

Prof. Dr. Argeo Angiolani

## Los progresos de la química moderna y la evolución e importancia de la industria química

«El Directorio de la Universidad de Concepción, preocupado del progreso creciente de su Escuela de Ingeniería Química Industrial acaba de contratar para servir una de sus cátedras más importantes al Dr. Argeo Angiolani.

«Atenea» estima que rinde merecido homenaje al nuevo catedrático al insertar su lección inaugural.

El Dr. Argeo Angiolani, laureado en la Universidad de Bolonia donde fué alumno del gran químico de fama mundial profesor G. Ciamician y del notable físico profesor A. Righi, ha sido profesor libre de la Universidad de Turín. En su patria ha sido consultor de numerosos industriales dedicados a la fabricación de acero, ligas de hierro, etc. y ha actuado como director técnico de industrias derivadas de los fermentos. Durante tres años ha sido también miembro del Comité Metalúrgico Nacional creado por el Gobierno Italiano en 1928 para el estudio de los más importantes problemas de la Metalurgia en Italia.

El Dr. Angiolani es autor de varios libros valiosos como «La Metalurgia del Hierro y del Cobre» y un «Tratado de Química General».

Señoras, señor Rector, distinguidos colegas,  
Estudiantes y señores.



Es para mí un grato placer, hablar en esta primera lección inaugural ante una concurrencia tan selecta como es la que me escucha; por lo cual siento, ante todo, el deber imperioso de agradeceros el honor que con vuestra presencia habéis querido hacerme.

No os oculto que mis palabras serán dichas con cierta emoción: sea porque soy aún demasiado nuevo en vuestro lenguaje, sea porque una reunión como ésta, me recuerda otras reuniones semejantes en esa bella tierra que se extiende al otro lado de los océanos: en mi Italia, que he abandonado para aportar, yo también; mi voluntaria contribución de trabajo, para que la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Concepción consolide siempre más su importancia, en los intereses de la valorización industrial del país, y en la prosperidad de la economía nacional chilena.

El tema que he elegido: «Los progresos de la química moderna y la evolución e importancia de la industria química», me ha parecido el más adecuado para esta ocasión, pues me ofrece también una oportunidad de exponer mis ideas sobre la enseñanza de la química industrial.

Seré breve y esquemático para no fatigaros, y excusadme anticipadamente si, por razones lingüísticas, no soy tan brillante como es mi anhelo.

Pero antes de dar comienzo a mi conferencia, deseo expresar, desde este sitio, mi más cordial saludo a la hospitalaria tierra de Chile y a su valiente pueblo, tan espiritualmente unido, por la latinidad de sus orígenes, al pueblo italiano.

\* \* \*

Puede decirse que la ciencia química nace a fines del siglo XVIII por obra de Lavoisier, que en esa

época creaba en forma magistral, las bases experimentales sobre las cuales se apoya aún hoy día.

Pero el estudio de la constitución de los cuerpos y de sus transformaciones databa desde muchos siglos antes de Lavoisier, pues fué siempre una gran atracción para los grandes pensadores tratar de explicar los secretos misteriosos de la naturaleza íntima de los cuerpos y de sus posibilidades de transformarse, como lo demuestra la numerosa falange de alquimistas que fueron aquéllos que se ocuparon principalmente de esta clase de problemas.

La alquimia no llegó a ser una ciencia, porque los alquimistas procedieron en sus investigaciones con un empirismo absolutamente arbitrario, sin ningún principio directivo, sin ninguna regla que se basara en una verdad demostrada; esta manera de proceder, aunque existió durante varios siglos, no pudo llegar a conclusiones durables.

Este trabajo eminentemente práctico dió origen, sin embargo, a algunos descubrimientos de utilidad y a varias industrias, pero no pudo crear una verdadera ciencia como la concebimos actualmente sobre la base de los principios expuestos por el gran Galileo Galilei—el célebre astrónomo italiano que vivió en el siglo XVI, fundador del método científico experimental—que aun hoy día aplicamos en nuestras investigaciones sobre los fenómenos naturales.

Este método científico experimental consiste, como se sabe, en dirigir las investigaciones de un modo rigu-

roso y de tal manera que nos pueda conducir al descubrimiento de las leyes naturales eternas; pues solamente éstas pueden promover todo progreso ulterior en la ciencia y en sus aplicaciones.

