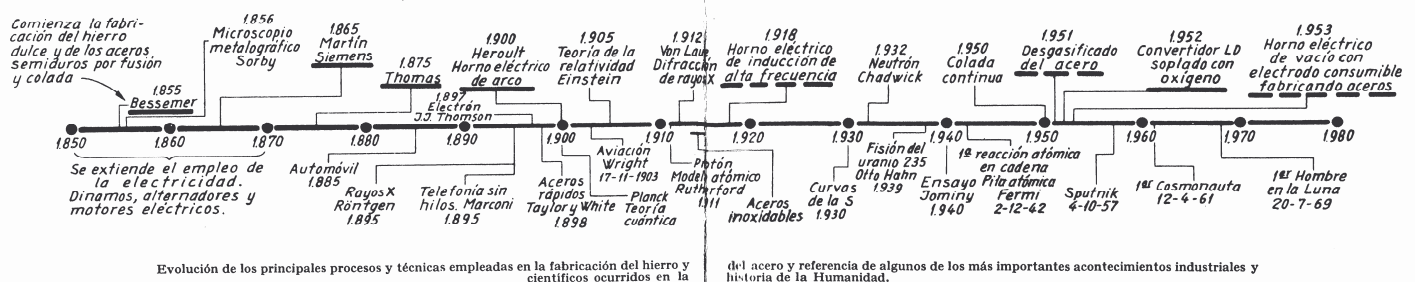
DEL AÑO 4.000 ANTES DE JESUCRISTO AL AÑO 2.000 DESPUES DE JESUCRISTO



DEL AÑO 1.200 AL AÑO 2.000 DESPUES DE JESUCRISTO



DEL AÑO 1.850 AL AÑO 1980 DESPUES DE JESUCRISTO



Evolución de los principales procesos y técnicas empleadas en la fabricación del hierro y científicos ocurridos en la

del acero y referencia de algunos de los más importantes acontecimientos industriales y historia de la Humanidad.

CUADRO I Evolución de los materiales metálicos, fundamentalmente del acero, a lo largo de la historia de la humanidad.



algún meteorito - , otros casuales, hallados en restos de hogueras.

Nació así un conocimiento empírico, que hizo que fuesen muy respetados los que sabían manipular de alguna forma estos metales. Aún en tiempos de los filósofos griegos, las ideas sobre la composición y el comportamiento de los metales estaban muy crudas. Empédocles creía que los cuatro elementos, tierra, aire, fuego y agua, se combinaban en proporciones variables para producir todas las sustancias existentes sobre la tierra. Al adoptar Aristóteles esta teoría, la misma continuó siendo aceptada como válida para describir la estructura de la materia hasta aproximadamente quinientos años.

Por los mismos lares de Empédocles, Demócrito, otro filósofo griego, postuló la constitución de la materia en átomos, no del todo similares a los que describen las teorías modernas, pero con el mismo concepto. Esas ideas no prosperaron y por lo tanto no fueron de ayuda para el conocimiento de los materiales, sino hasta relativamente poco.

En el Medioevo, la alquimia trató de modificar materiales, buscando fundamentalmente oro y la famosa piedra filosofal, pero esto no aportó mayormente a la explicación del comportamiento de los materiales en general y de los metales en particular.

Lo anterior no implica que la metalurgia no haya progresado en los tiempos reseñados. Se fundían metales en formas intrincadas, se forjaba, se endurecía el hierro mediante la cementación y se templaba. Los metalurgistas antiguos tenían el “saber cómo” (“know how”), pero no el “saber por qué” (“know why”).

A partir del siglo XVIII, con el comienzo de la ciencia experimental, la metalurgia empieza a tener avances rápidos tanto en teoría como en la práctica. Esta circunstancia comienza un poco antes, alrededor de 1550, cuando se publican dos libros que describen las prácticas de la época en minería y metalurgia: “Pirotechnia”, de Biringuccio [10], y “De Re Metallica”, de Agrícola [11].

Tal como hace notar D. M. Franzetti: “La primera obra sistemática de minería y metalurgia en la que se describe en detalle la fundición de campanas y cañones fue “De la pirotechnia” de Vanuccio Biringuccio publicado en Venecia en 1540” [12].

No he podido ver ningún ejemplar del libro de Biringuccio, pero sí una edición en inglés de “De Re Metallica”, traducido por H. Clark Hoover y L. Henry Hoover [13]. En la Introducción, escrita por los traductores, se destaca que el de Agrícola, cuyo verdadero nombre era Georg Bauer, es el primer intento de un tratamiento sistemático del tema. Su sistema no podía menos que estar fundado sobre bases erróneas, dado que él no podía prever las teorías atómicas y los conocimientos de química y física posteriores. Sin embargo, basado en propiedades como la solubilidad y la homogeneidad, y en características tales como el color, la dureza, etc., hizo el mayor avance desde los tiempos de Alberto Magno. ¡Hasta la obra de Schluter, casi dos centurias después, esta obra no fue superada! En la Figura 2 se puede ver la portada del libro, y en la Figura 3, uno de los famosos dibujos que lo ilustran.

Ya en **los tiempos modernos**, los avances en química, metalurgia física, la metalografía, los diagramas de equilibrio y las teorías atómicas, coadyuvieron a que la metalurgia tuviese el espectacular desarrollo que exhibe en la actualidad.

Los avances en **química** permitieron identificar muchos elementos, a la vez que desarrollar procesos de afino de aceros, endurecimiento por cementación, y otros. Los progresos fundamentales se deben a Réaumur [14] (endurecimiento) y Bessemer [15], en la producción de acero a bajo costo y en cantidad.

