

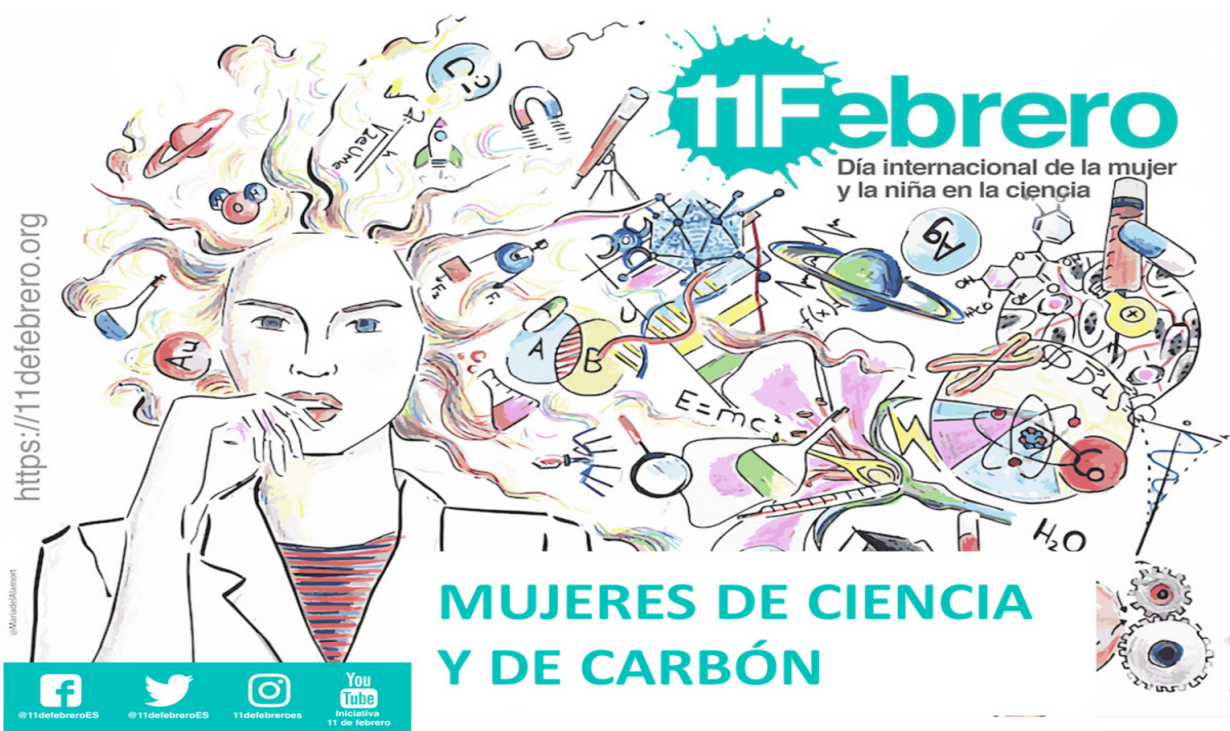
Mujeres, ciencia y carbón

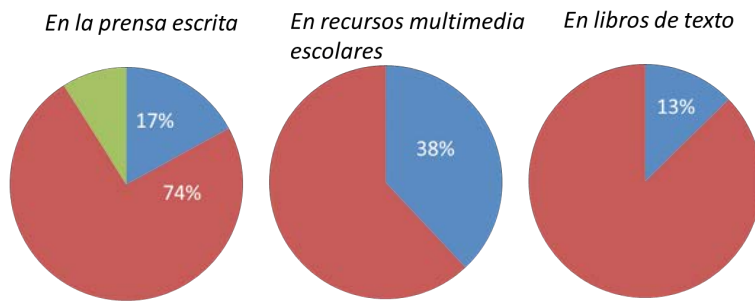
Teresa Valdés-Solís. Instituto Nacional del Carbón

El 22 de diciembre de 2015 la ONU declaró el 11 de febrero como Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia. Febrero de 2016 nos sorprendió por tanto con un Día Internacional que no conocíamos y para el que no habíamos previsto actividades. Aun así, ya en 2016 se produjo cierto movimiento en redes sociales y en diversas páginas de internet que se pusieron de acuerdo para contribuir a la visibilización de las mujeres científicas [1]. Poco tiempo después se creó la plataforma 11defebrero [2] que se ha encargado de promover actividades alrededor del Día de la Mujer y la Niña en la Ciencia y de servir como nodo de encuentro entre distintas iniciativas ciudadanas y de los centros de investigación, además de proporcionar información actualizada sobre la situación de la mujer en la ciencia y de facilitar recursos para conocer mejor a las científicas.

