

Una entrevista con Alfred Werner. El fundador de la química de coordinación

José Antonio Guevara García*
y Enrique González Vergara*

La mañana despierta bajo el gris y frío cielo de Zurich y los estudiantes se apresuran a su destino. Hoy es un día como otro de 1914 y estamos en el *campus* de la Universidad de Zurich frente al nuevo edificio del Instituto de Química. Una regia estructura que refleja en sus líneas la fuerza, sencillez y armonía del carácter de su inspirador, el Dr. Alfred Werner, a quien nos disponemos a ver.

Alfred Werner, el indiscutible fundador y sistematizador de la química de coordinación, dedicó su carrera científica entera en amasar la evidencia experimental necesaria para probar la validez de su teoría de coordinación, la cual dio luz en 1893 cuando contaba, con sólo 26 años. De genio impulsivo e intuitivo, desechó desde sus primeros trabajos la doctrina de valencia constante que imperaba en su tiempo e impulsó nuevas ideas tanto en el campo de la química orgánica como en la química inorgánica. En este último, sus trabajos sobre metal-aminas, hidratos y sales dobles¹ establecieron los principios de la química inorgánica estructural moderna. Fue, además, el primero en demostrar que la estereoquímica es un fenómeno general que no se restringe a los compuestos orgánicos. En 1913 recibió el Premio Nobel en química por "...su trabajo sobre el enlaza-

miento de los átomos en las moléculas, por medio del cual ha lanzado nueva luz sobre viejos problemas y abierto nuevos campos de investigación, particularmente en química inorgánica...". El profesor Werner formó durante su prolífica carrera a 204 doctores en química y su teoría de coordinación se enseña tal cual en los cursos normales de Química Inorgánica regulares. Sus conceptos y opiniones revisten tanta importancia en el pasado como en nuestro tiempo por lo que los autores realizamos un largo viaje para poder recabarlos.

Apenas entramos en la oficina y nos sorprende el orden y la pulcritud que hay en ella, salpicada de detalles de trabajo. Nuestra apreciación se detiene de súbito en los ojos verde-grisáceos del Profesor Werner, quien al ponerse de pie revela la figura de un hombre de estatura mediana, pelo canoso, mostacho abundante, bastante gordo, y en su cara y en sus manos se reflejan los estragos de la arterioesclerosis. Sin embargo, su carácter es bonachón y en sus labios hay una sonrisa complaciente.

– Pasen Uds. caballeros y por favor tomen asiento, disculpen que sólo tenga un poco de tiempo para atenderlos antes de la siguiente clase.

– Profesor Werner, ¿dónde nació Ud.?

– Nací el 12 de diciembre de 1866 en un pueblito de Francia

llamado Mulhouse, en la región de Alsacia. Durante mi infancia Alsacia fue anexada a Alemania. En mi familia había clérigos y granjeros, pero yo me decidí por la carrera de la química.

– Profesor Werner, ¿Cuándo nació su vocación por la química?

– Sucedió cuando era un niño, desde el principio me llamó la atención la síntesis orgánica y comencé a experimentar en casa, hasta que una de mis explosiones arruinó una de las recámaras [sonríe] y entonces improvisé un laboratorio en el granero con el dinero que ganaba en pequeños trabajos. Durante mi adolescencia acumulé una gran cantidad de notas sobre química. Mi primer artículo versaba sobre la estructura del ácido úrico y lo escribí a los diez y ocho años.

– Profesor Werner, ¿podría relatararnos su trayectoria?

– Después de mi primer artículo comencé mi año de servicio militar, y, mientras estuve estacionado en Karlsruhe, Alemania, asistí a cátedras de química orgánica en el *Technische Hochschule* [Escuela Superior Técnica]. En 1886, comencé mis estudios formales en el *Eidgenössisches Polytechnikum*, [Instituto Politécnico Federal] en Zurich, Suiza. Obtuve el grado de químico técnico en 1889 y el doctorado en 1890 con la disertación "Ueber räumliche Anordnung der Atome in stichstoffhaltigen Molekülen" [Sobre el arreglo espacial de átomos en moléculas que contienen

* Maestría en Química, Departamento de Química-ICUAP.

Mitteilungen.

435. A. Werner: Zur Kenntnis des asymmetrischen Kobaltatoms XII. Über optische Aktivität bei kohlenstofffreien Verbindungen.

(Eingegangen am 13. November 1914.)

