



Dr. Miguel Alfonso

miguel.alfonso@inhrr.gob.ve

@alfonzoucv

# ROSALIND FRANKLIN

## EL CENTENARIO DE UNA HEROÍNA CIENTÍFICA

Como una de las científicas preeminentes del siglo XX, el trabajo de Rosalind Franklin ha beneficiado a toda la humanidad. En ocasión del centésimo aniversario de su nacimiento, queremos ofrecerle este sencillo artículo (dividido en dos partes) en homenaje a una extraordinaria mujer, invisibilizada por los prejuicios de la época, experimentando intensamente el sexismo de la ciencia de primera mano, pero afortunadamente, cada año que pasa, provoca mucha reflexión sobre su carrera y sus contribuciones a la ciencia, sobre todo el papel catalítico de esta científica para desentrañar la estructura del ADN.

Efectivamente, la genial resolución de la estructura del ADN por Watson y Crick, es obligado recordar a Rosalind Franklin y explicar la importancia crucial de sus aportaciones en el proceso que estos investigadores recorrieron hasta concebir el modelo de la doble hélice. Porque sus investigaciones contribuyeron decisivamente a culminar con éxito el que para muchos es el descubrimiento científico más relevante de nuestros tiempos. Y porque no se le reconoció, en su momento, el mérito de sus trabajos.

### INTRODUCCIÓN

A continuación, en esta primera parte, daremos una serie de datos por muchos desconocidos de esta eminente científica, basados de un libro escrito en 1975 por Anne Sayre (figura 1), esposa de un científico de Cambridge, que conoció a los protagonistas del descubrimiento de la estructura del ADN y fue amiga de Franklin. En el libro, Sayre desmonta con gran rigor y profusión de datos y argumentos la falsa imagen de Franklin, transformada en "Rosy" por Watson en su célebre libro *La doble hélice*.

El valor de su trabajo en relación con el ADN queda bien reflejado en estas palabras de Aaron Klug, premio Nobel de Química en 1982:

*"Una buena parte de los datos en los que se basa el modelo de la estructura molecular del*

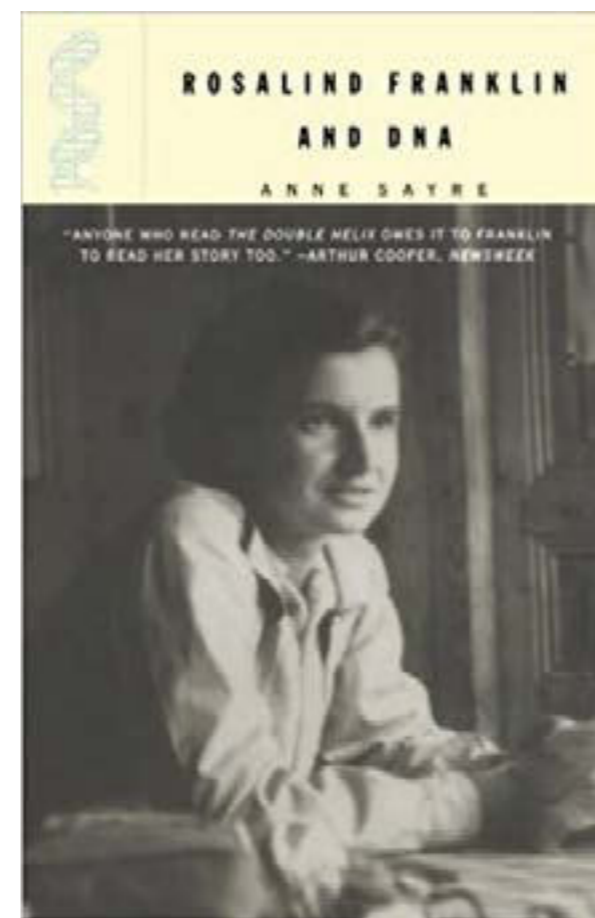
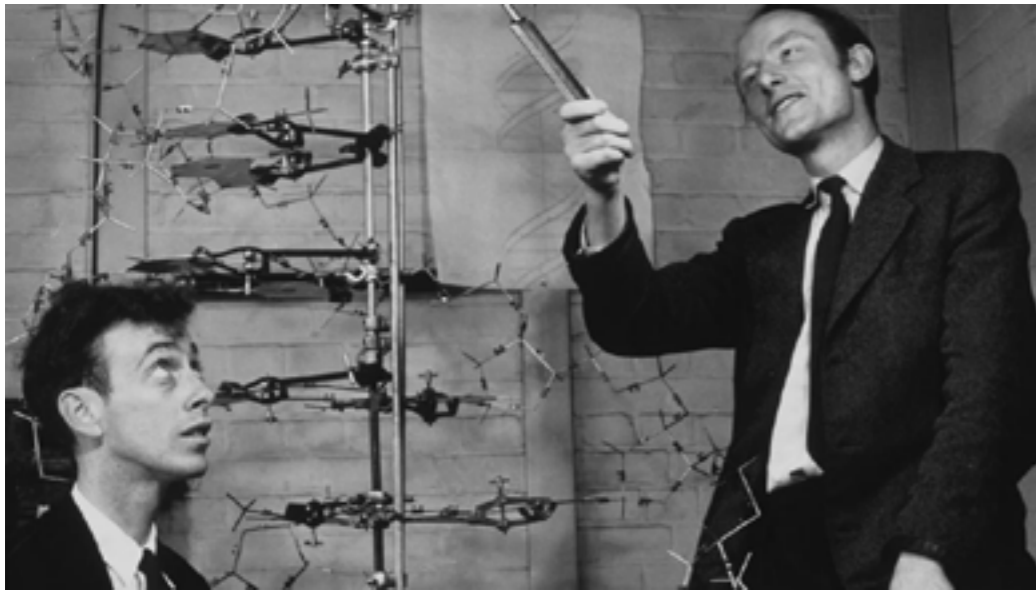


