

## INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO, LA RADIACIÓN SOLAR Y EL ESTADO ELÉCTRICO DEL AIRE EN EL FENÓMENO DE LA EVAPORACIÓN \*

POR M. HOUDAILLE

INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO, MÉTODOS Y APARATOS DE OBSERVACIÓN

Hemos estudiado la evaporación de diferentes superficies líquidas sometidas á una corriente de aire de velocidad variable, unas veces utilizando la existencia de una corriente de aire natural cuya velocidad apreciaba en el momento de la observación, y otras produciendo una corriente de aire artificial cuya velocidad hacía cambiar á voluntad.

La producción de una corriente de aire artificial se presta cómodamente para el estudio del aumento de la velocidad de evaporación con la velocidad de la corriente de aire. En efecto, se pueden efectuar varias determinaciones sucesivas en condiciones de temperatura y de estado higrométrico perfectamente constantes durante el periodo de los experimentos. Hé aquí cómo lograba las corrientes artificiales: á un tubo cilíndrico y horizontal de 11 centímetros de diámetro dirigía una corriente de aire por medio de un ventilador de paletas, movido con auxilio de una manivela. Una placa de vidrio dividía horizontalmente el tubo á 10 centímetros de su extremo, sirviendo de soporte á la superficie evaporante estudiada; de ese modo el nivel del líquido se hallaba en la proximidad del eje del tubo, cuyo extremo se cerraba por un anemómetro de Biram que afectaba la forma de una turbina pequeña vertical de igual diámetro que el tubo. Delante de la turbina se coloca un espejo que, además de accionar el ventilador, permite seguir al propio tiempo la marcha de la aguja indicadora de la velocidad, la cual se puede de ese modo regular aumentando ó disminuyendo la velocidad del eje del ventilador.

Para que la velocidad sea más uniforme en algunos experimentos durante una observación, he dispuesto delante de la manivela del ventilador un largo péndulo que, regulando la velocidad de rotación de la manivela del ventilador con respecto al periodo de oscilación, facilitaba durante algún tiempo una velocidad muy regular.

Con el mismo sistema he intentado comparar las evaporaciones de superficies de magnitud diferente, instalándolas unas al lado de otras en el eje de la corriente de aire. En este caso el tubo cilíndrico se prolongaba por una caja rectangular aplanada en el sentido vertical, con objeto de aumentar el espacio disponible para la comparación de las superficies, pero de igual sección á la del tubo con el cual enchufa por medio de un tronco de cono deformado, evitando así se modifique la velocidad de la corriente de aire en sus diferentes puntos. La caja rectangular estaba unida asimismo con una porción de tubo cilíndrico que contenía el anemómetro para medir las velocidades.

El estudio del aumento de la velocidad de evaporación con la velocidad de la corriente de aire se ha efectuado por medio de un ventilador que produce á voluntad velocidades variables, conforme hemos descrito. En la elección de

\* Conclusión, véanse las páginas 238, 241 y 273.

la superficie líquida que se debía observar he procurado prevenir el enfriamiento del líquido determinado por el aumento rápido de la evaporación con la velocidad; aquella superficie era delgada y descansaba en un cuerpo buen conductor. Para mis ensayos he preferido una superficie de 13 centímetros cuadrados, esto es, de igual magnitud que la del evaporómetro Piche, con la cual había efectuado anteriormente algunas comparaciones en el aire en reposo y que deseaba estudiar comparativamente en el aire en movimiento.

Se coloca una hoja delgada de papel chupón, formando un cuadrado de 36 milímetros de lado, sobre una placa de latón de un milímetro de grueso que sirve de tabla y sosteniendo á distancia un vaso Mariotte, pequeño, destinado para alimentar la superficie mientras se efectúa el experimento. Con este objeto, la base del vaso de Mariotte comunica por un tubo dos veces acodado, con la cara inferior y el centro de la placa de latón que sustenta la superficie evaporante. Un orificio de 2 milímetros próximamente permite al líquido mojar constantemente el papel chupón, el cual al principio de cada experimento contiene un exceso de agua destinado para hacer frente á la evaporación que se produce durante cuatro á diez minutos tan solo en una corriente de aire de velocidad conocida. El peso del conjunto del aparato, figura 1, no excede de 15 gramos.

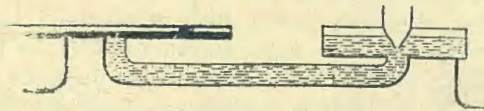


Fig. 1.

Cuando el ventilador está en reposo se pesa el evaporómetro: sea  $P$  su peso; se marca la hora  $t$  de la pesada, luego se deposita la superficie evaporante en el eje del tubo, y en el tiempo  $t'$  se produce una velocidad  $V$  hasta  $t''$ , se separa entonces el evaporómetro que se pesa en  $t'''$ , sea  $P'$  su peso.

La cantidad total de agua evaporada dada por  $P - P'$  se descompone en dos partes, una  $p$  evaporada en el aire en reposo durante el intervalo  $t' - t$  y  $t''' - t''$ ; la otra  $p'$  evaporada en el aire en movimiento de  $t'$  á  $t''$ . La primera porción la obteníamos por el cálculo de la expresión establecida en anteriores investigaciones

$$p = (F - f) \left( \alpha + \beta \frac{c}{S} \right)$$

relación que, con respecto á una superficie cuadrada de 13 centímetros, resulta ser

$$p = 1,475 (F - f).$$

La evaporación determinada por la velocidad  $V$  durante el intervalo  $t'' - t'$  era, por consiguiente  $p' = P - P' - p$ .

El siguiente cuadro demuestra el orden de inscripción de los elementos necesarios para obtener la marcha de la evaporación de una superficie de 13 centímetros, para velocidades que varían de 1 metro á 10 metros.

t	t'	t''	t'''	Pesadas	N.º de vueltas	Psicrometro	
						t	t'
<i>Serie I.</i>							
18				14.433		21°,4	18°,8
	20	26	28	14.381	7.4	21°,6	18°,7
	30	33	35	14.306	30		
				14.237	20	21°,8	19°
<i>Serie II.</i>							
41				14.048			
	43	48	50	13.968	6	24°	18°,9
	52	55	57	13.833	31		
	59	3	5	13.723	23	24°	18°,5
<i>Serie III.</i>							
17				14.115			
	19	27	29	14.078	8	10°,8	9°,1
	31	34	36	14.028	32	10°,9	9°,2
	38	43	45	13.980	27		
	47	50	52	13.933	31	11°	9°,3

Las siguientes cifras contienen los valores de las velocidades de evaporación deducidas de sucesivas pesadas, las velocidades de la corriente de aire deducidas del número de revoluciones por minuto del anemómetro, el estado higrométrico medio y la temperatura media para cada una de las determinaciones de las tres series indicadas.

DURACIÓN DE LA EVAPORACIÓN EN		P — P'	p	Evaporación por hora y centímetro cuadrado	Velocidad del aire
Aire en reposo	Aire en movimiento				

*Serie I.*  $t = 21°,7 \frac{f}{F} = 0,76 \quad F - f = 4^{mm},6.$

4 minutos	6 minutos	52	5.6	35 <sup>mgr.</sup>	1 <sup>m</sup> ,23
4 —	3 —	75	5.6	105.5	10 <sup>m</sup>
4 —	4 —	69	5.6	72.2	5 <sup>m</sup>

*Serie II.*  $t = 24° \frac{f}{F} = 0,58 \quad F - f = 9^{mm},3.$

4 minutos	5 minutos	80	11.4	62 <sup>mgr.</sup> ,7	1 <sup>m</sup> ,20
4 —	3 —	135	11.4	190	10 <sup>m</sup> ,33
4 —	4 —	110	11.4	113	5 <sup>m</sup> ,75

*Serie III.*  $t = 10°,9 \frac{f}{F} = 0,78 \quad F - f = 2^{mm},26.$

4 minutos	8 minutos	37	2.8	19 <sup>mgr.</sup> ,6	1 <sup>m</sup>
4 —	3 —	50	2.8	72	10 <sup>m</sup> ,60
4 —	5 —	48	2.8	41.5	5 <sup>m</sup> ,40
4 —	3 —	47	2.8	68	10 <sup>m</sup> ,50

EVAPORACIÓN DE UNA SUPERFICIE DE 13<sup>cm</sup> EN EL AIRE EN MOVIMIENTO

	TEMPERATURA	$\frac{f}{F}$	$F-f$	Evaporación en miligramos por hora y centímetros cuadrados	Velocidad del aire
<i>Serie I.</i>	24°,0	0,58	9 <sup>mm</sup> ,3	15 <sup>mgr</sup>	0 <sup>m</sup>
				63	1 <sup>m</sup> ,20
				113	5 <sup>m</sup> ,80
				190	10 <sup>m</sup> ,30
<i>Serie II.</i>	23°,6	0,71	6 <sup>mm</sup> ,3	11	0 <sup>m</sup>
				48	1 <sup>m</sup> ,10
				76	6 <sup>m</sup>
				86	10 <sup>m</sup> ,30
<i>Serie III.</i>	21°,6	0,76	4 <sup>mm</sup> ,6	6	0 <sup>m</sup>
				35	1 <sup>m</sup> ,25
				72	5 <sup>m</sup>
				105	10 <sup>m</sup>
<i>Serie IV.</i>	13°,1	0,73	3 <sup>mm</sup>	4.5	0 <sup>m</sup>
				28.7	1 <sup>m</sup> ,15
				57	5 <sup>m</sup> ,15
				89	10 <sup>m</sup> ,10
<i>Serie V.</i>	11°,6	0,75	2 <sup>mm</sup> ,54	4 <sup>mgr</sup>	0 <sup>m</sup>
				21.7	0 <sup>m</sup> ,90
				53	5 <sup>m</sup> ,60
				77	10 <sup>m</sup>
<i>Serie VI.</i>	13°,9	0,81	2 <sup>mm</sup> ,35	3.4	0 <sup>m</sup>
				20	1 <sup>m</sup> ,10
				54	6 <sup>m</sup> ,80
				83	12 <sup>m</sup> ,30
<i>Serie VII.</i>	10°,9	0,78	2 <sup>mm</sup> ,26	3.2	0 <sup>m</sup>
				19.5	1 <sup>m</sup>
				41.5	5 <sup>m</sup> ,40
				68	10 <sup>m</sup> ,50
<i>Serie VIII.</i>	13°	0,85	1 <sup>mm</sup> ,70	72	10 <sup>m</sup> ,90
				2.5	0 <sup>m</sup>
				16.5	0 <sup>m</sup> ,95
				42	7 <sup>m</sup>
				53	10 <sup>m</sup> ,80

El autor continua estudiando extensamente la influencia de la velocidad de la corriente de aire en la temperatura del líquido y en su evaporación; la de la magnitud de las superficies en la velocidad de evaporación en el aire en movimiento; la de la radiación solar y de la tensión eléctrica en la velocidad de evaporación, llegando á las siguientes conclusiones:

## EVAPORACIÓN EN EL AIRE EN MOVIMIENTO.

1.ª El aumento de la velocidad de evaporación con la velocidad de la corriente de aire es muy rápido con respecto á pequeñas velocidades; á partir

de unos 4 metros por segundo, resulta casi proporcional el aumento de la velocidad de la corriente de aire.