Durch die früheren Untersuchungen über optisch-aktive, anorganische Verbindungen ist festgestellt worden, daß Verbindungen $[Me\Delta_2]X_n$, in denen A ein koordinativ zweiwertiges Radikal ist (Äthylendiamin, Dipyridyl usw.) in Spiegelbildformen auftreten. Die komplexen Radikale dieser Verbindungen können durch folgende Konfigurationsformeln wiedergegeben werden:

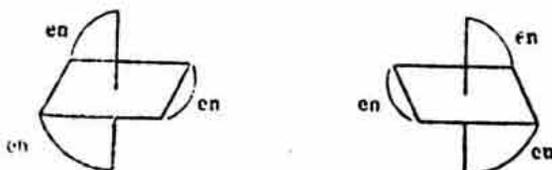


Foto del histórico artículo de A. Werner publicado en la revista alemana *Berichte*, número de noviembre de 1914.

nitrógeno]. Realizé entonces el *Habilitationsschrift* [un artículo de investigación original que es necesario para iniciar una carrera académica] titulado "Beiträge zur Theorie der Affinität und Valenz" [Contribuciones a la Teoría de Afinidad y Valencia], lo que me permitió, en 1892, convertirme en *Privat-Dozent* [grado intermedio entre doctor y profesor]. Al año siguiente, gracias a la publicación de la teoría de coordinación, fui llamado por la Universidad de Zurich para ocupar el puesto de *Professor* [Profesor]. Entonces adquirí la nacionalidad suiza al casarme con una dama de Zurich y me establecí aquí.

– Su formación fue eminentemente en química orgánica, ¿por qué se interesó Ud. en la química inorgánica?

– Lo que en realidad me ha interesado siempre es el problema de la afinidad y la valencia. Primeramente, en mi disertación doctoral, extendí al átomo de nitrógeno las consideraciones que sobre el isomerismo espacial, Van't Hoff había realizado con el átomo de carbono, sugiriendo también que podrían extenderse a otros átomos polivalentes. Luego, en el *Habilitationss-*

chrift, descarté definitivamente el concepto de Kekulé que consideraba a la valencia como una fuerza direccional estática expresada en un número de unidades fijas, estableciendo que la valencia es una fuerza que actúa igualmente desde el centro del átomo hacia toda su superficie esférica y cuyas unidades pueden variar en número y en intensidad. Aunque este trabajo abarcó únicamente compuestos orgánicos, estableció las bases



Alfred Werner, alrededor de 1893.

para la teoría de coordinación que vendría después.

Aún después de mi trabajo sobre la teoría de coordinación y de los primeros artículos sobre sales metal-amoniaco² estuve intentando regresar al trabajo en química orgánica, pero finalmente me decidí. La química inorgánica se presentó ante mí con tantos problemas cuya solución me era tan atractiva que definitivamente tomé la senda en la dirección inorgánica. Sin embargo, mi punto de vista es que no existe una diferencia fundamental entre compuestos orgánicos e inorgánicos.

– ¿Por que se interesó en el estudio de las sales metal-amoniaco?

– Las primeras observaciones de sales metal-amoniaco sucedieron a finales del siglo XVIII, y no es sorprendente que la imagen sobre la constitución de estos compuestos, que siguen el desarrollo de la teoría química, haya sufrido muchos cambios con el tiempo. Hasta antes de mi trabajo, los químicos se encontraban forzados a suponer cadenas nitrógeno-hidrógeno copiadas de las cadenas de hidrocarburos, o a concebir estos compuestos como "moleculares", sustituyendo un concepto confuso por una palabra bonita. Era inadmisibles entonces clasificar estas sales de acuerdo a su estabilidad, en las que las estables recibían fórmulas constitucionales atomistas y las inestables las llamadas fórmulas moleculares; debíamos buscar otro principio de clasificación buscado en ciertas características de estas sustancias, lo cual se encontró en forma sencilla con el concepto de número de coordinación. Entonces, la idea de que un átomo metálico pudiera agrupar a su alrededor y directamente unidos a él, seis moléculas de agua, o seis moléculas de amoniaco, o seis residuos monovalentes facilitó la conexión entre compuestos aparentemente muy diferentes [metalaminas, sales dobles e hidratos] y explicó sus series de transición [transición no se refiere a metales sino a sustitución secuencial

de una molécula por otra] en forma sencilla.

– **¿Quisiera explicarnos en forma breve en qué consiste la teoría de coordinación?**

– Los principios fundamentales pueden resumirse como sigue:

1. Los metales poseen dos tipos de valencia: Primaria o iónica y auxiliar [secundaria] o no-iónica [enlace covalente coordinado].