Los científicos, y la ciencia en general aunque en menor medida, tienen en mi opinión un significativo problema de visibilidad. Tal vez el ejemplo más claro de esta falta de visibilidad es la redacción de los titulares de las noticias de ciencia y de las notas de prensa enviadas

por el CSIC, las Universidades y el resto de los OPIS que comienzan invariablemente por un impersonal "Científicos de XXX descubren..." Este problema se ve agravado en el caso de las científicas que solo protagonizan un 17% de las noticias científicas [3] a pesar de constituir entre el 35-40% del personal científico en las distintas organizaciones, y se extiende a otros niveles, como es la desmesurada ausencia de referentes femeninos en los libros de texto, ausencia que es todavía más significativa en los libros de asignaturas de ciencias, ya que no alcanzan el 8% de los personajes mostrados [4]. Por eso resulta crucial iniciativas como esta del 11 de febrero que buscan acercar roles científicos femeninos (del pasado y del presente) a las generaciones más jóvenes. Y cuando hablamos de jóvenes deberíamos incluir también a niñas, puesto que estudios muy recientes muestran que el desapego de las niñas por las ciencias, el pensar que son cosas de chicos, se observa a edades muy tempranas, tan tempranas como los 6 años [5] y sobre este desapego influyen aún las expectativas que padres, profesores y resto de la sociedad tenemos sobre las niñas, quiero creer que de forma inconsciente [6].





En azul % mujeres científicas que aparecen en prensa escrita, recursos multimedia escolares y libros de texto. Elaboración propia, datos de González y col. *Science Communication* 2017, 39 535-549 (noticias 2014-2015); Kerkhoven y col. *PLoS ONE* 11(11): e016503; López-Navajas, Tesis Doctoral <http://meso.uv.es/informe/index.php>

En el empeño que desde hace muchos años tenemos una gran mayoría de los científicos por dar a conocer nuestra labor y por lograr el reconocimiento de los que nos antecedieron, la mayor parte de las más de 1000 actividades que este año se han realizado en el marco del Día de la Mujer y la Niña en la Ciencia se han llevado a cabo en colegios e institutos y hemos sido

directamente los y las científicas los que hemos ido a acercarles figuras relevantes para la ciencia, en mi caso concreto repasando parte de la historia de la ciencia del carbón escrita por mujeres. Cronológicamente la primera gran aportación que debemos a las mujeres en este campo lleva el nombre de **Marie Stopes** (1880-1958).



Marie Stopes (izquierda) y Rosalind Franklin (derecha)

Marie Stopes fue una paleobotánica británica especialista en el estudio de fósiles en carbón. El interés de Marie Stopes por el carbón se mantuvo a lo largo de los años, incluso independientemente de su dedicación a la paleobotánica. Tras la primera Guerra Mundial, para Inglaterra la investigación en carbón era de gran importancia estratégica y económica y Marie Stopes, junto con Richard V. Wheeler, se interesó por las propiedades físicas del material, por su estructura, definiendo en 1919 los "cuatro ingredientes visibles del carbón", los litotipos denominados *vitreno* (bandas brillantes y quebradizas), *dureno* (zonas compactas y mates), *clareno* (bandas mates y brillantes) y *fuseno* (bandas que tiznan con aspecto fibroso). En 1935 acuñó el

término maceral^[8], y este esquema de clasificación se adoptó en una conferencia en Heerlen (Países Bajos), denominándose esquema Stopes-Heerlen, que con diversas modificaciones y ampliaciones aún se utiliza en la actualidad.

Poco tiempo después se funda la BCURA, la British Coal Utilisation Research Association a la que se incorporaría Rosalind Franklin (1920-1958) en 1942, ya con Gran Bretaña inmersa en la II Guerra Mundial. La figura de Rosalind Franklin parece ligada exclusivamente a la foto 51 y el descubrimiento de la estructura del ADN y existen muchas páginas dedicadas a reivindicar su figura como imprescindible para el avance del conocimiento y numerosa iconografía

al respecto. Sin embargo, su contribución al campo de la ciencia del carbón es bastante menos conocida, a pesar de la importancia de estas contribuciones y que en definitiva el estudio cristalográfico de un material complejo y poco cristalino, como el carbón, le proporcionó las habilidades técnicas necesarias para obtener posteriormente imágenes de calidad de muestras biológicas, esencialmente ADN y ARN procedente de virus [9-11].