Figura 2. Portada del libro de Anne Sayre sobre Rosalind Franklin.



**Figura 2. James Watson y Francis Crick materializaron con varillas de metal y modelos de cartón la estructura de la molécula de ADN. Estaban convencidos de que el secreto no estaba en un "soplo vital"; tenía que haber una construcción lógica. (Tomado del libro 'Francis Crick y James Watson and the building blocks of life').**

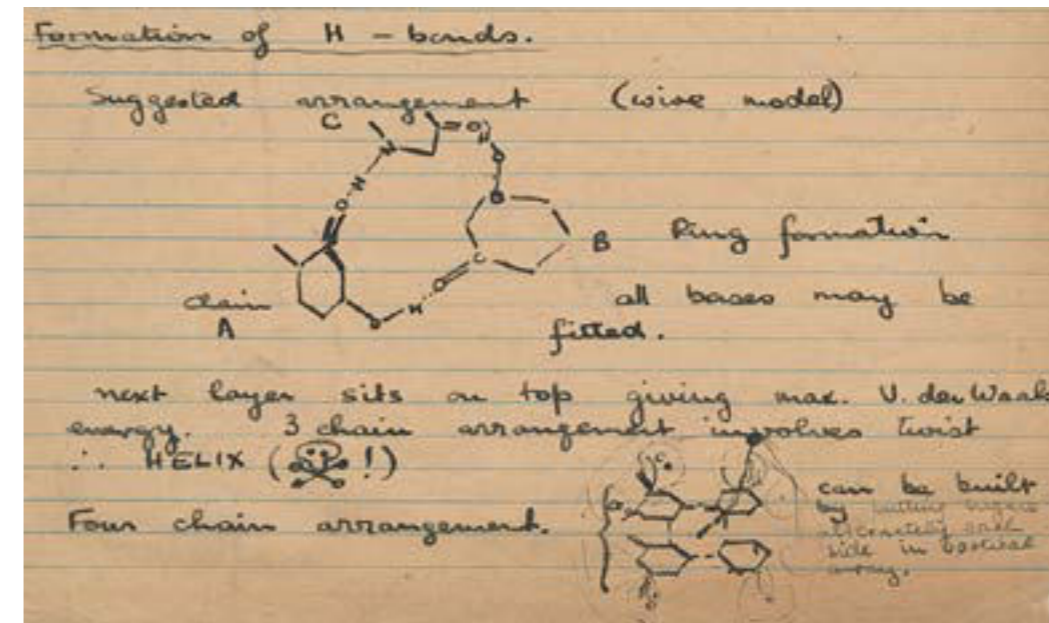
ADN propuesto por Watson y Crick provenía de los estudios que Rosalind Franklin llevó a cabo en el King's College de Londres. Sus análisis de la difracción de rayos X de las fibras de ADN le llevaron a descubrir la forma B, que es en la que se encuentra la molécula normalmente, se dio cuenta de que los grupos fosfato -que forman la espina dorsal molecular- debían estar en el exterior, sentó las bases para el estudio cuantitativo de los diagramas de difracción y, tras la formulación del modelo de Watson y Crick, demostró que una doble hélice era consistente con los diagramas de difracción de rayos X de las dos formas A y B".

