

LAS MUJERES EN LA

QUÍMICA

Virginia Flores-Morales

Laboratorio de Síntesis Asimétrica y Bioenergética (LSAyB), Ingeniería
Química (UACQ), Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus XXI Km
6 Carr. Zac-Gdl, 98160 Zacatecas, México; virginia.flores@uaz.edu.mx

Contexto



Cite este artículo así: APA: Flores-Morales, V. (2022). LAS MUJERES EN LA QUÍMICA. Quimiofilia, 25, 5-13 ACS: Flores-Morales, V. A. LAS MUJERES EN LA QUÍMICA. Quimiofilia, 2022, 25, 5-13 .

DOI: <https://doi.org/10.56604/qfla202225MUJQUIM513> Recibido: febrero 27, 2022. Aceptado: marzo 10, 2022. Publicado: marzo 28, 2022.

www.quimiofilia.com ISSN: 2683-2364 Registro IMPI: 2052060 QUIMIOFILIA Reserva de derechos al uso exclusivo 2022: 04-2019-062013201300-203 www.quimiofilia.com ISSN:2683-2364 RegistroIMPI:2052060QUIMIOFILIA

RESUMEN: El mundo de la química es contrastante. Por un lado, nos proporciona una cantidad de ejemplos maravillosos de lo que puede lograr, y por otro, nos desanima de su estudio con tantas reglas y modelos a seguir. Pero sin duda, el mundo no sería lo que es sin las aportaciones de esta área de la ciencia. En la historia de la química, las mujeres han tenido un papel fundamental, en la mayoría de los casos no reconocido. Han tenido que afrontar obstáculos con valentía, coraje y pasión, y merecen que la historia grabe sus nombres para ser reconocidas y recordadas y que sirvan de inspiración para las futuras generaciones.

PALABRAS CLAVE: química, orgánica, bioquímica, mujeres, ciencia.

Hace algunos años, leí que la química suele verse como la menos atractiva de las ciencias y se le considera menos relevante que la biología y menos interesante que la física. Recordé que en varias ocasiones me habían hecho referencia a que mi “trabajo apesta” y en efecto, a la mayoría de los químicos nos gusta jugar en el laboratorio con sustancias apestosas y tomar café (lo cual a veces no es una buena combinación). También recordé que a algunas personas no les gusta la química porque tienen que aprender muchas reglas; para escribir estructuras, para nombrar moléculas, lo cual la hace aburrida y sin mayor emoción. Esta mala imagen que tiene la química hace que dejemos de fijarnos en las cosas más importantes y atractivas como el hecho de que la química se encuentra en casi todo. Toda la materia que está presente en nuestro planeta está constituida por átomos, que a su vez forman moléculas, cuyas reacciones son las responsables de sustentar nuestra vida y proporcionarnos bienes que nos dan comodidad; desde alimentos y medicamen-

tos (incluyendo vacunas), enseres para el aseo personal y doméstico, la mayor parte de nuestra ropa y calzado, materiales basados en nanotecnología, impresiones 3D y músculos artificiales, combustibles del futuro y por supuesto cerveza y vino.

Afortunadamente, y pese a su mala imagen, muchas personas han estudiado química y han encontrado la parte interesante y emocionante de ella; lo cual ha generado aportaciones realmente valiosas en muchos ámbitos: desde los modelos atómicos y descubrimiento de elementos, la descripción de reglas para la nomenclatura y estereoquímica, la elucidación de estructuras químicas, el desarrollo de metodologías y catalizadores, entre otros. Este conocimiento ha permitido la obtención de una gran cantidad de materiales que han hecho nuestra vida más placentera y cómoda. Sin embargo, cuando pensamos en los personajes que han hecho posible que la química sea un área fundamental y reconocida por sus aportaciones, vienen a nuestra mente una serie de nombres tales

como: Antoine Lavoisier, John Dalton, Amadeo Avogadro, Jöns J. Berzelius, Dmitri Mendeleev, Alfred Nobel y Linus Pauling por mencionar algunos, dado que la lista sería sumamente extensa. Pero y ¿qué pasa con las mujeres?, quizás de forma automática podemos mencionar a *Marie Curie* y a *Rosalind Franklin*, quizás después de varios minutos podamos recordar a *Dorothy Hodgkin* y *Kathleen Lonsdale*.