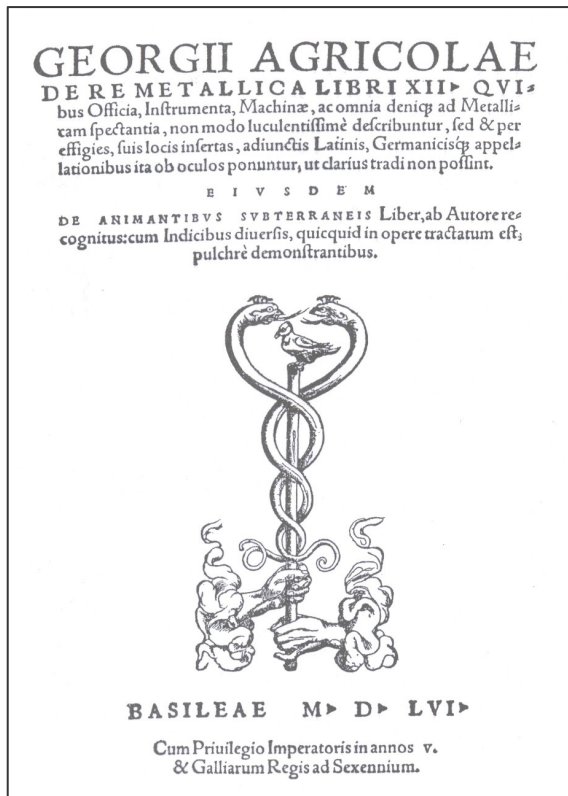


Figura 2: Portada de De Re Metallica

La **metalurgia física** es básicamente la ciencia de la relación entre la estructura y las propiedades de los metales. Nace con Widmanstätten [16] en 1808, cuando pule un meteorito y pone de manifiesto la estructura que desde entonces lleva su nombre (Figura 4). Queda patentizada de este modo la estructura cristalina de los metales, aunque no se presenten como muchas sustancias cristalinas conocidas. Con el tiempo, se desarrollaron otros métodos de estudio de las estructuras de los metales: metalografía óptica, difracción de rayos X, microscopía electrónica, nanoscopía, etc. . Se avanza también en el conocimiento de las propiedades de los metales, y aparecen catálogos con valores de resistencia mecánica para ser usados en estructuras civiles.

Mediante **estudios metalográficos** fue posible empezar a conocer los componentes estructurales de las aleaciones metálicas, sus proporciones relativas y sus modificaciones

por los tratamientos térmicos o termomecánicos.

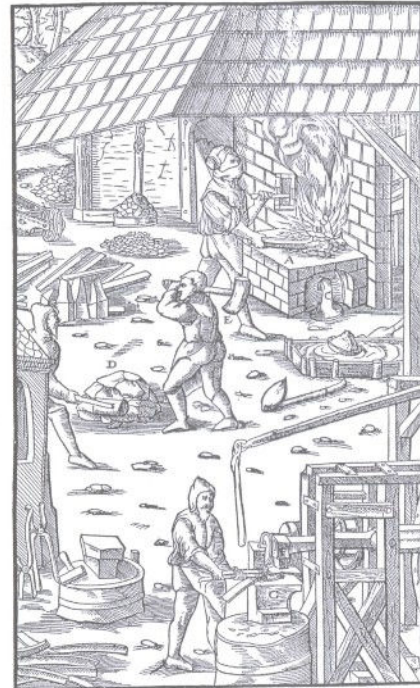


Figura 3: ilustración de De Re Metallica

De gran ayuda resultaron los **diagramas de fases** para establecer las relaciones entre composición, temperatura y estructura de los metales, por lo menos en estado de equilibrio. Para el desarrollo de estos diagramas fue imprescindible la invención de la termocupla por Le Chatelier [17] en 1888. Ello permitió, junto con los principios de Gibbs, establecer el primer diagrama Hierro - carbono, por Roozeboom [18], hito fundamental en la comprensión de los tratamientos térmicos de los aceros.

Los avances en la **teoría de la estructura atómica**, de los tipos de enlaces y de la determinación de las estructuras cristalinas, con sus defectos, nos llevan al estado actual de comprensión de la naturaleza del comportamiento de los metales.



Figura 4: Estructura de Widmanstätten

Todos los desarrollos e interrelaciones reseñados hasta aquí para los metales, fueron completando obviamente también el estudio de otros materiales. Pero en general, se mantenían separados los campos entre materiales metálicos y no metálicos, más aún, entre metales ferrosos y no ferrosos.

Recién en este siglo, y más concretamente en la segunda mitad del mismo, se empieza a hablar con intensidad creciente del **estudio de los materiales, de ciencia, de ingeniería de materiales**. Se trata de unificar el enfoque, hacerlo interdisciplinario, tratar de lograr que un metalurgista y un polimerista se entiendan y colaboren. Es que muchas de las herramientas que se usan son ya comunes: Teorías atómicas de enlaces, metalografías electrónicas, diagramas de fases, etc... Y entonces ya no se habla de “Termodinámica de Metales”, “Física de Metales”, sino de “Termodinámica del Sólido” y “Física del Sólido”, por ejemplo. Viejas asociaciones de metalurgistas modifican sus estatutos y sus horizontes. Es el caso de nuestra SAM. Desde hace algunos años no es más la Sociedad Argentina de Metales. Ahora es la Asociación Argentina de Materiales. Le mantuvimos la sigla SAM por razones de afecto y nostalgia, pero las cosas han cambiado. Lo muestran, entre otras cosas, claramente las temáticas de nuestras Jornadas.

Si nos hemos detenido en la evolución del estudio y conocimiento de los metales y su confluencia con los de los materiales, es porque no se puede enseñar lo que no se conoce. Por lo que hemos visto, la enseñanza en el campo de los materiales no pudo ser más que empírica hasta no hace mucho.

Enseñanza de la Ciencia y Tecnología de los Materiales

Empezaremos con una breve cronología de esta enseñanza en nuestro Continente, y nos centraremos luego en la Argentina, fundamentalmente a nivel terciario y cuaternario. Seguiremos para ello, en la primera parte de este punto, el muy completo trabajo realizado por Roberto Villanueva, cuando actuaba como Jefe de la Unidad de Recursos Humanos en la Secretaría General de ILAFA[19].

Escuelas precursoras en América Latina

“Las civilizaciones precolombinas que florecían en el Nuevo Mundo no habían superado la Edad del Bronce, de manera que la primera enseñanza metalúrgica impartida por los conquistadores y colonizadores a los naturales, fue la relacionada con las artes propias de la Edad del Hierro, comenzando con la herrería primero, y siguiendo mucho más tarde, con la fundición del hierro y el forjado del hierro pudelado.

Una limitación notable al desarrollo de las industrias siderometalúrgicas en la Región fue la prohibición expresa, que tanto la corona española como portuguesa impusieron en el Nuevo Mundo, de instalar ferrerías, ¡era necesario preservar los mercados de la industria peninsular! Recién después de lograr la plena independencia y entrar en la organización nacional, los países latinoamericanos – ya en la segunda mitad del siglo pasado – comenzaron una etapa de avance metalúrgico que no ha cesado hasta hoy” [19].

El cuadro general con el que nos encontramos al recorrer la situación de América Latina desde la colonización hasta la



actualidad se puede resumir de la siguiente manera:

En los primeros tiempos de la conquista, se explotaron los metales nobles, básicamente el oro y la plata, lo que dio lugar al desarrollo de la minería y de los procesos concomitantes de beneficiación de minerales. El hierro quedaba excluido de este contexto. Hubo excepciones, como las experiencias de las misiones jesuíticas en las reducciones indígenas guaraníes, en que se llegó a fundir hierro y fabricar clavos, herraduras y otros utensilios entre 1700 y 1756. Algo similar sucedió en la actual Venezuela, donde monjes capuchinos de Cataluña produjeron arrabio en una forja catalana en 1743.