Entre 1942 y 1945 Rosalind Franklin estudió la porosidad del carbón. Cuando Rosalind Franklin comenzó a trabajar con carbón un buen número de cuestiones sobre la estructura molecular del carbón estaban abiertas. Se sabía que los carbones contenían muchos poros pequeños, pero ¿por qué algunos tipos de carbón eran más permeables al agua, disolventes o a gases que otros?

Los experimentos que planteó Franklin condujeron a aclarar estas diferencias. Partió de una serie de carbones británicos, molidos finamente, y determinó la densidad aparente utilizando agua, metanol, hexano o benceno. Los valores de densidad así obtenidos los comparó con la densidad obtenida utilizando helio, razonando correctamente que el helio, al ser una molécula más pequeña proporcionaría una densidad más real. Comparando los valores obtenidos con las distintas sustancias concluyó que los poros en el carbón contienen numerosas constricciones y que la variación de la permeabilidad del carbón está relacionada con la variación de la anchura de dichas constricciones.

Franklin estudió la dependencia de la porosidad con el contenido en carbono y la temperatura de carbonización (tras tratar térmicamente las muestras anteriores a temperaturas comprendidas entre 600 y 1000°C) y determinó que al aumentar la temperatura aumentaba la porosidad pero disminuía el tamaño de los poros. Además fue la primera en identificar y medir esta porosidad fina y su trabajo hizo posible la clasificación de carbones y la posibilidad de predecir su comportamiento de forma bastante precisa. Esta investigación le sirvió para obtener un doctorado por Cambridge en 1945, cinco artículos científicos y un puesto de trabajo en el Laboratoire Central des Services Chimiques de l'Etat en Paris.

En París se especializó en difracción de rayos X y su aplicación a materiales poco cristalinos como el carbón. Entre 1946 y 1949 publicó cinco trabajos sobre carbón que aún se consideran esenciales y siguen siendo citados. Fue la primera que diferenció entre carbones (y otros materiales orgánicos) grafitizables y no grafitizables. Además, atribuyó el carácter no grafitico a la formación de un sistema de fuertes entrecruzamientos entre los cristallitos de carbono (unidades básicas estructurales) que im-

piden la reorganización del material a grafito.

La siguiente figura muestra el esquema clásico de Rosalind Franklin sobre la estructura de carbones grafitizables y no grafitizables que seguro que os resulta familiar.



Carbones grafitizables y no grafitizables, según esquema de Rosalind Franklin

Los estudios de grafitización de Rosalind Franklin se publicaron en 1951 en un artículo en la revista *Proceedings of the Royal Society*, que es uno de los clásicos de la literatura del carbón [12].

Desde el descubrimiento a mediados de los 80 de los fullerenos la ciencia del carbón ha experimentado una importante revitalización a la que contribuye tanto el premio Nobel obtenido por Curl, Smalley y Kroto en 1996 como el obtenido por Geim y Novoselov en 2010, en este último caso por demostrar la existencia de grafeno aislado y las propiedades del mismo. El descubrimiento de los nanotubos se asocia frecuentemente a Sumio Iijima, y por sus aportaciones en este campo recibió en 2008 el Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica. Todos ellos han recibido también la Medalla de la American Carbon Society, en el caso de Iijima conjuntamente con D. Bethune y M. Endo (estos últimos también por sus aportaciones en nanotubos). La única mujer que posee dicha distinción, que solo se ha concedido a 9 personas, y la única que la recibió de forma individual, es Mildred (Millie) Dresselhaus (1930-2017) conocida como la Reina del Carbono.

Como tantas mujeres de su generación Millie Dresselhaus fue primera en muchas otras cosas. Primera mujer catedrática del MIT, primera receptora en solitario del premio Kavli y primera mujer en ganar la Medalla Nacional de Ciencias en Ingeniería de los Estados Unidos de América, además de haber recibido muchos otros reconocimientos. Durante toda su carrera científica, de más de 50 años, Dresselhaus se centró en las propiedades electrónicas de diferentes materiales, dedicándole especial atención a los materiales de carbono. Comenzando por el grafito y los compuestos de intercalación de grafito, avanzó en el estudio de materiales al mismo ritmo que lo hacía la ciencia del carbón, dedicándose al estudio de nuevos materiales como los fullerenos o el grafeno ^[13]. Y eso a pesar de

que ella misma reconocía que había escogido los materiales de carbono debido a su relativa poca popularidad, porque creía que al ser un campo menos popular y competitivo (por difícil) que otros podría compaginar (conciliar que se dice ahora) mejor su vida familiar y profesional.