2.<sup>a</sup> El aumento de la velocidad de evaporación sigue con el aumento de la velocidad una marcha idéntica, sea cual fuere el valor del factor  $F - f$ .

3.<sup>a</sup> Para una velocidad de 9 metros, el aumento de la velocidad de evaporación está relacionado con el valor de  $F - f = 9$  milim. por la expresión.

$$P = 11.1 \sqrt{\varphi^2 + 10 \varphi}.$$

4.<sup>a</sup> El aumento de la velocidad de evaporación está ligado con el valor de la velocidad de la corriente de aire, con respecto de un mismo valor de  $F - f = 9$  mil., por la expresión

$$P = 9.47 \sqrt{v^2 + 17 V}$$

5.<sup>a</sup> La velocidad de evaporación de una superficie pequeña de 13 centímetros cuadrados, está ligada con la velocidad de la corriente de aire y con el valor de  $F - f$ , por la expresión

$$P = 1.475 \varphi + 0.725 \sqrt{\varphi^2 + 10 \varphi} \sqrt{v^2 + 17 V}$$

6.<sup>a</sup> Cuando la superficie evaporante se enfría considerablemente bajo la acción de la velocidad del aire y por consiguiente, de su constitución, la velocidad de evaporación en el aire en movimiento no se puede ya referir al factor  $F - f$ , y podemos expresarlo en función del factor  $F' - f$ , en el cual  $F'$  es la tensión correspondiente á la temperatura  $t'$  del termómetro húmedo de un psicrómetro.

7.<sup>a</sup> Las velocidades de evaporación de superficies de magnitudes diferentes, adquieren valores más próximos entre sí que las de las mismas superficies observadas en el aire en reposo.

8.<sup>a</sup> A partir de una pequeña velocidad de la corriente de aire, la relación de las velocidades de evaporación de diferentes superficies permanece casi constante é independiente de la velocidad.

#### INFLUENCIA DE LA RADIACIÓN SOLAR

1.<sup>a</sup> El aumento de la evaporación determinado por la radiación solar es casi proporcional á su intensidad, sea cual fuere el valor inicial de la evaporación medida en la sombra y en el aire en reposo.

2.<sup>a</sup> El coeficiente de utilización del calor solar en calor de vaporización varía entre límites muy extensos con la temperatura, el estado higrométrico del aire y la intensidad de la radiación.

#### INFLUENCIA DE LA TENSIÓN ELÉCTRICA

1.<sup>o</sup> Los valores de la tensión eléctrica inferiores á 50 volts parece que no ejercen acción sensible alguna en la velocidad de evaporación.

2.<sup>o</sup> La existencia de una tensión eléctrica elevada en la proximidad de la superficie líquida, determina, por el contrario, un aumento bastante rápido de la velocidad de evaporación.

Esta acción parece ser debida á las corrientes de transporte determinadas por la electrización y la repulsión de las moléculas de aire en contacto de la superficie líquida electrizada.

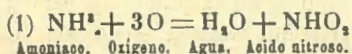
## LOS MICROORGANISMOS EN RELACIÓN CON LAS REACCIONES QUÍMICAS

POR FRANCKLAND <sup>1</sup>

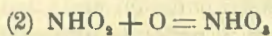
En efecto, diluyendo considerablemente una de las soluciones dotadas del poder nitrificador y llevando pequeñas cantidades de esta solución á otras soluciones amoniacales separadas, hicimos constar que la nitrificación no se producía en todas las soluciones amoniacales y que, de las nitrificadas, unas desarrollan colonias sobre la gelatina y otras no, aun cuando el microscopio dejaba ver distintamente la forma especial del bacilococo nitrificador.

Publicados estos resultados en marzo de 1890, aljmes siguiente dirigió M. Winogradsky una comunicación á los Anales del Instituto Pasteur, haciendo constar que, por su parte, habia conseguido aislar un organismo nitrificador muy semejante, si es que no idéntico. Algunos meses más tarde, M. Warington aislaba también otro microbio semejante.

Pero ninguno de estos descubrimientos aclaraban completamente el problema de la nitrificación; puesto que los organismos separados por los tres experimentadores solo poseían la propiedad de transformar el amoniaco en ácido nitroso y no en ácido nítrico. El ácido nitroso es un compuesto intermedio que rara vez se encuentra en el suelo, sino en mínima cantidad. La siguiente ecuación química expresa claramente la transformación:



Amoniaco. Oxígeno. Agua. Acido nitroso.



Ac. nitroso. Oxígeno. Ac. nítrico.

Los organismos que habíamos aislado Winogradsky, Warington y yo, poseían con toda seguridad el poder de provocar la primera reacción; pero eran impotentes para la segunda. Y lo más curioso es que, precisamente la reacción primera es la más difícil de producirse en medios *exclusivamente químicos*, mientras que la segunda se provoca con la mayor facilidad. Demostración: adicionando ácido permangánico á una solución de nitrato de potasa, desaparece el color. Así, el permanganato de potasa no ejerce acción ninguna sobre el amoniaco, mientras que oxida los nitritos transformados en nitratos. Para conseguir la primera reacción se hace preciso utilizar uno de los agentes oxidantes más poderosos que se conocen en química, el ozono. Demostración: se hace pasar el ozono desde un tubo de Siemens á una solución concentrada de amoniaco, y se manifiesta la producción de los ácidos nitroso y nítrico por el desarrollo de humos blancos; pudiéndose también comprobar ensayando con los ácidos sulfanílico y la difenilamina. El poder oxidante de nuestro microorganismo nitrificador resulta por lo tanto casi único y no se da en ninguno de los agentes de oxidación puramente químicos. *Pero, cómo explicar entonces que se encuentre en el suelo ácido nítrico, cuando este microorganismo solo produce ácido nitroso?*

Cuando demostré que el microorganismo aislado por mí, solo producía ácido nitroso, creí que esta circunstancia podía explicarse por una de las dos siguientes hipótesis:

- 1.<sup>a</sup> Que el ácido nítrico y el ácido nitroso fuesen producidos por dos organismos absolutamente distintos.
- 2.<sup>a</sup> Que el mismo microorganismo pueda producir ácido nitroso ó ácido nítrico, según las condiciones en que se desarrolle.

<sup>1</sup> Conclusión. Véase pág. 388.

Investigaciones posteriores de Winogradsky han demostrado que puede y debe adoptarse la primera hipótesis, porque Winogradsky, practicando cultivos de la tierra en una solución que contenía ácido nitroso, pero nada de amoníaco, ha conseguido aislar un microorganismo que posee el poder de transformar el ácido nitroso en nítrico; pero sin que ejerza acción ninguna sobre el amoníaco. (Proyección del fermento nítrico de Winogradsky.)

Este segundo *fermento nítrico* como le ha llamado su inventor, se parece en el modo de obrar al *permanganato de potasa*, agente oxidante puramente químico que, según hemos visto, transforma el ácido nitroso en nítrico y queda sin acción sobre el amoníaco.

Queda, pues, completa y definitivamente esclarecido el proceso de la nitrificación en el suelo: es el resultado de un trabajo de dos microorganismos independientes, uno que trasforma el amoníaco en ácido nitroso, y otro que transforma en ácido nítrico el nitroso elaborado por el primero.

Hay un detalle relativo á la distribución del ácido nítrico en la naturaleza, que es excesivamente curioso y llama la atención de todo el que estudia las nitrificaciones: me refiero á la existencia en los distritos lluviosos del Perú y Chile, de inmensos depósitos de nitrato de sosa, á pesar de que en el suelo tampoco se determinan más que cantidades muy pequeñas de ácido nítrico. Estos acumulos del «nitro de Chile», como generalmente se designan, parecen ser el resultado de una nitrificación gigantesca, que se remonta á las primeras épocas de la historia de la tierra, y para dar una idea de su importancia actual nos basta recordar que durante el primer semestre de 1890 se han exportado 90.000 toneladas para el Reino Unido y 480.000 para el Continente.

Ante acumulos tan prodigiosos se nos ocurre aventurar la hipótesis de que en ciertas regiones del globo y en circunstancias especiales, que nos son absolutamente desconocidas, los microorganismos nitrificadores han estado dotados de una acción mucho más enérgica que la que actualmente poseen, y de acuerdo con esta hipótesis, merece tenerse en cuenta que examinando muestras de tierra escogidas en diferentes puntos del globo, las de Quito, es decir, de una procedencia cercana á estos depósitos, han demostrado una potencia nitrificadora muy superior á las demás. Y, no será imposible que estos vigorosos microorganismos nitrificadores del suelo de Quito resulten descendientes degenerados de la raza ciclópea de bacterias que, hace siglos produjo esos enormes depósitos de nitratos que constituyen actualmente la riqueza del Perú y Chile.

Estos microorganismos nos dan también á conocer algunos hechos importantes, que se relacionan con la conservación de la vida. Las observaciones que he mencionado en un principio, á propósito de la multiplicación de los microorganismos en el agua destilada y la nitrificación no interrumpida durante un período mayor de cuatro años, en soluciones exclusivamente minerales, nos autorizan á creer que estas bacterias pueden vivir y multiplicarse con ausencia de toda materia orgánica; pero he dudado en presentar una doctrina tan contraria á las ideas admitidas hasta la fecha y esperaba, antes de hacerlo, poder repetir las experiencias en condiciones que me asegurasen la ausencia absoluta de los menores indicios de materia orgánica, pues según lo saben bien todos los químicos, hasta el agua destilada los contiene aún.

