

TRABAJOS DE REVISION

Del exágono de Kekulé a la teoría electrónica

(PARTE PRIMERA)

Prof. Dr R. Granados

*La ciencia experimental no recibe la ver-
dad de manos de las ciencias superiores;
ella es la señora y los demás las siervas.*

Roger Bacon (Siglo XIII)

La enseñanza en grado superior, y de un modo especial la universitaria, ha sido siempre de minoría. Y en el sentido estricto de la palabra lo seguirá siendo, aún cuando la masa invada las aulas que se prodiguen a lo largo y a lo ancho de la geografía mundial.

Así seguirá siendo aún cuando se haga de la enseñanza superior una enseñanza de masas, y de la investigación, necesariamente unida a ella, una profesión más dentro de las reconocidas como rentables. Así seguirá siendo, tanto más cuanto se pretenda estructurar la Universidad en grupos de intereses materializados, con exclusión de todo ideal humano. Tanto más seguirá la inquietud en manos de una minoría, reforzada y unida por la exclusión, y tanto más a pesar de la exclusión será la portadora de la dirección cultural de la Universidad y de la sociedad.

La dirección cultural, es decir, la dirección que concurre en la síntesis cultural de cada tiempo, continuará en pocas manos; en manos de la universidad y en manos de los auténticos universitarios, atentos a la evolución histórica y sensibles a los móviles humanísticos.

La Ciencia Experimental

Más aún, si hoy, la ciencia experimental, desde la expresión de Roger Bacon (siglo XIII) y al cabo de los siglos, ha llegado a ser auténticamente señora y las demás siervas y subsidiarias, tan solo quien la practique y enseñe con conciencia de tal señoría, con responsabilidad y con no soberbio estilo de forzado dominio o con un mero pragmatismo, sabrá captar su mensaje, prever sus conse-

ciencias y proyectar el hombre del futuro, verdadera inquietud universitaria, que distinguirá siempre la minoría de la masa, aunque esa masa sea de profesores, de técnicos o de investigadores profesionales.

Minorías Universitarias

En el espíritu de las minorías universitarias, logradas desde las grandes síntesis de la Edad Media cristiana, como mensaje de verdad, la ciencia, cualquier ciencia, tendrá una inevitable proyección humana y un especial estilo docente. El profesor universitario no es el investigador especialista ni pragmático, sino el hombre sensible a todo descubrimiento que sabe colocar en su lugar, dentro de la ciencia que practica, que ha su vez ha situado convenientemente dentro del conocimiento humano. Todo esto no excluye la formación de especialistas, de técnicos, de profesores; pero en la Universidad tal formación, como los medios adecuados, no excluirá jamás la maestría que actúa a impulsar de un conocimiento sintético, de una fé y de una convicción de obra y de fin que tiende a la ejemplaridad.

Desarrollo de la enseñanza

Quien quiera seguir el desarrollo de una ciencia, debe seguir necesariamente la evolución de su enseñanza, porque es ahí donde realmente tropieza con los prejuicios, con las posiciones clave, con la objetividad, con la pasión con el conocimiento y también con la ignorancia; con la fé y con el escepticismo; con el entusiasmo y la audacia y también con la cobardía, con el fanatismo y con el heroísmo; es decir, con el hombre y sus circunstancias o ante sus circunstancias. Por eso, a pesar de la expresión de Roger Bacon: «La ciencia experimental no recibe la verdad de manos de las ciencias superiores; élla es la señora y las demás las siervas», ha aparecido muchas veces la ciencia experimental como subordinada, porque por encima de ella ha estado siempre el hombre y su proceder histórico.

Sistematización

Por otra parte, la enseñanza ha requerido sistematización de los conocimientos que se van actualizando y estudio crítico de los mismos; en consecuencia, siguiendo las etapas que marcan los tratados de enseñanza a través del tiempo, puede verse con claridad la evolución del conocimiento y los jalones que cada edad ha puesto de una manera firme dentro de tal conocimiento. Y de jalón en jalón la posición clave que marca la transición y que se ha resistido siempre a ser superada, o mejor una posición clave tras la

cual los hombres han resistido a la nueva edad. El exágono de Kekulé representa una de esas posiciones clave. Es una culminación y a la vez un punto de partida.

