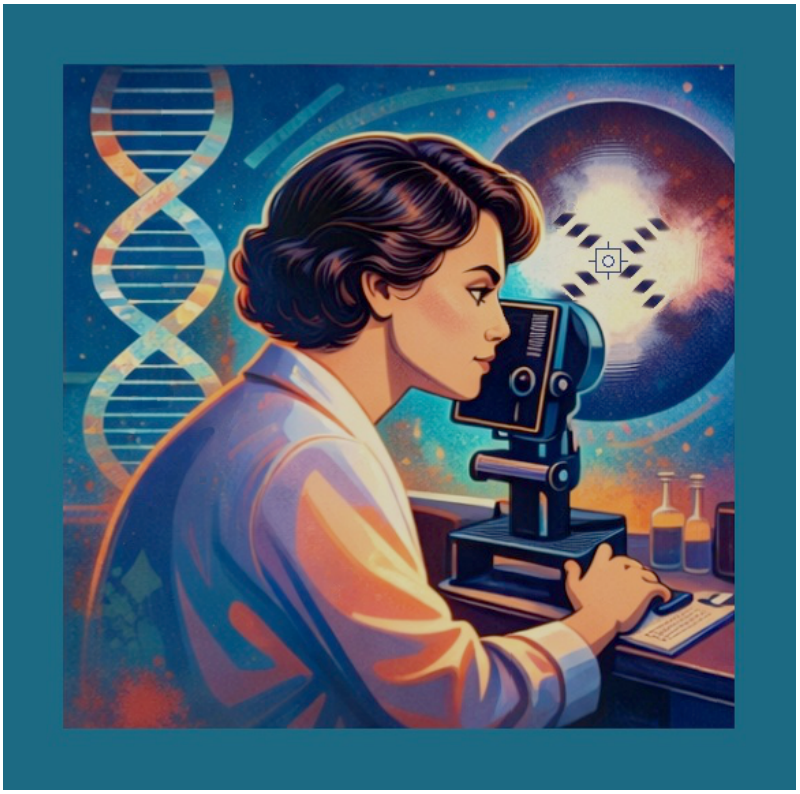
ROSALIND FRANKLIN

Y SU PARTICIPACIÓN EN EL DESCUBRIMIENTO DEL ADN



Francisco N. Dobón
Ilustración: Mar de Florenza

Un ensayo de investigación, en el que se analiza el trabajo de Rosalind en el King's Colege de Londres, respecto al estudio de la molécula del **ADN**.

Incluye comentarios de su hermana Jenifer.

SOBRE EL AUTOR

Actualmente jubilado, la mayor parte de mi vida laboral me he dedicado a las telecomunicaciones en RTVE. En la última etapa fundé, con un colega, una empresa de investigación y desarrollo tecnológico para desarrollar dispositivos relacionados con el campo de la energía solar. Con motivo de esta actividad expusimos nuestros trabajos en congresos internacionales.

El contacto con la biología comenzó tardiamente, motivado por el interés en comprender cómo pudo generarse la vida en el planeta primitivo. En una librería de lance tropecé con «La doble hélice» y desde entonces he conseguido las principales publicaciones relacionadas con este asunto y localicé y estudié los trabajos publicados por Rosalind Franklin.

ROSALIND FRANKLIN Y SU PARTICIPACIÓN EN EL DESCUBRIMIENTO DEL ADN

Francisco N. Dobón Giménez
Investigador jubilado - La Laguna, Tenerife, España
E-mail: pktaster@gmail.com
ORCID, iD: https://orcid.org/0009-0007-3392-3791

Noviembre de 2025. (Rev.8a, junio26)

RESUMEN: Este artículo es el resumen de un ensayo de investigación sobre los hechos acaecidos en los laboratorios del King's College de Londres y en los laboratorios Cavendish de Cambridge, entre los años 1951 y 1953, que culminó con el descubrimiento de la molécula del ADN y de los Genes, con las implicaciones biológicas que ello conlleva. La motivación para este trabajo está inducida por la cantidad de información mitificada que circula por internet, respecto al papel que Rosalind Franklin desempeñó en el descubrimiento. En este artículo se analiza su contribución al descubrimiento de la estructura molecular del ADN, a la luz de sus publicaciones y de los principales investigadores cualificados, que estudiaron en su momento el caso y entrevistaron a los actores implicados en el descubrimiento y a los nuevos datos que han sido descubiertos con posterioridad.

Palabras clave: ADN, Franklin, Watson-Crick, Wilkins, Sayre.

ABSTRACT: This article is a summary of a research essay on the events that occurred in the laboratories of King's College London and the Cavendish laboratories in Cambridge between 1951 and 1953, which culminated in the discovery of the DNA molecule and genes, with the biological implications that this entails. The motivation for this work is induced by the amount of mythified information circulating on the Internet, regarding the role that Rosalind Franklin played in the discovery. This article analyzes his contribution to the discovery of the molecular structure of DNA, in light of his publications and those of leading qualified researchers, who studied the case at the time and interviewed the actors involved in the discovery and to the new data that has been discovered subsequently.

Keywords: DNA, Franklin, Watson-Crick, Wilkins, Sayre.

1 - FUENTES DE DATOS DISPONIBLES.

Las fuentes más fiables, aunque con los matices que corresponden a su intención o voluntad de transmitir *"su verdad"* personal, son las de los actores de los acontecimientos. También se consideran las manifestaciones de investigadores posteriores al descubrimiento, dotados de capacidad científica para analizar los hechos estudiados.

Los investigadores independientes consultados, por orden de sus primeras publicaciones fueron:
Robert Olby, *"El camino hacia la doble hélice"*, (1974)[10].
Horace Freeland Judson, *"El Octavo día de la Creación"*, (1979)[5].
John Gribbin, *"En busca de la Doble Hélice"*, (1985)[4].
Howard Markel, *"El secreto de la Vida"*, (2021)[7].

Estos investigadores, así como este autor, también están sujetos a sus impresiones personales ante el análisis que están realizando.

Así mismo, se analizan publicaciones de personas cuya finalidad es la de ofrecer una versión de los hechos orientada en una dirección concreta –al margen de la *"realidad"* histórica– magnificando en el análisis, algunos aspectos que favorecen sus propósitos y subvalorando, o simplemente omitiendo, otros que son conocidos.

James Watson (1928-2025), publica "*The Double Helix*" (1968), es un relato personal de su versión de los hechos, narrados quince años después de los acontecimientos, donde relata sus impresiones y vivencias durante su periodo de estancia en Europa y que culminaron con el descubrimiento de la molécula del ADN y de sus implicaciones biológicas.