Estos experimentos rigurosos que me proponía llevar á cabo, para desvanecer todo motivo de duda, los ha verificado M. Winogradsky, encontrándose con que los organismos nitrificadores prosperan, se multiplican y dan lugar á un protoplasma vivo en una solución que no contenga ni el menor indicio de materia orgánica. El protoplasma que se produce en tales experiencias debe haber sido elaborado por estas bacterias, figurando de una parte el ácido carbónico como manantial del carbono protoplasmático y el amoníaco, y de otro lado los ácidos

nitrógeno y nítrico como fuente del nitrógeno protoplasmático. Si estos experimentos son exactos y se han practicado con la habilidad y las minuciosas precauciones necesarias, vienen á contradecir uno de los principios fundamentales de la fisiología vegetal, que niega á todas las estructuras vivientes, y solo le reconoce en las plantas verdes, el poder de elaborar el protoplasma con materiales tan sencillos.

He dicho ya que los microorganismos nitrificadores no podían cultivarse en los medios sólidos de cultivo que emplean ordinariamente los bacteriólogos, y esta circunstancia ocasiona muchas dificultades para poder obtenerles al estado de pureza, puesto que precisamente sobre medios sólidos, es como más fácilmente se consiguen cultivos puros. La dificultad, sin embargo, ha sido salvada de la manera más igienosa por M. Kuhne, sirviéndose de un medio sólido, compuesto todo él de sustancias minerales reducidas á una consistencia gelatinosa por intermedio de la sílice, siendo sus componentes el sulfato amónico, fosfato de potasa, sulfato de magnesia, cloruro de calcio, carbonato de magnesia y ácido silícico dializado.

### III.

**Fijación del ázoe libre por las plantas.**—El estudio de las bacterias que producen la nitrificación nos ha conducido á desechar el principio considerado hasta aquí como evidente, según el cual *solo las plantas verdes eran capaces de utilizar el ácido carbónico en la elaboración del protoplasma*; y no es este el único principio de fisiología vegetal que resulta contradicho por los datos deducidos al estudiar otros microorganismos, de los que pueden también desarrollarse en el suelo:

Hace más de un siglo que los químicos, agrónomos y los fisiólogos discuten sobre si las plantas pueden utilizar y asimilarse como alimento el ázoe libre de la atmósfera: la cuestión quedó zanjada negativamente, hace unos cincuenta años, por Boussingault, y Lawes, Gilbert y Pugh, hará cuarenta años, se resolvieron en igual sentido. Sin embargo, Lawes y Gilbert, en el trascurso de sus prolongados experimentos, observaron con frecuencia que si el ázoe contenido en la mayor parte de los productos podía atribuirse, en general, al que proporciona la lluvia, ó se produce en el suelo al estado de combinación, bajo la forma de abono, para ciertas leguminosas, cuales son los guisantes, las alubias y las algarrobas, resultaba un exceso de ázoe que no podía proceder de aquellas fuentes y acerca de cuyo origen la fisiología de entonces no daba explicación ninguna. La cuestión de saber cómo fijan las plantas el ázoe de la atmósfera fué planteada en 1876 por un sabio eminente, Mr. Berthelot, y al mismo tiempo los alemanes Hellriegel y Wilfart demostraban experimentalmente, no solo que el exceso de ázoe encontrado en las plantas leguminosas procedía de la atmósfera, sino que esta asimilación del ázoe libre se debe á la intervención de una bacteria que vive próxima á las raíces en estas plantas, porque cuando se cultivan en un suelo esterilizado no hay fijación de ázoe: la presencia de estos microbios determina el desarrollo de ciertas tuberosidades sobre las raíces de estas plantas y las tales tuberosidades, notablemente ricas en ázoe y en bacterias, no se desarrollan en un suelo esterilizado.

Los experimentos de Nobbe son también en extremo importantes y muy instructivos bajo este punto de vista: además de haber confirmado los resultados anteriores, han facilitado el estudio del microbio especial, autor de estos cambios importantes, demostrando que, en el mayor número de los casos, cada leguminosa posee uno específico, que sirve para fijar en ella el ázoe libre. De este modo ha observado Nobbe que aplicando á los guisantes el cultivo puro de una bacteria tomada en la tuberosidad del guisante mismo, se fija mucho más ázoe atmosférico que empleando cultivos puros de bacterias tomadas en un tubérculo de altramuz ó de robinia, y que ésta se deja influir mucho más por los cultivos procedentes de un tubérculo suyo, que del altramuz ó del guisante.

John Lawes y Gilbert, en Rothamsted, han vuelto á ocuparse de este problema y los resultados obtenidos recientemente confirman en absoluto las observaciones de los sabios extranjeros: una parte del ázoe atmosférico se fija por la planta, bajo la acción de una bacteria del suelo.

IV.

**Acción selectiva del Microorganismo.**—Todas las plantas comunes y todos los animales domésticos pueden considerarse como máquinas de análisis, y cualquiera de nosotros, aunque carezca en absoluto de conocimientos químicos, está verificando análisis constantemente: así es cómo distinguimos por el gusto el azúcar de la sal, por el olfato el amoníaco del vinagre y con alguna práctica llegamos hasta á diferenciar la leche procedente de dos establos distintos.

Esta capacidad de selección forma parte de los fenómenos vitales que se producen en los órganos desde el nacimiento, y no es menos sorprendente hallar desarrollada á un grado extraordinario esta capacidad selectiva en los microorganismos. A juzgar por la facultad que poseen de prosperar en condiciones tan poco favorables, cual las que concurren en el agua destilada, pudiera creerse que el capricho está excluido de su existencia y, sin embargo, se manifiesta también misterioso é insondable en estas criaturas ínfimas. Permitid que llame vuestra atención hacia un ejemplo notable, que he podido observar hace poco.

	MANITA.	DULCITA.
Origen . . . . .	Zumo de muchas plantas . . . . .	El mismo, pero menos frecuente.
Sabor . . . . .	Dulce . . . . .	El mismo, menos intenso.
Se funde . . .	166° . . . . .	148°.
Cristaliza ..	Grandes prismas romboidales.	Grandes prismas monoclinos.

Son estas dos sustancias semejantes, no solo por sus caracteres físicos, sino también por los químicos: poseen la misma fórmula, puesto que la diferencia que existe en el agrupamiento de los átomos que las constituyen no ha podido determinarse todavía con exactitud por los químicos. Parece, pues, natural que las bacterias aceptasen indistintamente cualquiera de ellas ó rechazasen las dos y, sin embargo, no sucede así: Algunos organismos, tales como la levadura común, *no ejercen acción ni sobre la una ni sobre la otra; los hay que atacan la manita sin alterar la dulcita y otras menos sensibles atacan las dos; siendo posible exista una categoría cuarta que obre sobre la dulcita y sea inerte con la manita.*

Este bacilo, que he descubierto hace poco, tiene la propiedad de desdoblar la molécula de manita en alcohol, ácido acético, ácido carbónico, é hidrógeno, y no ejerce acción alguna sobre la molécula de dulcita. Mas recientemente he conseguido obtener, en colaboración con mi ayudante Trevo, fallecido después, un microorganismo que descompone la dulcita y la manita en alcohol, ácido acético, ácido succínico, ácido carbónico é hidrógeno.

V.

**Sustancias ópticamente activas.**—Pero este discernimiento entre dos cuerpos que son casi del todo semejantes, dista mucho de constituir el límite de la facultad selectiva que poseen los microorganismos, por que, en realidad, la manita y la dulcita no son idénticas, químicamente hablando. Hay otras sustancias bajo este punto de vista, que se diferencian solo por algunas propiedades físicas y se designan bajo el título de *isómeros físicos*, isomerismo físico que ha motivado una de las más bellas teorías de la química moderna, formulada en 1874 por Lebel y Van't Hoff.

Se funda esta teoría en la disimetría molecular ocasionada por la presencia, en la molécula, de un átomo de carbono combinado con cuatro grupos de átomos diferentes, según puede verse en los *modelos tetrahédricos del átomo asimétrico de carbono*. La disimetría molecular se manifiesta principalmente en la forma cristalina de estas sustancias y en su acción sobre la luz polarizada. La molécula en uno de sus agrupamientos, posee la propiedad de desviar el plano de polarización en una dirección determinada, mientras que, agrupada de otro modo, invariablemente desvía el plano en dirección opuesta, y precisamente con el mismo ángulo. La disimetría molecular cesa cuando las dos moléculas se combinan, y entonces la molécula resultante de su combinación no ejerce ya acción alguna sobre la luz polarizada.

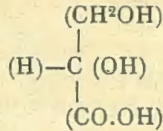
Los microorganismos poseen algunas veces la facultad de discernir entre estos isómeros físicos, y aunque esta notable propiedad fué ya demostrada hace algunos años por Pasteur en los ácidos tartáricos, se ha utilizado raras veces. Sin embargo, últimamente la química, en muchas circunstancias, ha podido ensanchar su esfera de acción, utilizando la energía de los microorganismos en esta clase de selecciones.

Entre los trabajos químicos realizados en estos últimos años, hay muy pocos que ofrezcan mayor interés, tanto por su importancia teórica, cuanto por la sagaz inventiva que los ha informado; gracias á ellos, y después de una serie de investigaciones propias, M. Emile Fischer ha conseguido preparar en su laboratorio muchas de las formas de los azúcares naturales y otras que no se habían descubierto aun en el reino vegetal, ni en el animal. Los azúcares naturales, constituidos por moléculas disimétricas, afectan enérgicamente el haz de luz polarizada; pero si se han preparado artificialmente no ejercen ninguna acción, por que en el producto artificial las moléculas levogiras y las dextrogiras están en números iguales, de suerte que se neutralizan y producen una mezcla sin acción sobre la luz polarizada. Pero, ya bajo la acción de los microorganismos, de tal modo resulta atacada y descompuesta una de estas series moleculares, que la otra queda al descubierto y, entonces, manifiesta su acción sobre la luz polarizada: se ha producido, entonces, un azúcar activo.