La vida profesional y personal de *Maria Salomea Skłodowska-Curie* ha sido abordada en numerosos documentales,¹ retomada en películas² y en biografías,³ novelas⁴ y obras de teatro,⁵ poniendo de manifiesto la brillantez de su mente y lo compleja que fue su vida. De *Rosalind Franklin* existen algunos artículos y algunas biografías,⁶⁻⁸ que sin duda han servido de inspiración a varias generaciones de científicas.

Pero entonces, la química tiene muy poca atención de mujeres o en realidad, así como lo ha puesto de manifiesto el llamado *Efecto Matilda*, existe un prejuicio en contra de reconocer los logros de las mujeres científicas, cuyo trabajo a menudo se atribuye a un hombre. Este fenómeno fue descrito por primera vez por *Matilda Joselyn Gage* en su ensayo *Mujer Como una Inventora*,⁹ el término fue acuñado en 1993 y actualmente a nivel mundial hay un importante apoyo para hacer visible el trabajo y las aportaciones de mujeres que fueron opacadas o despojadas del reconocimiento por su labor o sus inventos.

Sin embargo, este fenómeno no es el único que ha arrebatado la visibilidad de las mujeres en la ciencia y en particular en la química. La discriminación por género, y en algunos casos racial, se puso de manifiesto en un documental, *Picture a Scientist*, que ha sido difundido y analizado por numerosas universidades y galardonado en festivales, el cual muestra de forma contundente y dura el día a día de muchas mujeres en su lucha por ser reconocidas y cerrar la brecha de género y alcanzar la equidad.¹⁰

Los factores, circunstancias y razones por las cuales las mujeres son opacadas en su labor en todos los ámbitos, (no únicamente en la ciencia) son diversas y complejas, y se analizan año con año por el *Foro Económico Mundial* desde el 2006. El informe sobre la brecha de género 2021 establece que las mujeres tendremos que esperar otra generación para lograr la paridad global entre hombres y mujeres, ya que en el reporte del 2020 requeríamos 99.5 años y para el 2021 ha aumentado a 135.6 años. Para llegar a establecer esta cifra se evalúan cuatro dimensiones de participación de la mujer: a) la económica y oportunidad, b) logro educativo, c) salud y supervivencia y d) empoderamiento político. Sin duda, la pandemia ha contribuido a ampliar esta brecha entre los géneros y pone de manifiesto que las consecuencias económicas y sociales de la pandemia han afectado más a las mujeres que a los hombres, ya que los datos analizados de 156 países muestran que el 5% de las mujeres

empleadas en todo el mundo perdieron su empleo, en comparación de un 3.9% para los hombres.¹¹

Ante este panorama, resulta alentador que se reconozca el papel crítico que juegan las mujeres en la ciencia y la tecnología. Así desde el 2015, la *Asamblea General de las Naciones Unidas* (ONU) decidió establecer un día para celebrar y promover la participación completa y equitativa de las mujeres y las niñas en estas áreas, estableciendo el 11 de febrero como el *Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia*.¹² A pesar de los esfuerzos institucionales por celebrar y visibilizar la participación de las mujeres en la ciencia y la tecnología, aún falta mucho por hacer. Por ello, va el reconocimiento a las mujeres que han hecho aportaciones valiosas en el ámbito de la QUÍMICA, ya sea en la orgánica, inorgánica, en catálisis, en cristalografía, en la bioquímica, en la farmacia, en la astroquímica y en la industria química, entre otras. Si bien el máximo galardón otorgado en el área de la química es el premio Nobel, desde su instauración en 1901, únicamente han recibido este premio 7 mujeres, siendo *Marie Curie* la primera en 1911 y *Emmanuelle Charpentier* y *Jennifer Doudna* las últimas en 2020. No obstante, existen muchas mujeres que no tienen los mismos reflectores, pero que sin duda todos y cada uno de sus logros son plausibles y se tienen que hacer visibles.