James Watson llegó a Europa a trabajar con el grupo de los fagos, los virus bacterianos, pero pronto comprendió la importancia de desentrañar la estructura del ADN. Los resultados obtenidos por Avery, MacLeod y McCarty en 1944, que hoy consideramos como la primera demostración experimental de que los genes están conformados por moléculas de ADN, no lograron desbancar a las proteínas como las candidatas favoritas al papel de moléculas de la herencia. Pero cuando Alfred Hershey y Martha Chase demostraron en 1952 que en los fagos T2 la información para reproducirse y pasar a las bacterias reside en

su ADN y no en las proteínas de su cubierta, ya no había duda. Watson lo vio con claridad y se escapó a Inglaterra, con 23 años, decidido a encontrar la solución.

Convenció a Francis Crick para abordar el problema mediante la construcción de modelos (figura 2), pero se encontraron con que el tema estaba asignado a los investigadores del King's College. Hablaron con Wilkins, pero la experta en difracción de rayos X en ese tiempo, y la que estaba obteniendo los datos, era Franklin. Por eso Watson se desplazaba a escuchar los seminarios en los que ella explicaba sus resultados -algún dato fundamental olvidó o confundió, según relató él mismo, porque no tomaba notas para no alertar de su interés a la autora del trabajo- y llegaron a consultar sus papeles sin su conocimiento.

Sin embargo, los resultados de la investigación de Franklin pasaron a Crick y Watson sin que ella lo supiera. Wilkins había compartido la "Fotografía 51", mientras que las observaciones detalladas de Franklin se incluyeron en un informe informal (figura 3) enviado a un colega de Crick y Watson en la Universidad de Cambridge. De hecho, Franklin había estado



**Figura 3. "Disposición de 3 cadenas implica un giro [por lo tanto] ¡UNA HÉLICE!"... El momento en que Franklin anotó por primera vez su revolucionario descubrimiento. "The Papers of Rosalind Franklin", Churchill Archives Centre, Cambridge. (FRKN 6/1; FRKN 1/4/2)**

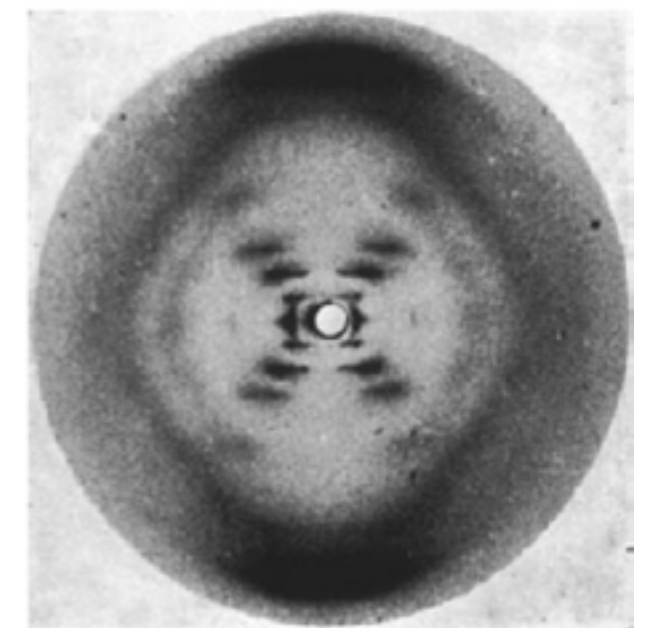
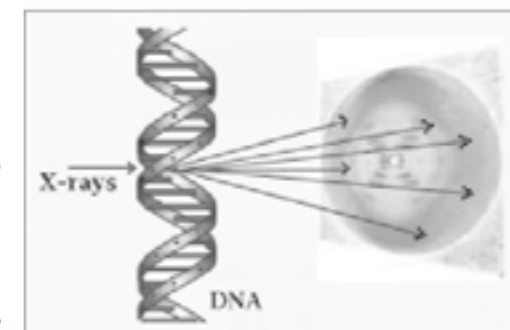
trabajando con Gosling en su propio modelo de doble hélice (figura 4), pero para el momento en que publicaron sus hallazgos en julio de 1953, Crick y Watson ya habían dejado atónito al mundo científico.

Para justificar tan discutible comportamiento, Watson hablaba de Wilkins como el jefe del grupo del King's, que no lo era, y de Franklin, como una molesta subordinada, huraña e incapaz de entender la importancia del problema que le había caído entre las manos. Tan desajustada fue la imagen que de ella dibujó en su relato que, al parecer, fue presionado para corregirla y, efectivamente, en el epílogo reconoció que sus primeras impresiones, t a n t o científicas c o m o

personales, tal como están descritas en el comienzo de su libro, fueron a menudo equivocadas. Pero en el texto mantuvo su versión, alegando que así fue cómo él vio las cosas en el momento en que ocurrieron. Y ésta es la versión que más se ha difundido.

