

De matrioshkas a matraces: Aportaciones de Elena Klimova a la ciencia del ferroceno en México

Diana Laura Mata López¹, Erick López Miranda², David García Bassoco³

En la actualidad existe un gran interés en el desarrollo de materiales y compuestos más eficientes, cuyo abanico de aplicaciones puede abarcar desde el desarrollo de baterías eficientes y duraderas y hasta el tratamiento de padecimientos crónicos. Bajo este enfoque, la investigación de compuestos como el ferroceno, es de las más importantes a nivel mundial dada su notable versatilidad en un amplio abanico de aplicaciones tecnológicas. En este campo destacan los aportes de la Dra. Elena I. Klimova[†], cuya investigación científica contribuyó a la consolidación de la química del ferroceno en México.

Actualmente en México existen varios grupos de investigación con relevancia mundial sobre la investigación del ferroceno; siendo el grupo de la Dra. Klimova (1938, URSS – 2024, México) el de mayor trayectoria. La Dra. Klimova comenzó su aporte a la ciencia mexicana en la década de los 90's con su llegada a la H. Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), donde incorporada al Sistema de Cátedras Patrimoniales por el CONAHCYT desde 1996, véase su línea del tiempo en la **ilustración 1**.



Ilustración 1: Línea del tiempo de la Dra. Elena I. Klimova.

Siendo una investigadora consolidada en la URSS, continuó en México desarrollando su amor por la química orgánica y enseñando a alumnos desde licenciatura hasta doctorado. La Dra. Klimova realizó su mayor aporte a la química orgánica en el 2003, al sintetizar un

nuevo compuesto precursor de moléculas con posible actividad biológica, éste ha sido utilizado ampliamente a nivel mundial en la investigación de nuevos fármacos anticancerígenos.

El grupo de la Dra. Klimova incursionó en el campo farmacéutico al desarrollar múltiples compuestos enfocados en la lucha contra el cáncer, cubriendo una gama importante de tipos como cáncer de sangre, mama, próstata, cerebro y pulmón; teniendo mejores resultados en comparación con el tratamiento regular actual para estos tipos de cáncer, el cisplatino. La Dra. Klimova, cuyo deceso ocurrió en mayo de este año, fue un referente importante para la investigación de ferroceno y su amor por la docencia ha inspirado a jóvenes investigadores de diferentes países (Rusia, Afganistán y México en los que impartió cátedra) a desarrollarse en la investigación del ferroceno, su producción científica se resume brevemente en la **Ilustración 2**.



Ilustración 2: Principales logros profesionales de la Dra. Klimova en México.

La química del ferroceno vio la luz en la década de los 50's, cuando Pauson y Kealy sintetizaron esta interesante molécula, pieza clave para comenzar una nueva rama de la química: la química organometálica (Véase **ilustración 3**). La innovación de esta molécula es su forma de tipo *sándwich*, que le

confiere propiedades con repercusión en muchas áreas, entre los que se destacan los sensores para pacientes diabéticos, fármacos, polímeros para dispositivos electrónicos y electrolitos en baterías.

Entre todas las aplicaciones del ferroceno y sus derivados, la más interesante hasta la fecha se orienta hacia el diseño de fármacos altamente eficientes, siendo la rama donde se ha estudiado con más profundidad, debido a que ha permitido el desarrollo de medicamentos anticancerígenos, antimaláricos, antifúngicos y desparasitantes. Incluso, algunos de estos medicamentos han sido comercializados y algunos otros se encuentran en pruebas biológicas con seres humanos para determinar su eficiencia, siendo la ferroquina el compuesto más destacado por su efecto antimalárico.

En la actualidad, la investigación del ferroceno todavía no cesa debido a la cantidad de materiales y fármacos que son accesibles a partir del mismo, así como la versatilidad de sus posibles aplicaciones, teniendo así una presencia importante en las Universidades más importantes del mundo.

Por otro lado, se encuentran diferentes patentes de ferroceno asociadas con aditivos de combustible, como Dyno-Tab, Ferrox, FPC, Oduvanchik, entre otras, que han sido lanzadas al mercado, que sirven como agentes antidetonantes en motores de combustión de autos.

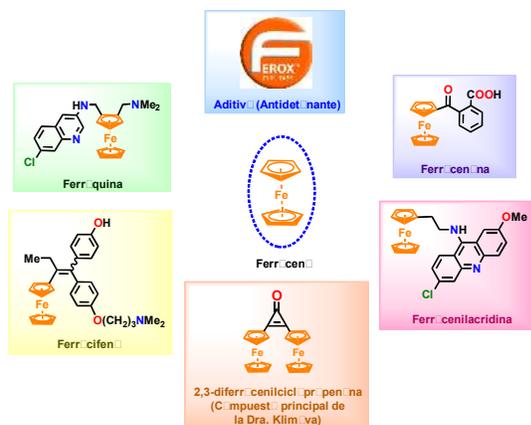


Ilustración 3: Principales compuestos con ferroceno.

Por todo lo anterior se proyecta que, en los siguientes años, el estudio de compuestos derivados del ferroceno incrementa, ya que son una excelente alternativa con gran repercusión en áreas diversas que abarcan desde el almacenamiento de energía hasta el desarrollo de nuevos agentes farmacológicos, en la **Ilustración 3** se pueden observar los derivados de ferroceno de mayor importancia, incluyendo la 2,3-diferrocenilciclopropenona, aportación de la Dra. Klimova para la síntesis de nuevos compuestos como posibles anticancerígenos.

En conclusión, la Dra. Klimova fue una investigadora ejemplar, reconocida y admirada tanto por sus colegas como por sus alumnos, debido a sus grandes aportaciones a la química del ferroceno. Su historia de vida trasciende e inspira a otras generaciones demostrando que con tenacidad y disciplina podemos desarrollarnos en la profesión científica, siendo un pilar en la rama donde se encuentre nuestra vocación.

Palabras clave: Elena Klimova, Ferroceno.

¹Diana Laura Mata López: Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, C.P. 04510.

²Erick López Miranda: Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la Investigación Científica, Ciudad Universitaria, C.P.

³David García Bass: Instituto de Investigación en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la Investigación Científica, Ciudad Universitaria, C.P. 04510.

Referencias bibliográficas

- Astruc, D. (2017). Why is Ferrocene so Exceptional? *European Journal of Inorganic Chemistry*, 2017(1), 6–29. <https://doi.org/10.1002/ejic.201600983>
- Wang, R., Chen, H., Yan, W., Zheng, M., Zhang, T., & Zhang, Y. (2020). Ferrocene-containing hybrids as potential anticancer agents: Current developments, mechanisms of action and structure-activity relationships. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 190, 112109. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2020.112109>
- Klimova, E. I., Berestneva, T. K., Ramirez, L., Cinquantini, A., Corsini, M., Zanello, P., Hernández-Ortega, S. & García, M. M. (2003). 2,3-Diferrocenylcyclopropenone: Synthesis, Structure, and Some Chemical and Electrochemical Properties. *European Journal of Organic Chemistry*. 2003(21): 4265-4272. <https://doi.org/10.1002/ejoc.200300318>