Desde el nacimiento de la química moderna hemos visto descubrimientos en varios aspectos -desde elementos hasta

síntesis de materiales que actualmente pueden tener usos industriales-. Uno de los descubrimientos y experimentos más estudiados fue el que llevó a cabo *Antonie Lavoisier*, considerado el padre de la química; sin embargo, se ha documentado que fue *Marie Anne Pierrette Paulze-Lavoisier* quien encaminó el trabajo de su esposo, ya que gracias a su dominio de latín e inglés pudo traducir textos fundamentales en ese campo. Fue ella quien anotaba las observaciones y protocolos de forma metódica (realizó una bitácora) y fue quien realizó los dibujos, diagramas y esquemas de los diseños experimentales que llevaron al descubrimiento del oxígeno.¹³

En 1856 *Eunice Newton Foote* publicó un trabajo que versaba sobre los primeros datos de que el dióxido de carbono (CO_2) atmosférico podría provocar el calentamiento global.¹⁴ De manera casi inmediata se publicó un artículo más extenso, cuya autoría correspondió a *Elisha Foote* (esposo de Eunice). Los resultados de Eunice se adelantaron tres años a los experimentos realizados por *John Tyndall*, quien es considerado hasta el día de hoy el descubridor del efecto de CO_2 en la atmósfera.

En las áreas de química orgánica e inorgánica, es muy común encontrar nombres de reacciones, y estamos familiarizados con algunos de ellos, ¿cómo olvidar una reacción de Diels-Alder, un reordenamiento de Curtius o la reacción de Grignard o Heck? Sin embargo, pasan desapercibidos para nosotros pensar en quién está detrás de esos nombres; si revisamos uno de los

compendios más completos en este tema,¹⁵ encontraremos alrededor de 3,824 páginas que describen aproximadamente 700 nombres de reacciones y sí, la gran mayoría pertenecen a hombres, quienes lograron inmortalizar su nombre de esta manera. Se conocen cuatro reacciones que llevan el nombre de la mujer que las descubrió y nueve reacciones en las cuales, mujeres, fueron las que las desarrollaron o descubrieron, pero el mérito fue atribuido a un varón; de tal suerte que sus nombres han sido ocultados.¹⁶

Irma Goldberg es la única mujer reconocida de forma inequívoca con su propia reacción: reacción de Goldberg (1906) y con una segunda contribución en conjunto con el grupo de trabajo de Fritz Ullmann: la reacción de Jourdan-Ullmann-Goldberg. *Gertrude Maud Walsh* o *Gertrude Maud Robinson* colaboró en numerosos proyectos con Robert Robinson, cuyo resultado fue su nombre en la reacción Piloty-Robinson (1918) empleada en la síntesis de pirroles. *Cläre Dieckmann* o *Cläre Hunsdiecker* colaboró en la reacción que lleva su nombre: reacción Hunsdiecker (1939), útil en la obtención de halogenuros de alquilo.

Por otro lado, el trabajo intelectual y experimental que desarrolló *Bianka Tchoubar* en su tesis doctoral (1946), culminó en el desarrollo del reordenamiento Tiffeneau-Demjanov, la cual se emplea en la expansión de anillos de alcanos para la producción de cetonas. Tras la publicación de tres artículos de su autoría (1946-1949) y tras

la muerte de Marc Tiffeneau, jefe de laboratorio, no fue posible reconocer su importante participación y lograr la modificación de nombre de la reacción a Tchoubar-Demjanov. *Elizabeth Hardy* fue una estudiante graduada del grupo de investigación de Arthur C. Cope; sus estudios de alquilación de enolatos alílicos condujeron al descubrimiento del reordenamiento de Cope (1940) sin recibir reconocimiento alguno. *Dorothee Felix* obtuvo su doctorado en 1959 desarrollando su trabajo en el grupo de Albert Eschenmoser. El trabajo que Dorothee llevó a cabo durante más de 40 años, fue crucial para entender, descubrir y desarrollar el reordenamiento de Eschenmoser-Claisen (1964) y la fragmentación de Eschenmoser-Tanabe (1967) que permite obtener alquinos y compuestos carbonílicos a partir de α,β -epoxicetonas. *Katharina Gschwend* obtuvo su grado de doctorado en 1965, también en el grupo de Albert Eschenmoser, y se unió al grupo de Conrad Bloch; ella trabajó junto con Dorothee Felix en modificaciones al reordenamiento de Claisen, que llevaron a la propuesta de la reacción de Eschenmoser-Claisen, sin que el nombre de ellas formaran parte del título de esta reacción. *Rosa Lockwood* fue estudiante de posgrado de Kenneth Nicholas, quien estudió la estabilidad de cationes en complejos de cobalto-alquinos, cuya desmetalación oxidativa conduce a un alquino alquilado. Este trabajo constituyó la única publicación de *Rosa Lockwood*; K. Nicholas y sus colaboradores continuaron explorando esta reacción, la cual únicamente lleva el nombre de reacción de Nicholas. *Kuniko Hirata* y *Hiroko*