Debido al trato inadecuado que le dio a Rosalind Franklin –y a causa de las críticas recibidas–, al final del libro, añadió un epílogo mejorando este tratamiento respecto a Franklin. El libro se convirtió en un *best seller* y fue el origen de otras publicaciones.

Posteriormente, en 2003 publicó "ADN. El secreto de la vida", donde en el capítulo 2 menciona resumida, la historia del descubrimiento. (Watson, 2021)[13].

Francis Crick (1916-2004), relata sus vivencias en *"What Mad Pursuit"* (1988)[3b], se edita en español con el título: *"Qué loco propósito"* (1989)[3].

Es una biografía, pero no comenta mucho sobre el descubrimiento de la doble hélice, porque considera que se ha escrito tanto, que le es difícil añadir algo a lo ya dicho y que *"Lo importante no fue el modo en que se descubrió, sino el objeto descubierto: la estructura del ADN mismo..."*, aunque es probable que esta decisión de no escribir esté afectada por el *"Pacto entre caballeros"* (capítulo 4, pág. 11). Reconoce que el concepto de que el ADN era helicoidal no fue tomado de la hélice *"α"* de Pauling, sino que: *"Las hélices estaban en el ambiente y que había que ser muy obtuso o muy obstinado para no pensar en líneas helicoidales".*

Maurice Wilkins (1916-2004), relata sus vivencias en *"The Third Man of the Double Helix"* (2003)[15].

Es una biografía donde describe su versión sobre el descubrimiento de la doble hélice.

Escribió su libro muy tarde, en 2003 –un año antes de su muerte– por lo que pudo ajustar el guion a lo ya publicado por otros autores. Había recibido el premio Nobel por los genes, e insiste mucho en que los genes –dentro del ADN– ya los había considerado porque un colega que:

> *"conocía a Avery, quien tenía pruebas contundentes de que los genes eran ADN y no proteínas, nos dio esta importantísima noticia dos años antes que se publicaran los resultados del trabajo del grupo de Avery. Esto nos animó mucho a estudiar el ADN como algo importante en sí mismo, y no como un mero componente de los genes. Si el ADN realmente era la materia prima de los genes, entonces era ahí donde debía centrar mi trabajo"* (Wilkins 2003, p.115)[15].

También aportan información los documentos privados de **Linus Pauling** que se pueden consultar en el archivo de la Universidad Estatal de Oregón [18].

Rosalind Franklin (1920-1958), en sus cinco años de vida desde la finalización de su trabajo con el ADN, no parece que realizara ninguna manifestación sobre sus vivencias, relacionadas con el descubrimiento de la molécula del ADN. Franklin era una persona honesta y hablaba claro, por lo tanto, en sus escritos manifestaba lo que pensaba en ese momento; por lo que se debe dar mayor credibilidad a lo que ella escribió, que a posteriores interpretaciones hechas por personas ajenas a ellos.

Como los científicos se manifiestan a través de sus publicaciones, estas contienen información para analizar cuál era su visión y sus avances respecto a los trabajos que estaba realizando. Así mismo, su correspondencia personal y el contenido de sus cuadernos de trabajo ofrecen información; pero es menos fiable porque está sometida a los criterios personales de interpretación de quien los analice.

Las publicaciones de Franklin, por orden cronológico de escritura, fueron:

- 6 de marzo (1953), *Acta Crystallographica*. Dos publicaciones sobre sus trabajos y fotos del ADN, revisadas en julio del mismo año y publicadas en septiembre.
- 2 de abril (1953), *Nature*. Apoya la doble hélice de Watson y Crick y describe lo que sabe sobre el ADN en ese momento. Publicada el 25 de abril.
- 25 de junio (1953), *Nature*. Confirma la doble hélice de Watson y Crick. Publicada el 25 de julio.
- 29 de octubre (1954), *Acta Crystallographica*. Revisión final del método de Patterson. Publicada en marzo (1955). Esta fue su última publicación sobre el ADN [19].

Muchos documentos de Franklin se pueden consultar en: [36-39].

Anne Sayre (1923-1998), amiga circunstancial de Franklin y escritora de cuentos, en la época en que la conoció. Con sus ingresos financiaba la carrera de cristalografía de su marido David.

Publicó el libro *"Rosalind Franklin and DNA"* (1975)[11b]. Esta publicación fue una réplica al libro de Watson y el origen de la polémica respecto a su participación en el ADN y a su posterior mitificación, dado que fue secundada por otras autoras y con el importante y decisivo apoyo del movimiento feminista.

Entrevistó a los principales actores vivos. No es un libro científico-histórico, sino una hagiografía*****, pero aporta datos muy interesantes sobre la vida de Franklin; sobre todo suministra muchos datos de su personalidad y de lo que pensaba. Califica *"La doble hélice"*[12] de Watson como una apología******.

Sienta algunas interpretaciones incorrectas, que han sido causa de que algunos científicos y científicas las hayan creído y difundido, sin analizar el trabajo científico de Franklin. A pesar de que Franklin fue contratada como cristalógrafa con experiencia y ese fue su trabajo, por alguna razón que no explica, insiste excesivamente en que no lo era, ni se consideraba cristalógrafa. (página 24).

No menciona el *"Pacto entre caballeros"* y elabora conclusiones que no serían posibles si lo mencionara.

Utilizó el borrador de 17 de marzo, suministrado por Klug, para argumentar que Franklin estaba muy cerca del descubrimiento de la molécula. Agradece a Robert Olby, *"por comprtir parte del materal de su libro"* (se publicó un año antes que el suyo), pero omite aquellas citas que se mencionan en este trabajo.

Consiguió de Linus Pauling dos líneas para su libro, a pesar de que Pauling pudo ver a Franklin una sola vez. Según Maddox, Pauling: *"No recordaba haber conocido nunca a la señorita Franklin".* (página 200)[6].

En Wikipedia se la califica como *"Feminista fuerte"*. Hilary Rose, profesora investigadora de sociología escribió: *El libro de Sayre es un texto brillante, pionero y, como gran parte de la literatura feminista de la década de 1970, también áspero y desigual* [20].

En España, la traducción[11] fue realizada por Teresa Carretero. Por indicación de su hermana Jenifer, incluyó su desacuerdo con Sayre por excederse respecto a cuestiones personales de su hermana.