Más tarde, durante las guerras de independencia, fue necesario fabricar y reparar armas y esto condujo a la fundición de bronce para cañones y sustitución de piezas rotas o desgastadas en armamento menor, dando lugar a una incipiente industria metalúrgica. Las técnicas se aprendían de un artesano procedente en general de algún país europeo y el conocimiento era así totalmente empírico. Poco a poco, en el transcurso del siglo XIX, los distintos países empiezan a montar sus propias instalaciones metalúrgicas, casi siempre vinculadas a la producción de armamento. Se sigue con el esquema de expertos que nuclean a su alrededor a personal que se va formando empíricamente.

Algunos de los acontecimientos precursores más importantes en la enseñanza de la minería y metalurgia en América Latina, según Villanueva, son los siguientes¹⁹:

Brasil. La Escola de Minas de Ouro Preto es, sin exageración, el más antiguo y continuado esfuerzo educativo y de investigación de toda América Latina, en el campo de los materiales.

“Junto a la labor de enseñanza práctica de tantos precursores y pioneros a lo largo y ancho del Nuevo Mundo, la docencia por así decir “académica” de la metalurgia estuvo, hasta bien entrado el siglo XX, en general, circunscrita a la geología, mineralogía y algunas áreas de la metalurgia extractiva y el beneficiado de minerales, particularmente de cobre, estaño, zinc, también el plomo, mercurio y, desde luego, el oro y plata.”

El 3 de octubre de 1832, el gobierno imperial emitió en Río de Janeiro la ley de creación de una Escola de Minas para todo el Brasil, con la intención de tener un establecimiento de enseñanza superior dedicado exclusivamente a la metalurgia. Hubo un período de cuarenta años sin que esa ley se cumpliera, y el 20 de octubre de 1875, la ley N° 2.670 crea oficialmente la Escola de Minas, que empieza a funcionar con diez alumnos.

Perú. Desde el siglo XIX se fundaron instituciones de enseñanza e investigación metalúrgica, tales como el Cuerpo de Ingenieros del Estado en 1860, y en 1875 tuvo lugar la creación de la Escuela de Minas, contemporánea de su homónima de Ouro Preto. En 1902 se funda el Cuerpo de Ingenieros de Minas, que colaboran en el estudio y construcción de los caminos a los principales centros mineros.

México. En 1774 el gremio de mineros del virreinato propone la creación de un Tribunal de Minería y un Seminario Metálico. Surge así el Colegio de Minería. Ya en este siglo, en 1944 se gradúan los primeros ingenieros metalúrgicos en la Escuela de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de México. La carrera, implementada en 1939 – 1940, ofrecía especialización en siderurgia.

Los comienzos en la Argentina

Si bien no poseo datos documentados sobre los comienzos sistemáticos de la enseñanza de la metalurgia y de los materiales en nuestro país, tengo alguna información dispersa, mucha en forma de “tradición oral”, que los historiadores aceptan también como válida, aún los modernos. Ese mismo carácter hace que lo que aquí mencione, seguramente estará incompleto y reclama un trabajo posterior, que por otra parte es uno de los sentidos de este trabajo, que no pretende agotar el tema sino poner una piedra más para pavimentar el camino de la enseñanza de los materiales en nuestro país y en la región.

En las décadas del 40 al 60, eran conocidos y afamados en el país los estudios de metalurgia en las Universidades de La Plata y Córdoba. Había también un núcleo



fuerte de metalurgia en la Universidad de Buenos Aires, con estudios de postgrado incluidos, y se enseñaba metalurgia en la Escuela Superior Técnica del Ejército.

Los docentes de estos establecimientos eran en general profesionales con títulos académicos no específicamente metalúrgicos, cuyo desempeño en la industria los había capacitado en este campo, y que volcaban sus experiencias en las aulas. Son conocidos de esa época, y yo diría que legendarios, algunos nombres en este contexto: Pascual A. Pezzano (Ing. Civil), Antonio E. Sturla (Ing. Mecánico y Electricista), los hermanos Zanetta López, V. Vilhalm (europeo radicado en el país), C. A. Carreras, Eduardo R. Abril, J. Muntaner Coll, J. Benhayon, etc.

Aparecieron los primeros libros locales: "Metalografía Microscópica", de A. E. Sturla y E. Castellano (1951), "Siderurgia", de Pezzano (1955). Curiosamente, y no debe ser por casualidad, ambos textos son de Editorial Alsina. Y otros

Es absolutamente revelador de las circunstancias de la época en que aparecen estos libros, lo que se puede leer en el Prólogo del de Pezzano²⁰:

"Este libro es una recopilación de las clases dictadas en la Cátedra de Tecnología Mecánica de la Universidad Nacional de La Plata y en la Escuela Superior Técnica del Ejército, por lo tanto, no debe ser considerado como un tratado exhaustivo sobre Siderurgia, sino solamente un libro con conocimientos básicos para técnicos que han de actuar en los talleres mecánicos y demás establecimientos del ramo".

El autor opina que los libros técnicos destinados a la enseñanza deben ser escritos con un criterio práctico. No deben complicar lo que es simple, sino, al contrario, simplificar lo complicado. También considera que toda ciencia técnica aplicada comprende tres fases perfectamente diferenciadas que deben abordarse ordenadamente. Primero, el conocimiento de los principios básicos, en este caso, el conocimiento de las instalaciones y métodos que permiten obtener la materia prima; segundo, el estudio racional de los fenómenos que se producen en el transcurso de la fabricación, y tercero, la investigación

científica que permite perfeccionar métodos e instalaciones para obtener una mayor producción, un mejor rendimiento y, por consiguiente, una reducción en los costos.

Considera el autor que este libro puede ser útil como obra de texto para alumnos universitarios y de consulta para Escuelas Industriales, Escuelas Fábrica y Escuelas de Aprendizaje y de Ciclo Técnico para obreros."

Pero más ilustrativas aún resultan las palabras del Ing. José Negri, Presidente del directorio de TAMET, cuando presenta el libro de Pezzano, a continuación del Prólogo:

"Estimado colega:

Con la realización del Plan Siderúrgico Nacional se iniciará en nuestro país una nueva era: la era de la técnica y de la ciencia metalúrgica.

Casi parecería superfluo decir que esta ciencia representa una rama muy joven dentro del conjunto de las actividades espirituales que se cumplen en nuestras Universidades. Pero es también evidente que sus alcances deberán ser de trascendental importancia a medida que se vaya consolidando el desarrollo de las plantas siderúrgicas involucradas en la Ley 12.987.