Saeki se unieron a principio de los años 1970's al grupo de Masaru Yamaguchi y trabajaron en obtener anhídridos mixtos que promovieran su lactonización en presencia de 4-dimetilaminopiridina (DMAP). Estas aportaciones llevaron al desarrollo de reactivos que promoverían la esterificación de ácidos carboxílicos para la síntesis de lactonas macrocíclicas, las cuales son de particular atención en la síntesis de productos naturales; a esta reacción se le conoce como macrolactonización de Yamaguchi (1979). *Kaori Ando* se unió como investigadora posdoctoral al grupo de William Roush en 1986, quien trabajaba en la búsqueda de reactivos nucleofílicos para llevar a cabo reacciones de adición asimétrica a aldehídos. El trabajo de K. Ando se plasmó en tres artículos que culminaron en la reacción de alquilación asimétrica de Roush. *Jennifer Loebach* se unió al grupo de Eric Jacobsen en 1988 y fue la primera estudiante de investigación de licenciatura (pregrado) que se unía a su equipo, el cual estaba explorando catalizadores en reacciones de epoxidación. Una vez concluida esta etapa, continuó con sus estudios de posgrado, en otra universidad, y el equipo de Jacobsen continuó el trabajo que ella que había realizado y plasmado en un artículo. Por otro lado, casi de forma paralela *Keiko Noda*, se unió al grupo de investigación de Tsutomu Katsuki en 1988 e inició la investigación de epoxidaciones asimétricas. Su trabajo condujo a la publicación de tres artículos (1990-1991). Como resultado Katsuki compartió el reconocimiento con Jacobsen publicando la reacción de epoxidación Jacobsen-Katsuki

(1991). *Lydia McKinstry* se unió al grupo de Andrew Myers en 1994 como posdoctorante y trabajó en diversos proyectos, parte de su trabajo llevó a la publicación de la reacción de alquilación asimétrica de Myers (1994).¹⁷ La mayoría de estas mujeres, tras estas experiencias, siguieron trabajando de forma individual generando su propia investigación y grupos de trabajo en diversas universidades o centros de investigación, generando publicaciones y recursos humanos de alta calidad, convirtiéndose en ejemplos e inspiración para muchas otras mujeres en la academia y en la industria (Figura 1).

En la industria química, un territorio masculino por excelencia, también existen mujeres científicas y emprendedoras que destacan por su coraje, ambición y amor por la ciencia. En el área de la bioquímica *Nancy Chang* se convirtió en la mujer de negocios más exitosa en la biotecnología tras la cofundación de la firma biofarmacéutica Tanox (1986), ahora Genentech, una compañía que busca a partir de la ingeniería genómica resolver problemas de salud. *Uma Chowdhry* una mujer destacada en el estudio de sólidos a nivel molecular en el área de la ciencia de materiales, que se convirtió en vicepresidente y directora de ciencia y tecnología de DuPont. *Mildred Cohn* se convirtió en la primera mujer presidenta de la Sociedad Americana de Bioquímica y Biología Molecular y trabajó con cuatro premios Nobel en su carrera. Fue pionera en resonancia magnética nuclear (RMN) en el estudio del comportamiento de enzimas y otras proteínas. *Mary Lowe Good*, fue presidenta de la Sociedad



Figura 1. Memoria de mujeres en la historia de la química.

Americana de Química y subsecretaria de tecnología en los Estados Unidos de América durante la presidencia de Bill Clinton, y pionera en la técnica experimental de espectroscopía Mössbauer. *Kathryn Hach-Darrow*, cofundadora de la compañía Química Hach, su trabajo fue fundamental para que la compañía se erigiera como líder a nivel mundial en procesos de purificación de agua. *Paula Hammond*, es una destacada investigadora del Instituto de Tecnología de Massachusetts y cofundadora de un Instituto de Nanotecnología, centrando su trabajo en el diseño de polímeros y nanopartículas para su aplicación en la administración de alimentos y en el área energética como pilas y baterías. *Sthepanie Kwolek*, ex investigadora asociada a DuPont e inventora de Kevlar® (poliparafenileno tereftalamida) una fibra de alta resistencia que se utiliza actualmente en la elaboración de chalecos antibala livianos y como protectores de cables submarinos de fibra óptica. Su invento logró que formara parte del salón de la fama de inventores en los Estados Unidos de