El concepto galileiano, que guía el devenir de todas las ciencias, fué aplicado tardíamente al estudio de los cuerpos y a las transformaciones permanentes de las cuales son base; y Lavoisier siguiendo esta orientación, debía llegar a descubrir la ley fundamental de la química, que se enuncia diciendo que respecto a los cuerpos: «nada se crea y nada se pierde, pero todo se transforma.»

Tal verdad básica que en un principio se refirió solamente a la materia de los cuerpos, al surgir posteriormente el concepto de energía, se encontró que también era válida en las transformaciones de la energía.

Siguiendo el método instaurado por Lavoisier fueron descubiertas en breve las leyes que regulan las combinaciones químicas entre los cuerpos, y para explicarlas hubo que emitir la teoría atómico-molecular, la cual llegó a ser de la más grande eficacia para el progreso de la química, solamente después que los grandes hombres de ciencia italianos Avogadro y Cannizzaro dieron a ella las bases para hacerla definitiva como es aún hoy día.

Pudo formarse así un concepto exacto de peso atómico y de peso molecular, y se pudieron establecer los pesos atómicos de todos los elementos y los pesos moleculares de todos los compuestos, y dar un claro e impor-

tante significado a las ecuaciones químicas, que representan con sencillez las reacciones que se producen entre los cuerpos.

A continuación, se llegó a individualizar las diferentes clases de especies químicas a que pertenecen todos los compuestos de naturaleza inorgánica y orgánica, y se creyó en esta etapa de la química, haber llegado a poseer la clave para resolver todos los problemas químicos que hubieran podido presentarse.

Esto por el hecho de que hasta entonces, las investigaciones de todos los químicos se habían orientado tomando en consideración solamente la materia de los cuerpos en sus innumerables aspectos, y no el mecanismo de las reacciones químicas que producen las transformaciones de los mismos y que se creía sencillísimo, y no las variaciones de energía que acompañan a estas transformaciones. Esto trajo como consecuencia el convencimiento de que las formaciones de los compuestos químicos dependían únicamente de las proporciones de las sustancias que reaccionaban entre ellas, y de la afinidad recíproca que poseían; sobre esta última las ideas que se tenían eran completamente obscuras, y la afinidad sólo tenía el significado de misteriosa simpatía, y nada más se sabía sobre ella.

Estos eran, en breves palabras, los horizontes de la química teórica en los últimos decenios del siglo pasado.

Pero no debía transcurrir mucho tiempo sin darse cuenta de que estas concepciones, si se mostraban cada día más exactas, eran cada vez más insuficientes.

Cada día eran mayores las pruebas que hacían pensar que en las reacciones químicas debían influir otros factores además de las proporciones de las sustancias y de su recíproca afinidad, porque muchas veces, aun siendo respetadas estas condiciones, las reacciones o no se producían, o se producían incompletamente, o daban origen a compuestos diferentes de los previstos, según como se operase.

Finalmente resaltó con claridad que las formaciones de los compuestos, si bien dependían de la naturaleza química y de las proporciones de los constituyentes que los forman, dependían también de las condiciones en que se trabaja en el momento que se produce la combinación.

Y entonces comenzaron los hombres de ciencia a investigar afanosamente cuáles eran estas condiciones y su manera de actuar, y así se pudieron, poco a poco, descubrir las leyes que regulan la formación y el desenvolverse de las reacciones químicas, y pudo verse que ellas eran importantísimas, sea en el terreno teórico o en el práctico, porque ampliaban de manera insospechada las posibilidades de la química, que desde entonces es dinámica y viviente.

\* \* \*

Los nuevos métodos de estudios de los fenómenos químicos, que tantos frutos debían dar para el progreso de la química científica e industrial, están basados so-

bre criterios físicos convenientemente adaptados, y así pudo crearse una termodinámica química que, en este momento, es la base de todo concepto existente sobre los fenómenos químicos.

Puesto que todos los fenómenos químicos van acompañados siempre de una manifestación de energía en el sistema de los cuerpos que participan en ellos—como ser variaciones de calor o de volumen—se quiso aplicar a estos sistemas químicos los principios y las leyes de la termodinámica, que es la ciencia de la energía, obteniendo un triunfo inesperado.

Las aplicaciones se facilitaron por haberse demostrado que las reacciones químicas eran reversibles, o sea, podían producirse a partir de los componentes iniciales o de los productos finales.