El arduo camino para llegar a él justifica plenamente la rápida sucesión de acontecimientos a partir de él. En él culmina todo el camino de la química hasta nuestros días y en él empieza la senda de la química futura que hoy se debate por encontrar su cauce.

Origen de la Ciencia Química

En él culmina aquella química nacida de la ciencia natural y en él empieza ese esquema idealista que intenta penetrar en la esencia de la materia. Veamos pues este desarrollo:

El continuado hallazgo de datos diferenciativos, fue poco a poco perturbando la unidad de la que toda ciencia ha nacido. Es así como la química nace de la ciencia natural, sometida a los mismos criterios que ésta. Al intento clasificador y a la reacción unitaria de Buffon que aún cuando en el fondo se oponía a la renovadora tendencia de Linnæus mucho más avanzada, que ella, corresponden las ideas vertidas por Antoine Baumé en su «Chymis experimentale et raisonnée», París 1773 en la que se inclina por la ideas unitarias de Buffon, Bonnet y Homberg. Dice así: «El célebre M. Buffon cree incluso que puede dispensarse de dividir en tres grandes clases los cuerpos de la naturaleza. Piensa que se puede descender por grados casi insensibles, de la creatura más perfecta hasta la materia más informe, del animal mejor organizado hasta el mineral más tosco. M. Bonnet ha desarrollado esta idea en los primeros capítulos de la «Contemplación de la naturaleza»...

«Antes de estos dos célebres escritores, Homberg creyó un deber renunciar a la división común de productos naturales en tres clases. En las Memorias de la Academia (año 1702, pág. 34) se lee que este químico las redujo a dos: 1.º las materias minerales; 2.º las materias vegetales, en las cuales, decía, comprendemos también los animales; puesto que las plantas y los animales producen los mismos principios en el análisis, no parece pues que deba hacerse dos clases distintas».

Así los designará colectivamente con el nombre de cuerpos organizados o cuerpos combustibles y dentro de este grupo se encontrarán también las materias aceitosas y bituminosas que se encuentran en diversos lugares de la tierra, incluso a profundidades considerables y que deben su origen a cuerpos organizados que se encuentran accidentalmente en el seno de la tierra».

«Análogas líneas se siguen en los «elementos de Química» de J. A. Chaptal, que merecieron una traducción castellana publicada en Madrid en 1794, en la que aún introduciendo la división de Quí-

mica vegetal y animal, se estudia el carbón de piedra, y el fósforo, al final de las alteraciones de los vegetales muertos y de la putrefacción.»

La química como ciencia

El mismo criterio continúa en el «Dictionnaire de Chimie» de Charles Louis Cadet, renovación del primer diccionario de Macquer, consecuencia de la época de las enciclopedias, publicado en París 1803, con el aire parlamentario de los tiempos y dedicado al ciudadano Fourcroy.

Consecuente con esta clasificación, acepta y explica la definición de Química de Fourcroy: «La química es la ciencia que nos enseña a conocer la acción íntima y recíproca de unos cuerpos de la naturaleza sobre otros».

«Supone necesariamente el conocimiento previo de la historia natural y de la física; es por decirlo así el tercer grado en la escala de los conocimientos naturales».

Ahora bien, con el mismo lenguaje henchido de patriotismo, añade: «A los colaboradores de Lavoisier: Lagrange, Laplace, Monge, Berthelot, Guyton, Fourcroy se debe al testimonio de que él fue el primero en concebir la idea sublime de someter la química al rigor del cálculo; el primero que sintió la necesidad de darle un lenguaje analítico para hacer de ella una ciencia propiamente dicha».

En todos los casos se observa una influencia de las ideas filosóficas, políticas y literarias del entusiasmo del tiempo, a la par que el tiempo, en especial en los inicios del siglo XIX comienza a nutrir su cultura de las especulaciones científicas, que en la química comenzaban a ser rigurosamente tales con Lavoisier. O mejor había encontrado con Lavoisier su método, porque la ciencia no se diferencia de las demás clases de conocimiento, más que en la forma o el método de llevar a cabo la búsqueda de la naturaleza y del hombre.