Esta traducción sirvió de referencia a varios y varias científicas de habla española y portuguesa, que asumieron su contenido, sin contrastar con otros autores cualificados –que estuvieron entrevistando a los protagonistas– y sin analizar las publicaciones científicas de Franklin. Posteriormente tradujo parte del libro de Watson *"ADN, El secreto de la vida"* [13].

Aaron Klug (1926-2018). Cristalógrafo de profesión, ingresó en el Birkbeck en 1953 y fue compañero y amigo de Franklin hasta su muerte. Ambos eran de origen judío y congeniaron muy bien. Fue el principal beneficiario económico, no familiar, de su testamento. Según Maddox: "*Tenía con Rosalind una deuda de honor. Al convertirlo en su principal beneficiario,* [de su testamento] *ella cambió su vida, les permitió a él y a su esposa comprar una casa y residir en Gran Bretaña, donde alcanzó grandes logros*". (Maddox 2002 p.326)[6].

No tuvo ninguna relación con el ADN ni fue testigo de los hechos que nos ocupan. Depositario de sus manuscritos fue asesor científico de Sayre y escribió el prólogo de su libro. Intentó ensalzar –muchos años después de su muerte– la participación de Franklin en el descubrimiento del ADN.

Anne Piper, amiga íntima de Franklin y segunda beneficiaria de su testamento *(detrás de Klug)*, publicó en 1998 *"Light on a dark Lady"* [21].

Debió tener una tirada reducida, porque no lo he podido encontrar ni nuevo ni en librerías inglesas de viejo, solo fragmentos en internet.

Describe su relación personal con ella –pero apenas hablaron de cuestiones científicas– relata que estuvo en su casa cuando realizaba con entusiasmo, complicadas operaciones matemáticas con una calculadora (o regla de cálculo, en aquella fecha), sobre sus trabajos con el método de Patterson.

Dévora Mundani, (1972, act.), empleada de banca, docente y escritora de novelas y cuentos. *(Internet)*.

Escribió su libro *"Rosalind Franklin*" (2019)[6], una hagiografía* redactada en formato de cuento, con varios fragmentos muy emotivos.

Describe los aspectos científicos con escaso rigor y con desbordada imaginación. Comete bastantes errores en la cronología de los acontecimientos.

Describe su testamento con detalle y relata el *"Pacto entre caballeros"* como una conspiración contra Franklin, sin mencionar ningún motivo, salvo que era mujer. Sin el *"Pacto"*, hoy Franklin sería una desconocida, porque no hubiera publicado en abril ni en julio en *Nature*, ni hubiera revisado sus artículos en *Acta Crystallographica*.

***** Hagiografía: *Biografía excesivamente elogiosa.*

****** Apología: *Discurso por escrito, en defensa o alabanza de alguien o algo.*

Utiliza la fotografía 51 como bandera del libro, la menciona desde el prólogo hasta el final y nunca menciona a su ayudante Raymond Gosling como autor de alguna fotografía.

Destila feminismo extremista y, en el texto, no deja *"títere con cabeza"*. A todos y a todas quienes hemos leído *"La doble hélice"* nos tilda de misóginos*****, por nuestra complicidad en convertir el libro en un *best seller*. (Mundani 2019, p.165)[9].

En las entrevistas que le han hecho no he encontrado referencias a este libro, solamente a sus otras publicaciones literarias.

Brenda Maddox (1932-2019), fue esposa del que fue director de *Nature* durante 22 años, John R. Maddox.

Publicó el libro *"Rosalind Franklin, The Dark Lady of DNA*" (2002)[6].******

Entrevistó a los principales actores vivos, tuvo acceso a la correspondencia de Franklin y describe su testamento. En el texto la favorece, pero sin recurrir a la demagogia.

Posteriormente a la publicación del libro facilitó datos adicionales respecto a que Franklin admitió la doble hélice propuesta por Watson y Crick, solo *"como hipótesis*", debido a que las discrepancias le impedían aceptarla en detalle. También mencionó que Franklin –tras conocer la doble hélice– había *"revisado*" antes de julio sus escritos previos al descubrimiento del ADN, dijo: *"Estos deben haber sido* ***completados*** *poco después, ya que fueron recibidos por el editor en inglés de la revista el 6 de marzo, para su publicación a fines del verano.)*". (Ver capítulo 12).

Trata el *"Pacto entre caballeros"* y lo describe (sin nombrarlo) con más detalle que cualquier otro autor.

Desmontó el bulo difundido por Sayre respecto al trato que tuvo Franklin en el King's, por su condición de ser mujer y dijo que *"la mitificación, concebida como una reparación, no le hizo ningún favor*" a Franklin.

En 2018, el año anterior a su fallecimiento, publicó una biografía de James Watson. (ISBN-13: 978-0062252333).

Jenifer Glynn (en julio de 2020 vivía)[38], hermana de Rosalind, de soltera Jenifer Franklin.

Publicó el libro *"My Sister Rosalind Franklin"* (2012)[2], donde describe la vida de Rosalind.

Su trabajo sobre el ADN sólo lo trata en un capítulo corto, denominado *"Misery in London"* (Desdicha o sufrimiento en Londres). (p.112-132)[2].

Se apoya en Sayre, Maddox y en Klug. Reconoce que cuando llegó Rosalind al King's no tenía conocimientos de biología. Menciona la fotografía 51, como que había sido tomada en mayo, pero no afirma ni sugiere que la tomara Rosalind.

Comete un desliz al afirmar que el borrador del día 17 de marzo –encontrado por Klug– era de un día antes de que la noticia del modelo Watson-Crick llegara al King's, cuando en esa fecha ya estaban consensuando, con ellos, sus escritos para *Nature*. (ver Capítulo 12).

Realiza afirmaciones, manifestando su disconformidad con el movimiento feminista por poner a su hermana *"en un pedestal totalmente irreal de martirio femenino"* y de convertirla en un *"icono feminista"*.

Lynne Osman Elkin, Bióloga en la Universidad Estatal de California, Hayward.

Publicó artículos y entrevistas (2003)[22], basándose en Sayre, de quien dice que llegó a conocerla bien. Entrevistó a algunas personas relacionadas con el caso de Franklin. Sostiene que el trabajo de Franklin fue fundamental porque aportó datos cruciales y que el modelo de Watson-Crick fue posible gracias a esos datos. También dice que era muy consciente de la diferencia entre las formas *"enol"* y *"ceto"* y que estaba al tanto del trabajo de Jerry Donohue sobre las formas tautoméricas de las bases. (No parece que Donohue realizara trabajos sobre estos enlaces, simplemente lo sabía. June Boomhead estudiante de posgrado hizo una tesis) [43].

