

## EL RECHAZO DE LA INNOVACION METODOLOGICA EN LA CIENCIA: LA SINERGIA DE LOS MOTIVOS (LA RECEPCION DEL METODO CROMATOGRAFICO POR LOS QUIMICOS)

SERGUEI KARA-MURZA  
Academia de Ciencias (Moscú)

### RESUMEN

*Se analiza la historia del descubrimiento y la propagación de la cromatografía de adsorción como un caso específico de innovación tecnológica (metodológica) dentro de la ciencia. Se argumenta la tesis de que el descubrimiento de Mijaíl Tzvet no constituía un paso evolutivo en la aplicación de la adsorción, sino una revolución científica realizada en otro contexto conceptual: La resistencia de los químicos a aceptar el método cromatográfico se explica por la sinergia de factores cognoscitivos, sociales y psicológicos.*

### ABSTRACT

*The history of the discovery and diffusion of adsorption chromatography is analyzed as an specific case of technological (methodological) innovation in science. The main thesis is that M. Tswett's discovery was not an step in the evolution of the application of adsorption, but a scientific revolution that took place in another conceptual context. Chemists' resistance to accept the chromatographic method can be explained by means of the synergy of cognitive, social and psychological factors.*

Palabras clave: Química, Metodología, Siglo XX, Tzvet, Willstätter, Cromatografía, Sinergia.

En 1993 se cumplen 75 años desde la muerte del gran científico ruso Mikhaíl Seménovich Tzvet, el descubridor del método cromatográfico (y 90 años de la publicación del libro en que él expuso el método).

## Cromatografía: la concepción clave y el significado del método

A principios del siglo XX, la química había llegado a tal grado de madurez que se hizo posible abordar el estudio de objetos con un nuevo nivel de complejidad. La química siempre escogía tales objetos entre los compuestos naturales. Estos compuestos se encuentran en forma de mezclas de composición compleja, frecuentemente en cantidades muy pequeñas. Muchos de ellos son inestables y no soportan tratamientos drásticos. Todo esto requería un cambio de las normas de la investigación científica, lo que empujaba al químico al mundo desconocido de cantidades micro y de los procedimientos suaves con la sustancia. Además, suponía la sustitución del paradigma metodológico de la química, esto es, la asimilación de gran surtido de métodos físicos del análisis y el estudio de la estructura.

Como portavoz de esta tendencia y a la vez como poderoso instrumento para su realización sirvió el método de *cromatografía* creado en 1903<sup>1</sup>. La cromatografía permite separar mezclas complejas de sustancias muy próximas por sus propiedades y aislar los compuestos individuales en estado puro para su posterior análisis e investigación. La esencia del método consiste en que la mezcla que se va a separar se traslada disuelta en la fase móvil a lo largo de la fase inmóvil, que contiene sustancias con las cuales entran en interacción los componentes de la mezcla. Ya que el ciclo de interacción se repite en cada zona microscópica de la fase inmóvil, las diferencias más finas de las propiedades de los componentes de la mezcla se multiplican y suministran a cada uno de los componentes una velocidad distinta del desplazamiento a lo largo de la fase inmóvil (por ejemplo, en la columna). Esto lleva a la separación de los componentes.

En la actualidad es evidente la importancia instrumental de la cromatografía. En 1986 cada 100 artículos en la revista *Journal of Organic Chemistry* (EE.UU.) reflejaron, en promedio, 114 casos del uso de métodos cromatográficos (puesto que en algunos artículos se notaba el uso de más de un método: cromatografía de gas-líquido, en capa delgada, etc.). En la revista norteamericana *Biochemistry* este índice se eleva a 164 por cada 100 artículos [1]. Pero los métodos desempeñan también un papel importante como enlaces que forman el armazón de la estructura del conocimiento científico. La cromatografía es un método de gran fuerza integradora que une muchas disciplinas y áreas científicas. Uno de los pioneros de cromatografía de gas-líquido, Ch. Gerke, escribe:

"Los métodos cromatográficos constituyen el "puente" principal o el "denominador común" entre los investigadores en el campo de ciencias biológicas" [2, p. 85].

Pero el significado conceptual de la cromatografía para el desarrollo de las ciencias de Naturaleza no se agota con ello. El método tenía una poderosa carga relacionada con la concepción del mundo. En la cromatografía, por primera vez, han encontrado su encarnación metodológica, en forma clara y perceptible físicamente, aquellos nuevos ideales de Ciencia de Naturaleza a los que nos acostumbramos no hace mucho tiempo, esto es, el deseo de ver el objeto en su integridad y de obtener una idea de la multiplicidad de sus formas afines o complementarias, el respeto hacia los componentes menores que antes simplemente escapaban a nuestra atención.