A veces, sin embargo, tal influencia se ha exagerado o desorbitado. Cuantos al hablar de la fuerza vital, habrán visto en ella un prejuicio religioso, como pudieran verlo en la discusión sobre el evolucionismo que empieza a producirse simultáneamente a la síntesis orgánica.

Pero muchas veces se achaca tal prejuicio por desconocimiento, por ignorancia... La Iglesia o las Iglesias, pueden tener la culpa de muchas cosas, como cualquier Institución humana, pero no de tantas como se le achacan.

Thenand en su «Traité de Chimie elementaire Theorique et Pratique».

La fuerza vital dentro del racionalismo

Comienza la química vegetal con las siguientes consideraciones: «Jean -Jacques Rousseau, siguiendo un curso de química con Rouella, decía que no creería en el análisis de la harina mientras no viera a los químicos reconstruirla (sintetizarla)».

El filósofo se adelantó a los tiempos; esa idea expresada tan sencilla tajantemente iluminaría sin duda la mente de los futuros investigadores, idea de avanzada, sería fuente de ideas cada vez más concretas que provocarían la superación del método analítico; esta idea presidiría más tarde el método hoy clásico de la investigación orgánica: La comprobación de los resultados analíticos mediante la síntesis. Pero en el tratado de Thenard (París 1818) (2.ª edición) y aún más tarde tendría que tropezar con una convicción, no solo arraigada sino, incluso, razonadamente explicada.

«Ese filósofo tendría sin duda, otro lenguaje hoy día. Se le probaría que (la harina) es de los cuerpos que pueden descomponerse y que no se sabría recomponer. Se le expresarían las causas y no dejaría de comprenderlas. Esas causas residen principalmente en el estado que afecta a los elementos.

Y sigue Thenard razonando sin prejuicios: «Si el carbono, el hidrógeno y el oxígeno fueran líquidos, nada se opondría a su combinación; su propio estado la favorecería; tendría lugar a la temperatura ordinaria y es probable que se pudieran formar entonces un gran número de sustancias vegetales. En lugar de presentar ese estado, el carbono es siempre sólido, el hidrógeno y el oxígeno siempre gaseoso. ¿Qué resulta pues?, que la cohesión de uno y la elasticidad de los otros son obstáculos que la afinidad no puede vencer. De ahí la necesidad de calentar para realizar la reacción; por eso esta reacción no puede hacerse de manera que se produzca una sustancia vegetal, puesto que si se formara, el calor la destruiría. No podemos pues esperar la formación de esta clase de sustancias apartir de todas las piezas, por lo menos con los medios que están a nuestro alcance; sólo podemos transformar las unas en las otras haciendo variar sus principios.

Es en el acto de la vegetación que la naturaleza los crea, acto que comprende la germinación y el crecimiento de los vegetales.

El propio Liebig, en su «Tratado de Química Orgánica», apareció en 1840, indica todavía «La Química Orgánica trata de las materias que se producen en los órganos por la acción de la fuerza vital, y de las descomposiciones que experimentan las mismas bajo la influencia de otras sustancias».

Toda la enseñanza y el hacer de la época respira vitalismo, aquél vitalismo que en 1836 hacía decir a Laurent... «los medios químicos hacen converger los compuestos hidrocarbonados hacia combinacio-

nes cada vez más sencillas, siguiendo una marcha inversa de la naturaleza vegetal» y todavía en 1842 a Gerhardt... «El químico hace todo lo contrario de la naturaleza viviente, quema, destruye, opera por análisis; sólo la fuerza vital opera por síntesis, reconstruyendo el edificio derrocado por las fuerzas químicas».