Cabría decir que el grado de desarrollo de la ciencia metalúrgica, junto con el del espíritu de investigación, dan un índice cabal del desarrollo económico de esa industria, y – como consecuencia – reflejan en medida certera la potencialidad económica general de un país.

.... Su libro, distinguido Ingeniero Pezzano, cumple una imponderable misión de difusión técnica y de aliento para los jóvenes profesionales que proyecten orientar su acción en las filas de la industria siderometalúrgica" [20].

Como anécdota, estas palabras están fechadas el 16 de setiembre de 1955, fecha en que, una vez más, los cañones se hacían presentes en la vida institucional del país.

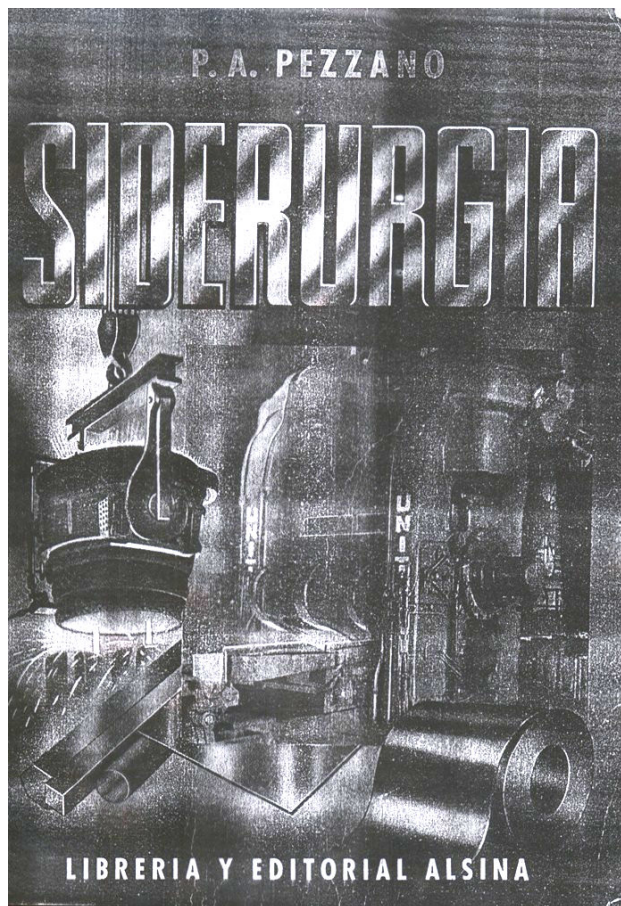


Figura 5: portada del libro de P A Pezzano

Unos meses después, el 20 de diciembre de ese año, se concreta la fundación de la SAM, en una asamblea que reúne a jóvenes profesionales y técnicos de distintas disciplinas del quehacer intelectual que dedicaron, y dedican, su mayor inquietud a la metalurgia. Entre los fines que se plantea la flamante sociedad, figura en primer lugar: “Promover el conocimiento de la Metalurgia Científica y Tecnológica; fomentar, coordinar y orientar su investigación y enseñanza; vincular a las personas que se dediquen a ello o se interesen en su desarrollo; propender al mantenimiento de un elevado carácter profesional entre sus miembros ...”[21].

De algún modo, en los fines planteados por esta asamblea, en la que había exponentes del primer grupo de metalurgistas citados al comienzo de este punto, y otros jóvenes profesionales aglutinados por Jorge Sabato en lo que fue el Departamento de Metalurgia de la CNEA, aparece el germen de

una disputa que dividió durante largos años a la familia metalúrgica argentina, en científicos y tecnólogos. Sucede que Sabato había mandado a sus jóvenes a estudiar en centros de excelencia metalúrgica del exterior, de los que volvieron con nuevos aires, queriendo aplicarlos de inmediato en el país, que estaba en un estado de tecnología más bien basado en la práctica.

Me tocó presenciar algunas de las disputas que surgieron a raíz de esta situación, en sus postrimerías, cuando joven. Algunas eran divertidas. Otras, no tanto. Viéndolo a la distancia, supongo que fue una saludable crisis de crecimiento. Y que ambos sectores han aportado, de lo suyo, lo mejor. Como siempre, si hubiese primado aquello de que la suma es más útil que la división, todos habríamos salido ganando. Pero un poco de pasión también hay que poner en las cosas que uno defiende, si no ¡qué mundo aburrido sería éste!

Aparecen en el entorno descrito en la escena de la metalurgia en el país, los famosos Cursos Panamericanos de Metalurgia, el primero en 1962, de duración anual y sin frecuencia fija primero, hasta 1968, en que, a partir del IV Curso, se convierten en anuales. Es también a partir de ese año que tengo el privilegio y el gusto de incorporarme a esos Cursos, con los que aún sigo vinculado, en una de las actividades más gratificantes que encontré en mi vida de docente.

La tarea de capacitación que encaró de este modo la CNEA surgió de la necesidad de contar con personal formado en metalurgia a los efectos de lograr los objetivos que se planteara el Departamento de Metalurgia. Y esa especialidad, con la modalidad necesaria para los emprendimientos de la CNEA, no se dictaba dentro de la estructura académica del país.

“Esta actividad, que inicialmente tuvo un objetivo esencialmente institucional, fue extendiéndose gradualmente con la asistencia a los distintos cursos de profesionales provenientes de centros de investigación, universidades y empresas del país y del resto de Latinoamérica. La interacción con el resto de Latinoamérica se intensificó marcadamente a partir del momento en que la actividad de formación de recursos humanos contó con el



auspicio de los Proyectos Multinacionales de Metalurgia, dentro del Programa Regional de Desarrollo Científico, que han tenido como sede a la CNEA.

En base a la experiencia adquirida en estos años, es posible actualmente implementar el dictado de cursos especialmente diseñados para cubrir necesidades regionales"[22].

Luego de diez Cursos Panamericanos de Metalurgia dictados en el país, los mismos fueron llevados a Méjico, donde se prosiguieron sobre patrones similares a los locales, en la UNAM, entre 1974 y 1981. Trasladados a Venezuela, se discontinuaron luego de uno o dos cursos.