Los microorganismos más apropiados para esta operación son los de la levadura de cerveza, que descomponen las moléculas de azúcar, con formación de alcohol y ácido carbónico. Su acción sobre los azúcares artificiales inactivos de Fischer es digna de especial atención. Uno de estos azúcares más importantes es la *fructosa*: es inactivo y consiste en un número igual de moléculas de azúcar de actividad contraria, llamadas levulosa: una serie de moléculas de levulosa provoca la rotación del plano de polarización á la derecha y forma la que podríamos llamar «*levulosa dextrogira*», mientras que la otra serie de moléculas dá lugar á la rotación del plano izquierdo y dá la *levulosa levogira*: hay levulosa levogira natural, pero hasta ahora no se ha encontrado al mismo estado de dextrogira. Ahora bien, si mezclamos levadura de cerveza con una solución de fructosa, el microbio de esta levadura atacará á las moléculas de levulosa levogira, transformándolas en alcohol y ácido carbónico, mientras que la levulosa dextrogira no sufrirá cambio alguno. El microbio ataca, pues, una forma especial de levulosa, que sus ascendentes vienen distinguiendo, mientras que ningún instinto hereditario los impulsa contra la levulosa dextrogira, creación nueva de la química.

Hay también otros microorganismos, que no proceden de estas levaduras y, sin embargo, poseen también esta facultad selectiva. Pueden, por lo tanto, cambiarse estos experimentos y así es como he hallado hace poco que el ácido glicérico puede ser descompuesto por el bacilo *ethaceticus*, de que ya tengo hablado.

Este ácido glicérico,  $C^3H^5O^4$ , que se representa del siguiente modo:



Puede, según la teoría de Lebel y Van't Hoff, existir bajo formas físicamente isómeras; así que el ácido glicérico ordinario de los químicos es inmediatamente inactivo para la luz polarizada y debe, por lo tanto, estar constituido por igual número de moléculas de ácido glicérico levogiro y dextrogiro.

Si se adiciona el bacilo *thaceticus* á una solución de sal cálcica y ácido glicérico, comienza en seguida á pulular y consume todas las moléculas dextrogiras de la sal, dejando intactas las levogiras y, de este modo, se produce un ácido glicérico muy activo, habiéndose conseguido obtener en mi laboratorio hasta trece derivados de este nuevo ácido glicérico activo, con su rotación específica cada uno. Y he aquí otros nuevos compuestos que la química debe al capricho inexplicable de estos microorganismos.

## VI.

**Individualidad de los microorganismos.**—Aun cuando los microorganismos hayan llegado á ser para la química, agentes necesarios y hasta indispensables en la producción de ciertos compuestos, es preciso no perder de vista que por su vitalidad misma, su naturaleza resulta infinitamente más compleja que la de cualquier otra sustancia química inanimada, de las empleadas usualmente. En una sustancia química pura, podemos estar seguros de que cualquiera molécula es semejante con toda exactitud á las que la rodean y contamos con que todas ellas se conducirán del mismo modo en condiciones determinadas. Con los cultivos puros de las especies microorgánicas no podemos esperar semejante uniformidad entre cada uno de los organismos individuales que entran en él; puede ocurrir, y así sucede frecuentemente, que haya grandes diferencias: desde luego, cada miembro ó factor de un cultivo puro posee una individualidad propia, más ó menos determinada, y se necesita tener en cuenta todas estas posibles variaciones, cuando tratemos de utilizar la energía de tales organismos. En los experimentos que practiquemos con estos seres inferiores muchas veces, por ejemplo, será necesario investigar la historia del grupo de microbios útiles, por que sus tendencias pueden resultar profundamente modificadas por las costumbres de sus antecesores; y voy á citar, con este motivo, un solo ejemplo que he tenido ocasión de observar hace poco.

Se trata de un bacilo que posee la propiedad de hacer fermentar el citrato de cal y he visto que puede continuar ejerciendo esta acción durante años enteros: cultivando sobre placas este líquido fermentescible, hemos obtenido las colonias que presentamos.

Si trasladamos una de estas colonias á una solución estéril del citrato de cal no observaremos fermentación ninguna, por que el simple tránsito por el medio gelatinoso ha bastado para que el bacilo pierda la facultad de provocar la fermentación; pero si separamos otra colonia semejante y la mezclamos con la solución de un caldo que contenga citrato de cal se producirá la fermentación. Y hay más todavía: inoculando un poco de caldo fermentado á otro más débil y repitiendo la inoculación con caldos sucesivamente más débiles, llegaremos á producir la fermentación de la solución de citrato de cal, que era absolutamente refractaria á los bacilos tomados directamente en la placa de gelatina.

Esta clase de fenómenos indican claramente que podemos encontrar en derredor nuestro numerosas formas de microorganismos, cuyos posibles efectos nos son totalmente desconocidos hasta la fecha. Así es que, si conociéramos el bacilo que

acabo de citar, solo por sus cultivos sobre la gelatina, desconoceríamos por completo la facultad que posee de provocar la fermentación del citrato de cal, puesto que ha sido preciso todo el complicado sistema de cultivo á que nos hemos referido, para evidenciar esta propiedad. Es, por lo tanto, sumamente probable que muchos de los microorganismos que conocemos posean numerosas é importantes propiedades, que permanecen al estado latente, mientras no viene á manifestarlas un modo particular de cultivo.

Esta facultad de modificar los caracteres de las bacterias por cultivos apropiados me parece de la más alta importancia, para todo lo que se relaciona con los problemas de la evolución; puesto que estas manifestaciones ínfimas de la vida, según las cuales y en circunstancias favorables, las generaciones se suceden por intervalos tan excesivamente reducidos, de veinte minutos, por ejemplo, pudieran servir para realizar, por vía de elección, metamorfosis morfológicas y fisiológicas, sumamente interesantes en el estudio de otros serés de un orden más elevado.

Los apóstoles entusiastas de la educación nos hablan mucho de que es posible modificar con ella la raza humana y, sin embargo, el más entusiasta de todos ellos no puede prometernos cambio ninguno apreciable, hasta después de muchas generaciones, de suerte que sus cálculos solo pueden comprobarse mucho después de que él haya desaparecido. Con los microorganismos podemos estudiar el resultado de los sistemas aplicados á muchos millares de generaciones, á pesar del corto espacio de que disponemos en nuestra vida.

## LA QUÍMICA DESCRIPTIVA Y LA QUÍMICA RACIONAL \*

POR EL DR. D. LAUREANO CALDERÓN

Catedrático de la Universidad de Madrid.

I.—En aquél primer momento de la cultura en que la satisfacción de las necesidades materiales constituye el principal, si no el único objetivo de la actividad humana, estimase como lo primero aquello que más directa é inmediatamente sirve para mejorar las condiciones de la vida.

Característica es ésta de estados de pensamiento inferiores, que de no serlo, el fin del conocimiento en sí, y sus diversas relaciones de más elevada índole y aún el sentimiento estético del plan orgánico de toda ciencia, no pudiesen quedar á segundo término relegadas. Y, fuerza es reconocerlo; achaque es éste que aún en nuestro tiempo padecen muchos de los que cultivan las ciencias de la Naturaleza, dispuestos á negar el valor efectivo de todo orden de conocimientos que no se traduzca inmediatamente en aplicaciones útiles.

No criticar, sino condenar, anatematizar este sentido, téngolo por obra meritoria en todas ocasiones, pero muy señaladamente desde este sitio y en este momento, propicios más que cualquiera otros para proclamar que la ciencia pura debiera ser ante todo y acaso exclusivamente el fin de la Universidad. Quien, aspirando al dictado de científico, no vea en la aritmética otra cosa que el modo de ajustar cuentas; en la geometría el de trazar las líneas de un edificio; en la mecánica el de construir máquinas; en la química el de obtener metales ó preparar tintes y medicamentos; en el derecho el arte de sostener un recurso y en la geología las reglas para buscar los yacimientos metálicos, ese podrá ser un hombre estimable, útil á sus semejantes, beneficioso para la sociedad en que vive, digno de todo género de recompensas; pero no es, ni podrá llamarse, un científico.

\* Discurso leído en la Universidad central en la solemne inauguración del curso académico de 1892 á 1893.

¡Hecho singular! Semejante error lleva aparejado su propio castigo. En la incasante transformación de la vida y en la síntesis que inconscientemente se realiza de las ideas que aisladas brotan de la mente humana, sucede con sobrada frecuencia, que lo que ayer era abstruso, teórico, utópico, caprichoso, fantástico, se transforma súbitamente en efectivo, real, práctico, razonable, seguro y útil.

Ahí está la Historia para mostrarlo y ahí están las maravillosas aplicaciones que hacemos diariamente de cosas juzgadas antes por los hombres prácticos como infructuosos devaneos de cerebros teorizantes.

No me esforzaré en demostrar mi aserto; que tal y tan considerable es el número de argumentos invocados en su favor, de tal vulgaridad es el repetirlos, que consumiría en ello, sin provecho, todo el tiempo de que dispongo. Impórtame, sin embargo, señalar un extremo por demás adecuado para confirmar mi tesis.

La evolución en la química de ciertas ideas cuya trascendencia examinaré después, evolución que ha podido designarse con los dictados de ciencia teórica, de encerado, de bufete, abstrusa y sobre todo inútil é inaplicable, esa misma evolución precisamente sin quitarle tilde, sino llevándola á sus últimas consecuencias, ha dado como frutos, entre otros que apuntaré más tarde, ha dado digo, cientos de fábricas, miles de obreros y millones de numerario que existen, viven y circulan movidos por la industria de las materias colorantes, exclusiva, total, completa y absolutamente fundada en lo que se tiene por inútil, abstruso, teórico é inaplicable.

El argumento posee un valor que no cabe discutir siquiera.

De un lado:

Ciencia teórica, abstracta, ideal, preñada de hipótesis; origen de prosperidades de riquezas y de bienes.

Ciencia práctica, y positiva, del otro; cuyos ópimos frutos reservan sus mantenedores en tan profundo misterio, que son hasta el presente de todos ignorados.

Señalo el paralelo y no pretendo apurar sus consecuencias.

He abrigado siempre la convicción de lo inútil de ciertas controversias. Para quien conoce el fundamento real, efectivo, histórico y lógico de las ideas, para aquél al cual el estado del pensamiento de su tiempo es cosa familiar, para quien recoge lo que los demás hombres siembran, la discusión es supérflua. Para el que ignora todo esto y cubre su pedantesca vanidad y pretenciosa ignorancia con la impenetrable coraza de un desdén olímpico, la discusión es igualmente inútil por estéril.

Pedir que se rindan á la evidencia de las pruebas los que desconocen el valor de los términos del problema, ignoran la significación de los conceptos y son ajenos á los admirables trabajos experimentales que para obtener tales resultados han debido llevarse á cabo, valdría tanto como pedir á quien no conoce las operaciones elementales de la aritmética, que concediera significación práctica á las fórmulas de la trigonometría ó á las tablas de logaritmos.