Mikhaíl Tzvet se adelantó a su época y murió demasiado pronto, sin tener tiempo para encontrar el reconocimiento merecido, aunque comprendía claramente el significado fundamental de su método. De recompensa le sirve la opinión de los químicos de todo el mundo expresada por Paul Karrer en 1947 en el Congreso de IUPAC:

"No existía otro descubrimiento que hubiera ejercido un efecto tan enorme y hubiera ampliado tanto el horizonte de las investigaciones en química orgánica como el análisis cromatográfico por adsorción de Tzvet" [3].

Tzvet era botánico, y sus intereses científicos condicionaron la feliz selección del objeto de investigación, los pigmentos vegetales, la clorofila ante todo. Precisamente en aquel momento estos pigmentos se convirtieron en el objeto estándar en el que se examinaban las posibilidades cognoscitivas de la química orgánica. Del estudio de la clorofila se ocupó el laboratorio del eminente químico R. Willstätter. Así, el trabajo de Tzvet no se encontró en los márgenes sino en el mismo centro de atención de los químicos famosos.

¿En qué consiste el logro científico de Tzvet? Al realizar una investigación original y, al mismo tiempo, lógica, Tzvet demostró que, utilizando la adsorción sobre sustancias sólidas, es posible separar sustancias muy próximas por su naturaleza. El separó en gran número de componentes sustancias que se consideraban en aquel momento compuestos individuales.

En los tiempos de Tzvet aún no había premisas teóricas suficientes para explicar racionalmente todos los fenómenos de cromatografía. Leyendo ahora los trabajos de Tzvet, podemos suponer que él, basándose en un rico material empírico y en la intuición, se imaginaba este proceso casi sensualmente; hasta tal punto resultan sus definiciones y sus observaciones correctas y universales. En 1949 L. Zechmeister escribía:

"Al poseer gran imaginación creativa, Tzvet, hace 40 años, creó una concepción sorprendentemente clara de los procesos fundamentales en los que se basa la cromatografía moderna" [4].

A pesar de que Tzvet había utilizado para la separación sólo uno de los posibles tipos de interacción, la adsorción, y había aplicado la cromatografía solamente a los pigmentos vegetales, lo que él creó no era una técnica específica sino un método íntegro. Crear un método íntegro significa, en primer lugar, formular la base conceptual que da la orientación para el desarrollo del método y su aplicación a nuevos objetos. En segundo lugar, significa encontrar procedimientos y medios técnicos efectivos, reproducibles y adecuados para su uso amplio. Finalmente, es necesario demostrar la eficacia del método en la resolución de grandes y actuales tareas científicas. Todo esto fue hecho por Tzvet. En la parte experimental llegó a una maestría excepcional. Los cálculos realizados recientemente sobre la eficiencia de la separación lograda por Tzvet, demuestran que sus columnas, por su calidad, son comparables con las modernas. Tzvet fue un artístico y dedicado experimentador, pero muchos de sus principales hallazgos metodológicos difícilmente hubieran podido ser posibles sin aquella claridad conceptual con que él planificaba los experimentos. En eso se distingue su labor de otros intentos más tempranos de utilizar la adsorción para la separación de las sustancias. El trabajo de Tzvet demostraba el carácter general de la idea clave. Precisamente por ello, posteriormente, toda una familia de métodos, tan diferentes a primera vista, ha recibido sin ninguna discusión el nombre de *cromatografía*. Los premios Nobel, Moore y Steine, subrayan:

"No importa cuál fuese el mecanismo, la partición o la adsorción, la concepción básica de Tzvet sigue siendo el corazón del proceso. La mera naturaleza del sistema 'columna-eluyente' proporciona al método aquella eficacia potencial de separación que él había evaluado cualitativa y cuantitativamente" [2, p. 306].

La cromatografía fue descubierta no por un químico sino por un botánico. Este hecho es mencionado por los historiadores con asombro. Pero la lectura de los primeros trabajos de Tzvet dedicados al desarrollo del método demuestra que en el plano cognoscitivo el trabajo con la materia vegetal y el conocimiento de su estructura creaba unas condiciones mucho más favorables para la aparición de la idea de la cromatografía que la costumbre del químico que trabajaba con las sustancias puras. La desorción y la adsorción de la clorofila sobre el sustrato sólido de las hojas trituradas en el curso de su extracción con el disolvente sirvió de punto de partida a Tzvet<sup>2</sup> [5, 6].