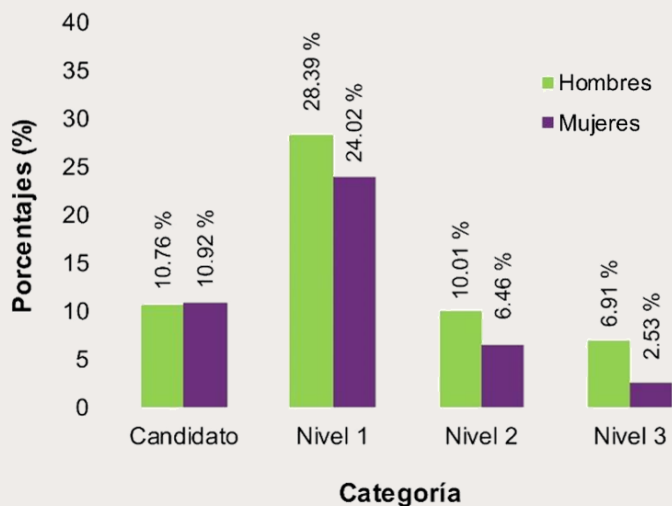
América, siendo la cuarta mujer entre los 113 miembros (1995). *Kiran Mazumdar-Shaw* es una empresaria hindú, presidenta ejecutiva y fundadora de Biocon Limited y Biocon Biologics Limited, que centran sus desarrollos en la búsqueda de tratamientos para diabetes y artritis reumatoide y es la mayor productora de insulina en Asia.¹⁸

Si dirigimos nuestra mirada al ámbito nacional (en México), encontraremos también historias de mujeres que han luchado por destacar en los distintos campos de la química. Mujeres de sin duda, han sufrido el mismo tipo de adversidades, discriminación y hostilidades para lograr el reconocimiento y ser inspiración para otras mujeres. En nuestro país el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) reconoce la labor de investigación y académica, a través del nombramiento dentro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) en 4 categorías. En 2021, el SNI cuenta con 35,178 miembros distribuidos en seis áreas del conocimiento. El área 2 corresponde a Química y biología, la cual está integrada

Tabla 1. Distribución por género en el área de química y biología del SNI.

Género	Total (%)	Categoría	Porcentajes (%)
Hombres	56	Candidato	10.76
		Nivel 1	28.39
		Nivel 2	10.01
		Nivel 3	6.91
Mujeres	44	Candidato	10.92
		Nivel 1	24.02
		Nivel 2	6.46
		Nivel 3	2.53

Gráfica 1. Distribución por género dentro del área 2 de química y biología del SNI. La participación de la mujer se ve disminuida conforme se alcanzan los niveles más altos de reconocimiento, siendo alrededor de tres veces menor la presencia de mujeres en el nivel 3 versus hombres.



por 5295 investigadores: 2326 mujeres (44%) y 2969 hombres (56%). La distribución en las diferentes categorías otorgadas muestra que en el nivel candidato la distribución es equitativa, pero conforme van aumentando en dichos niveles el porcentaje de mujeres va disminuyendo de forma importante, encontrando que el nivel 3, hay únicamente 134 mujeres versus 366 hombres (Tabla 1, Gráfica 1). Algunas de ellas, reconocidas por su amplia trayectoria académica y de investigación son: Ma. Yolanda Ríos Gómez, Susana López Carretón, Ana María Martínez Vázquez, Rachel Mata Essayag, Martha Sonia Morales Ríos, Lena Ruiz Azuara, Laura Palomares Aguilera y Carmen Giral Barnez. Para todas las mujeres que, desde sus espacios en intuiciones públicas o privadas, centros de investigación o que desarrollen una actividad sustancial que inspire y haga visible su labor, mi reconocimiento y admiración.