No cabe ahora ninguna duda de los méritos de Rosalind Franklin para obtener el Premio Nobel. Se ha dicho que la razón por la que no compartió la gloria con James D. Watson, Francis H. C. Crick y Maurice H. F. Wilkins cuando en 1962 (figura 5) fueron galardonados con este premio "por sus descubrimientos en relación con la estructura molecular de los ácidos

**Figura 4. La química Rosalind Franklin tenía 30 años cuando generó la "foto 51", gracias a sus trabajos iniciales en Francia sobre la técnica de difracción de Rayos X, dando la clave para demostrar la estructura del ADN, la molécula de la herencia.**





**Figura 5. Entrega del Premio Nobel de Fisiología o Medicina (1962)**

una posición contraria a la que los padres desean o también a lo que la sociedad espera, en este caso las expectativas por el género. Más pronto que tarde encontró la oposición de su padre a sus deseos de dedicar su vocación a la ciencia. Para 1940, con veinte años, escribió a su padre

uno de los textos de referencia obligada tanto cuando hablamos de Rosalind Franklin como cuando hablamos de las mujeres en la ciencia:

*La ciencia y la vida ni pueden ni deben estar separadas. Para mí la ciencia da una explicación parcial de la vida. Tal como es se basa en los hechos, la experiencia y los experimento...*

*Estoy de acuerdo en que la fe es fundamental para tener éxito en la vida, pero no acepto tu definición de fe, la creencia de que hay vida tras la muerte.*

*En mi opinión, lo único que necesita la fe es el convencimiento de que esforzándonos en hacer lo mejor que podemos nos acercaremos al éxito, y que el éxito de nuestros propósitos, la mejora de la humanidad de hoy y del futuro, merece la pena conseguirse.*

Rosalind destacó desde el comienzo en actividades como los deportes y las competiciones,

actividades que siempre se asociaron a los niños. De su infancia se sabe que no era afectada a las muñecas, más bien a las naves, el dibujo, la fotografía y la lectura. Estudió en la Escuela para Señoritas de St. Paul, donde destacó en las clases de física y química <sup>(1)</sup> y, a la edad de 15 años, decidió que su vocación sería la de ser científica pese a la renuencia de su padre.

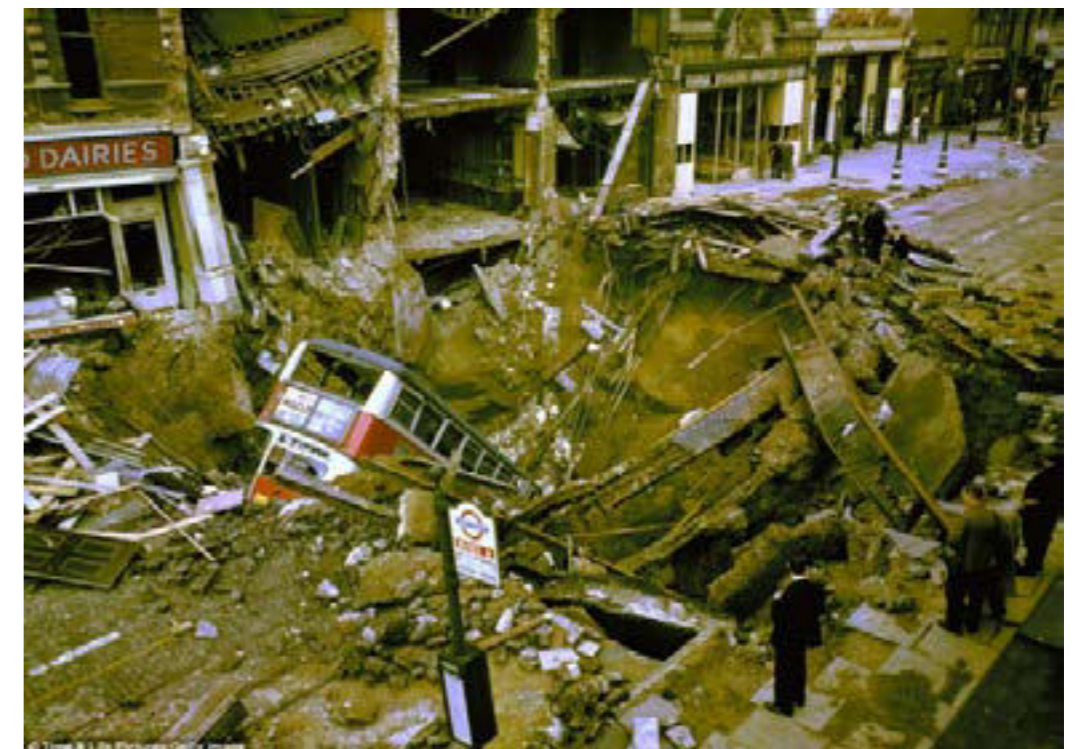
*“A Rosalind le gustaba discutir”,* le dijo su hermana menor, Jenifer Glynn, a la periodista de la BBC Farhana Haider, presentadora del programa de radio Witness que aborda temas históricos desde la perspectiva de sus protagonistas.