Aprovechando la estructura y experiencia adquiridas en la CNEA, se siguieron dictando cursos similares a los iniciales después de 1974, transformados en Cursos de Entrenamiento Avanzado en Metalurgia (cinco), entre 1976 y 1980, y luego en Cursos de Metalurgia y Tecnología de los Materiales, de los que se dictaron trece, entre 1981 y 1993. Si se piensa que en promedio, por cada curso había del orden de quince a veinticinco alumnos (que seguían el curso anual completo), más los que cursaban módulos sueltos, se puede apreciar el valor incalculable que tuvieron los mismos para la formación de recursos humanos en metalurgia o en materiales para toda la región. Y podemos hablar de región, dado que un porcentaje importante de los cursantes fueron siempre profesionales de otros países hermanos latinoamericanos. Es casi seguro que no existe otra región en el mundo, ni otra área de las ciencias o tecnologías, donde se haya hecho un esfuerzo mayor y más continuo en el tiempo, que éste. Los organizadores de esta hazaña se merecen, por lo tanto, el reconocimiento de toda la sociedad latinoamericana en general, y argentina en especial., pues no sólo han sembrado conocimientos de avanzada, sino que han formado una verdadera hermandad continental en este campo de los materiales.

El curso tiene carácter modular, lo que permite la capacitación en temas específicos. El objetivo del curso es lograr una sólida formación teórico – práctica en el área de Metalurgia de Transformación. Está

estructurado en dos ciclos: uno básico y otro de especialización, aportando el primero los principios básicos y desarrollándose en el segundo el análisis de los principales procesos de fabricación y del comportamiento de materiales ante distintos requerimientos de servicio. El ciclo de especialización tiene a su vez orientaciones: materiales metálicos y no metálicos (cerámicos, poliméricos, materiales compuestos).

“Para el dictado de los primeros cursos fue necesario invitar a profesionales extranjeros. Hace ya muchos años que se ha formado un cuerpo de profesores integrado mayoritariamente por profesionales de la Gerencia Desarrollo, con la participación de algunos profesionales invitados pertenecientes a otras empresas e instituciones del país.”[22]

“La realización de tesis doctorales y de licenciatura en los laboratorios de la Gerencia Desarrollo, bajo la dirección de personal de la misma, ha constituido una forma de interacción con la universidades ... con la Universidad Nacional del Sur, localizada en Bahía Blanca, existe un convenio que posibilita el otorgamiento del título de doctor en ingeniería. Asimismo existe otro convenio con la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires ...” (Quesada y Pérez, op. cit. págs. 76 y 78).

A la par que se llevaban a cabo estos Cursos, se dictaron Cursos de Posgrado en Soldadura, Seminarios Latinoamericanos a Nivel Posdoctoral, y Cursos de capacitación para ingenieros y técnicos. No nos olvidemos que Jorge Sabato decía que para ser un país nuclear no basta con tener centrales de ese tipo, que con plata cualquiera las instala. Ser país nuclear implica ser capaz de operar y de mantener esas centrales.

“Para lograr un marco académico que concentrara las actividades de enseñanza, el 16 de noviembre de 1993 fue creado el Instituto de Tecnología (IT) como resultado de un convenio entre la Comisión Nacional de Energía Atómica y la Universidad Nacional de General San Martín.

La tecnología es el conocimiento organizado para la producción y comercialización de bienes y servicios. Tiene



su apoyo en la investigación científica y es importante, por ello, realizar un enfoque integrado en la enseñanza de las ciencias y la tecnología. Esta es una premisa del IT.

Dentro del IT se ha encarado, hasta el presente, la capacitación en niveles de postgrado, grado y extensión universitaria organizando:

- La Maestría en Ciencia y Tecnología de Materiales destinada a egresados de carreras universitarias en física, química e ingenierías relacionadas y tiene una duración estimada en 2 años.

- El Doctorado en Ciencia y Tecnología para egresados universitarios que deseen orientarse en investigación en diversas especialidades.

- En agosto de 1996 el IT se dispuso a comenzar con la carrera de grado Ingeniería en Materiales en el área metropolitana, dado que varios indicadores muestran la necesidad de disponer en el país de profesionales formados sólidamente con la especialidad, para cubrir necesidades con un ritmo creciente de la industria” [23].

Otra institución destacada en la formación de recursos humanos que aparece al final de este período, es el Instituto Argentino de Siderurgia, IAS, fundado en 1973 y que, desde sus comienzos ubica en su estructura, en posición relevante, un Sector de Formación de Recursos Humanos. Mientras los cursos que hemos comentado de la CNEA van abriendo su temática desde la metalurgia a los materiales, los que imparte el IAS se concentran - no podía ser de otro modo - en la siderurgia.

Resumimos a continuación algunos conceptos sobre esta actividad reseñados en *Estrategia en la Formación de Recursos Humanos* [24].

Los esfuerzos del IAS están dirigidos a satisfacer reales necesidades de la industria, intentando encontrar el punto de interacción entre las estructuras productivas y científico técnicas a través de una acción sistemática, encontrando así una vía directa para la formación y desarrollo de los recursos humanos en el ámbito siderometalúrgico. El ámbito y nivel de esta acción comprende, fundamentalmente, a los profesionales con

funciones productivas en las diferentes áreas específicas de la siderurgia.

Dentro del esquema señalado, el IAS ha organizado a lo largo del período que va desde su creación a la actualidad, tres cursos básicos que hacen a las disciplinas más importantes del proceso siderúrgico: Reducción, Acería y Laminación, como bases para una capacitación permanente en los cursos de reciclaje. Los contenidos de estos cursos contemplan una breve revisión de conocimientos de ciencia básica, necesarios para el ulterior tratamiento de los temas específicos tecnológicos.

Los cursos se dictan en módulos semanales de 35 horas de clases en jornadas de tiempo completo, a razón de una semana por mes, lo que exige la necesidad de desafectar a los participantes, durante este período, de sus funciones empresariales. El lapso producido entre módulo y módulo permite reelaborar los contenidos adquiridos y experimentados a través de la labor profesional.

Con la finalidad de llenar un vacío existente entre el momento que los jóvenes profesionales egresan y su absorción por la industria siderúrgica, se planificó una actividad de capacitación tendiente a especializar en esta disciplina a los mismos. Surge así el Curso de Postgrado en Siderurgia, como etapa de enlace entre el actual régimen universitario y la práctica profesional, brecha que el IAS trata de eliminar. Su objetivo general conlleva a la idea de minimizar el esfuerzo que las empresas siderúrgicas hacen para habilitar profesionales recientemente egresados, uniformar su preparación y facilitar su ulterior especialización en cualquier sector de la siderurgia. Desde hace algunos años, estos cursos se realizan mediante convenio del IAS con diferentes universidades nacionales, tales como la UTN Facultad Regional San Nicolás y UBA, lo que sucede actualmente. Los cuadros de profesores de estos cursos son docentes universitarios y profesionales de empresas siderúrgicas, en una conjunción armoniosa sumamente fructífera.