El concepto de la fuerza vital se extiende hasta 1850, a pesar de la síntesis de la urea de Wöhler en 1828, del ácido acético por Kolba en 1845. Sin embargo, contrariamente a lo que muchos han afirmado, tal vitalismo ni impidió ni retrasó el progreso de la química orgánica, por su complejidad se desarrolla posteriormente a la química vegetal-mineral, es en ella donde se inicia y desenvuelve una teoría estructural consistente.

El logro analítico

Concentrada la química orgánica en su aspecto analítico es ahí donde hay que buscar el auténtico fruto de la época vitalista.

Existe en la obra de Thenard algo, aunque susceptible de perfección, definitivo: El análisis elemental que titula:

«Determinación de la producción de los principios constituyentes de la materias vegetales y animales» y que sigue inmediatamente al análisis de las aguas minerales.

«La solución de ese problema que hemos dado con M. Gay Lussac en nuestras investigaciones físico-químicas, consiste en transformar las materias vegetales y animales en agua, ácido carbónico y nitrógeno, y en recoger y medir todos estos gases».

El procedimiento consistía en quemar con clorato potásico porciones de materias muy pequeñas para que no hubiese fractura de los recipientes; hacer gran número de combustiones sucesivas para que los resultados fueran suficientemente sensibles, y finalmente recoger y medir los gases formados en la combustión.

La obra de Gay Lussac, Thenard y Berzelius, se apoya, sin duda, en el principio introspectivo, en el lenguaje analítico logrado por Lavoisier, incluso en los números que citaremos a continuación, puede verse una tendencia a buscar una relación cuantitativa en las agrupaciones de elementos.

Destaca pues en la obra de Thenard la primera introspección cuantitativa en la constitución de los compuestos orgánicos tomando como base sus números proporcionales: 1,32 para el hidrógeno, 10 para el oxígeno y 11,32 para el agua. De este modo, con sus análisis, que compara con los de Berzelius, encuentra para el azúcar de caña:

Gay Lussac-Thenard		Berzelius
C	42,47 %	44,200
D	50,63 %	49,015
N	6,90 %	6,785
	<hr/>	<hr/>
	100,—	100,—

Es decir, de acuerdo con sus datos:

C: 42,47 %

O y H en proporciones necesarias para formar agua:

57,53

100,—

Para el almidón:

C	43,55	43,481
O	49,60	49,455
H	6,77	7,064
	<hr/>	<hr/>
	100,—	100,—

Como en el caso anterior:

C: 43,55
56,45
O y H para formar agua:

100,—

Para la celulosa encuentra igualmente:

C: 52,—
48,—
O y H para dar el agua:

100,—

Si esta tendencia introspectiva de los análisis de Gay Lussac y Thenard, las anteriores sustancias podrían considerarse como hidratos de carbono, de acuerdo con los datos cuantitativos, para la manita analizada por Saussure se encuentra un exceso de hidrógeno del 0,75 sobre el necesario para formar el hidrato.

C	38,53	Es decir, C: 38,53
O	53,60	O y H agua: 60,70
		<hr/>
H	7,87	Exceso de H 0,75

Y en efecto, la manita resulta ser un producto de reducción de los azúcares.

Las fórmulas numéricas

Thenard y los químicos de su época, sacan conclusiones sobre sus porcentajes. Sacan conclusiones erróneas, claro, como la asociación simple del hidrógeno y el oxígeno el equivalente del agua, cuyo error se arrastra todavía hoy en el nombre de hidratos de carbono, por es cierto que esta tendencia a la conclusión de los datos analíticos, dio frutos en la relación a la manita a los hidratos de carbono, y de éstos entre sí trajo en afán de afinar en las relaciones numéricas, en principio sin sentido, pero más adelante sería penetrado su artificio con mayor conocimiento y desembocaría en una representación de alcances insospechados. Pero antes el análisis tropezaría con la rutina, tropezaría con las fórmulas numéricas.