El examen de los fenómenos, hechos a la luz de los criterios mencionados, nos lleva a admitir que cuando una reacción química se produce, se desarrolla simultáneamente en los dos sentidos, el de la formación y el de la descomposición, hasta que se produce un equilibrio entre todos los factores que influyen sobre el sistema, factores que son: la concentración de los cuerpos, la temperatura y la presión.

En el momento en que se alcanza el equilibrio, la reacción se detiene, pero no siempre en el mismo punto, dependiendo esto de las condiciones en el medio ambiente en que se desarrolla la reacción; y las proporciones de las sustancias en equilibrio, resultan por lo

tanto diferentes, según sea la influencia ejercida por las condiciones enunciadas.

Se deduce que si una misma reacción es realizada en diferentes condiciones de ambiente, los productos que se obtienen son diferentes.

He aquí por qué muy a menudo las reacciones no resultan, o resultan incompletas: porque las condiciones en que se ha operado, o no son las convenientes, o no son las más convenientes.

El punto de equilibrio alcanzado en una reacción química puede compararse, en cierto modo, al equilibrio que se obtiene en una balanza: los pesos de una parte y los de la parte opuesta pueden variar entre ciertos límites, pero subsistiendo siempre un equilibrio.

El modo de actuar de los factores que influyen sobre el equilibrio, está regulado por leyes bien definidas, que se conocen actualmente.

Por último, se trató de establecer cuáles eran las condiciones fundamentales para que las reacciones químicas pudiesen verificarse más exactamente; dado que las reacciones son reversibles, se trató de establecer por qué se desarrollaban en cierto sentido y no en el contrario, y se encontró que las reacciones se verificaban siempre en un sentido tal que permitían producir espontáneamente energía utilizable, o sea en el cual tuvieran la capacidad de producir un trabajo positivo.

En lo que se ha dicho se observa luego un paralelismo perfecto con lo que sucede en los fenómenos físicos, como ser el siguiente: supongamos un cuerpo suspendido a

cierta altura, si lo abandonamos a sí mismo cae moviéndose espontáneamente en aquel sentido que produzca un trabajo positivo, o sea de arriba hacia abajo, y no a la inversa.

Toda esta nueva orientación de la ciencia química de los últimos años ha modificado radicalmente los criterios según los cuales deben considerarse los procesos químicos, ya sean utilizados en el laboratorio, o que deban emplearse en la industria.

Fluye de todo esto la importancia capital que ha adquirido el conocimiento del lado energético de las reacciones químicas, o sea el conocimiento de las variaciones de energía de que van siempre acompañadas, y que antes era totalmente descuidado.

No sólo para preveer el sentido de las mismas, sino también por la gran influencia que tales variaciones ejercen sobre la formación del equilibrio. Y esto, debido a que los equilibrios en los sistemas representados por reacciones químicas son regulados, entre otras, por una ley general enunciada por Le Chatelier, la cual se se puede expresar de este modo: «Bajo la acción de causas externas todo sistema químico modifica siempre su equilibrio en el sentido de oponerse a esas causas externas».

La variación de energía que acompaña siempre a las reacciones químicas puede manifestarse como producción de calor, y las reacciones en este caso se llaman exotérmicas; o como absorción de calor, y en este caso se llaman endotérmicas.

Se comprende entonces que, por la ley de Le Chatelier, no sea indiferente en la formación del equilibrio provocar una reacción cualquiera, en caliente, a alta temperatura o en frío.

Los efectos serán diferentes según que la reacción sea exotérmica o endotérmica, y pueden ser tales que modifiquen notablemente los resultados que, en la práctica, no representan otra cosa que el rendimiento en los productos que pueden obtenerse de esa reacción.

Así, mientras las reacciones endotérmicas—aquéllas que se producen con absorción de calor—son en este sentido favorecidas por el alza de temperatura, las reacciones exotérmicas—aquéllas que al efectuarse producen calor—son obstaculizadas por las alzas de temperatura.

En este punto es de notar que no se deben confundir los efectos que la temperatura tiene sobre las reacciones químicas en virtud de la ley de Le Chatelier, con otro efecto conocido desde hace mucho tiempo e igualmente debido a las variaciones de la temperatura, el cual acelera el completarse de las reacciones, al aumentar la temperatura y lo retarda cuando la temperatura disminuye.