*“No era agresiva, de ninguna manera, pero le encantaba discutir las cosas”,* explicó.

*“Mi madre escribió una especie de memoria sobre ella en la que destacaba que siempre fue muy lógica y muy exacta y que, desde siempre, incluso siendo muy niña, se negaba a aceptar una afirmación o una creencia para la que no hubiera una lógica o una prueba que la demostrara como válida”,* dijo la menor de sus hermanas.

En 1938, Rosalind entró al Newnham College, en Cambridge, donde estudió Química. En aquel entonces, no se expedían títulos universitarios a las mujeres, por lo que la calificación en los finales era la que

**Figura 6. Autobús sumido en un cráter de bomba sobre la calle Balham, en el Balham Underground, en el sur de Londres, 14 de octubre de 1940.**



contaba para que las mujeres comprobaran su grado de bachiller: Rosalind logró una clasificación de Honores de Segunda Clase en 1941, cuando las mujeres aún no eran reconocidas como miembros plenos de la universidad. También, vale decir, tuvo que protestar contra los salarios más bajos en comparación con sus colegas varones y su falta de promoción, incluso cuando publicaba trabajos en las principales revistas científicas.

Es importante señalar que para cuando se gradúa Rosalind, para este momento la guerra estaba en su apogeo y fue el 10 de mayo de 1941 que terminó el bombardeo a ciudades británicas por parte de la Luftwaffe alemana (figura 6). Es por ello que decidió dedicar sus tiempos de vacaciones universitarias y fines de semana a realizar trabajos de servicio comunitario en el Comité de Refugiados Germano-judíos en Woburn House, Londres.

Al terminar su grado, consiguió una beca de investigación con su supervisor R. G. W. Norrish, y entre 1942 y 1946 realizó investigaciones que contribuyeran al desarrollo favorable de la guerra para los británicos al trabajar para

nucleicos y su significación para la transferencia de la información en la materia viva”, es que en esas fechas ya había muerto y, como es bien sabido, el Nobel sólo se concede a personas vivas. Sin embargo, de haber vivido, las cosas se habrían complicado mucho porque, como también es sabido, estos premios no pueden ser compartidos por más de tres premiados. ¿Habría sustituido Franklin a Wilkins en la mención?, ¿habría optado el Comité del Nobel por premiar exclusivamente a Watson y Crick?

### SU ORIGEN

Rosalind Ellise Franklin nació el 25 de julio de 1920 en el barrio de Notting Hill, Londres. Fue hija de Ellis Franklin (1894-1964) y Muriel Franklin (1894-1976), familia judía de banqueros mercantes muy importante en la Gran Bretaña, con miembros de ella integrando el gabinete del Primer Ministro; sin duda de los primeros judíos en Inglaterra en lograrlo. Rosalind fue la segunda de cinco hijos, David el mayor, Colin, Roland y Jenifer, la menor.

Resulta una historia muy común con las mentes y talentos brillantes encontrarse en



**Figura 7. Rosalind Franklin durante su estadía en París.**  
Foto: Vittoria Luzzati/NPG

de los de la primera. Vivió de manera modesta y simple en un departamento del 6ème Arrondissement haciendo de su rutina cruzar frente a la catedral de Notre Dame de camino a su laboratorio en el Quai Henri IV (figura 7).

la Asociación Británica de Investigaciones sobre la Utilización del Carbón (BCURA, por sus siglas en inglés British Coal Utilisation Research Association), para quienes estudió la microestructura y porosidad del carbón vegetal y del grafito, publicando cinco artículos y consiguiendo en 1945 su grado de doctora por parte de la Universidad de Cambridge. Sus investigaciones condujeron a la producción de la máscara de gas, un aditamento que para Gran Bretaña representaba una gran ventaja bélica.