Afirma que, con sus datos, Franklin propuso una estructura de doble hélice y que sus cálculos también le permitieron deducir que la hélice "A" tiene dos cadenas antiparalelas. No reconoce que el artículo de abril fuera escrito para apoyar la doble hélice de Watson-Crick –como afirma Sayre– sino que la doble hélice ya la tenía resuelta con anterioridad.

***** Misoginia: odio, aversión, o desprecio hacia las mujeres.

****** Una destacada bióloga española, Mercè Piqueras que conoció a Maddox, comentó en un blog de microbiología:

"Para contrarrestar la imagen que Watson dio de R. Franklin, Ann Sayr, que era amiga suya, escribió una biografía que en realidad es una hagiografía y tampoco parece retratar la Rosalind Franklin real. El libro de Maddox me pareció mucho más objetivo. Tuve la oportunidad de hablar con la autora y me contó que estuvo cuatro años reuniendo información para escribirlo: consultando archivos, entrevistando a personas que trataron a R. Franklin e incluso tuvo acceso a toda la correspondencia familiar...". Sigue en la pág. 27. (Blog microbichitos: Comentario Ago. 10, 2008)[35].

2 - ESTADO DE LA CIENCIA SOBRE EL ADN, ALREDEDOR DE 1950.

En lo que atañe a este trabajo, en el Caltech de Pasadena, California (EE. UU.), Linus Pauling había elucidado la molécula de varias proteínas. En Gran Bretaña se estaban estudiando, entre otras, moléculas de fibras para aplicaciones textiles *(queratina y colágeno)* en la Universidad de Leeds; de la insulina y de varias vitaminas en Oxford; la molécula de la hemoglobina se estudiaba en el Cavendish de Cambridge y la del ADN en el King´s College de Londres.

La composición química del ADN era perfectamente conocida en aquellos años, constaba de fosfatos, azúcares *(desoxirribosa)* y cuatro bases nitrogenadas *(adenina, timina, citosina y guanina)*. Se sabía que su molécula era un polímero de gran longitud formado por una sucesión de nucleótidos compuestos por un fosfato y un azúcar, este último enlazado con una base. No se conocía el orden de las cuatro bases, solo sus enlaces con el azúcar.

La creencia de que los Genes debían estar en las proteínas, debido a su abundancia y complejidad estaba generalizada, a pesar de que Oswald T. Avery había demostrado, que el ADN era el portador de la herencia genética. Su descubrimiento no fue tenido en cuenta por la mayoría de la comunidad científica, pero sí era conocido por el *"grupo de los fagos*", al que pertenecía Watson.

ADN son las iniciales de ácido desoxirribonucleico, debido a que es un ácido y se encontró en el núcleo de las células.

No hay que confundir los conceptos asociados al ADN –moléculas y genes– porque se mezclan con demasiada frecuencia, asociando siempre la molécula del ADN con sus implicaciones biológicas –antes de su descubrimiento– dando lugar a interpretaciones que pueden no ser correctas.

Es frecuente ver cómo se describe la historia del descubrimiento de la molécula del ADN de esta manera:

→ Carrera para el descubrimiento del → ADN y premio → NOBEL.

El planteamiento más correcto de esta historia –en mi opinión– tendría dos etapas:

→ Descubrimiento de la molécula del → ADN, éxito y → FINAL.
→ Molécula del ADN → descubrimiento de los GENES y premio → NOBEL.

La misión de la unidad de biofísica del King's era elucidar la molécula del ADN. Aunque existía un departamento fuerte en biología (Sayre1997, p.111)[11], no he encontrado datos respecto a que trabajaran para descubrir los genes, por lo que, resuelta la estructura del ADN, acabarían su misión con éxito.

Anne Piper, amiga de Franklin comenta: "*Al parecer, la determinación de la estructura real de la molécula del ADN sería fundamental, aunque en esta etapa la conexión entre el ADN y la herencia era sólo una teoría carente de cualquier forma de prueba*" [23].

Carolina Martínez menciona: *"Tampoco puede suponerse que Wilkins, cuando en junio de 1950 obtuvo algunas imágenes de rayos X, estuviera convencido de que el ADN era la sustancia genética"*. Esto parece deducirse a tenor de lo que en agosto de ese mismo año escribió: *"Lo que más nos gustaría, por supuesto, es descubrir para qué sirve el ácido nucleico en las células"* (Martínez 2000, p.164[8]; Olby 1991, p.502[10]).

Wilkins en su libro insiste –en varios lugares– en que estaba convencido de que los genes estaban en el ADN. (Wilkins 2003, P. 115)[15].

Tampoco he detectado que Linus Pauling tuviera interés en los genes (asociados al ADN), solamente en la estructura molecular del ADN.

Sin embargo, el objetivo de Watson, que era el único biólogo de los implicados, era el descubrimiento de los genes y su camino pasaba por conocer la estructura del ADN, pero no como un fin, sino como un medio. Para él y Crick, la importancia del ADN iba más allá de la elucidación de su estructura molecular. Por lo tanto, los objetivos finales perseguidos no eran los mismos que los del King's, aunque los caminos iniciales fueran coincidentes.

El descubrimiento de los Genes y su interpretación sobre el modo que actúan, sí que puede llevar al premio Nobel *–si lo conceden–* con independencia de que estuvieran contenidos en el ADN, en una o en varias proteínas, o en cualquier otra molécula. Esto se debe a su gran importancia biológica, porque los genes son los portadores del código con la información genética, que determina la herencia de todos los seres vivos.

Los Genes y el ADN resultaron ser **la misma sustancia**, pero aunque se sabía que el ADN transmitía información genética, esto no se conocía ni se intuía en aquellos años. Watson y Crick lo dedujeron a partir de que propusieron, lo que suponían podía ser, su estructura tridimensional.

Por su forma física, dedujeron el mecanismo que permitiría la replicación de esa macromolécula en otra idéntica, que mantiene íntegra la información genética de su antecesora. Esta deducción a partir de la molécula del ADN ya elucidada no era obvia –aunque ahora nos lo parezca– por ser una molécula de gran longitud formada por la sucesión de elementos moleculares *(nucleótidos)* "aparentemente idénticos". Para llegar a la conclusión de que sus extremos pueden separarse y regenerar la imagen complementaria de la parte opuesta, se requiere disponer de una buena dosis de intuición.