Este último efecto se produce en todo caso; pero no siempre puede ser útil acelerar una reacción aumentando la temperatura, pues cuando son exotérmicas, se obtiene ciertamente la finalidad de acelerarla, pero se disminuye el rendimiento de los productos que de ella deben resultar; y esto, en la práctica, constituye siempre un daño, especialmente en los procesos industriales.

Los conceptos químicos actuales permiten, sin embargo, resolver el problema de acelerar las reacciones químicas evitando usar los aumentos de temperatura, y esto se consigue empleando la presencia de un catalizador conveniente, siendo los catalizadores substancias que no influyen para nada sobre el equilibrio, no tomando parte en la reacción, y actúan sólo como si fuesen lubricantes encargados de disminuir los roces que las reacciones encuentran al desarrollarse.

Dado este modo de actuar de los catalizadores, es necesario insistir en que ellos sólo pueden favorecer las reacciones entre cuerpos que pueden combinarse, y no toda reacción, concepto que bien aplicado ahorrará muchas experiencias inútiles.

Todo lo que hasta este momento he dicho sobre los nuevos conceptos de la química, basta para hacer comprender cómo es relativamente fácil, teniéndolos en cuenta, llegar a resolver todos los problemas que se presentan en la práctica química, sea en el laboratorio como en la industria; lo que no sucede cuando no se tienen estos conocimientos, en cuyo caso es más difícil, y a menudo imposible, hallar la solución de cualquier problema químico.

Y es que los modernos criterios químicos son, para la labor del químico, como la brújula en la navegación: es inútil una plena eficiencia en todo lo restante si la ruta es equivocada, al puerto no se llegará, o si se llega es por un caso afortunado.

Es evidente, por lo tanto, que la enseñanza de la

química debe ser impartida sobre la base de dichos criterios, sea que tenga como finalidad preparar investigadores que se dediquen exclusivamente a estudiar los problemas químicos bajo el punto de vista de la ciencia por la ciencia, o se trate de formar técnicos que sepan resolver los problemas químicos en lo que se refieren a las aplicaciones industriales.

O sea, no sólo debe consistir en el estudio de los cuerpos considerados independientemente, como se creía antiguamente, sino también y principalmente en el estudio de las leyes generales que regulan el desarrollo de las reacciones entre los cuerpos, y de los criterios que pueden guiar hacia el descubrimiento de nuevas leyes generales, porque solamente éstas determinan los grandes progresos de la ciencia y de sus aplicaciones.

Una mirada a las posibilidades de la industria química actual, en relación con aquéllas que se tenían sólo hace veinte años, nos convencerá inmediatamente.

\*\*\*

La industria química—que comenzó a consolidarse solamente en los primeros años del siglo pasado—ha seguido desde su nacimiento los progresos que la ciencia química iba realizando.

Entre sus primeros grandes éxitos, debe recordarse la fabricación del ácido sulfúrico partiendo desde el azufre, la fabricación de la soda con el método Le Blanc, utilizando la sal marina, y que requería el ácido

sulfúrico como intermediario, siendo el ácido clorhídrico el sub-producto más importante, a partir del cual se obtenía el cloro y los hipocloritos.

Más tarde, hacia la mitad del siglo pasado, surgió el proceso Solvay que tenía por finalidad la fabricación de la soda, usando igualmente la sal marina, pero sin necesitar de la intervención del ácido sulfúrico, el cual fué substituído por el amoníaco y la piedra caliza, método éste que revolucionó la industria de la soda, haciéndola menos compleja y menos costosa, con gran beneficio de las industrias que empleaban la soda como materia prima, y principalmente la del jabón.

Mas, el gran progreso aportado por el método Solvay tuvo graves consecuencias para la industria del ácido sulfúrico—que durante medio siglo había alcanzado un gran desarrollo— dado que la mayor parte de la producción de este ácido era empleado en la preparación de la soda por el método Le Blanc; y el desastre que se creía inevitable fué evitado al surgir, algunos años más tarde, de la industria de los perfosfatos partiendo de las fosforitas, debida a los estudios de Liebig, la cual requería grandes cantidades de ácido sulfúrico.