No pretendo, pues, utilizar esta circunstancia para provocar una polémica que podría redundar en descrédito del nivel intelectual del país; pero si con lo apuntado queda manifiesta por modo indudable la prosperidad que alcanzan los pueblos para quienes la investigación ideal trasciende á la vida común, no será ocioso indicar que la vida común á su vez, por virtud de aquel concurso que presta á todo lo que en la sociedad existe, ha suministrado á la ciencia pura materiales valiosos que, en la Química especialmente, han sido y son capítulos interesantísimos igualmente fecundos para el ulterior desarrollo de la doctrina, y para la riqueza, engrandecimiento y prosperidad de los pueblos.

Esta doble corriente de la teoría á la aplicación y de la aplicación á la teoría; esta participación de tan diversos elementos en la elaboración del material científico; este enlace, de lo que pudiéramos llamar la razón teórica, con el motivo prác-

tico, han servido para poner á prueba el sistema científico de la Química y para mostrar lo inconsistente, incompleto y sobre todo empirico de sus fundamentos; y como el reconocer la deficiencia de un sistema científico supone forzosamente el presentimiento de otro más perfecto y ordenado; y como semejante presentimiento tiene su origen en la exigencia, cada vez sentida con mayor fuerza, de buscar en toda proposición, en todo teorema, la legitimidad de los supuestos y premisas en que descansa, á la crítica demoleadora ha sucedido el análisis reposado, como al hacinamiento prematuro de materiales inconexos sustituye el examen severo de los principios fundamentales.

Critico es, ciertamente, el momento actual. Difícil es, si no imposible, condensar en breves páginas los numerosísimos trabajos de carácter trascendente que en la actualidad se llevan á término con el fin de introducir principios de otra índole en la ciencia química. Mas si la rápida reseña que me propongo hacer no cumple con el fin de enumerarlos y analizarlos todos, bastará sin embargo, para poner de relieve cómo por virtud de la asociación orgánica de elementos, en apariencia extraños unos á otros, se realiza la más importante transformación que una ciencia puede experimentar, á saber: elevarse de la categoría de ciencia histórica á la ciencia de razón. Y como acaso no registra la Historia del pensamiento un hecho parecido, y como éste se debe á la acción conjunta de las ideas y de las experiencias, á la lucha entre el dogmatismo clásico y el sentido común, al conflicto entre la ciencia tradicional y el espíritu renovador, he aquí porqué, aparte la predilección con la cual yo puedo mirar el asunto por razones de oficio, pienso que á algunos interesa, á muchos enseña y á todos nos afecta como todo lo que se produce en virtud del esfuerzo incesante de la razón humana.

II.—Hace medio siglo tenía la química como único fin la descripción de las combinaciones y el estudio de los procedimientos adecuados para producirlas. El más alto objetivo científico consistía en realizar el análisis de los productos naturales ó artificiales, continuando así, aunque con sentido hartamente elevado, los trabajos que, con el fin de establecer las leyes de la combinación, habían ocupado la vida entera de Berzelius.

La preparación minuciosa de los compuestos de laboratorio, el estudio más ó menos perfecto de sus propiedades, formaban con el análisis de las sustancias naturales, el contenido entero de las obras de química, de las cuales podía decir con razón Gerhardt:

*«Nuestros tratados actuales son más bien colecciones de recetas, de aparatos, de aplicaciones útiles; pero no se distingue en ellos la ciencia pura de la ciencia aplicada.»*

La tradición clásica, que hasta la época de Berzelius, impulsó á la Química por más elevados senderos, se había interrumpido. Y sin embargo, desde 1770 á 1842, Lavoisier en sus *«Memorias sobre el calor y la combustión,»* Rumford en sus *«Ensayos,»* Federico Mohr en las *«Ideas sobre la naturaleza del calor,»* Dalton en el *«Nuevo sistema de la filosofía y química,»* Julio Roberto Mayer en las *«Fuerzas de la naturaleza inanimada,»* hacían aplicación teórico-experimental, acaso sin conocerlos, de aquellos admirables principios que los Huyghens, Bernoulli, Newton, Laplace, Poincot y Lagrange, formularon en la mecánica, de los cuales había de brotar más tarde la teoría general de las fuerzas naturales.

Infecundos quedan para Berzelius aquellos primeros resplandores de una idea que había de iluminar con luz vivísima el estudio racional de las fuerzas moleculares. Consagrado el eminente químico al problema de establecer las leyes de las proporciones, orgulloso con exceso de su obra, por otra parte insustituible, acoge con marcada indiferencia, cuando no con manifiesta hostilidad, todo lo que á aquel problema no se refiere directamente.

Y así afirma que un *«ligeró esfuerzo de lógica bastaría para destruir los razonamientos»* expuestos por Faraday acerca de la *acción fija electrolítica*, negándose, de esta

suerte, á reconocer hechos, datos y experiencias cuya admirable verdad cada día es más patente, pero que se hallan en completa contradicción con la doctrina de Berzelius.

Las intuiciones maravillosas de Berthelot, que parece hablar en su Estática química el lenguaje novísimo, en las que tan evidente aparece la solidaridad del fenómeno químico y de los fenómenos físicos; los principios establecidos por Lavoisier y Laplace en 1783 y por Hess en 1840; las experiencias de estos sabios y las de Andrews, Graham, Abria, Person, Warrington, Renault, Fabre y Silbermann, fundadores de la termoquímica de nuestros días son citadas con indiferencia, y acogidas con desvío, cuando no censuradas con destemplanza en aquellos «*Informes sobre los progresos de las ciencias,*» publicados y redactados por Berzelius como Secretario de la Academia de Ciencias de Stokolmo.

Y sin embargo si al recorrer las obras de Lavoisier leemos que «*La descomposición de una combinación en sus elementos consume tanto calor como produce la unión de aquéllos;*» si consultando las memorias de Hess encontramos que «*el calor desprendido en una acción química es el mismo, ya se verifique la acción de una vez ó ya se produzca fraccionada en periodos diferentes,*» lamentaremos, ciertamente, que el sentido exclusivo de Berzelius le impidiera aceptar y consignar en su obra clásica dos principios que contienen en germen la renovación completa de la ciencia química.

Para Berzelius el problema único consistía en fijar las proporciones según las cuales se combinan los cuerpos, y para resolverlo realiza en su laboratorio el trabajo gigantesco que suponen miles de combinaciones preparadas y analizadas con una precisión incomparable en aquella época.

Mas por un fenómeno de los que frecuentemente ofrece la Historia de las ciencias, lo exterior, lo accesorio, lo minucioso de la obra de Berzelius encontró numerosos imitadores, desprovistos del elevado propósito y faltos de la idea fundamental que animara al modelo.

En tanto que para Berzelius preparaciones y análisis fueron *el medio* de buscar la ley de las proporciones, para muchos de sus imitadores, la preparación y el análisis fueron *el fin* exclusivo de la Ciencia química, reducida hoy todavía para algunos á este único y exclusivo objeto.

El carácter que, desde este momento, reviste la química, es el de una ciencia puramente descriptiva, más atenta á la consideración del pormenor que á la construcción de la teoría; más deseosa de encontrar aplicaciones, que de descubrir principios. Muestra palpable de este aserto es la violencia con que fueron combatidas las doctrinas de *Dumas*, de *Laurent* y de *Gerhardt*, más por juzgarlas atentatorias al *statu quo* entonces reinante, que por efecto y deficiencia de las doctrinas mismas.

El químico ocupa su tiempo en preparar lenta y laboriosamente las substancias que han de servirle como reactivos, en formar sus colecciones todo lo más numerosas posibles, las cuales, cuidadosamente clasificadas y conservadas, sirven casi exclusivamente como medios de recordar las descripciones de los libros. Cada producto de laboratorio es estimado por su precio, por su belleza, por sus caracteres y objeto de una veneración particular, no sirve, por lo general, sino al modo de las medallas en las colecciones numismáticas, para mostrar su forma ó su color. Entre la química y la zoología no existe, bajo este aspecto, en aquel período, diferencia alguna en cuanto al carácter descriptivo de ambas. Ni la hay tampoco por lo que atañe al valor concedido á los ejemplares de las colecciones, valor que aumenta con su escasez y rareza.

En este período la química se aleja y se divorcia cada vez más de la física, entendiéndose que el análisis es el más alto fin de la ciencia y el más trascendental de sus tratados.

Ya, sin embargo, Dalton lo había dicho:

*Análisis y síntesis químicas llegan tan solo á la separación y unión de las moléculas. Ni su creación, ni su destrucción, se hallan al alcance de los medios químicos*<sup>1</sup>,

Fourcroy, en 1806, consideraba el análisis químico no más que como un medio como un procedimiento opuesto á la síntesis<sup>2</sup>, y Thenard, en forma no menos explícita, estima, con profundo sentido, el análisis solo como el arte de descomponer los cuerpos<sup>3</sup> y la síntesis como el de recomponerlos.

En el medio siglo transcurrido desde la época de Berzelius hasta nuestros días á pesar de los estimables trabajos de Rose, Plattner, Vauquelin, Laugier, Berthier, Ebelmen, Rivot, Will y tantos otros, trabajos fecundos en resultados, por todo extremo interesantes, el principio fundamental del método analítico no ha experimentado cambios de importancia y muestra, aun en las obras didácticas más apreciadas, el divorcio que separa, por lo general, la química analítica de las reglas y principios en los que todo arte experimental debe apoyarse para ser riguroso y poseer una significación precisa.

Más aún: fuera de lo que es en realidad el análisis elemental de las sustancias, tanto minerales como orgánicas, el análisis inmediato, aquel que debe tener por objeto la separación de las especies químicas, se halla reducido á un corto número de principios y reglas que no tiene aplicación más que en muy limitados casos y casi exclusivamente á los cuerpos binarios de la química mineral.

Cualquiera persona que, habituada á las operaciones de la física, ó á las observaciones astronómicas, ó á las simples prácticas de la topografía, recorre las páginas de un tratado de análisis químico, quedará sorprendida al encontrar que las determinaciones analíticas más precisas de un solo elemento contienen en la mayor parte de los casos errores que no bajan de una décima y llegan con frecuencia á 5 décimas por 100.