El descubrimiento se llevó a cabo en año y medio *(entre octubre de 1951 y febrero de 1953)* y sin realizar ningún experimento, salvo fotografías de ARN. Durante enero del 1952 y comienzos de febrero de 1953 no trabajaron de forma activa, porque los descubridores estuvieron vetados para trabajar en el ADN a causa de una queja de Randall, director del King's.

3 - PERSONAS MÁS RELEVANTES INVOLUCRADAS EN ESTE RELATO.

Phoebus Levene (1869-1940). El descubrimiento del ADN se atribuye al químico suizo Friedrich Miescher en 1869, siendo Phoebus Levene quien, en 1909, determinó la composición química del mismo y cómo podrían estar químicamente enlazadas sus moléculas individuales. Propuso la hipótesis del tetranucleótido.

En su trabajo sobre el enlace químico entre las moléculas de sus componentes, se inspiró Alexander Todd del Cavendish, para describir en 1951 su nucleótido bidimensional de ADN, con los fosfatos y azúcares correctamente enlazados, así como los posibles enlaces entre el azúcar y las bases.

William T. Astbury (1898-1961). No estudiaba especialmente la molécula de ADN, sino las fibras que tenían interés para la industria textil que financiaba sus trabajos. Con motivo de la tesis doctoral de su ayudante, la cristalógrafa Florence Bell, analizaron la molécula de ADN y tomaron sobre 1938, la que posiblemente fue la **primera fotografía y los primeros cálculos** de distancias interatómicas de la molécula, a la que definieron que *"era como una pila de peniques"*. Esta fotografía fue pionera y conocida tanto por los investigadores del King's, de Watson-Crick y de Pauling. El técnico de laboratorio Elwyn Beighton, convertido en estudiante de posgrado, retomó el trabajo de Bell y había tomado **fotos similares a la famosa Foto 51**, el año anterior a esta. (Ver aquí) [42]. No se publicaron porque Astbury no estaba trabajando en ello.

Oswald T. Avery (1877-1955). Aunque no estudiaba la molécula de ADN, en 1944, basado en trabajos previos de Frederick Griffith, fue el primero en demostrar que los *"genes"* estaban contenidos en el ADN y eran replicados a través de este. Sus trabajos no fueron corroborados por otros investigadores, hasta 1952 en que Alfred Hershey y Martha Chase, del *"grupo de los fagos"* al que pertenecía Watson, lo confirmaron.

Este **descubrimiento** de Avery le llevó a Watson a centrarse en el ADN, a pesar de la creencia generalizada de que los *"genes"* podrían estar en las proteínas.

Erwin Chargaff (1905-2002). Era bioquímico y no estudiaba la molécula del ADN, trabajaba sobre detalles de su composición química. En 1949 demostró las proporciones de sus componentes, cuya composición química ya era conocida. A partir de sus trabajos, la "teoría del tetranucleótido" de Levene se consideró incorrecta. Llegó a la conclusión de que en la composición del ADN de varias especies, las bases nitrogenadas *(purinas y pirimidinas)*, es decir, sus componentes *adenina+timina* y *guanina+citosina* eran cuantitativamente idénticas (o muy similares). Estos datos **fueron decisivos** para que Watson y Crick descubrieran la molécula del ADN porque les indujeron a aparear, de dos en dos, las bases.

Sven Furberg (1920-1983). Colaborador de Bernal en el Birkbeck. Probablemente fue **el primero** en describir el ADN como **helicoidal** en su tesis doctoral de 1949. Elaboró dos hipótesis *(incorrectas)* al respecto y contempló enlaces de hidrógeno entre moléculas (García 2003 p.93,94)[1]. Franklin lo menciona en su artículo de abril de 1953 y tuvo los datos de sus trabajos recién incorporada al King's. Dado que no tenía conocimientos previos en moléculas biológicas, es probable que cuando llegó al King's su primera fuente de inspiración estuviera en esta tesis.

Linus Pauling (1901-1994). Era el director del Instituto de Tecnología de California (Caltech). Fue el descubridor de la molécula de algunas proteínas a la que denominó hélice *"*Alfa" (α), que inspiró a Watson y a Crick. Era un investigador muy activo y ocupado, pero inicialmente no tenía interés especial por el ADN. Sin embargo, a mediados de 1952 su colega Robert Corey visitó el King's y le mostraron sus fotos (la foto 51 todavía no había sido tomada), que, junto con las noticias que le suministraba su hijo Peter –desde el Cavendish– le despertó su interés por trabajar en el ADN. A finales del año propiciaron con Watson y Crick una presunta *"carrera*" para elucidar los primeros. Con Corey, propuso una molécula de tres hélices internas, en cierto modo parecida a la primera de Watson y Crick, que tampoco era correcta.

LABORATORIOS WHEATSTONE del KING'S COLLEGE de Londres, tenía como director a **John Randall** (1905-1984), y la unidad de biofísica estudiaba la molécula del ADN. Desde la creación de la unidad estuvo liderada por **Maurice Wilkins** (1916-2004) en calidad de director adjunto. Aunque era físico se pasó al campo de la biología y trabajaba como cristalógrafo de rayos X, intentando elucidar la estructura del ADN.

En la primavera de 1951 impartió una conferencia en Nápoles en la que mostró una o varias fotografías. Al evento asistió James Watson y fue el desencadenante para introducirse en el estudio del ADN.

En enero de 1951 se incorporó **Rosalind Franklin** (1920-1958) que era físico-química, pero fue contratada en calidad de cristalógrafa con experiencia, la cual había obtenido en Paris en el campo del carbón y sus derivados. Es de destacar la figura de **Raymond Gosling** (1926-2015), el gran olvidado de esta historia, estudiante de doctorado y ayudante de Wilkins que fue transferido a Franklin y obtuvo, entre otras muchas, la famosa Fotografía 51. Posteriormente, con motivo de la marcha de Franklin al Birkbeck pasó nuevamente a depender de Wilkins.

LABORATORIOS CAVENDISH, ubicados en Cambridge. Su director era **Sir Laurence Bragg** (1890-1971), el responsable de la unidad de biofísica era **Max Perutz** (1914-2002) que tenía como adjunto a **John Kendrew** (1917-1997). La unidad tenía como misión elucidar la molécula de la hemoglobina. Con ellos estaba como estudiante de doctorado **Francis Crick** (1916-2004), era físico y se había pasado a la biología al igual que Maurice Wilkins. Ambos se conocían con anterioridad a los años 50 y nacieron y fallecieron el mismo año.