### SU ESTADIA EN PARÍS

En 1947, recién acabada la guerra, consiguió una oferta de trabajo para el Laboratorio Central de Servicios Químicos del Estado en París, con Jacques Méring, donde perfeccionó sus técnicas de cristalografía con rayos X para materiales que no cristalizan perfectamente, como el carbón; es a esta área a la que dedicó casi toda su vida profesional, publicando un artículo al año. Durante ese tiempo en Francia se enamoró de las costumbres francesas más igualitarias que las costumbres convencionales inglesas, prefiriendo vivir siempre en condiciones de la tercera clase que

Fue en Francia donde se comenzó a crear un crédito alrededor de su nombre, mientras amaba su trabajo. Amaba el proceso de hacer ciencia ¿Cuánta gente puede enojarse porque se le conceda una semana de descanso de sus labores cuando en las revisiones de rutina para los trabajadores con rayos X se les confirmaba una sobrexposición?

### SU LLEGADA AL KING'S Y LA ODISEA DEL ADN

Sin embargo, la noción de que las oportunidades científicas eran mejores en Inglaterra que en Francia, nación que estaba en proceso serio de reconstrucción, junto con las presiones familiares y el consejo de la prestigiosa cristalógrafa Dorothy Hodgkin, convencieron a Rosalind, no sin cierta renuencia, de regresar a su hogar. El director de la unidad especial de Biofísica en el King's College (figura 8), en Londres, John Randall, decidió invitar a Rosalind para que trabajara en su laboratorio de Biofísica; primero le ofreció trabajar con proteínas, para luego ofrecerle el ADN. Sin embargo, su personalidad, sus maneras afrancesadas y sus tendencias no tradicionales serían un constante objeto

**Figura 8. King's College.**

de fricción con sus muy diferentes colaboradores en King's.

En enero de 1951 se le asignó a la unidad de investigación del ADN en los laboratorios de un edificio que se encontraban debajo del cráter de una bomba <sup>(2)</sup>. Su equipo de trabajo incluía a Maurice Wilkins, un personaje tímido, indirecto, que difícilmente sostenía una mirada y poco calculador, mientras que Rosalind era más bien seria, intensa, rápida y asertiva. A este choque de personalidades se le aunó un malentendido: Randall asignó todo el trabajo de difracción del ADN a Rosalind sin informarle a Wilkins, quien realizaba todos los estudios sobre la estructura del ADN en King's y a la llegada de Rosalind se encontraba ausente; Wilkins pensó que trabajaría junto a ella a pesar de que a Rosalind se le dijo expresamente lo contrario. La verdad era que Wilkins esperaba una asistente, no a alguien más capacitado. Wilkins rivalizaba antes con un equipo de trabajo similar en la Universidad de Cambridge dedicado a dilucidar la estructura del ADN, sus amigos Francis Crick y James Watson. Esta rivalidad incentivada por los malentendidos ocasionados por Randall pudo haber influenciado la actitud que Wilkins tomó hacia Franklin y que comunicaría a sus amigos en Cambridge, Crick y Watson.

Rosalind no estuvo contenta en el King's College, donde encontraba sorprendentemente que hubiese un área común en la que no se permitía el acceso a las mujeres y, a sólo meses de su



llegada, en el laboratorio nacía un molesto y sarcástico sobrenombre, *Rosy*, ya mencionado en párrafos anteriores.