«En la obra citada anteriormente, que él considera como un ensayo, señala Liebig: «En estos últimos tiempos, varios químicos se han pronunciado abiertamente contra las ideas antiguas, que han sido para nosotros el origen de tantos descubrimientos, y han querido reemplazarlos con fórmulas puramente numéricas, expresiones vacías, que sólo indican la composición irracional de los cuerpos. Estos sabios se han ocupado en descubrir las modificaciones que experimentan las fórmulas primitivas de los cuerpos, por la influencia de ciertos agentes, y excluir las consideraciones de un orden más elevado, las cuales es preciso tomar en consideración cuando se trata de la naturaleza y de las reacciones de los compuestos químicos. Así es que si se pregunta a ciertos autores cuál es la constitución del éter, dirán tan sólo que es $C_4H_{10}O$ otros responderán que la del alcohol es $C_2(H_{12}C_2O_2)$ 16. Ciertamente que si la química no tuviese otro objeto que le de hallar resultados numéricos y progresiones geométricas, sería muy útil tratar matemáticamente todas estas cuestiones, pero en el estado actual de nuestros conocimientos, este método es vicioso, dificulta toda serie de progreso, sin contar que para cada nuevo descubrimiento presentaría dificultades insuperables.»

Liebig suaviza su ironía con la frase «en el estado actual de nuestros conocimientos, este método es vicioso», pero remacha con fuerza al final contra los investigadores de ventaja, de aquellos que echándose en los brazos de una técnica, de la técnica analítica, iban entregando fórmulas numéricas, cuyo sentido, por su empirismo era totalmente indescifrable... dificultando «toda especie de progreso».

«Para los químicos que profesan estas opiniones, el cianuro de mercurio nunca sería otra cosa que el cuerpo C_2N_2Hg ; mas para los que le han considerado como una combinación de un metal con un radical compuesto, que hace veces de un elemento, este cuerpo ha llegado a ser el punto de partida de los descubrimientos más numerosos e importantes que se han hecho en química orgánica».

«Conocidas las proporciones numéricas, la cuestión de averiguar de qué modo se hallan agrupados los elementos en una combinación, es en verdad la más importante para el desarrollo de la ciencia».

La fina capacidad de penetración de Liebig, no rechaza en realidad las fórmulas, sino que iba más allá de ellas, iba a encontrar un verdadero significado de tales fórmulas.

«La diferencias fundamentales en las propiedades de los cuerpos orgánicos no dependen, como en la química mineral, de la diversidad de los elementos constitutivos, sino de las proporciones ponderales en que estos se hallan combinados, o en igualdad de composición, del modo como se encuentran agrupados».

Objeto de la química orgánica

Por consiguiente, el objeto principal de la química orgánica consiste en averiguar la composición, las propiedades y las reacciones de los compuestos orgánicos, y el modo como se hallan agrupados sus elementos. Por el conocimiento de estos diversos caracteres se consigue establecer los puntos que existen entre ciertos grupos de compuestos orgánicos, y al mismo tiempo apreciar la relación íntima que les une. Una teoría fundada en la constitución de una serie de compuestos **no es otra cosa que la expresión de esta relación.**

El logro definitivo de esta relación, que sigue al analítico de Gay Lussac y Thenard, establece que si bien los productos orgánicos originales se deben a la fuerza vital, las transformaciones que sufren son de orden puramente químico, es decir, de carácter semejante a las de los compuestos inorgánicos.

Las series orgánicas

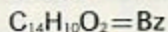
«La esencia de almendras amargas, describe Berthelot refiriéndose a las experiencias de Liebig y Whöler de 1832, sometida a la acción del cloro, pierde un equivalente de hidrógeno que se separa en forma de ácido clorhídrico y gana en su lugar un equivalente de cloro.

El cloruro orgánico así obtenido puede actuar a su vez sobre un gran número de sustancias y dar nuevos compuestos. En presencia de agua, por ejemplo, se descompone; el cloro que contiene se le une al hidrógeno del agua, dando ácido clorhídrico y el oxígeno naciente de esta misma agua se combina con la sustancia orgánica en una proporción equivalente con la del cloro eliminado; de donde resulta una sustancia idéntica al ácido benzóico. Esto no es todo, el mismo cloruro actuado sobre bromuro, yoduro, un cianuro o un sulfuro metálicos, pierde su cloro, que se une al metal, y gana en su

lugar un peso equivalente de bromo, yodo o cianógeno, azufre, etc., de manera que se construye una serie de compuestos orgánicos; estos cuerpos presentan todos ellos y con respecto a la esencia primitiva, las mismas relaciones que existen en química mineral entre un bromuro, un yoduro, un cianuro, un sulfuro, un cloruro, un óxido y un hidrato correspondiente».