Y sin embargo, el más torpe artesano medirá un metro con un error menor de un milímetro y pesará un kilogramo con un error inferior á un gramo.

El más primitivo instrumento de geodesia medirá un ángulo de 90°, con un error menor de una centésima, y el reloj más rudimentario no variará ciertamente medio minuto en cada hora.

¿Cómo explicar esta insuficiencia y tosquedad de los métodos analíticos propiamente químicos?

¿Cómo comprender que en tanto que los progresos de las ciencias experimentales han aumentado de modo inconcebible la precisión de sus resultados, sea tan grosera la aproximación que puede obtenerse por medio de los procedimientos químicos en el análisis, estacionada desde hace medio siglo en cuanto al alcance de sus experiencias?

Varias razones hay para ello, que importa señalar, por las consecuencias que de su exposición resultan.

Es la una la imperfección con que se determinan los datos fundamentales, las constantes de las experiencias, no solo por la imperfección misma del procedimiento químico, sino por el olvido de los más elementales principios de la Física.

Frecuente es, ver á un analista consumado esforzándose en pesar 20 gramos de cloruro potásico, por ejemplo, con una exactitud de una décima de milígramo, suponiendo haber cumplido, con solo aquel trabajo, los preceptos de la más severa indagación científica. Y no sería pequeña su sorpresa si un alumno de física le hiciera observar que aquel peso es falso en 130 veces el límite de la precisión que ha creído obtener, tan sólo por la pérdida de peso que introduce el aire desalojado por la sal, cuatro y media veces más ligera que el latón que compone las pesas.

Si á esto se agrega que, por rara excepción, la balanza, el termómetro y los

1 Dalton.—*New system*. T. I, p. 212.

2 Fourcroy.—*Phylosoph chim.*, p. 10.

3 Tenard.—*Traité de chim.* 6.<sup>a</sup>, p. I.

instrumentos de medida son estudiados por los químicos con la precisión debida, si se tiene presente que su empleo suele hacerse en condiciones que distan mucho de las que la critica severa exige, ¿qué extraño es que apenas se pueda confiar en los datos que acerca de las substancias químicas se hallan consignados en las obras, indicados además con una vaguedad que revela á las claras su falta de rigor?

Prueba patente es de ello el que algunos valores que han de servir como constantes en la indagación hayan dado, como acontece con el peso atómico del oro, cifras que han oscilado entre 104.4 y 238.2, engendrando así un error cuyo término medio es de 15.4 unidades, ó sea 8 por 100 del valor investigado <sup>1</sup>.

Y es esto tan cierto, que L. Meyer consigna que los pesos atómicos de muchas, por no decir de casi todas las substancias simples halladas en diversos tiempos y por diferentes sabios, han dado *muy diversos valores* <sup>2</sup>. Si, pues, *las constantes* de la experiencia química ofrecen semejante grado de inseguridad, si los procedimientos no se aplican con la precisión necesaria ¿qué mucho que los resultados queden muy por debajo de los que toda otra arte experimental puede obtener?

¿Quiere esto decir que no quepa alcanzar una exactitud incomparablemente superior?

Catagórica respuesta ofrecen los clásicos trabajos de Stass en la determinación de los equivalentes químicos, las recientes determinaciones de puntos de fusión verificadas por Landolt, los análisis de las mezclas gaseosas ejecutados por Bunsen, los complejísimos procesos de separación empleados por Lecoq de Boisbaudrán, Nilson, Marignac, Delafontaine, Cleve y Winkler para aislar los elementos recientemente descubiertos, los estudios de Mylius y Foerster sobre la alterabilidad del vidrio por los reactivos químicos, y tantos otros que pudieran citarse, dejando á un lado, por el momento, los innumerables que constituyen el material inmenso de la química del carbono.

El rigor en la investigación, la severa exigencia científica, no son por lo común las condiciones que dominan en la química analítica usual.

El hecho tiene sencilla explicación si se atiende á que el análisis químico reviste generalmente un carácter más industrial que científico, y propende más á satisfacer las necesidades de la tecnología, de la higiene ó de la medicina, que á esclarecer los problemas que á cada momento surgen en la Ciencia pura.

Prueba de ello es la falta absoluta de un tratado de *procedimiento analítico* donde se discutan las causas de error, los métodos generales aplicables al problema del análisis, considerado en su amplio sentido, sin excluir, por decontado, los compuestos orgánicos hasta ahora sistemáticamente considerados en parte tan sólo por Dragendorff y por Allen.

La pereza, por decirlo así, de la química analítica para abordar el problema científico, en muchos casos, es manifiesta.

Pruébalo el que las afirmaciones de Cooke sobre el carácter variable de las proporciones químicas <sup>3</sup>, las experiencias de Schutzenberger sobre las discordancias que se hallan en la combustión de ciertos petróleos y en la síntesis del agua con la ley de las proporciones definidas <sup>4</sup>, las hipótesis de Boutlerow <sup>5</sup> para explicar tales contradicciones y aun las conjeturas de Mendelejeff <sup>6</sup> sobre la posible transformación de la masa en energía química, no han hallado eco, ni han sido

1 G. Krüss.—*Liebigs Ann.* 238, p. 30.—1888.

2 L. Meyer.—*Modernen Theorien* p. 19.

3 Cooke.—*American Jour. of Science.* XXVI, p. 310.

4 Schutzenb.—*Bull. Soc. Chim.* 37, p. 3. 39, p. 258.

5 Boutlerow.—*Bull. Soc. Chim.* 39, p. 263.

6 Mendelejeff.—*Bull. Soc. Chim.* 39, p. 264, nota

criticadas, ni á ellas se ha dado solución, ni respuesta alguna. Ningún medio se ha propuesto para evitar el que un error de una décima por 100 en el análisis de un carburo de hidrógeno permita dar como posibles igualmente varias fórmulas empíricas del mismo cuerpo.

Y en otro orden de estudios, puede citarse el hecho de que las observaciones de Berzelius acerca de la impureza de las materias precipitadas en el seno de un líquido complejo y les mismas de Longchamp <sup>1</sup> sobre la dificultad de obtener materias puras por doble descomposición en el seno de disoluciones salinas, no han conducido á buscar procedimientos que eviten estas tan conocidas causas de error de los análisis químicos.

La imperfección del procedimiento analítico se muestra aun más, cuando se trata de resolver el problema de la agrupación de los elementos en una mezcla de varias combinaciones.

Una mezcla en proporciones equimoleculares de dos sales, sometida al análisis dará datos seguros en cuanto á la proporción de ácidos y bases que existan en la mezcla, pero en cuanto á la agrupación de aquellos ácidos y bases, el análisis permanecerá mudo é ineficaz. Más aún; el análisis será incapaz de resolver el problema tal como en realidad se ofrece, pues que la mezcla de dos sales disueltas constituye un sistema en el cual existen real y efectivamente cuatro sales, en cantidad que el análisis ni valúa, ni puede valorar con los medios actuales. Y mucho menos podría resolver la cuestión en el caso de una disolución más compleja, pues que, como la teoría lo enseña, el número de combinaciones existentes en aquella disolución es igual al cuadrado del número de sales que hayamos disuelto.

La ciencia moderna procura sustituir los imperfectos métodos del análisis propiamente químico con otros que salven estos escollos é imperfecciones y, como debía forzosamente suceder, todos ellos se fundan en principios y leyes físicas.

El análisis polarimétrico introducido ha largo tiempo en la química por Biot y admirablemente perfeccionado por Landolt, el análisis óptico que tan interesantes resultados ha dado en manos de Gladstone, Dale, Schrauff, y recientemente de Bruhl; el análisis espectral cuantitativo inventado por Vierordt y mejorado por los hermanos Kruss; los métodos colorimétricos de Günsberg y Wolff, y por último, los procedimientos de análisis microquímicos debidos á Haushofer, Smith, Behrens, Lehmann, así como las múltiples aplicaciones químicas que la pila ha recibido desde Luckow, son una prueba de nuestro aserto, si ya no la hubieran dado los métodos volumétricos inventados por Gay-Lussac y elevados á la categoría de una técnica completa por F. Mohr.

El análisis químico ha respondido durante muchos años y aún responde en los tratados clásicos, más bien á las necesidades del ensayador que á las del científico <sup>2</sup>. Representaba, y aún para muchos sigue representando, el estado de progreso que correspondía á los ideales de las industrias metalúrgicas de hace medio siglo. La industria misma hoy declara los métodos analíticos clásicos insuficientes y emplea para sus ensayos un sinnúmero de métodos incomparablemente más perfectos, más concluyentes en sus afirmaciones, y de una sensibilidad mucho mayor que los métodos químicos.

El espectroscopio en la industria del acero, los absorciómetros en la del gas, los difusiómetros y polarímetros en la del azúcar, los colorímetros, densímetros y termómetros de precisión comunmente empleados, confirman lo dicho sin género alguno de duda.

Tan felices aplicaciones de los métodos físicos exigen en el químico una cultu-

<sup>1</sup> Longcham.—*Ann. de Chim. et de Phys.*: XXII, p. 155.

<sup>2</sup> Ejemplo de esto es el tratado de análisis químico del Dr. Fresenius, cuyo autor está reputado con justicia como una autoridad en materia de ensayos industriales, y cuyo laboratorio es considerado como la mejor escuela de contramaestres de industrias químicas.

ra incomparablemente superior á la que era suficiente veinte años ha. Demandan conocimientos teóricos no superficiales de física y de matemáticas y hacen indispensable que el químico pierda el respeto supersticioso que solían inspirarle las ecuaciones de primer grado ó las líneas trigonométricas.

Exigen que rompa aquel aislamiento en que ha vivido tantos años y piense que en otras ciencias puede hallar soluciones precisas de problemas insolubles con el exclusivo empleo de la experimentación química. Un cristal de un milímetro de lado permite identificar una substancia con la misma precisión que el mejor análisis; mas para que la observación de los cristales sea útil, menester es que quien la practique conozca en todos sus detalles la técnica cristalográfica, fundada en los principios de la óptica física y de la geometría.

La determinación de un índice de refracción sirve para fijar en una mezcla la proporción en que se hallan cuerpos que por ningún medio químico pueden ser completamente separados. Pero el practicar con fruto aquella determinación exige que el operador conozca con todo detalle las causas del error, las circunstancias en que el método es aplicable y adecuado para suministrar resultados rigurosos.