En la literatura el descubrimiento de Tzvet se presenta tradicionalmente como la continuación de la evolución multiseccular del método de purificación de las sustancias por medio de la adsorción. Esta visión estereotipada se refleja, por ejemplo, en el famoso libro de A. J. Ihde *The development of modern chemistry*:

"Los químicos sabían desde hacía mucho tiempo que muchas sustancias se adsorben de los gases y las disoluciones en la superficie de los materiales

sólidos... En química orgánica se usaba el carbón de huesos, al menos desde hacía 150 años, para decolorar los preparados... En 1897 David T. Day, un químico del petróleo de la *The United States Geological Survey*, supuso que el petróleo de distintas partes del mundo se diferencia en su composición debido a la acción de las rocas a través de las cuales se filtra, de modo que las rocas adsorben diferentes constituyentes. Day dejó pasar el petróleo crudo a través de las columnas con la tierra de Fuller y otros adsorbentes y observó que la composición cambiaba y que diferentes componentes del petróleo fueron encontrados en diferentes niveles de la columna... Day se dió cuenta de la importancia de la adsorción en la columna no sólo para la investigación del petróleo sino también para el análisis químico en general... Se debe a Michael Tswett el desarrollo de la cromatografía como un método para separar los pigmentos de plantas" [ 7, p. 571-72].

Esta presentación me parece inconsistente. En realidad, no se trata de la continuación de una larga línea del uso de la adsorción, sino de una revolución científica, de una ruptura de continuidad, del surgimiento de una idea esencialmente nueva nacida en un contexto conceptual completamente diferente. Quizás, a alguien le parecerá casuístico, pero el método de Tzvet nació del estudio de la *desorción* y no de la *adsorción*. Si hubiéramos presentado el proceso de cromatografía como sistema, resultaría que, aunque en algunos elementos y conceptos ésta es semejante al proceso de purificación de las sustancias por medio de la adsorción, se trata en realidad de dos sistemas radicalmente diferentes. Véamos las estructuras de estos dos sistemas (fig. 1).

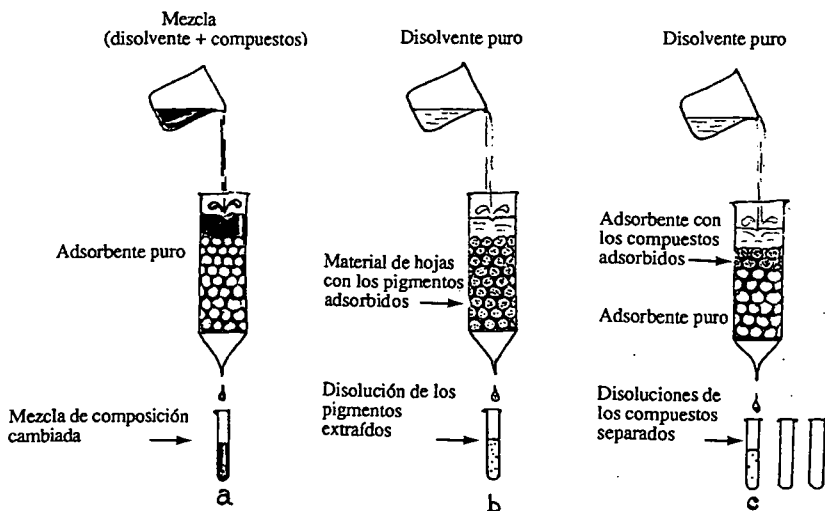


Figura 1. Esquema conceptual de la purificación por adsorción (a), de la desorción de los pigmentos vegetales (b) y de la cromatografía de Tzvet (c).

Cuando una sustancia se purifica con ayuda de la adsorción, los elementos y los enlaces del sistema son así: a través del *adsorbente puro* se deja pasar la disolución de la mezcla de sustancias (*mezcla más disolvente*). Así actuaban Day, F. Goppelsröder, F. Runge y otros químicos que se presentan como *predecesores* de Tzvet. En el caso de la  *cromatografía*, a través del adsorbente, sobre el que está aplicada la mezcla de sustancias (*adsorbente más mezcla*), se deja pasar el *disolvente puro*. Le era mucho más fácil ver el sistema cromatográfico al botánico que estudiaba la extracción (desorción) de la mezcla de pigmentos de la hoja triturada (*absorbente más mezcla*) por el *disolvente puro*, que al químico que purificaba su mezcla con método tradicional de absorción. Así, como creador de la cromatografía, Tzvet no tenía predecesores.

Sólo nos queda añadir que la magnitud y la belleza del método creado por Tzvet enmascaró, en cierta medida, el valor de resultados concretos logrados por él, que, por sí solos, podrían haberle proporcionado un renombre científico.

### ¿Hubo un segundo descubrimiento de la cromatografía?

Debemos aclarar la idea, muy difundida en la historia de la cromatografía, de que el método creado por Tzvet fue olvidado y *redescubierto* en 1931 por R. Kuhn, A. Winterstein y E. Lederer. En la extensa literatura dedicada a la historia de la cromatografía se habla de la *resurrección* de la cromatografía, de su *segundo nacimiento*, etc. ¿Hasta dónde son correctas estas expresiones? ¿Qué es un método *olvidado* y *descubierto de nuevo*? Es necesario volver aquí a los conceptos básicos sobre la difusión de la innovación tecnológica (en nuestro caso, metodológica).