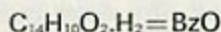
La serie sistematizada más tarde en el ensayo de Liebig, se describe de la manera siguiente:

Radical Benzoilo



Se da el nombre de benzoilo al radical hipotético de una clase de combinaciones que proceden del aceite volátil de almendras amargas, o que tienen cierta semejanza con él. La esencia de almendra amarga se halla en los huesos de varias frutas, en las hojas de laurel cerezo y en la amigdalina, y se puede obtener por muchos y diversos procedimientos.

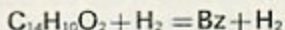
Acido benzoico



Existe en el benjuí y se produce por oxidación del hidruro de benzoilo al aire.

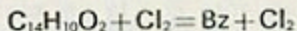
Sigue la descripción de benzoatos.

Hidruro de benzoilo



Cuando se destilan con agua las hojas de laurel cerezo o las almendras amargas, se obtiene un aceite volátil que es una mezcla de hidruro de benzoilo, de ácido benzoico, de benzoina y de ácido cianhídrico; se le purifica volviéndola a destilar con agua, cloruro de hierro e hidrato de cal, de modo que resulte una papilla fluida. La esencia que destila en este caso, se halla todavía mezclada con agua, que se separa por medio de una pipeta; se le obtiene anhidrico dirigiéndola con cloruro de calcio.

Siguen el Cloruro de benzoilo



El sulfuro de benzoilo, y la serie termina con el
Benceno (benzol)

Fórmula: $\text{CH} = \text{C}_{12}\text{H}_{12}$ (Mescherlich, Peligot)

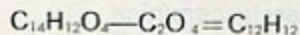
Sinónimos: bencina, benzena, fena.

Faraday fue quien descubrió la benzola en los productos de la destilación de las materias orgánicas; posteriormente Mitcherlich ha manifestado que es la sustancia principal que se obtiene calentando una mezcla de ácido benzoico y de hidrato de cal.

Se prepara sometiendo a la destilación seca una mezcla íntima de 1 parte de ácido benzoico cristalino y 3 de hidrato de cal, por cuyo medio se produce un líquido oleoso que se rectifica destilándolo con agua o sobre cal viva.

La benzola es un líquido incoloro, diáfano, de un color etéreo particular y agradable, que hierve a 86° . Su peso específico es de 0,85 y el de su vapor de 2,378; a 0° se convierte en una masa cristalina que vuelve a adquirir la forma líquida a 7° . Es insoluble en el agua, soluble en el alcohol y en el éter, y no se altera por los ácidos hidratados. Según la densidad de su vapor, contiene 3 volúmenes de hidrógeno y otros tres de vapor de carbono.

Sustrayendo de un átomo de ácido benzoico cristalizado los elementos de 2 átomos de ácido carbónico, se obtiene por resultado la benzola:



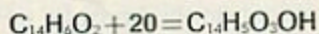
V. Regnault, dedica a la Química Orgánica, con esa denominación, la cuarta parte de su «Cours élémentaire de Chimie», Paris 1853.

La que denomina **serie benzoica**, comienza con la cuidadosa descripción de la esencia de almendras amargas:

«Las almendras amargas contienen un aceite graso no volátil y dan por destilación con agua un aceite esencial. Prensándolas se extrae al aceite graso y destilando la pulpa diluida en agua en un alambique, pasa con el agua un aceite volátil que se deposita en el fondo del recipiente. Este aceite es la esencia de almendras amargas, mezcla de ácido cianhídrico y de dos nuevas sustancias: la benzoina y el ácido benzoico. Estas sustancias se separan destilando la esencia bruta con cal y sulfato de protóxido de hierro, reducidos a una pasta con agua: se separa el aceite destilado mediante una pipeta y se destila de nuevo en una retorta de vidrio separando las primeras porciones que contienen agua.