Otra consecuencia que resultó de la adopción del proceso Solvay, fué el de independizar la industria del cloro y de los hipocloritos, las cuales necesitaban igualmente emplear el ácido sulfúrico en el tratamiento de la sal marina; asimismo el ácido sulfúrico era utilizado en la fabricación del ácido nítrico a partir del nitrato de sodio chileno.

La industria del ácido sulfúrico se consolidó más aún con el auge siempre mayor que experimentaba la industria metalúrgica, la cual, provocando una extensión siempre mayor de la industria del cok, obligaba a usar en cantidades siempre crecientes el ácido sulfúrico para fijar el amoníaco.

Entretanto se había creado y progresaba la industria electroquímica, mediante la cual se podía obtener directamente de la sal marina, el hidrato sódico, o sea la soda, el cloro y los hipocloritos.

Todo estos fueron los progresos más notables en la industria química inorgánica.

Los avances realizados en este campo de la industria química consistieron, más que nada, en perfeccionamientos técnicos, y no fueron debidos a innovaciones esenciales de los procesos químicos usados como base de las fabricaciones.

Un mayor progreso en este sentido se obtuvo en el campo de la industria química orgánica, después que poco antes del fin del siglo pasado, se pudo industrializar los procedimientos de síntesis de numerosos productos, especialmente materias colorantes, como consecuencia, por una parte, debido al gran progreso alcanzado por la química orgánica, y de otra parte a la abundancia de materias primas—alquitrán de carbón de piedra—que la industria del cok y la del gas de alumbrado ponían a disposición.

La realización de la industria de las materias colorantes originaba como consecuencia una nueva serie de

industrias que debían utilizar los productos intermedios y los subproductos que se obtenían como residuos en las complejas elaboraciones a que conducía la obtención de los productos principales, los más importantes de los cuales son: los productos farmacéuticos, los explosivos y los perfumes sintéticos.

Aunque la industria química orgánica representase en la práctica una realización de los verdaderos progresos de la ciencia química, no constituía aún la innovación radical en los procesos de preparación de los productos, como fué posible hacerlo después de la aplicación integral de los nuevos conceptos de la química.

Esta innovación se inició en el primer decenio de este siglo, solucionando del modo más simple el problema de la fijación del nitrógeno atmosférico para preparar productos nitrogenados, destinados a reemplazar el nitrato de sodio chileno; problema que se comenzó a estudiar ante el temor que, dado el enorme consumo de este producto como fertilizante y para la preparación del ácido nítrico, se agotase en pocos años la fuente de donde se obtenía.

Entretanto sobrevino el período de la Guerra Mundial, que tuvo mucha influencia sobre la industria química, estimulando, en grado máximo, la fabricación de los más variados productos que, en las especiales condiciones creadas por la guerra, forzosamente habían de fabricarse utilizando las materias primas que se tenían a disposición, y no aquéllas tradicionalmente necesarias. Y la química durante este período alcanzó a rea-

lizar verdaderos milagros en la industria, y como nunca se pudo probar que solamente guiada por la ciencia puede la industria alcanzar los más grandes progresos.

La postguerra y este último decenio debían confirmar que una nueva época había nacido para la industria química.

En efecto, si se examina cuáles eran las posibilidades de progreso de la industria química a fines del siglo pasado; época que se encontraba bajo el dominio de conceptos químicos incompletos, y aquéllos que se tienen actualmente, se observa de inmediato una gran diferencia. Porque entonces debíase partir del concepto que en la preparación de cualquier producto no se podía intervenir en modo alguno, excepto la acción de mezclar las substancias que debían servir para obtenerlo, en la forma más conveniente, y esto constituía una gran limitación en el campo de las posibilidades industriales.

Si dos substancias, aun teniendo la composición conveniente para dar origen a cierto producto, puestas en contacto no reaccionaban entre ellas, era inútil insistir, había que rendirse ante la imposibilidad evidente de utilizarlas para ese fin.

Citaremos el caso del nitrógeno atmosférico que era considerado como un elemento inerte, por lo tanto era inútil pensar en combinarlo con el hidrógeno para obtener el amoníaco directamente de los dos elementos; las experiencias confirmaban estas ideas.