2. Cada metal tiene un número fijo de valencias auxiliares [secundarias], ya sea cuatro o seis [hoy en día se conocen muchos más números de coordinación].

3. Las valencias primarias se satisfacen por los iones, mientras que las valencias auxiliares [secundarias] pueden llenarse con aniones o con moléculas neutras. En cada caso el número de coordinación del metal debe completarse.

4. Las valencias auxiliares [secundarias] se dirigen espacialmente alrededor del ion metálico central. Un número de coordinación de cuatro requiere de una configuración tetraédrica o cuadrado plano, mientras que un número de coordinación de seis se dirige hacia los vértices de un octaedro regular. Este postulado fue el más difícil de probar. No fue hasta este año [1914] que finalmente se consiguió la resolución de un compuesto puramente inorgánico [este fue el bromuro de tris(tetraamino- μ -hidroxocobaltato(III)) de cobalto (III)]

– **Profesor Wener, ¿podría explicarnos brevemente en qué consiste el número de coordinación?**

– Por número de coordinación de un átomo entendemos el número que indica cuantos otros átomos pueden enlazarse con el primero directamente. La unión de los átomos en la molécula en cuestión parece en muchos aspectos ser independiente de los números de valencia; esto se muestra claramente por el hecho de que los átomos que parecen estar completamente saturados de acuerdo con su número de valencia pueden todavía entrar en la constitución de compuestos adi-



Edificio que ocupa el Instituto de Química de la Universidad de Zurich.

cionales. Esto puede ilustrarse mejor con un ejemplo:

Un átomo de hierro se combina con otros tres átomos de cloro para formar el compuesto FeCl_3 , y con esta reacción la habilidad enlazadora esperada de acuerdo al número de valencia del hierro se agota. Sin embargo, el cloruro férrico se combina con el cloruro de potasio para formar el compuesto $\text{FeCl}_3 \cdot 3\text{KCl}$, con cloruro de amonio para formar $\text{FeCl}_3 \cdot 3\text{NH}_4\text{Cl}$, y así otros. Asumamos que en estos compuestos la unión de las moléculas individuales es causada por el hecho de que el átomo de hierro, aún después de la saturación de sus tres valencias, todavía posee la capacidad de enlazarse con tres radicales negativos adicionales. Se supone entonces que en los compuestos anteriores los seis átomos de cloro están enlazados al átomo de hierro encontrándose presente el anión $[\text{FeCl}_6]^{3-}$. La existencia de este anión se explica por la propiedad que tiene el hierro de poder unirse a seis átomos; esto es, que en este compuesto el hierro posee un número de coordinación de seis.

Apenas acaba la última frase y el Profesor Werner consulta su reloj de cadena, levanta la vista y se despide amigablemente de nosotros. Hubiéramos deseado platicar un poco más con él, pero decididamente es un personaje muy ocupado, así que nos conformamos esperando tener otra oportunidad de realizar un viaje semejante.

La teoría de coordinación y su demostración experimental hicieron al Dr. Werner merecedor del premio Nobel de química en 1913. A casi un siglo de la elaboración de esta teoría, sus aplicaciones son tan extensas que sin duda han contribuido al establecimiento de teorías actuales para explicar la naturaleza de todas las sustancias y contribuirán en el futuro a la síntesis de materiales con propiedades todavía insospechadas.

Notas

¹ Ejemplos de sales metal - amoniaco, sales dobles e hidratos son, respectivamente, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{NH}_3$, $4\text{KCN} \cdot \text{Fe}(\text{CN})_2$ y $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, que después de Werner fueron formulados como $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ y $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$ respectivamente.

² Por sales metal-amoniaco se comprende a los compuestos que son formados a partir de amoniaco y una sal de metal de transición en la misma forma en que el cloruro de amonio es formado por la reacción entre el cloruro de hidrógeno y el amoniaco.

Lecturas recomendadas

1. Classics in Coordination Chemistry. The Selected Papers of Alfred Werner. George B. Kauffman. Dover Publications Inc. 1968.

2. Werner Centennial. Robert F. Gould, editor. American Chemical Society Publications. 1967.

El presente trabajo es una adaptación de la tesina histórica "Alfred Werner: su Vida y Epoca", que como parte de los requisitos para obtener el grado de Maestría en Ciencias (Química) presentó el estudiante José Antonio Guevara García, bajo la asesoría del Dr. Enrique González Vergara.