El departamento de química del Cavendish estaba liderado por **Alexander Todd** (1907-1997), experto en nucleótidos. Poco antes de que llegara Watson expuso un trabajo en el que describía la posible combinación de enlaces moleculares, de los componentes del ADN. Este trabajo estaba inspirado en otro previo de Phoebus Levene, que representaba los enlaces mediante vectores con sus ángulos correspondientes. (García 2003, p.63,64)[1].

Aunque no tenía carácter tridimensional, sino que estaba sobre un plano, era correcto y propuso una estructura sólida de fosfato-azúcar-fosfato-azúcar... y los enlaces de los azúcares con las bases. Con esta estructura se asentaron los primeros ladrillos, sobre los cuales Watson y Crick empezaron a elaborar su primera molécula. Tenía tres cadenas fosfato-azúcar en el centro de la molécula y resultó un fracaso.

La contribución de Todd no puede considerarse crucial para el descubrimiento, pero aportó importantes pistas sobre los ángulos y los enlaces moleculares posibles. Más tarde, Todd fue el primer experto en verificar la validez –desde el punto de vista bioquímico– de la estructura de la doble hélice.

En octubre de 1951 se incorporó **James Watson** (1928-2025), un estadounidense de 23 años que era biólogo con inclinaciones a la genética y estaba haciendo el postdoctorado.

A finales de 1952 coincidió en el departamento **Jerry Donohue** (1920-1985), un químico estadounidense del Caltech. Las sugerencias sobre los enlaces químicos entre las bases, que les hizo a Watson y a Crick, **fueron decisivas** para el descubrimiento. Otro ocupante ocasional del despacho fue Peter Pauling –hijo de Linus Pauling– que, aunque no tuvo participación en el ADN, las noticias que transmitía sobre las actividades de su padre en California, propiciaron una especie de *"sprint final*" que terminó con el descubrimiento de la molécula del ADN y de sus implicaciones biológicas.

4 - EL PACTO, ENTRE CABALLEROS.

Cuando a principios de marzo de 1953, Bragg consideró válida la molécula del ADN, revisada por Alexander Todd, se encontró con un posible descubrimiento que no esperaba –ni buscaba expresamente–. Las dos unidades de biofísica, del Cavendish y del King's, habían sido creadas y estaban financiadas por el MRC *(Consejo de Investigación Médica)* y se planteaba una posible intromisión. Pero Bragg, al tolerar que

Watson y Crick realizaran trabajos sobre el ADN –al margen de sus cometidos principales–, tuvo la precaución de no comprometer al Cavendish. Ninguno era personal laboral, sino becarios y se financiaban con fondos externos, además Watson era biólogo y trabajaban en la búsqueda de los Genes, por lo que necesitaban conocer la molécula del ADN como etapa intermedia.

El problema serio lo tenía el King's, Randall había recibido financiación (a partir de 1946) con importantes cantidades de dinero, en un país en posguerra y con racionamiento. Llevaban años intentando elucidar la molécula del ADN y habían trabajado mucho logrando las mejores fotografías y los mejores datos de difracción, además de analizar varios tipos de ADN de diferentes especies. Tenían dos equipos, pero no sumaban esfuerzos y todavía no vislumbraban cómo podría ser la molécula que buscaban.

Cuando Randall se enteró de que Watson y Crick proponían su segunda molécula, esta vez exenta de errores en los enlaces moleculares:

> *"Randall estaba, en palabras de Willy Seeds, «como una rata escaldada» cuando se enteró de que el Cavendish había vencido al King's".*
>
> *"Todos en King's tuvieron cuarenta ataques cuando Cambridge llegó primero".*
>
> *"Randall estaba furioso, con la nariz descolocada. Después de todo, había creado el laboratorio de biofísica más grande de Gran Bretaña y tenía poco que mostrar a cambio"*.

Sin embargo, los dos estudiantes del Cavendish resolvieron, tanto la estructura como los genes, en menos de un año de trabajo y sin contar con los medios necesarios.

> *"Randall no estaba en condiciones de hacer erupción. En cambio, se aseguró de que su laboratorio tuviera dos artículos propios en Nature junto con los de Watson y Crick y que los suyos* ***se retrasaran*** *hasta que los del King estuvieran listos. Su orden fue: "¡comiencen a escribir!"*. (Maddox 2002, p.209)[6].

Randall llegó a un acuerdo con Bragg. Randall que tenía amistad con Brimble, coeditor de *Nature*, gestionó la publicación de los tres artículos, a pesar de que –probablemente– Watson y Crick se habrían asegurado la prioridad del descubrimiento enviando con anterioridad una primera publicación a *Nature*, por temor a que Pauling se les adelantara. (capítulo siguiente).

Los dos artículos del King's de 25 de abril estaban orientados para apoyar la doble hélice propuesta por Watson y Crick, y asímismo**,** justificar las subvenciones con que el MRC y la Fundación Rockefeller financiaban al King´s. (Markel 2022, p.76-78[7]; Wilkins 2003, p.99[15]). Las tres publicaciones *"consensuadas"* y seguidas, con un epígrafe común y la misma fecha de emisión, daban a entender que había colaboración entre ambas instituciones. En las cartas que se intercambiaron aparecen varios textos, por parte de Watson y Crick respecto a cómo redactar las alusiones a los trabajos del King's, que al final quedaron así: *"También nos ha estimulado el conocimiento de la naturaleza general de los resultados e ideas experimentales, no publicados del Dr. M.H.F. Wilkins, Dr. R.E. Fanklin y sus colaboradores en el King's College, Londres"*.

Las alusiones a los trabajos *"no publicados"* del King's –que aparecen en las tres publicaciones– y en los que tanto insistía Bragg, director del Cavendish en el prólogo de *"la doble hélice"* [9], parecen apuntar en esa dirección y le supusieron a Wilkins compartir el premio Nobel.

Estas alusiones a los trabajos no publicados, cuya finalidad era justificar al King's –dado que no tenían material importante para justificar un Nobel– han sido tomadas literalmente y fuera del contexto general y han sido motivo de especulaciones, respecto a que se utilizaron datos trascendentales del King's para el descubrimiento, sin demostrar ni analizar en detalle, cuales eran esos datos que lo justifiquen. Sumando los trabajos de Franklin y de Wilkins, los evaluadores no veían claro el papel del King's y costó muchos esfuerzos y tres intentos hasta conseguir el Nobel para Wilkins, lo que retrasó dos años el premio para Watson y Crick

Watson y Crick intentaron establecer, en varias ocasiones, colaboración con el King's que fue esquivada por Wilkins, lo cual era lógico, dado que Randall no debía permitir colaboraciones con personajes competidores y poco cualificados, sobre todo después del fracaso de su molécula de 1951. Aunque Wilkins era prudente en sus manifestaciones sobre los resultados de sus investigaciones, obtenían filtraciones de él, pero Wilkins también se beneficiaba de sus aportaciones.