El IAS ha organizado también el Curso de Posgrado de Especialista en Ciencia y Tecnología de la Soldadura, Cursos sobre



temas específicos, como Fricción y Lubricación en Laminación, Conformado de Chapas, etc. En algunos de estos cursos lo que se pretende es acercar también a usuarios de productos siderúrgicos, tendiendo así un puente entre sectores de la producción que más de una vez han actuado como antagonicos, cuando en realidad ganan cooperando. También se han dictado, organizados por el Instituto, cursos de organización y administración vinculados con la tecnología productiva.

¡Parece haberse superado por fin la vieja y estéril división entre científicos y tecnólogos! Era hora.

Y mientras tanto, ¿qué pasa en las universidades?

Durante el período reseñado, y sobre todo en las últimas dos décadas, las Universidades Nacionales han tenido en general serios problemas de presupuesto, por un lado. Por otra parte, la depreciación social que han sufrido las carreras de ingeniería en general, ha mermado la cantidad de alumnos inscritos en las mismas. En un marco de necesarios ajustes presupuestarios, ha habido carreras que desaparecieron, así como surgieron otras, fundamentalmente en los campos de la administración, de la economía y de la computación.

Pero también se ha dado el fenómeno que hemos visto en los puntos anteriores: El campo de estudios de los metales se ha abierto a los materiales, y aparecieron algunas carreras en tal sentido.

Así llegamos al final del siglo, donde, según la Guía de Carreras de Grado 1998, editada por el Ministerio de Cultura y Educación, a través de la Secretaría de Políticas Universitarias, se imparten en el país las siguientes carreras de grado vinculadas muy directamente con los materiales:

- Ingeniería en Materiales. Se dicta en:
 - Universidad Nacional de General San Martín, 4 años (pero el ingreso requiere haber cursado dos años en alguna ingeniería o licenciatura en física o en química). Es la que ya hemos comentado.

- Universidad Nacional de Mar del Plata, 5 años.

- Ingeniería Metalúrgica. Se dicta en:

- Universidad Nacional de Jujuy, 6 años.
- Universidad nacional de La Plata, 6 años.
- Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires, 5 años.
- Facultad Regional Córdoba, 5 años.
- Facultad Regional San Nicolás, 5 años.

¿Quiere esto decir que existen tan pocos centros de enseñanza superior que imparten conocimientos en metalurgia o en materiales en todo el país? Decididamente, no. Retomando el trabajo ya citado de R. Villanueva¹⁹ (en lo que él plantea para América latina y nosotros pensamos que en alguna medida vale también en particular para la Argentina):

“ En América Latina, de una manera general, se pueden identificar tres grandes áreas de especialización dentro del tronco metalúrgico:

- Carreras Metalúrgicas;
- Carreras con mención en Metalurgia;
- Carreras con orientación Metalúrgica.

Es importante detenernos en estos tres conceptos, pues ellos están muy vinculados a la evolución de las necesidades formativas de recursos humanos en la Región, y reflejan su estado actual.

Ingeniería Metalúrgica

El Ingeniero Metalúrgico es el producto de un meditado plan de estudios que combina las ciencias básicas de la ingeniería – fundamentales para un ingeniero – y las áreas de concentración del aprendizaje. La metalurgia como ciencia es una disciplina científica aplicada, basada en la comprensión de las estructuras y propiedades de los metales y sus aleaciones. Para tal efecto, se la suele dividir en tres áreas, incorporadas a la carrera como un todo.

- Metalurgia Química - Interacción de los elementos;
- Metalurgia Física – Características físico – mecánicas;
- Metalurgia mecánica – Cambio de forma dimensional;



Ingeniería con mención en Metalurgia

El ingeniero con mención en metalurgia posee la misma formación básica que el ingeniero metalúrgico, pero su plan de estudios de ciencias de ingeniería contempla disciplinas de orientación metalúrgica. La especialización más frecuente cae dentro de las tres áreas siguientes:

- Mención en Metalurgia Extractiva;
- Mención en Metalurgia Física y Tratamientos Térmicos;
- Mención en Metalurgia mecánica.

Acotemos que en algunos países extrarregionales, en particular anglosajones, a los expertos en la segunda categoría citada se los suele denominar metalurgistas.

Ingeniería con orientación en Metalurgia

Aquí están contempladas todas aquellas ingenierías que incluyen en sus planes de estudios una o más asignaturas metalúrgicas, sin perder – o diluir por ello su especialización básica. Incluso en algunos casos las carreras toman la orientación metalúrgica en el trabajo de titulación. Entre los muchos ejemplos que se pueden citar, tenemos:

- Ingeniería Química: asignaturas de física del estado sólido, metalurgia física, metalografía, etc.;
- Ingeniería Mecánica: asignaturas de metalurgia física, metalurgia mecánica, tratamientos térmicos, etc.;
- Ingeniería en Construcciones: asignaturas de conocimiento de materiales, metalografía, inspección de materias primas e insumos para la construcción, etc. “

A todo esto, hay que agregar las diferentes Licenciaturas en Física, Química, Biología, etc., que imparten conocimientos sobre materiales, desde coloides y vidrios hasta biomateriales, sin que eso se pueda apreciar en una Guía de Carreras como la consultada.

Enseñanza de posgrado en las Universidades Nacionales

Un fenómeno relativamente nuevo que aparece también en el ámbito de las Universidades Nacionales es la implementación de distintos posgrados en el campo de los materiales. Podemos mencionar entre los mismos, sin pretender agotar el tema:

• Posgrado en Ciencias de Materiales

La existencia del Posgrado en Ciencias de Materiales en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata data del año 1986, en sus dos modalidades: Magister y Doctorado.

Este programa tiene como finalidad la formación de graduados universitarios de un alto nivel académico mediante la profundización del conocimiento en disciplinas afines con la Ciencia de los Materiales, cuyo desarrollo resulta imprescindible para la actividad industrial del país así como para disminuir la actual dependencia tecnológica.

Plan de estudios. La duración de las carreras se estima en dos años para el Magister y 4 años para el Doctorado. Para adquirir un título de posgrado hay que completar una serie de cursos orientados a la obtención de conocimientos, habilidades y aptitudes en disciplinas específicas dentro del área de Ciencia de los Materiales y realizar un trabajo original de Tesis que será defendida ante un tribunal idóneo. Los cursos están agrupados en dos ciclos: Ciclo Básico, que comprende algunas materias que son comunes a todas las especializaciones (Filosofía de la Ciencia y la Tecnología, Física del Estado Sólido, Termodinámica y Mecánica del Continuo). Ciclo de Especialización, con las materias orientadas a las disciplinas específicas de la Ciencia de los Materiales (Mecánica de Fractura, Cristalografía, Propiedades Físicas de Polímeros, Mecánica Computacional, etc).