Semejantes procedimientos no han tenido cabida en la experimentación química hasta épocas muy recientes, y hubiera, sin duda, continuando la tradición berzeliana que asigna al análisis químico un valor tan exagerado, á no haberse producido un cambio profundo en la dirección de las teorías químicas, cambio en el cual, la ciencia pura y la industria se ayudan, se completan y se perfeccionan mutuamente en grado verdaderamente admirable.

Si la química teórica se enriquece en un período de treinta años con la teoría de los radicales de Liebig, corregida más tarde en la concepción de los residuos de Gerhardt y en la hipótesis de los núcleos de Laurent; si á la teoría de la atomidad de los elementos agrega Kékulé, en 1865, la de la constitución de las substancias llamadas aromáticas y en 1866 la de la isomería de las mismas, tan admirablemente confirmada tres años más tarde por R. V. de Richter, la industria no permanece ociosa y recoge fruto envidiable de las doctrinas que tantos anatemas y destempladas críticas habían inspirado á Berzelius.

La anilina descubierta por Runge en el alquitrán de hulla, sintetizada más tarde por Zinin, da á Perkin el color malva, y desde este momento el azul de Lyon de Girard y de Laire, el violado y el verde de Hofmann, el negro de anilina de Lightfoot, los colores azóicos de Griess y Caro, la alizarina de Graebe, los colores de O. Fischer, la síntesis del añil de Bayer constituyen los jalones, no más que los jalones, en que se apoyan innumerables descubrimientos verificados la mayor parte en el laboratorio del industrial, descubrimientos que no son otra cosa que la confirmación más perfecta, más completa, más acabada de aquellos puntos de vista tenidos por abstrusos, extravagantes, y sobre todo, por teóricos y de bufete.

¡Teóricos! tal es el juicio que algunos formulan acerca de estas concepciones, sobre las cuales se fundan explotaciones industriales que asombran al mundo.

Desde este momento, una doble corriente se establece entre la fábrica y el laboratorio del científico. La industria pide métodos para variar sus productos, para mejorarlos y para hacer ventajosa su explotación. La química teórica los busca, los inventa, estudia la constitución del compuesto empíricamente hallado y da la teoría de la operación industrial.

La química pura descubre la combinación; la industria solicita el descubrimiento utilizable y remunera ampliamente la invención aplicable.

Y como precisamente las materias colorantes no son, según ya antes dije, sino resultados de la aplicación industrial de las teorías recientes sobre la constitución de los compuestos de carbono y éstos, salvo un corto número, no existen formados en la naturaleza, menester fué apelar á la síntesis para formarlos, y de

un golpe y como por encanto, la síntesis orgánica iniciada por Liebig y Wöhler y convertida en una ciencia por Berthelot, pasó de la categoría de problema de teoría abstracta á la de procedimiento industrial y práctico.

Desde hace treinta años los métodos de síntesis en la química orgánica y en la química mineral han permitido producir innumerables compuestos de todos órdenes de complicación, de funciones químicas diversísimas, dotados de las propiedades más interesantes y susceptibles de todo género de aplicaciones.

Desde los alcaloides á las materias tintóreas, desde las grasas hasta las rocas desde los azúcares, hasta las piedras preciosas, la síntesis ha caminado en toda Europa consiguiendo valiosas conquistas científicas é innumerables aplicaciones industriales. Los tratados de Berthelot, Lellman, Alexejeff respecto de la síntesis orgánica y los trabajos de Daubrée Fridel, Fouqué, Michel Levy, Margothet y otros sobre la síntesis mineral, son una prueba evidente de la importancia de este asunto, desconocido aún ¡vergüenza causa decirlo! en nuestras Universidades, no dispuestas para enseñar á los doctores, lo que los estudiantes de química practican en otros países en el segundo año de su aprendizaje.

Consignemos este hecho, muestra patente de nuestra inferioridad intelectual con relación á otros países, como Portugal, Rumanía, Servia, Turquía, el Japón y alguna de las repúblicas hispano-americanas, donde se producen ó se han producido trabajos sintéticos de importancia, y volvamos á nuestro asunto. Si grande es el progreso que representa la aplicación del método sintético, por las innumerables combinaciones que mediante ella han sido obtenidas ó previstas, no menor progreso significan ciertamente los principios de carácter teórico que, como resultado de aquella aplicación, pueden establecerse.

Fruto estos principios de la observación empírica, revistieron un tiempo el carácter limitado propio de la inducción experimental; enlazados hoy con otros de carácter absoluto ofrecen la garantía necesaria para servir de punto de partida en el estudio de la mecánica molecular.

Muestran, de un lado, la influencia que el tiempo, la presión, la temperatura, la luz, el estado de división y la estabilidad, ejercen en la producción de las reacciones sintéticas.

Enseñan, de otro, que la síntesis de una combinación es posible tan sólo, á condición de que los elementos que la forman se hallen en circunstancias adecuadas para que su enlace mútuo se produzca, según la ley teórica que de antemano nos proponemos cumplir.

Basta una ligera reflexión para comprender la trascendencia de estas dos ideas á todo el sentido de la química actual.

Enseña la primera, que á determinadas condiciones corresponden determinados grupos de sistemas moleculares posibles: y por tanto, invirtiendo los términos, que estas condiciones son suficientes para hacer que determinadas combinaciones se produzcan ó dejen de producirse.

La segunda, manifiesta que el análisis no resuelve la mayor parte de los problemas que ofrece la constitución química de los cuerpos, condicionada además por virtud de circunstancias que tocan al enlace y disposición interior de los elementos que los constituyen.

Ninguna explicación podría dar el análisis químico de la homología, de la isomería y de la polimería, ni sus datos permitirían formular siquiera hipótesis útiles para explicar la identidad de propiedades físicas, químicas y aún fisiológicas que poseen combinaciones formadas por diversos residuos unidos á un *grupo funcional* determinado.

El simple dato analítico nunca dará razón de la comunidad de metamorfosis, desdoblamientos y propiedades que poseen sustancias de composición diversa.

El problema, insoluble por este camino, puede resolverse por otro que, si á pri-

mera vista parece menos positivo que el primero, se apoya, sin embargo, en los innumerables datos que la experiencia cotidiana suministra.

Aquella teoría tan admirablemente desenvuelta en 1837 por Liebig y Wöhler, acerca de la existencia de cuerpos compuestos, aptos para transpostarse inalterables de una combinación á otra, para funcionar como simples, en una palabra; la teoría de los radicales compuestos, para decirlo de una vez, ha sido el germen de la doctrina actual de las funciones químicas y constituye la base sobre la cual descansa la solución del problema antes planteado.

Si, conforme la teoría establece, el mismo radical es susceptible de presentar propiedades diversas y aptitudes peculiares, según la naturaleza de determinados grupos con los cuales pñede combinarse; si, de otra parte, éstos son capaces de imprimir propiedades comunes á diferentes radicales, lícito es concluir de aquí que el conjunto de metamorfosis que denominamos función química, pende de lo naturaleza de aquellos determinados grupos que se designan por esto con el nombre expresivo de *grupos funcionales*.

Y como la experiencia permite mostrar que estos grupos funcionales pueden ser transportados de una combinación á otra sin que sufran cambio alguno, y aun cambiar completamente de propiedades la combinación en que existe, en virtud de un fenómeno de isomería, concluimos con gran probabilidad, que no la naturaleza y proporción de los elementos exclusivamente, sino su peculiar disposición, es el problema capital que ofrece el estudio de las combinaciones impropriadamente llamadas orgánicas.

No es del caso dilucidar, por medio de una disquisición histórico-crítica, los elementos diversos que han ido perfeccionando la teoría primitiva. Sería injusto, sin embargo, omitir los nombres de Laurent y Gerhardt al lado de los de Liebig y Wöhler, cada vez que se trata de esta fundamental teoría, en la cual ha venido á incrustarse la idea de los núcleos y de las sustituciones del primero, la teoría de los residuos y el sistema unitario del segundo.

De tales doctrinas resulta, pues, patenté la insuficiencia del análisis para decidir acerca de la constitución de los compuestos químicos, y esta insuficiencia queda no menos palpablemente demostrada con los innumerables ejemplos que ofrece la investigación experimental.

Si cuerpos que poseen idénticos elementos en las mismas proporciones unidos muestran propiedades y caracteres diversos, menester es atribuir este hecho tan singular como interesante, á otra causa que á la composición que el análisis nos revela. Y de aquí, como hipótesis lógicamente establecida, el que se busque en la *diferente posición* de los elementos en el compuesto la causa de esa diferencia de propiedades que ofrecen. Así interpretó Berzelius, en 1830, las isomerías observadas por Wöhler en 1828 en el ácido ciánico y sus compuestos y así se creó la teoría de la isomería de posición á la cual han aportado materiales de primer orden Kekule, Kolbe, Boutlerow, Beilstein, Wurtz, Friedel, y en los tiempos modernos Vant'Hoff, Lebel, Wislicenus, Bayer y tantos otros.

Y como la síntesis química dirigida por las hipótesis antes citadas confirma en cada momento la exactitud de las mismas; como esta afirmación acrece cada año con miles y miles de problemas, tan pronto planteados como resueltos, resulta de todo que al estudio de los compuestos químicos verificado desde el punto de vista del análisis, ha sucedido el de sus aptitudes dinámicas, el de las fuerzas que los condicionan, el de la organización de sus elementos integrantes.

Desde este momento, un dinamismo más ó menos explícito, invade la química y comienza á encaminarla por los senderos que actualmente recorre la física. El atomismo estático que antes imperaba, queda vencido de hecho y se hace, por tanto, indispensable determinar nuevos principios que caractericen las combinaciones químicas.

Si al mecánico le es dable producir un efecto infinitamente variable con un número dado de fuerzas determinadas tan solo por virtud de su posición y de la magnitud de sus coeficientes angulares,—y este es hecho que la experiencia confirma á cada paso,—legítimo es concluir que, análogamente, el peculiar enlace que mantiene unidos entre sí los elementos que constituyen una combinación química, determinará el carácter y las propiedades de ésta.

Así se explicará el que las propiedades peculiares de una combinación, lo que podríamos llamar su resultante, pueda variar sin que varíen los elementos que la constituyen. De esta suerte al sentido estático sustituye el principio dinámico y á la afirmación empírica del resultado experimental la inducción teórica, de más altos vuelos y de mayor alcance para el sistema general de la ciencia de la Naturaleza.