A raíz del fracaso de su primera molécula, que motivó el veto de Bragg para trabajar en el ADN a causa de la queja de Randall, Wilkins escribió a Crick:

"...Creo que es muy importante que se llegue a un entendimiento tal que todos los miembros de nuestro laboratorio puedan sentirse en el futuro, como en el pasado, libres para discutir su trabajo e intercambiar ideas con usted y su laboratorio. Somos dos Unidades del M.R.C. y dos Departamentos de Física con muchas conexiones. Personalmente, siento que tengo mucho que ganar al discutir mi propio trabajo con usted y, tras su actitud el sábado, [se refiere a su visita con Franklin, al modelo fallido y al malestar en el King's, por intromisión] *empiezo a tener muy leves sentimientos de incomodidad al respecto...".*

Esta carta estaba supervisada por Randall y mantenia un tono formal. A continuación, le escribe otra carta personal:

Querido Francis. Esto es solo para decir cuán enfadado estoy por completo y cómo me siento mal por todo esto y cuán completamente amistoso soy (aunque pueda parecer de manera diferente)...[40].

En los documentos de Pauling[18], hay una carta de Randall en la que le niega unos datos que le había solicitado. En una visita de Corey, colega de Pauling, le mostraron algunas fotos, pero sin darle copias. Wilkins proporcionó fotografías a Chargaff y este le suministró muestras de ADN. (Markel 2022 p.305,306)[7]. Watson se lamentaba de que, si colaboraban, podrían tener acceso a sus fotografías y avanzar más rápidamente.

A pesar de que Watson y Crick disponían del equipo de rayos X más puntero, no les proporcionaron ninguna muestra de ADN y se tuvieron que conformar con muestras de ARN, que les facilitó un colega del Cavendish.

Sus fotografías de ARN mostraban claramente una hélice*****. Cuando en enero (1953) Watson vio la Foto 51 un momento, aunque no obtuvo copia de la misma, esta visión le confirmó que iba por el buen camino pero no dedujo si eran dos o más hélices. Cuando le enseñó a Wilkins el documento de Pauling con su modelo, éste no mostró interés en acelerar el ritmo de trabajo para evitar que Pauling se les adelantara a, todos, en el descubrimiento.

~~~~~~

Mundani, en la página 98 alude al pacto Randall-Bragg y en la p.102, lo describe así:

"Pese a que había llegado a trabajar [Franklin] *por el descubrimiento del secreto de la vida, no podía luchar con la misma vehemencia contra cinco hombres faltos de escrúpulos. Porque no solo Wilkings, Watson y Crick la habían traicionado. También los directores del King's y del Cavendish, Randall y Bragg, habían firmado a sus espaldas un acuerdo para publicar en abril de 1953, bajo el mismo título "Estructura molecular de los ácidos nucleicos..."* (Mundani 2019, p.102)[9].

Elkin menciona: *"...el trato tramposo que se hizo entre Randall, el jefe de Kings, y Bragg, el jefe de Cavendish, para encubrir el hecho muy incómodo de que los datos habían migrado de un lugar a otro"* [27].

En Wikipedia sugieren el resultado de un trato realizado entre los dos directores, para aparentar un apoyo al papel teórico de Watson y Crick [24].

Markel dice: *"Randall no podía correr el riesgo de pasar la vergüenza de no participar en la publicación del hallazgo. En busca de una solución adecuada, los dos jefes acordaron..."* (Markel 2022, p.443)[7].

García dice: *"...Bragg y Randall amañaron con la complicidad de Gale, editor de Nature..."* (García 2003, p.110)[1].

Maddox es quien mejor describe el pacto (aunque no menciona su nombre), entre las páginas 207-213[6].

Sayre omite este importante pacto, posterior al descubrimiento, en el sentido que le dan los investigadores que lo han tratado. Aunque menciona *"una especie de acuerdo administrativo"*, que denomina *"...acuerdo –entre caballeros–...",* pero lo circunscribe a cuestiones administrativas previas, para no hacerse competencia entre instituciones (Sayre 1997, p.126-128[11]; Martínez 2000, p.165[8]). Esta mención parece estar fuera del contexto por ser obvia, debido que, ambas *"unidades de biofísica"* estaban obligadas con el mismo organismo que las había creado y era el financiador de las mismas (el MRC). El Cavendish debía estudiar las proteínas y el King's el ADN (ver primer párrafo y el capítulo 2).

Tampoco menciona ningún motivo ni alguna suposición, para que el director del King's decidiera avalar el artículo de sus competidores; dando la impresión como si Franklin y Wilkins no tuvieran jefe y actuaran por cuenta propia. La alusión a un pacto entre Bragg y Randall –como está admitido– le rompería el argumentario en varias partes del libro.

---

* Aunque hay excepciones, el ARN contiene normalmente una hélice, dado que biológicamente es fácil reconstruir la hélice complementaria.
~~~~~~

MUY IMPORTANTE: Una vez acordado el pacto entre las partes, implicando al King's en el descubrimiento –con el supuesto consentimiento de Watson y Crick– se **condicionan las manifestaciones posteriores** de ambos, a veces contradictorias, dado que **siempre** deben dar la impresión –al MRC y a la Academia Sueca– de que trabajaron o en equipo, o intercambiando información. A partir de ese momento –marzo de 1953– el descubrimiento del ADN deben considerarlo, hacia el exterior, como obra de un cuarteto formado por Watson, Crick, Wilkins y Franklin.

Este *"supuesto"* cuarteto quedó acreditado en la primera presentación pública de la doble hélice, que se realizó en la *"Royal Society"*, en junio del mismo año. (M. Cobb y N. Comfort[29]; Royal Society, p.4 [44]).