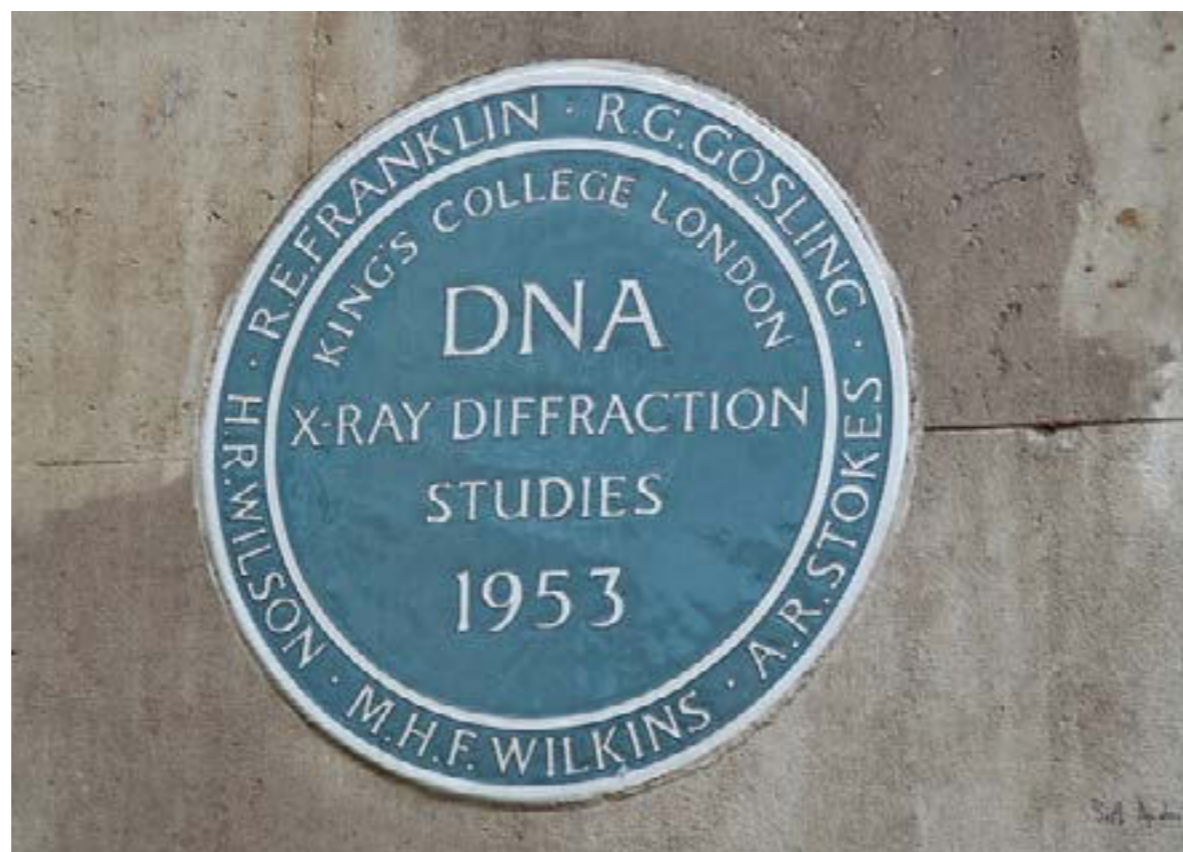
Rosalind Franklin trabajó con un estudiante de doctorado que antes estaba tutelado por Wilkins, Raymond Gosling, con quien realizó los trabajos de difracción sobre preparaciones de ADN. Ellos tomaban fotos del ADN y descubrieron que existían dos configuraciones de ADN, las que ellos denominaron A «seca» y B «húmeda». Debido a que era más fácil trabajar con la configuración B, Franklin y Gosling realizaron estudios con ésta. Las imágenes requerían de una exposición a rayos X de alrededor de 100 horas utilizando un precario equipo con el que contaba el laboratorio en ese momento y que ella misma calibró. John Desmond Bernal, uno de los más reconocidos científicos de Gran Bretaña y pionero en cristalografía con rayos X, dijo una vez, tras la muerte de Rosalind, que *“Como científica, la señorita Franklin se distinguió por su extrema claridad y perfección en todo lo que realizó [...] Sus fotografías estuvieron entre las más hermosas fotografías de rayos X de una sustancia jamás tomadas”*.

En noviembre de 1951, Rosalind dio un coloquio en Londres sobre las dos fotografías,

concentrándose en la A que poseía mayor información que la B, ambas mostrando una aparente forma helicoidal. A dicho coloquio asistió James Watson. Poco después, Watson y Francis Crick invitan a Wilkins y a Franklin, junto con sus equipos, a opinar sobre su modelo del ADN. Franklin declaró que ese modelo, de tres hélices, no correspondía con la realidad, al poseer un décimo menos de agua que el ADN real. Fue un choque entre dos enfoques: el experimental de Franklin y el teórico-deductivo de Watson y Crick. La demostración avergüenza al director del laboratorio Cavendish y suspende el trabajo sobre la modelación del ADN.

El 30 de enero de 1953, se produce una discusión entre Watson y Franklin, quien interviene Wilkins, dándole apoyo a su amigo Watson, por lo cual fue al cubículo de Franklin y extrajo sin su consentimiento la famosa foto 51 que Rosalind había tomado y que le había mostrado a Wilkins tiempo antes <sup>(3)</sup>. La foto 51 mostraba claramente la estructura que debía tener el ADN y dio al par de Cambridge la información necesaria para construir un modelo del ADN, el de la doble hélice. En febrero de 1953, Francis Crick y James Watson comenzaron a construir el modelo del ADN, aunque Franklin mostró siempre reticencia a construir un modelo sin conocer suficiente de la estructura de la molécula. En esos momentos, Rosalind estaba arreglando su salida del King's y su transferencia a Birkbeck College.