Pero las experiencias no tenían éxito, porque no conociéndose aún las leyes que regulan el complejo me-

canismo del desenvolvimiento de las reacciones químicas, no era posible colocarse en las condiciones requeridas para que la reacción entre el nitrógeno y el hidrógeno diese resultado. Conocidas estas leyes y adecuadamente aplicadas, se pudo encontrar el camino exacto para llegar a la solución del problema, y así pudo surgir la gran y modernísima industria del amoníaco sintético, que ha significado la tranquilidad perpetua para la agricultura intensiva de cada país del mundo, en lo que se refiere a los abonos nitrogenados, porque para su fabricación se utilizan dos materias primas inagotables, el nitrógeno del aire y el hidrógeno del agua.

He aquí por qué la industria química de hoy día se encuentra en condiciones infinitamente superiores a aquéllas de hace sólo veinte años, porque el conocimiento y la aplicación de las leyes que rigen la formación y el desarrollo de las reacciones químicas, permite encontrar las condiciones en las cuales se debe operar para realizar todas las síntesis teóricamente posibles. Las posibilidades de la industria química, debido a esto, se han ensanchado ilimitadamente, pudiéndose en la actualidad utilizar como materias primas fundamentales para obtener una infinidad de productos, muchas de aquéllas substancias que no lo eran, como ser el óxido de carbono, el hidrógeno y el nitrógeno, para citar sólo los más importantes, y que antes no figuraban para nada entre las materias primas de la industria química.

El óxido de carbono tiene su fuente en el carbón; el

hidrógeno tiene su fuente en el agua; y el nitrógeno en el aire

Por lo que se ha dicho, se puede deducir que si la química del siglo pasado hizo decir al gran químico Berthelot, muerto en el año 1907, que esta ciencia, nacida apenas cien años, había contribuido más que ninguna otra a transformar la industria y a dar a la raza humana, su siempre creciente poderío sobre la naturaleza, cuánto más se podrá decir en un porvenir, más o menos próximo, de la química de este siglo.

Ya desde ahora las benéficas influencias de la ciencia química actual son innumerables y grandiosas, basta pensar que si todas las industrias han podido realizar en estos últimos años los mayores progresos, se debe, principalmente, al hecho de que ella ha podido poner a disposición de cada fabricación industrial todos los materiales necesarios y los más apropiados.

Gracias a esto ha podido progresar la industria mecánica, porque la química ha hecho posible extraer en abundancia los metales de los minerales y crear una numerosa serie de aleaciones metálicas resistentes y livianas.

Asimismo han podido progresar las industrias automovilísticas y aereonáuticas, porque además de preparar para ellas las aleaciones metálicas convenientes, les ha procurado los carburantes, los lubricantes, la goma elástica, los barnices celulósicos y cualquier otro producto accesorio.

El arte arquitectónico también se ha desarrollado

notablemente, pues la química moderna, además de haber hecho posible la fabricación del cemento, modificando convenientemente los otros materiales de construcción, haciéndolos más eficientes.

Han podido progresar las industrias textiles porque ha dado a conocer como deben ser tratadas las fibras textiles, las ha creado artificiales, ha provisto, para su tratamiento, los blanqueantes más adecuados, los detergentes y los jabones más eficaces, los colorantes más bellos y delicados.

Y lo mismo ha hecho en todas las otras industrias: en los productos alimenticios, en los productos farmacéuticos, en los productos para la defensa nacional, y en fin para la agricultura, que debe toda su prosperidad actual, esencialmente a la química.

Efectivamente, individualizando las numerosas relaciones entre las plantas y los terrenos agrarios, y preparando los abonos artificiales, ella ha permitido el aumento de producción en los cultivos, y el resurgimiento del cultivo intensivo, que representa la salvación de las naciones de gran densidad de población,

Con mucha razón se puede entonces afirmar que los fundamentales problemas de la vida de los hombres y de las naciones, son hoy día problemas químicos, porque la química es la única ciencia capaz de emular la naturaleza, por su capacidad de crear productos nuevos y hacer más abundantes aquéllos, necesarios conjuntamente con la utilización sabia de cualquiera substancia

que se encuentra sobre la superficie de la tierra, en el subsuelo, en el agua y en el aire.

Es indudable, que los países que como Chile tienen la fortuna de poseer abundantes materias primas que utilizar, y vastos territorios que fertilizan, son predeterminados a la más grande prosperidad, con la única condición de que sepan disfrutar—por medio de la química industrial, de la química metalúrgica, y de la química agraria—esas grandes riquezas, las únicas verdaderamente capaces de producir la independencia económica de las naciones, y el bienestar de los pueblos.