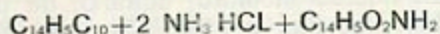
La esencia de almendras amargas, es un líquido incoloro, muy fluido y de un olor particular que recuerda el del cianhídrico: su densidad es 1,043; hierve a 176° . El agua disuelve alrededor de 1/30 de su peso; el alcohol y el éter disuelven una cantidad indefinida. Su fórmula es $\text{C}_{14}\text{H}_6\text{O}_2$. **No tiene poder rotatorio.**

La esencia de almendras amargas absorbe rápidamente el oxígeno del aire y se transforma en ácido benzoico.



El ácido benzoico anhidro deriva pues de la esencia de almendras amargas, por sustitución de un equivalente de oxígeno en lugar de un equivalente de hidrógeno».

Trata a continuación de la acción del cloro sobre la esencia de almendras amargas, de la acción del amoníaco sobre el cloruro para obtener la benzamida:



y sigue con la descripción del ácido benzoico, los benzoatos los enteros benzoicos, el ácido sulfobenzoico, nitrobenzoico, dinitrobenzoico, bromobenzoico, la benzoina, y finalmente el **Benceno** $C_{12}H_6$, obtenido por descarboxilación del ácido benzoico con cal. Habla también del ácido bencenosulfónico y del nitrobenzeno, de la anilina y de la nitro anilina.

La obra sigue la esencia de spirea ultaria y serie salicilica. Esencia de canela y serie cinámica. Esencia de amis y serie anísica. Esencia de comina y serie cumínica.

La obra llama la atención por el ágil manejo de las fórmulas, que a pesar de Liebig se habrán impuesto y la meticulosidad de las descripciones. Termina con la digestión, líquidos orgánicos, vino y finalmente la preparación del gas del alumbrado como última destrucción de la materia orgánica de todas las series, que comienzan siempre por un compuesto natural.

Regnault, no aporta nada pero corrige mucho, sus análisis y sus fórmulas son modelo de pulcritud. Acepta y puntualiza las series de Liebig y al mismo tiempo utiliza las fórmulas empíricas, cuya determinación describe como en un tratado caso moderno, para representar las transformaciones en esas series, Regnault rectifica pero no inventa, en resumen, no se mete en política. Regnault es el técnico, el auténtico ingeniero de minas. Regnault es objetivo... que inventen otros..., los apasionados, los que tengan fe...

Sin embargo, Regnault, a pesar de su objetividad, había tomado partido. Existían en aquella época una disparidad en las fórmulas orgánicas, debido a la falta de acuerdo sobre los valores relativos de los pesos atómicos.

Basta poner de relieve algunas de las fórmulas de la química orgánica tal como las escribían los autores más autorizados, hecha abstracción de toda idea sobre la distribución interna.

Nombres de los cuerpos	Dumas	Liebig	Berzelius
Alcohol metílico	$C_2H_8O_2$	$C_2H_8O_2$	$C_2H_8O_2$
Alcohol ordinario	$C_2H_{12}O_2$	$C_4H_{12}O_2$	$C_4H_{12}O_2$
Eter	$C_2H_{10}O$	$C_4H_{10}O_2$	$C_4H_{10}O_2$
Etileno	C_2H_2	C_4H_6	C_2H_4
Acido Benzoico	$C_{28}H_{12}O_4$	$C_{14}H_{12}O_4$	
Cloruro de Benzoilo	$C_{28}H_{10}O_2Cl_2$	$C_{14}H_{10}O_2Cl_2$	$C_{42}H_{30}Cl_6O_6$

Para Dumas y Berzelius, el átomo de oxígeno pesaba 8 y el hidrógeno 0,5. La diferencia estaba en el valor del carbono que Dumas lo tomaba igual a 3 y los otros dos sabios igual a 6. No era más que una variante de poca importancia en el fondo, puesto que las relaciones dentro de una misma serie de valores podían establecerse igualmente.