La dinámica de propagación de la innovación se describe normalmente por la curva *logística* (en forma de S). Esto es explicable, ya que la primera fase de propagación pertenece a la amplia familia de procesos autocatalíticos. Algunos de los investigadores que se han familiarizado con el nuevo método se convierten en sus propagandistas y en los intermediarios en su posterior propagación. Esto le da al proceso un carácter de reacción en cadena. Buenas analogías de este proceso son la propagación de una epidemia de una enfermedad contagiosa o la multiplicación de las bacterias. Después del *periodo de inducción* (o de *incubación*) más o menos prolongado empieza el crecimiento exponencial. La analogía es tanto más completa cuanto que detrás del crecimiento viene la saturación. Siendo limitado el contingente de usuarios potenciales del nuevo método, la escala de su utilización se estabiliza al nivel que responde a la necesidad técnica real. Más tarde, cuando para la resolución

de unas u otras tareas aparecen otros métodos mejores o más baratos, este nivel empieza a decaer.

Hay que decir que las curvas logísticas que describen la dinámica de propagación de los nuevos métodos científicos tienen la siguiente particularidad: en muchos casos el período de inducción puede ser muy largo, por lo tanto durante mucho tiempo después de creado el método no se observa ningún crecimiento exponencial. En estos casos el proceso se parece a aquellas reacciones autocatalíticas en las que el fin del período de inducción viene acompañado por efectos umbral muy pronunciados (como, por ejemplo, la oxidación de los hidrocarburos en presencia del antioxidante). Esto se ve muy bien en los métodos que para una amplia propagación precisan un cambio sustancial de la estructura cognoscitiva de sus usuarios potenciales [8].

El concepto de *período de incubación* es importante para el estudio de cualquier innovación tecnológica. Consideremos en este contexto la historia del desarrollo de la cromatografía por Mikhaíl Tzvet. Creemos que un método puede considerarse *olvidado* si entre sus *dos nacimientos* no hubo trabajos en los que se usara el método, no hubo literatura en la que éste viniera descrito y en la que se citara. Un método puede considerarse *descubierto de nuevo* si sus *nuevos descubridores* no conocían los primeros trabajos y no fueron influenciados por ellos. ¿Ha sido así la historia de la cromatografía?

Los hechos permiten afirmar que después de la muerte de Tzvet, en 1918, la cromatografía no fue olvidada. Todavía no existían condiciones objetivas y subjetivas para su propagación amplia y el método se encontraba en la *fase latente*, pero es una etapa normal en el ciclo de vida de cualquier método. El hecho de que en el caso de la cromatografía este período durara cerca de dos décadas, no hace cambiar el asunto.

Toda una serie de investigadores europeos empezaron a usar la cromatografía cuando todavía estaba vivo Tzvet. Se editaron monografías y manuales ampliamente conocidos en los que se mencionaban tanto el método como los resultados obtenidos por Tzvet [2]. El bioquímico norteamericano L. Palmer, que luego se convertiría en la autoridad mundial de la bioquímica de alimentación, utilizaba la cromatografía en su trabajo de tesis que le proporcionó la fama (el tema lo constituyeron los pigmentos de la grasa láctea). Esto quiere decir que Palmer no sólo empleaba el método sino que también había ampliado su campo de aplicación. En su primera publicación (1914) Palmer expuso detalladamente el método usado y alabó la aportación de Tzvet como creador de la cromatografía y como un investigador que por medio de ésta había obtenido valiosos resultados en la química de los pigmentos. Al

principio de los años 20 la *American Chemical Society* decidió iniciar la edición de una serie de monografías y la primera de éstas fue el libro de Palmer sobre los carotinoides y pigmentos afines [9]. En el libro describió con pormenores los trabajos de Tzvet y su método. Hasta 1934, cuando apareció el famoso libro de Zechmeister, la monografía de Palmer era libro predilecto de muchos químicos [2, p. 491]. De esta manera los químicos siempre tuvieron un recordatorio de la existencia del método cromatográfico que podían usar en caso de necesidad. En ningún momento pudo considerarse *olvidado*.

Además de Palmer, en Suiza y en Inglaterra se usaba la cromatografía para aislar pequeñas cantidades de pigmentos en las investigaciones espectroscópicas. E. Chargaff aisló por medio de la cromatografía los carotinoides bacterianos. De este modo, el trabajo famoso de R. Kuhn, A. Winterstein y E. Lederer de 1931 [10] debe ser considerado no como *segundo nacimiento* de la cromatografía sino como el final del período de incubación en su propagación. Uno de los autores de este trabajo, E. Lederer, recordaba:

"Un día Kuhn hizo la suposición que la luteína de la yema de huevo puede ser mezcla de las xantofilas de hojas con la zeaxantina; había que examinar esta hipótesis, pero ¿cómo? Por suerte, leí el libro de Palmer "Carotinoides y pigmentos afines" en que se explicaba el método de Tzvet... Richard Willstätter tenía la traducción al alemán del libro de Tzvet y se la dió a Kuhn, su discípulo querido. De modo que cuando yo le pregunté a Kuhn sobre los trabajos de Tzvet, me entregó esta traducción y pude conocer el método de Tzvet detalladamente" [2, p. 241].