Rosalind Franklin, según Anne Sayre, fue despedida vergonzosamente del King's College, pero nunca fue consciente de que su trabajo había ayudado directamente al equipo en Cambridge. El 25 de abril de 1953, Crick-Watson, Wilkins y Franklin publicaron una tríada de artículos en la revista *Nature*,



**Figura 9. Placa en homenaje a los históricos estudios de difracción de Rayos X del ADN del King's College. Londres**

un artículo donde indicaba que las partículas del virus del tabaco eran todas de la misma longitud, tirando el paradigma del virólogo eminente Norman Pirie.

El equipo de Franklin y Klug en Birkbeck fue bastante productivo, al realizar estudios sobre la estructura del

ARN, que conformaba el genoma del virus del tabaco, y lograron proponer un modelo para el virus del tabaco que sería expuesto en la Feria Mundial de Bruselas.

A mediados de 1956, mientras realizaba un viaje de negocios a los Estados Unidos, Rosalind comenzó a tener un deterioro de salud y tras un proceso operatorio en el Reino Unido se descubrieron los dos tumores que tenía en su ovario. A pesar de su estado y de haber iniciado el tratamiento contra el cáncer, ella y su equipo continuaron con su trabajo produciendo siete artículos más en 1956 y seis más en 1957, cuando su grupo comenzó con los trabajos sobre el virus de la poliomielitis y obtenían financiamiento del Servicio de Salud Pública de los Institutos Nacionales de Salud de Estado Unidos.

El 20 de marzo de ese año volvió a recaer y moriría el 16 de abril en Chelsea, Londres, con 37 años de edad, de una bronconeumonía, carcinomatosis secundaria y cáncer de ovario.

donde los artículos del equipo del King's quedaron como confirmaciones del modelo de Crick y Watson. Franklin reconoció que sus datos parecían coincidir con el modelo Crick-Watson, sin saber que esta coincidencia era porque fueron sus ideas las que produjeron el modelo en primer lugar.

La comunidad científica tardó en adoptar el modelo de Crick-Watson como el definitivo, y a pesar del escepticismo de Rosalind hacia tal modelo, ella publicó sus descubrimientos y observaciones previas que lo confirmaban en *Acta*. Rosalind dejó de dedicar todo su trabajo al ADN y comenzó a enfocarse en sus nuevos estudios en el Birkbeck College sobre los virus del mosaico del tabaco, reclutada por el físico John Desmond Bernal, un irlandés comunista que se volvió famoso, entre otras cosas, por el impulso que dio a las mujeres cristalógrafas. En 1954, Rosalind conoció a Aaron Klug, con quien inició una valiosa colaboración y una relación muy diferente que la que tuvo con Wilkins en King's. En 1955, Franklin volvió a figurar en la revista *Nature*, al publicar

Se sospechó que la enfermedad había sido desarrollada por una exposición prolongada a los rayos X que le dieron su fama.

La injusticia y el menosprecio con que fue tratada, que según cuenta Sayre la hizo sufrir mucho en aquellos años, y la exclusión del reconocimiento posterior junto con la falsa imagen que nos transmitió Watson en su relato, deben ser reparadas dando a conocer su trabajo y sus méritos. En sus memorias, *La doble hélice*, Watson reconoció haber utilizado los datos de Franklin sin su permiso <sup>(4)</sup>. Sin embargo, por su parte, Franklin no expresó resentimientos por el asunto y aceptó sin problemas el modelo de Watson y Crick. De hecho, más tarde se hizo amiga de Crick y su esposa.

Así pues, Rosalind Franklin con o sin el reconocimiento en forma de premios, tiene labrado en oro su nombre en la Biología debido a sus fundamentales contribuciones al respecto (**figura 9**). Sus demás trabajos también fueron de vital importancia ya que dedicó su labor al estudio de virus, en especial su trabajo pionero con el virus del mosaico de tabaco y el poliovirus.

**1. Franklin, Stephen (2003, Abril 24) My aunt, the DNA pioneer. BBC News. Consultado el 18 de febrero de 2014, de <http://news.bbc.co.uk>**

**2. Gary Glassman (Escritor, productor, director, editor), Sigourney Weaver (Narradora), Brenda Maddox (Consultora) (2003) Secret of Photo 51 [Documental] Producción NOVA, por Providence Pictures, Inc., para WGBH/Boston en asociación con la BBC, France 2, Multimedia France Productions y Centre National de la Cinématographie. Estados Unidos.**

**3. Klug, Aaron. (1968) Rosalind Franklin and the Discovery of the Structure of DNA. Nature 219: 808-813.**

**4. Watson, James D. (1980) The Double Helix, Critical Edition ed. Gunther Stent. New York (la edición original se publicó en 1968).**