Desde este instante, no solo la exigencia rigurosa, sino el pensamiento común, demandan imperiosamente explicación del hecho, y las hipótesis que surgen, las teorías que se exponen, constituyen un primer bosquejo de una ciencia que en breve se hallará á la misma distancia de la química descriptiva que la que separa la mecánica racional de la teoría de las máquinas.

Tan admirable resultado no es la obra exclusiva de nuestro siglo, que si por un momento contemplamos la evolución continua que las ideas han experimentado en la química, veremos dibujarse análogas aspiraciones en las tradicionales caldeas, en las concepciones metafísicas de los Vedas, en los misterios de Isis, en los sistemas filosóficos de la Grecia y en las nebulosas teorías de los alquimistas de la Edad Media. La razón humana ha sentido siempre que deben existir principios generales que coordinen la variedad infinita de las cosas y aspira á conocerlos irresistiblemente, solicitada por su propia naturaleza; mas lo que en otros tiempos fué genial presentimiento ó producto de una fantasía poética, aparece hoy como el fruto de la asociación sistemática de leyes confirmadas.

Menguar la importancia del dato experimental; negar su influjo en la formación y aun en la confirmación del principio teórico, es absurdo é injustificado. Pero afirmar que el dato experimental de por sí basta para formar la ley y el sistema del conocimiento, es desconocer el límite infranqueable que separa el hecho de la idea.

Estudiar el enlace de la inducción racional con la construcción deductiva y la conformidad de ambas en todo sistema científico que se acerca á su perfección, es el medio único de apreciar con entera imparcialidad lo valioso del pormenor y lo fecundo de lo teoría.

Señalar este enlace, por lo que á la química se refiere, tal como resulta de las corrientes contemporáneas, es el asunto que voy á considerar ahora brevemente.

III.—Dos principios rigen y dominan la ciencia moderna de la Naturaleza. El principio de la conservación de la materia y el principio de la conservación de la energía.

Si la historia del pensamiento humano puede someterse á una división en períodos, ningún acontecimiento debe con más títulos servir de punto de partida á una nueva era que el que señala la proclamación de aquellas dos leyes, acaso las más generales que hasta el presente ha descubierto la razón.

Determinar el momento en el que son presentadas, reseñar las diversas formas más ó menos explícitas, que revisten, aquilatarlas y estimarlas debidamente, valdría tanto como hacer la historia del pensamiento; empresa superior á todo esfuerzo individual.

Cabe, sin embargo, á nuestro tiempo la gloria inmarcesible de haberlas formulado y de haber descubierto innumerables relaciones, que por su intermedio se establecen entre teorías desprovistas antes de enlace y de unidad.

El teorema de Stevino, la doctrina de Galileo sobre la relación inmutable entre

las velocidades y los tiempos, entre los espacios recorridos y las masas movidas por una fuerza en la unidad de tiempo, el péndulo de Huyghens, la teoría de la *vis viva* de Leibnitz, son los primeros precedentes sobre los cuales fundan más tarde Juan Bernouilli el principio de las velocidades virtuales y Newton sus tres axiomas, base firmísima de la mecánica racional. Acaso en el principio de la igualdad de la acción y de la reacción del físico inglés pudiera hallarse el germen del teorema de la conservación de la energía; pero nadie con más títulos que Juan Bernouilli para ser proclamado como el descubridor del principio de lo que él llamaba *conservatio virium vivarum*, ya reconocida por Leibnitz en los fenómenos del choque. Poco después, Daniel Bernouilli, en su Hidrodinámica, aplica á los movimientos de los fluidos el principio formulado por su padre Juan Bernouilli; y algo más tarde, Euler demuestra que la fuerza viva de un punto, atraído ó repelido por otro fijo, según una potencia de la distancia, tiene idéntico valor, cada vez que el punto móvil ocupa las mismas posiciones, con respecto al punto fijo, sentándose con esto las bases de la teoría del potencial.

La noción de *esfuerzo* de Euler se precisa por Poncelet <sup>1</sup> con la palabra *trabajo*, y Tomás Joung designa por primera vez la fuerza viva de un cuerpo en movimiento con el nombre de *energía*, al cual concedemos hoy casi idéntica significación que la que veintitres siglos hace había atribuido Aristóteles al vocablo *ἐνέργεια*.

Dejemos á un lado las discusiones que acerca de la correcta expresión matemática de la fuerza viva mantienen por aquel tiempo los géometras y consignemos que desde este momento el teorema de la conservación de la energía queda aceptado como una verdad incontestable en la mecánica.

En la mecánica, digo, y así es en verdad, que tan solo para los fenómenos del movimiento sensible juzgábase aplicable aquel principio, cuya significación en las demás acciones físicas nadie hubiera podido preveer.

Pero estudia Sadi Carnot la máquina de vapor, reconoce la constante desaparición del calor como condición *inexcusable* del trabajo producido y ofrécele como ineludible este dilema: ó el trabajo se crea de la nada ó existe una relación entre el trabajo producido de una parte y el calor y la temperatura que la máquina consume de otra. Nada importa que Carnot considerara el calor como una materia más; nada significa que para Carnot no fuera el calor mismo, sino el producto de una cantidad de calor por una temperatura, la verdadera representación de la energía de la máquina; lo esencial, lo trascendente del trabajo de Sadi Carnot, es la noción de equivalencia entre una *acción física* y un *fenómeno mecánico*. Mas, como si no fuera esta prueba suficiente de su maravilloso ingenio, la carta publicada por su hermano H. Carnot <sup>2</sup>, demuestra que Sadi Carnot, posteriormente á la publicación de su célebre obra <sup>3</sup>, no solo se imaginó el calor como un modo de movimiento, sino que, antes que ningún otro físico, determinó experimentalmente su equivalente mecánico, que él fijaba en el número 370. Si Chapeyrón comparte con Sadi Carnot la gloria de enlazar la física con la mecánica, Rumford, en 1798, había demostrado experimentalmente la inmaterialidad del calor, ya afirmada años antes por J. Montgolfier. El impulso estaba dado. Hess en sus estudios de termoquímica <sup>4</sup>, Faraday en sus experiencias eléctricas <sup>5</sup> negando la acción del contacto, Mohr en su opúsculo sobre la naturaleza del calor <sup>6</sup>, y, por último, Julio Roberto Mayer <sup>7</sup> en sus diversas publicaciones, proclama la imposibilidad del movimiento perpétuo, la conservación de la fuerza, la indestructibilidad de la materia. (Concluirá)

1 *Cours de mec. appl. aux machines.*—Metz, 1826.

2 H. Carnot.—*Compt. Rend.*—87, 1878, p. 87.

3 Sadi Carnot.—*Reflex. sur la puiss. motrice du feu.* Paris, 1824.

4 *Termoch. untersuch.*—*Pogg. Annal* 50-1840.

5 *Phil. Trans.* 1840.

6 *Ann. der Pharm.* 1837, p. 141.

7 *Liebig, Ann.* 1842 p. 233.

## CRÓNICA

**Bibliografía.**—Hemos recibido la Sinopsis mineralógica ó catálogo descriptivo de los minerales por Carlos F. de Landero, Ingeniero, Méjico 1891. El autor al escribir esta notable obra de consulta se ha propuesto dar descripciones breves y en lo posible suficientemente características de todos los minerales, aun de los poco ó defectuosamente conocidos; indicar las sinonimías de nombres de especies y variedades y procurar uniformar la nomenclatura mineralógica de la lengua castellana. Los minerales están agrupados por orden alfabético facilitando extraordinariamente su consulta y estudio.

— Anales del Instituto y Observatorio de Marina de San Fernando. Observaciones meteorológicas y magnéticas, año 1891. Publicadas por orden de la Superioridad por el Director D. Juan Viniegra, Capitán de Navío, San Fernando 1892.

Como en los tomos anteriores contiene esta obra las observaciones meteorológicas y magnéticas registradas en aquel importante establecimiento científico.

**Catedráticos extranjeros.**—En Escocia (en la Universidad de Edimburgo) el catedrático de Química tiene 80.000 pesetas de sueldo; el de Anatomía, 75.000; el de Medicina, 65.000; los de Historia natural y Patología, 60.000, y el de Botánica, 55.000.

En la Universidad de Glasgow el catedrático de Anatomía tiene 55.000 pesetas de sueldo.

En Inglaterra (Universidad de Oxford) hay 424 catedráticos que cobran en junto 4 millones de pesetas al año, lo que hace, por término medio, 9.500 pesetas por catedrático.

En España los sueldos son muy mezquinos comparados con los que tienen los catedráticos de Edimburgo y Glasgow.

**Consumo de alcohol en Francia.**—En 1870 no consumió Francia más que 585.000 litros de alcohol, ó sea 1,46 litro por habitante. Hoy la población francesa consume 1.669.184 hectolitros, ó sea 4,40 litros por habitante.

Si se considera que los alcoholes actuales son infinitamente más tóxicos que los que se consumían antes de 1880, tendremos explicados los enormes progresos que desde hace veinte años ha hecho en Francia el alcoholismo.

**Fotografía de la emisión de las vocales.**—En el Congreso internacional de Fisiología recién celebrado en Lieja, ha dado á conocer el Dr. Hermann un procedimiento de fotografía de las emisiones vocales. Las vocales se cantan ante un fonógrafo de Edison. Se reproduce después, pero muy lentamente, las vibraciones sobre el micrófono receptor. Este último está provisto de un espejo que refleja la luz de una lámpara eléctrica sobre un cilindro registrador, guarnecido de un papel sensible y protegido por un cilindro que lleva simplemente una hendidura que da paso á este punto luminoso reflejado. Así se obtienen trazados fonográficos muy limpios y de una constancia notable para una misma letra.

**Rapidez en los transportes.**—Un médico mayor del ejército francés, el doctor Stroebel, en previsión de que en una plaza sitiada pudiera presentarse la epidemia variolosa y no hubiera medios para proceder á la vacunación, ha probado el enviar los tubos de linfa por medio de palomas mensajeras. En uno de los cañones de pluma de éstas, sujeto á la caudal del centro, colocó varios tubos de vacuna, que llegaron en poco tiempo, sin deteriorarse, al punto de su destino.

**Los dientes y el pan blanco.**—Sir James Crickton Brownes, en comunicación dirigida á una Sociedad odontológica, dice que el estado poco satisfactorio de los dientes en estos tiempos es debido al uso del pan blanco, que privado del salvado es pobre en fluor, el cual es indispensable para los dientes.