Esta situación de desigualdad ha sido objeto de análisis desde diversos ámbitos, buscando la integración de las mujeres en todas las áreas del conocimiento. Esto llevó a la generación del movimiento STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, por sus siglas en inglés), que tras haber sentado sus bases en los 80's, fue hasta el 2010 que empezó a tener importancia como modelo educativo. Numerosos países implementan este modelo integrando también las artes en un sistema multidisciplinario que permita que las niñas y mujeres se integren a estas áreas del conocimiento de forma natural y

sin barreras. México no ha sido ajeno a ese llamado, hace unos días el *Instituto Mexicano para la Competitividad, A.C.* (IMCO) publicó la distribución del porcentaje de mujeres universitarias en carreras STEM (ciclo escolar 2020-2021); hay cinco entidades con más mujeres estudiando en estas áreas, éstos son: Coahuila (28%), San Luis Potosí y Guanajuato (26%), Hidalgo (25%) y Veracruz (24%). Las cinco entidades con menos mujeres son: Sinaloa, Chiapas y Jalisco (15%) y Quintana Roo y Nayarit (11%).¹⁹ Ante este panorama aún falta mucho por hacer, mucho que reconocer y hacer visible.

Hoy en día las mujeres siguen encontrando obstáculos en el campo de la ciencia. Se estima que de los investigadores científicos en el mundo, cerca del 30% son mujeres. La adversidad y la valentía, es quizás el común denominador que han tenido muchas mujeres para lograr la meta de destacar y contribuir en la investigación, la academia o en la industria. El reconocimiento a su talento, entrega y esfuerzo debe ser aplaudido, analizado y divulgado para que las generaciones futuras de mujeres y hombres en el ámbito de la química honren su memoria y sirvan de inspiración para que no se repita el Efecto Matilda nunca más. Celebremos y trabajemos en pro de que las mujeres estén presentes en todas las profesiones y en todos los espacios.

Bibliografía

1. Marie Curie, la madre de la física moderna. https://historia.nationalgeographic.com.es/a/marie-curie-madre-fisica-moderna_14453 (02, febrero, 2022).
2. Madame Curie (Radiactiva). <https://www.netflix.com/mx/title/81168940> (03, febrero, 2022).
3. Muñoz Páez, A. *Marie Curie*, 1ª ed.; Penguin Random House: New York, Estados Unidos de América, 2020.
4. Montero, R. *La ridícula idea de no volver a verte*, 1ª ed.; Seix Barral: Barcelona, España, 2013.
5. El radio de Marie Curie. <http://www.universum.unam.mx/actividades/e/32/el-radio-de-marie-curie> (03, febrero, 2022).
6. Rosalind Franklin y la estructura del ADN, https://historia.nationalgeographic.com.es/a/rosalind-franklin-y-estructura-adn_16614 (07, febrero, 2022).
7. Maddox, B. *Rosalind Franklin: The dark lady of DNA*, 1a ed.; Harper Perennial: New York, Estados Unidos de América, 2002.
8. Editorials Nature. Rosalind Franklin: celebrating an inspirational legacy. *Nature* **2020**, 583, 492.
9. Gage, J.M. Woman as an inventor. *NAR* **1883**, 136, 478-489.
10. Picture a Scientist. <https://www.pictureascientist.com/> (04, febrero, 2022).
11. Global gender gap report 2021. <https://www.weforum.org/reports/global-gender-gap-report-2021> (03, febrero, 2022).
12. Día internacional de la mujer y la niña en la ciencia, <https://www.un.org/es/observances/women-and-girls-in-science-day> (02, febrero, 2022).
13. Djerassi, C.; Hoffmann, R. *Oxygen*, 1ª ed.; Wiley-VCH: Weinheim, Alemania, 2001.
14. Foote, E. Circumstances affecting the heat of the sun's rays. *Am. J. Sci. Arts* **1856**, XXII, 382-383.
15. Wang, D.Z. *Comprehensive organic name reactions and reagents*, 1a ed.; Wiley-Interscience: New Jersey, Estados Unidos de América, 2009.
16. Hidden figures. <https://family.20thcenturystudios.com/movies/hidden-figures> (10, febrero, 2022).
17. Olson, A.J.; Shea, M.K. Critical perspective: Named reactions discovered and developed by women. *Acc. Chem. Res* **2011**, 44, 311-321.
18. Women in chemistry. <https://www.sciencehistory.org/learn/women-in-chemistry> (06, febrero, 2022).
19. Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. <https://imco.org.mx/> (12, febrero, 2022).