La figura de Millie Dresselhaus es especialmente significativa en la celebración del 11 de febrero porque fue una activa y firme defensora de la participación de las mujeres en todos los niveles de la ciencia, por lo que obtuvo también importantes reconocimientos como el Premio L'Oreal Unesco a Mujeres en Ciencia (2007) y el ACS Award for Encouraging Women into Careers in the Chemical Sciences (2010).



Millie Dresselhaus y Rosa Menéndez

Y en este breve repaso a algunas de las figuras significativas de la ciencia del carbón quiero también mencionar las contribuciones de las científicas españolas al campo de la ciencia del carbón. El Grupo Español del Carbón cuenta con numerosas científicas que desarrollan su carrera en el campo de los materiales de carbono. Como parte del Instituto del Carbón me permitiréis que mencione especialmente a Rosa M. Menéndez. Rosa Menéndez es profesora de investigación del Instituto Nacional del Carbón (INCAR-CSIC), del que fue directora y desde noviembre de 2017 preside el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, siendo la primera mujer en ostentar el cargo. Rosa Menéndez ha desarrollado una sólida carrera científica en el campo de los materiales de carbono y la energía, con especial dedicación a la preparación de materiales avanzados de carbono a partir de breas y a la fabricación de materiales compuestos carbono/carbono. En los últimos años las líneas de investigación del grupo que lidera han evolucionado hacia la preparación de materiales grafénicos y de materiales de carbono para el almacenamiento de energía. Además, Rosa Menéndez ha tenido diversas responsabilidades de gestión de la investigación, tanto a nivel nacional como internacional y ha presidido el Grupo Español del Carbón (2003-2011),

actualmente bajo la presidencia de M. Jesús (Menchu) Lázaro, y la Asociación Europea de Materiales de Carbono. Ha recibido numerosos reconocimientos entre los que cabe destacar el Shunk Carbon Award, concedido por la empresa alemana Shunk a investigadores jóvenes, por su contribución al desarrollo de la ciencia de los materiales de carbono y el premio Dupont de la Ciencia obtenido en el año 2009.

Este es un breve repaso a algunas de las biografías de científicas significativas para la ciencia del carbón. Mujeres que han marcado un antes y un después y que son inspiradoras para las generaciones futuras. Y esa inspiración se resume en palabras de la propia Dresselhaus:

“Follow your interests, get the best available education and training, set your sights high, be persistent, be flexible, keep your options open, accept help when offered, and be prepared to help others.”^[14]

Teresa Valdés-Solís
Instituto Nacional del Carbón

Bibliografía

- [1] <http://naukas.com/2016/02/09/11-febrero-womenstem/>
- [2] <http://11defebrero.org>
- [3] González y col. Science Communication 2017, 39 535-549
- [4] López-Navajas, A; López García-Molins A (2009) <http://meso.uv.es/informe/index.php> (consultada el 6/2/18)
- [5] Bian y col. Gender stereotypes about intellectual ability emerge early and influence children's interests, Science, 27 enero 2017 <http://science.sciencemag.org/content/355/6323/389>
- [6] ¿Por qué las chicas no quieren ser ingenieras? <http://www.elmundo.es/espana/2015/07/27/55b025f7268e3e3b6e8b459b.html?platform=hootsuite> (datos tomados de OECD (2015), The ABC of Gender Equality in Education: Aptitude, Behaviour, Confidence, PISA, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264229945-en>)
- [7] <http://naukas.com/2013/11/26/marie-stopes/>
- [8] MC Stopes, Fuel 14, 4 –13, 1935
- [9] <http://naukas.com/2013/07/25/rosalind-franklin-mas-alla-de-la-foto-51/>
- [10] Harris, Peter J. F., "Rosalind Franklin's work on coal, carbon and graphite", Interdisciplinary science reviews, 2001, 26 (3) 204-209 http://www.personal.rdg.ac.uk/~scsharip/REF_paper.pdf
- [11] The Rosalind Franklin papers: The holes in coal: Research at BCURA and in Paris, 1942-1951 <http://profiles.nlm.nih.gov/ps/retrieve/Collection/CID/KR>
- [12] R.E. Franklin, "Crystallite growth in graphitizing and non-graphitizing carbons" Proceedings of the Royal Society of London A, 1951, 209, 196-218
- [13] <https://spectrum.ieee.org/geek-life/profiles/mildred-dresselhaus-the-queen-of-carbon>
- [14] <https://mujeryciencia.fundaciontelefonica.com/2017/03/21/mildred-dresselhaus-la-reina-de-la-ciencia-del-carbono/>