Lederer utilizó la cromatografía con éxito, al separar 30 mg de luteína. Tras este trabajo el método empezó a ser empleado ampliamente en el laboratorio de Kuhn en Heidelberg, por P. Karrer en Zurich y por L. Zechmeister en Pech (Hungria). Sin duda, la aportación de E. Lederer fue muy importante para el desarrollo y la propagación del método. Pero ¿puede considerarse esta aportación como un descubrimiento, aunque *segundo*? Se trató más bien de una etapa normal en el mecanismo general de propagación de los métodos científicos.

## La percepción de la cromatografía por la comunidad de los químicos

La historia de la ciencia conoce muchos casos de descubrimientos e inventos prematuros. Algunos métodos no han sido aceptados simplemente porque los resultados que podían ser obtenidos por medio de estas nuevas técnicas *no hacían falta*, mientras los resultados buscados se lograban de manera aceptable con las técnicas establecidas. La historia de los trabajos de



Mikhaíl Tzvet dedicados a la creación del método cromatográfico es completamente diferente. Tzvet se adelantó a la comunidad de especialistas en química orgánica de su tiempo, pero no fue una *avanzada ocasional*. El científico creó un aparato conceptual desarrollado, un programa de investigación determinado que entraba en conflicto con el orden cognoscitivo existente y lo destruía. Tanto el método como las posibilidades creadas por él eran poco comunes y eran asimiladas por los químicos con gran dificultad<sup>3</sup>. Pero Tzvet, aun mirando más lejos que los demás, no perdió la relación con la comunidad científica, puesto que las tareas que él resolvía por medio de la cromatografía ya eran actuales en aquel momento. Esto quiere decir que Tzvet entendía claramente que el recurso de los viejos métodos estaba agotado.

La importancia de los problemas resueltos por Tzvet es puesta de manifiesto por el hecho de que su discusión con los químicos eminentes concerniera a los resultados y no al método. Estos resultados (que le valieron a Willstätter el premio Nobel aunque llegara a ellos doce años después de Tzvet) fueron logrados por Tzvet en el marco de su programa de investigación como condición necesaria de creación de un método fundamental.

A pesar de que Tzvet llevó a cabo todos los trabajos indispensables para la creación del método y para la demostración de su efectividad, la asimilación de dicho método por la comunidad científica constituye una de las dramáticas páginas en la historia de la ciencia. En su patria, Rusia, Tzvet encontró el apoyo de varios científicos eminentes, y a su trabajo principal, el libro *Cromófilos en el reino vegetal y animal* se le otorgó en 1911 uno de los Grandes Premios adjudicados por la Academia de Ciencias. Sin embargo, los centros principales donde se estudiaban los pigmentos naturales estaban en Europa occidental. La evaluación de Willstätter era la primera que debía determinar la actitud de los químicos hacia los resultados de Tzvet y el método con el que éstos habían sido obtenidos. Esta actitud fue escéptica y frecuentemente, negativa.

El resumen de lo que decían los químicos sobre la cromatografía se puede encontrar en los trabajos [2] y [3]. Aquí solamente mencionaremos las observaciones de Willstätter. Tal vez es, todavía más elocuente que las palabras el hecho de que, en el capítulo sobre pigmentos de la hoja verde escrito por Willstätter para el volumen fundamental de Aberhalden, publicado en 1924 y que era la enciclopedia de los métodos experimentales en biología, el método cromatográfico ni siquiera se menciona. Igualmente, en su principal libro sobre la clorofila (1913), Willstätter sólo habla de paso de los estudios que Tzvet realizaba *de manera extraña, descomunal* [3].

En las observaciones de Willstätter llama la atención un detalle notable: cada vez que habla sobre el método del *botánico* Tzvet (o el *estimable*

*botánico*), Willstätter subraya que dicho método no sirve para el trabajo preparatorio, esto es, para la preparación de la sustancia en grandes cantidades. En otras palabras, sin discutir las posibilidades del método mostradas por el autor, él desplaza la atención a restricciones que de ningún modo se deducen de la concepción del método. Se sabe, por ejemplo, que actualmente la cromatografía se emplea a gran escala para la preparación de las sustancias puras no sólo en laboratorio sino también en la producción industrial. Pero más importante es que, buscando argumentos contra la cromatografía, Willstätter no apelara a los nuevos ideales emergentes en la química sino a las viejas normas tradicionales, que estaban en el núcleo del conflicto cognoscitivo que estaba madurando. Precisamente la maldita necesidad de trabajar con grandes cantidades de sustancia, causada por la debilidad de una metodología que tenía su capacidad agotada, llegó a ser uno de principales obstáculos en el progreso de las posibilidades cognoscitivas de la química. Willstätter hubiera podido decir: la cromatografía nos libera a nosotros de la necesidad de trabajar con grandes cantidades. Pero dijo: la cromatografía no nos permite seguir trabajando con grandes cantidades. Brillante ejemplo de cómo, al percibirse el defecto de la estructura cognoscitiva, éste se utiliza, en el plano socio-psicológico, como bandera para consolidar la comunidad científica apelando a costumbres obsoletas.