En 1996 estos cursos contaban con 50 alumnos en distintos niveles de ejecución de su carrera. Habían obtenido sus grados académicos 29 alumnos de doctorado (1 extranjero) y 5 de maestrías (2 extranjeros).

La información consignada fue extraída de la Revista *Materiales*, Año I No. 3, pág. 24.



• PROMAT – Programa de Formación de Recursos Humanos en Ciencia y Tecnología de Materiales.

Este Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología de los Materiales, de la Universidad Nacional del Sur, tiene como objetivo la formación de recursos humanos con una sólida preparación teórica y experimental en el área de materiales, con conocimientos actualizados en la interacción: diseño – procesos de elaboración – estructuras – propiedades – uso de los materiales.

La propuesta estructural de este programa está implementada a través del aporte de diferentes Unidades Académicas, pertenecientes a los Departamentos de Química e Ingeniería Química, Física, Ingeniería y Geología.

Los títulos relativos a este posgrado y expedidos por la Universidad Nacional del Sur son de Magister y de Doctor en Ciencia y Tecnología de Materiales. El posgrado posee dos ciclos: Básico y Superior.

Ciclo Básico. De un año de duración, comprende tanto cursos de nivelación, como de formación en temas fundamentales. Los cursos de nivelación persiguen el objetivo de que graduados de diferentes disciplinas tales como Física, Química, las Ingenierías, o Geología, puedan manejar lenguajes y conceptos similares, para poder emprender proyectos realmente interdisciplinarios.

Ciclo Superior. De un año de duración para Magister y de tres años para Doctor, con respectivamente dos a tres cursos de especialización según el tema propuesto para Magister, y cuatro a seis cursos para el Doctorado. Para ambos, la presentación y defensa pública de una Tesis, de diferente grado de originalidad y alcances según el título perseguido.

Posibles líneas de trabajo. Dados los grupos existentes en la Universidad, los postulantes al título de posgrado pueden orientarse hacia las siguientes líneas: Catálisis, Electroquímica, Física, Fisicoquímica, Geología, Metalurgia, polímeros.

Se puede consultar información más detallada en la Revista *Materiales*, Año II, No. 4, pp.23-25.1997

• Red de Maestría en Ciencia de Materiales Tecnológicos

En 1995 la Maestría en Ciencia de Materiales Tecnológicos (MCMT), inició su primera promoción con una matrícula de 25 estudiantes y con potencialidad para realizarse como carrera de Doctorado. MCMT educa profesionales tecnólogos con actitudes emprendedoras.

Administrada académicamente desde la Universidad Nacional del Comahue y la Universidad Nacional de Río Cuarto, MCMT es desarrollada por un grupo de científicos desde el Centro Atómico Constituyentes CNEA, hasta el Centro de Investigación en Materiales y Metrología de Córdoba – INTI, pasando por las Facultades de Ingeniería en Neuquén y Río Cuarto.

MCMT ha firmado recientemente un convenio con la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, y convenios intra-institucionales con el Centro de Investigaciones de Minerales Arcillosos (CIMAR), y la Escuela de Cerámica de Zapala de la Universidad Nacional del Comahue. MCMT está soportada, entre otros, por EDUMAT International Network, en el marco del programa Alfa, del DG 1B de la Comisión Europea.

El cursado de la maestría es un proceso que tiene una duración de dos años a dos años y medio, con una Tesina de Maestría (de seis a doce meses). Esa Tesina se lleva a cabo en uno o más de los laboratorios – nodos de la red. Se plantean proyectos multidisciplinarios, con énfasis en la Ingeniería de Superficies, Desarrollo de Polímeros, Materiales Cerámicos y Compuestos para la protección del Medio Ambiente.

Son datos extraídos de la revista *Materiales*, Año II No. 6, pp.49-53. 1997.

Obviamente, a estos grupos hay que añadir los de la CNEA y el IAS ya reseñados, que funcionan mediante convenios con Universidades Nacionales.

Insisto en que este listado es incompleto y habría que actualizar algunos de los datos consignados. Falta, entre otros, agregar todos los estudios que, aunque no figuren con el nombre específico de “Materiales”, se ocupan de los mismos.



Habitualmente, están “escondidos” tras los títulos de postgrado en Física, Química, y las diferentes Ingenierías. Hay que destacar en este sentido la presencia en el país de grupos muy activos en el estudio de materiales poliméricos, cerámicos, refractarios, ópticos, biomateriales, etc.

A modo de ejemplo de la posibilidad de variedades que presenta el campo analizado, se creó en la Universidad Nacional de Misiones, una Maestría en Ciencias de la Madera, Celulosa y Papel, en la facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Para ejemplificar la identidad de las ideas rectoras con los casos ya vistos, transcribimos los objetivos de este programa:

“Formar recursos humanos de alto nivel, con dominio de aspectos tecnológicos con base científica en todo lo relacionado con la ciencia y la tecnología de la madera, pulpa y papel, para que como técnicos, investigadores, docentes o directivos enfrenten, con un enfoque integral y en forma creativa, las tareas que le imponga el medio en que se desenvuelven.” (Folleto de divulgación de la carrera).

Consideraciones finales (pero para seguir trabajando)

Hemos repasado, a vuelo de pájaro, la problemática, la historia y el estado actual de la enseñanza de los materiales en el país, con alguna mención a lo que pasa en la región.

Del análisis efectuado se desprendería que, si bien arrancamos con demoras y con algunas dificultades, actualmente estaríamos en un razonable grado de desarrollo y de actualización en este campo.

Sin embargo, y para no descansar sobre presuntos laureles, se imponen un par de reflexiones:

- Como toda área de ciencia y tecnología moderna, la de los materiales se halla en continua expansión y revisión de conceptos y contenidos. Es pues necesario mantener un ritmo y una clarividencia permanentes, para ver por dónde se encaminan los nuevos desarrollos y las teorías que los sustentan. Los tiempos en que se

puede utilizar la experiencia adquirida se van achicando cada vez más.

- Hay un hecho relativamente nuevo y auspicioso: Las empresas del ramo han comprendido, por lo menos las grandes, que deben coadyuvar a formar sus propios recursos humanos. Esta situación se ve muy claramente en nuestro país, con los ejemplos del sector siderúrgico mencionados, y es igual por lo menos en Brasil, donde se ha comprendido que conviene más formar los propios profesionales que importarlos desde otras zonas del país o del extranjero. Es ilustrativo en este sentido el ejemplo del Grupo Gerdau [25].

- Es necesario no perder de vista que debemos formar profesionales en ciencia y tecnología de los materiales, como en cualquier otra área, que sean útiles al conjunto de las sociedades de sus respectivos países. No es conveniente, es más, puede ser sumamente peligrosa, la formación de tecnólogos “neutros”, que por otra parte no los hay.