Lo paradójico es que Willstätter, al ocuparse de un objeto extremadamente difícil para la química de entonces, estaba construyendo una química nueva: y sin embargo rechazó el método que podría ayudarle hacer un enorme salto adelante. A la vez, rechazaba inevitablemente resultados a los que de todos modos tenía que llegar, pero mucho más tarde y a base de grandes esfuerzos. Como escribe T. Robinson,

"el trabajo escrupuloso de Willstätter con la aplicación cuidadosa de procedimientos tradicionales a kilogramos de clorofila, al fin y al cabo, convenció a todos de que Tzvet, en todos los aspectos, tenía razón. Mejor dicho, todo el mundo reconoció a Willstätter como fundador de la química de clorofila, adoptó la nomenclatura de Willstätter y olvidó que Tzvet decía lo mismo muchos años atrás y lo había dicho incluso cuando Willstätter aseguraba todo lo contrario" [2, p. 489].

### **El rechazo de la cromatografía como resultado de la sinergia de motivos**

El escepticismo o la indiferencia de los colegas con respecto a un nuevo método se expresa solamente cuando éste entra en conflicto con la estructura cognoscitiva. En los casos en los que el método resulta ser tan radical que su aplicación amenaza con el cambio del sistema de los status sociales en la

ciencia, puede producirse una oposición abierta, un conflicto agudo entre el creador del método y el ambiente científico.

El método es el componente clave de la tecnología de investigación. Cualquier trabajador se identifica a sí mismo, en una u otra medida, con una tecnología determinada. Esto se nota especialmente entre los que han creado dicha tecnología o han logrado una maestría particular en su utilización. Tales personas se hacen *guardianes* de la tecnología en cuestión, ya que su sustitución les quita una parte, a veces considerable, de su prestigio social. Así, sucede que los intentos de introducir una nueva tecnología chocan a menudo con la resistencia de las personas que previamente habían ganado fama de innovadores en este campo. Se trata de una resistencia condicionada, en gran medida, por razones de carácter social. Este tipo de conflicto puede cobrar formas muy radicales cuando la introducción del nuevo método obliga a revisar los importantes resultados, de tal manera que esta revisión implica una amenaza al estatus social de la cúpula de la comunidad científica. Si se combinan los motivos cognoscitivos y los motivos sociales, la resistencia a los nuevos métodos adquiere una nueva calidad.

Como en otros casos de combinación de factores, un resultado que parece irracional se debe a la *sinergia* de los factores, a pesar de que algunos de ellos pueden parecer insignificantes en sí y perderse de vista. Consideraremos tal sistema de interacción sinérgica de móviles en la resistencia a la cromatografía, uno de los métodos más importantes que han determinado el desarrollo de todo un complejo de disciplinas en la ciencia moderna. Con fines analíticos vamos a dividir todo el complejo de razones por las cuales fue rechazada la cromatografía, en razones de índole *cognoscitiva*, *social* y *psicológica*, recordando, sin embargo, la posibilidad de que éstas se amplifiquen mutuamente en caso de interacción sinérgica.

Razonando lógicamente, es posible explicar las dificultades cognoscitivas de asimilación del nuevo método de experimento por dos causas. En primer lugar, porque el método se *adelanta* demasiado a su tiempo, de tal forma que no se siente la demanda y es difícil relacionar el método con las tareas importantes en el momento dado. En segundo lugar, porque el método se basa en una teoría compleja con la que no están familiarizados los miembros de la comunidad científica. ¿Actuaban estas razones en caso de la cromatografía? Por lo visto, no actuaban o lo hacían en muy pequeña medida. Aunque Tzvet se adelantó a la comunidad científica de su tiempo en química orgánica, no se separó de ella, ya que las tareas que se resolvían por medio de la cromatografía ya se consideraban importantes y accesibles en aquel momento. El hecho mismo de que su discusión con los químicos eminentes estuviera relacionada con los resultados y no con el método lo demuestra. El propio Tzvet veía

claramente el agotamiento del recurso de los viejos métodos con respecto a los nuevos objetos de estudio<sup>4</sup>.

La introducción de la cromatografía tampoco exigía la asimilación de una teoría compleja, nueva para los químicos, ya que el fenómeno de la separación se explicaba por el fenómeno de adsorción, sobradamente conocido. De esta manera, la resistencia al método no estaba condicionada por la lógica, sino causada por la tendencia a conservar la vieja estructura cognoscitiva y a protegerla del efecto transformador radical.

No obstante, todo el curso de la discusión demuestra que el asunto no consistió sólo en el método. Para la estructura cognoscitiva de la química de aquel entonces el peligro consistía precisamente en el complejo íntegro constituido por el *método* y los *resultados nuevos* logrados por medio de éste. Este complejo ya constituía un programa de investigación determinado que entraba en conflicto con el orden cognoscitivo existente y lo destruía. Según las palabras de T. Robinson,

"los químicos no estaban dispuestos a observar cómo sus concepciones más queridas se derrumbaban bajo el efecto de los datos que habían sido obtenidos con métodos químicos no establecidos" [2, p. 489].

Tzvet demostraba la eficacia de la cromatografía a través de la obtención de nuevos resultados que no podían ser concordados con los datos comúnmente aceptados. Esto ponía en peligro el status de los trabajos anteriores y de sus autores. Los nuevos datos estaban relacionados ante todo con los criterios de identidad y de invariabilidad de los pigmentos que se estudiaban, es decir, con los criterios en que se basaban los mismos conceptos de partida. Al separar la clorofila verde en gran número de pigmentos de diferentes colores (que en conjunto daban el color verde), Tzvet se vio obligado a denominarla *sustancia falsamente verde que existe sólo en la imaginación de muchos científicos* [5, p. 64], *la clorofila pura mítica o legendaria clorofila verde* [5, p. 160]. De esta manera, Tzvet ponía en duda todo el programa de investigación que definía el estudio contemporáneo de la clorofila, el programa cuyos ideólogos y realizadores eran los químicos más eminentes de aquel entonces.

L. Etre, especialista conocido en cromatografía y en la historia de este método, ha indicado directamente las razones sociales de la oposición al método:

"Tzvet demostraba resultados que, si hubieran sido reconocidos como correctos, hubieran significado que los científicos occidentales más notables de su tiempo tenían una concepción errónea de los pigmentos naturales... Hablando en

términos sencillos, Tzvet 'pisaba el callo querido' de muchos e importantes químicos del *establishment* científico occidental" [2, p. 488].

De este modo, podemos suponer que fueron precisamente los *resultados* de Tzvet los que molestaron en gran manera a los químicos de renombre y que para ellos el descrédito de Tzvet fue, ante todo, el medio de defensa de sus posiciones. Como los factores sociales se entrelazaban estrechamente con los cognoscitivos, sería muy atrevido sospechar que este medio se usara deliberadamente. Para el historiador, aparentemente, es preferible partir de la *presunción de sinceridad* de ambas partes del conflicto, si no hay datos seguros que demuestren lo contrario. Sin embargo, no sería superfluo mencionar que Willstätter rechazó la cromatografía, pero seguidamente encargó de modo privado la traducción del libro de Tzvet, editado en ruso en 1910. Posteriormente él mismo entregó esta traducción a su discípulo R. Kuhn.

Es indudable que en el conflicto con Tzvet desempeñaron también su papel los aspectos psicológicos. A veces éstos se llegan a presentar en un primer plano. Por supuesto, el comportamiento del innovador y su habilidad para suavizar el golpe inevitable contra el orgullo de los colegas tienen gran importancia en la recepción de la innovación. Igualmente importantes son las características socioculturales de la comunidad y su capacidad de interpretar correctamente los matices psicológicos de las declaraciones del autor de la innovación.

Según cuanto sabemos por la biografía de Tzvet [6], era un hombre delicado y fino, ajeno a toda agresividad y arrogancia. Sus escritos hablan por él. Tal vez su estilo no sea lo suficientemente seco y *académico*, pero en ellos no hay sombra del deseo de *pisar el callo* al oponente por el fervor polémico. Tampoco hay ni pizca de narcisismo herido: Tzvet estaba seguro de la capacidad cognoscitiva de su método y tenía toda la razón para estar orgulloso de su maestría experimental. Por otra parte, a los autores con los que discutía Tzvet no les hacía ninguna falta sentirse heridos psicológicamente. Si sucedió así, fue porque las observaciones críticas del *estimable botánico* se hipertrofiaron en la percepción de sus oponentes debido a los factores cognoscitivos y sociales mencionados anteriormente.