“En todo el mundo, y también en América Latina, se está fortaleciendo el reclamo por lo que podríamos llamar una “humanización específica” de la formación universitaria en ciencias y tecnologías. Por una parte, la carrera competitiva puede llegar a cegar frente a toda consideración que le sea ajena, dejando por el camino deontologías que, no por poco explícitas en muchos casos, dejan de ser fundamentales. Por otra parte, los riesgos asociados al avance tecnológico no pueden ser debilitados eficientemente si sólo se lo procura desde posiciones *ex post*; ubicarse en una actitud preventiva *ex ante* no es posible si no se cuenta para ello con la colaboración activa de quienes serán actores por demás directos en este avance.

Todo esto lleva a plantear, cada vez con más fuerza, la necesidad de esa “humanización específica” que mencionábamos, que ya no es la exposición del estudiante a un conjunto separado de puntos de vista disciplinarios – provenientes de la filosofía, de la sociología, de la economía o de la historia – en la hipótesis de que cada quien llegará a una síntesis, sino que parte directamente de la síntesis, a través de cursos



integrales de Ciencia, Tecnología y Sociedad” [26].

REFERENCIAS

- ¹ . “Metodología de las Ciencias Sociales”. Esther Díaz, pág. 20, Editorial Biblos 1997.
- ² “Las desventuras del conocimiento científico”, pág.15 Gregorio Klimovsky A – Z Editora. 1994.
- ³ “Otra vez estamos perdiendo el tren en nuestra historia”, Lucio Iurman, Revista Materiales, Año II No. 6, pp. 28-32. 1997.
- ⁴ A. L. Bialakovsky, C. M. Lusnich; R. L. Kuravsky, M. E. Bilder y A. Chan, “Privación tecnológica e imaginarios sociales en torno a la tecnología”, en *Ciencia y sociedad en América Latina*, pág. 47 M.Albornoz, P. Kreimer y E. Glavich (Editores), Universidad Nacional de Quilmes, 1996,
- ⁵ Eduardo Mari. Revista *Materiales*, Año II, N°. 5, páginas 29 – 36. 1997.
- William F. Smith, *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales*, Mc Graw Hill, Segunda Edición., 1993, págs. 4 y 5.
- ⁶ “Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales” William F. Smith, , Mc Graw Hill, Segunda Edición págs. 4 y 5. 1993.
- ⁷ “Docencia metalúrgica en América Latina. El ingeniero metalúrgico” Ing. Roberto Villanueva, Revista Siderurgia Latinoamericana, No. 324, ILAFA, pp. 2-10. 1987.
- ⁸ J. Apraiz Barreiro, “Tratamientos térmicos de los aceros”, Editorial Dossat, 9ª edición, 2000.
- ⁹ A.G. Guy, *Elements of Physical Metallurgy*, 2nd. Edición., Addison Wesley, pp. 5-13. 1960.
- ⁹ Vannoccio Biringuccio (1480–c. 1539) metalurgista italiano conocido por su manual sobre el trabajado de metales “De la pirotechnia” publicado en 1540. Es considerado el padre de la de fundición industrial.
- ¹⁰ Georgius Agricola (24 Marzo 1494 – 21 Noviembre 1555) fue un científico alemán conocido como el padre de la mineralogía. Su nombre real fue Georg Pawer; *Agricola* es la versión latinizada de su apellido *Pawer/(Bauer)* significa labrador, granjero. Su obra más conocida es el libro *De Re Metallica*, publicada en 1556, aunque aparentemente fue finalizada en 1530.
- ¹¹ “Metalurgia desde la antigüedad hasta el fin del siglo XVIII”, D. M. Franzetti, Revista *Materiales*, Año 1 N° 2, pp. 89-94. 1996.
- ¹² “De Re Metallica”, traducido por H. Clark Hoover y L. Henry Hoover, de Dover Publications Inc., N.York, 1950.
- ¹³ René Antoine Ferchault de Réaumur (28 Febrero 1683 - 17 Octubre 1757) fue un científico francés que contribuyó en diversos campos de la ciencia. Recopilación sobre sus trabajos sobre hierro y

acero se encuentran en: *Memoirs on steel and iron*. A. G. Sisco, translator. C. S. Smith, introduction and notes. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA. 1956

¹⁴ Sir Henry Bessemer (Enero, 1813 – Marzo 15, 1898) fue un ingeniero e inventor inglés. Su nombre es muy conocido debido al proceso inventado por él para la manufactura del acero.

¹⁵ Count Alois von Beckh Widmanstätten (Julio 13, 1753–Junio 10, 1849) fue un impresor y científico austriaco. También conocido como Alois von Beckh-Widmannstätten o Aloys Beck, Edler von Widmannstätten.

¹⁶ Henry Louis Le Chatelier (8 Octubre 1850 - 17 Septiembre 1936) fue un importante químico italofrancés. Muy conocido por el principio que lleva su nombre..

¹⁷ H. W. Bakhuys Roozeboom (Octubre 24, 1854 - Febrero 8, 1907) fue un químico holandés que ganó importante reputación por sus trabajos en comportamiento de fases.

¹⁸ Historia y enseñanza de la metalurgia en América Latina Roberto Villanueva, revista *Siderurgia Latinoamericana*, N° 317, ILAFA , pp. 225-252. Septiembre 1986.

¹⁹ Pascual A Pezzano “Siderurgia” Librería y Editorial Alsina 3ª Edición. 1976.

²⁰ *Revista de la Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines*, Año 2, No. 2, pp. 47 – 56). 1987

²¹ “Formación de recursos humanos en metalurgia”, Gerencia Desarrollo – Comisión Nacional de Energía Atómica”, Luis Quesada y Teresa E. Pérez, Revista *Siderurgia Latinoamericana*, No. 330, ILAFA, página. 73. 1987.

²² “Instituto de Tecnología”, Revista *Materiales*, Año 1, No. 1, página. 28. 1996.

²⁴ “Formación de recursos humanos” Instituto Argentino de Siderurgia, Revista *Siderurgia latinoamericana*, No. 327, ILAFA, pp. 59 – 63. 1987.

²⁵ “Experiencia de capacitación tecnológica en el Grupo Gerdau”, Revista *Siderurgia Latinoamericana*, No. 334, ILAFA, pp. 76-81. 1988.

²⁶ “Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología en América Latina: ¿en busca de una agenda?”, Judith Sutz, *Ciencia y sociedad en América Latina*, pp.87-106. Mario Albornoz, Pablo Kreimer, Eduardo Glavich editores, Universidad Nacional de Quilmes, 1996.