¿Qué demuestra la historia de la recepción del método cromatográfico por la comunidad científica de químicos? Ante todo, que la creación de un nuevo método de experimento representa una variedad de innovación científico-técnica. Lo específico de esta innovación es que se realiza en un medio muy particular, en las investigaciones científicas. Pero como cualquier innovación, necesita vencer la resistencia del medio más o menos fuerte. La historia de esta innovación concreta nos lleva a mencionar las concepciones difundidas en

la sociología de la ciencia, según las cuales el medio científico sólo se opone con fuerza a nuevas teorías, pero el método penetra en la estructura cognoscitiva y ésta lo asimila fácilmente. Así, Norman Storer escribe:

"En lo que respecta a la metodología y a la técnica de investigación, el flujo del conocimiento de una disciplina a otra es bastante fluido y no está acompañado de especiales dificultades... La lista de los casos en los que la tecnología de investigación desarrollada en una disciplina es asimilada en otras, es interminable. Posiblemente, ésta es precisamente la forma principal de colaboración interdisciplinaria, ya que en este nivel la transmisión de la información tropieza con menor número de obstáculos. Ante todo, el beneficio producido gracias a la asimilación del nuevo método desde el punto de vista de la recopilación de datos suele ser evidente, lo que no se puede decir de la asimilación de un concepto teórico perteneciente a otra disciplina... La utilización de una tecnología de investigación nueva no obliga al científico necesariamente a escribir sobre cosas que se encuentran fuera del marco de fenómenos que se discuten por sus colegas. En este sentido, el científico puede admitir que el fin justifica los medios" [11, p. 92-93].

Por lo visto, el asunto no es tan sencillo y consiste no tanto en el tipo de nuevos elementos cognoscitivos (teoría o método) como en el grado en que éstos ejercen una acción transformadora sobre la vieja estructura cognoscitiva.

La historia de las grandes innovaciones metodológicas en la ciencia, semejantes a la creación de la cromatografía, aporta a los científicos un importante material con el que reflexionar sobre el desarrollo de sus propias áreas de investigación. Los móviles que empujan al científico a oponerse a las innovaciones en su área pueden entrar en la interacción sinérgica y así proporcionar a la resistencia una fuerza que excede en mucho los límites razonables. El conocimiento de la estructura de estos móviles se logra con la ayuda de la historia de la ciencia, que permite así al científico que es capaz de reflexionar, neutralizar la sinergia mencionada y tomar decisiones más adecuadas.

## NOTAS

1 El nombre del método se debe a que primeramente éste fue aplicado al análisis de productos coloreados. Al separarlos, Tzvet observaba lo que él llamó *cromatogramas*. Así, Tzvet eternizó sutilmente su nombre, pues en ruso la palabra *tzvet* significa "color" (*cromo*).

2 Esta historia se ha repetido casi literalmente muchos años después. Estudiando el proceso de fijación de la insulina sobre la superficie de la célula que contiene receptores de esta hormona, P. Cuatrecasas vio en esto el prototipo de la cromatografía por afinidad.

3 El pionero de cromatografía Zechmeister recuerda: "Evidentemente, este método fue tan original que se encontraba fuera de los límites dentro de los cuales se habían acostumbrado a trabajar los químicos" [4].

4 Tzvet escribía: "Lamentablemente, el método constituye en muchos casos el punto más débil de las investigaciones científicas. Cada generación hereda, como lo hacen los escolares, los métodos de la generación anterior en su núcleo principal y acepta que éstos son "comúnmente admitidos", los usa para obtener nuevos resultados que se reconocen por los contemporáneos y luego, frecuentemente, pierden todo el significado... En la cuestión de los cromófilos el siglo XIX nos dejó en herencia no un sistema orgánico y racional de procedimientos que merezca el nombre de método científico, sino sólo varias técnicas aisladas, en su mayoría casualmente elaboradas y poco o nada verificadas en cuanto a su principio y eficacia" [5].

## BIBLIOGRAFIA

1 KARA-MURZA, S. (1989) *Tecnología de las investigaciones científicas*. Moscú, Nauka. (en ruso).

2 ETTRE, L.S. (ed.) (1979) *75 years of chromatography: historical dialogue*. Amsterdam.

3 ETTRE, L.S., HORVATH, C. (1975) "Foundations of modern liquid chromatography". - *Anal. Chem*, 47, 422A.

4 ZECHMEISTER, L. (1949) "Historia, campos de aplicación y métodos de cromatografía". En: *Cromatografía*. Moscú.

5 TZVET, M.S. (1946) *Química de la clorofila y el análisis cromatográfico por adsorción*. Moscú. (en ruso).

6 SENCHENKOVA, E.M. (1973) *Mikhail Semenovich Tzvet*. Moscú, Nauka.

7 IHDE, A. J. (1984) *The development of modern chemistry*. New York; Dover.

8 KARA-MURZA, S. (1981) "Dynamics of dissemination in the case of affinity chromatography". - *J. Chromatography*. No. 2.

9 PALMER, L.S. (1922) *Carotenoids and related pigments*. Nueva York, American chemical Society.

10 KUHN, R., WINTERSTEIN, A. LEDERER, E. (1931) "Zur Kenntnis der Xanthophylle". - *Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chemie*. Vol. 197.

11 STORER, N. (1980) "Relaciones entre las disciplinas científicas". En: *Actividad científica: estructura e instituciones*. Moscú, Progreso.