En 1963, el físico C.P. Snow pidió a Crick que escribiera algo sobre la historia del ADN. Crick se negó porque tenía que consultar con Watson, Wilkins y los demás involucrados[41]. Nunca escribió con detalle suficiente, respecto a estos acontecimientos porque dijo: *"Lo importante no fue el modo en que se descubrió, sino el objeto descubierto: la estructura del ADN mismo..."* y se mantuvo así hasta su muerte. Debía de resultarle comprometido, tener que describir acontecimientos inventados, que no se ajustaran a la realidad de los hechos. Franklin había fallecido y en vida renunció a hacer comentarios al respecto (Capítulo 16), por lo que los demás involucrados pudieran ser Bragg y Randall.

Watson, en *"La doble hélice"* escribió *"… la historia no era nada sencilla* [de explicar] *y desde luego, no se parecía a lo que contaban los periódicos"* (Watson 2000, p.28)[12b]. Todos los involucrados han mantenido el secreto hasta su muerte. Watson, el último superviviente acaba de fallecer, era el más atrevido y ha recibido muchos *"palos"* por este motivo. Quizás haya guardado algo y pasado un tiempo, tengamos noticias suyas.

Soraya de Chadarevian detectó esta cuestión y dijo: *"Las dificultades para resolver estos asuntos pueden parecer sorprendentes, ya que los tres participantes siguen vivos, o* ***quizás esto explique los problemas****"* [45].

Las alusiones en el artículo de abril en *Nature* y las manifestaciones posteriores al descubrimiento, realizadas por Watson y Crick, que aluden a los datos del King's utilizados en el descubrimiento, se hicieron para argumentar el papel importante que, *"supuestamente"* tuvieron los miembros del King's en el descubrimiento. A pesar de ello, los evaluadores del Nobel no consideraban que la consecución de las mejores fotografías y los mejores datos de difracción del ADN, tuviera la suficiente importancia para justificar el premio. Según la página del premio Nobel, este: *"se otorga por* ***descubrimientos*** *de gran importancia en ciencias de la vida o medicina. Los* ***descubrimientos*** *que han cambiado el paradigma científico y son de gran beneficio para la humanidad reciben el premio..."* [25].

De hecho, costó tres intentos y después del segundo fracaso, conociendo el punto débil de la candidatura pudieron adecuar la tercera nominación, reforzando de alguna manera, la *"colaboración"* entre las dos instituciones y consiguieron el galardón para Wilkins.

Markel consiguió acceder a los archivos del premio Nobel. Watson Crick y Wilkins fueron nominados en 1960, 1961 y 1962, año en que ganaron el premio. En 1960 solo se nominaban a Watson y Crick –ese año estaban como nominadores Bragg y Pauling, entre otros muchos (48)– *"Bragg puso todo sobre la mesa para que Wilkins compartiera el premio"*. Otros nominadores consideraron que Wilkins no era merecedor del premio y que no se inmiscuyera una tercera persona con Watson y Crick. Pauling tenía serias dudas de que su trabajo *"represente una contribución suficiente a la química, como para permitir que sea incluido entre los galardonados con un premio Nobel."* (Markel 2022, p.497-499)[7].

Wilkins entiende que: *"la parte del Premio Nobel que le correspondió al King's, por la elucidación de la estructura y función de los ácidos nucleicos se otorgó por un amplio trabajo que se extendió desde finales de la década de 1940 hasta principios de la de 1960"* (Wilkins 2003, p, 257)[15].

De lo anterior se deduce que, en caso de vivir Franklin, los miembros del King's no hubieran tenido premio, porque excedían el cupo de tres candidatos para optar al Nobel y porque los resultados de sus trabajos no tenían la consideración de *"descubrimientos"*. Los trabajos sin premio de **Oswald T. Avery** y de **Erwin Chargaff**, sí que fueron cruciales para el descubrimiento. (ver página 7).

Salvo la Foto 51 y por supuesto, que habían trabajado en ello; no he encontrado ninguna referencia a que el King's se haya atribuido alguna contribución, o que sus datos hubieran sido trascendentales para el descubrimiento. Solamente Willy Seeds difundió la sospecha de que Watson había utilizado, o sustraído, datos confidenciales del King's. En un encuentro posterior en los Alpes, saludó a Watson: *¿cómo está el honrado Jim?* por su atribución de obtener información de manera deshonesta.***** *"Honest Jim"* fué inicialmente el primer título de *"la doble hélice"*, que no se publicó por oposición de Crick y Wilkins.

***** Este encuentro con Willy Seeds, es mencionado por Watson en dos publicaciones.[12 y 14].

En la fachada del King's en 1998, aparece Wilkins ante una placa en la que figuran los nombres de Franklin, Gosling, Wilson, Stokes y Wilkins.

En la placa figura la siguiente inscripción *"DNA X Ray Reffration Studies 1953"* sin alusión a ninguna aportación, colaboración o descubrimiento que fueran "cruciales" para elucidar el ADN. (Wilkins p.178-79)[15].

En los bajos del edificio Franklin-Wilkins del King's, en 2010 colocaron, entre otros personajes destacados, dos carteles gigantes con las imágenes de Franklin y Wilkins. Al acto asisten Jenifer, hermana de Franklin y su esposo; George, hijo de Wilkins con su esposa y sus dos hijos. Aluden al trabajo del ADN realizado en el King's:

Para Franklin elogian los estudios de difracción de rayos X, que ella y Ray Gosling realizaron, combinados con su creación más famosa, *"Photo 51"*.

Para Wilkins se reconoce tanto el trabajo que realizó a principios de los años cincuenta, como el trabajo posterior que verifica el modelo Watson-Crick, señalando los primeros trabajos de difracción de rayos X y las primeras interpretaciones helicoidales de Wilkins y su colaborador Alex Stokes[26].

5 - FUERON TRES O CUATRO, LOS ARTÍCULOS ENVIADOS A *NATURE*.

"La doble hélice" fue escrita por Watson quince años después de estos sucesos y ya había recibido el premio Nóbel, compartido con Crick y con Wilkins.

En los capítulos finales del libro de Watson, escasamente matizados –como se deduce de las cartas que se intercambiaron en aquellos momentos– da la impresión de que solo se enviaron a *Nature* los tres artículos de abril, elaborados en ambas instituciones. Consensuaron como redactar en su artículo, por parte de Watson y Crick, las alusiones a los trabajos *"no publicados"* del King's.

Watson no hace comentarios sobre si enviaron un documento previo a *Nature* –quizás como consecuencia del denominado *"Pacto entre caballeros"*–. Este pacto, cómo es lógico, no lo nombra en ningún momento; tampoco lo hace Wilkins, en su lugar dice que le ofrecieron la coautoría: *"Mi rechazo a la coautoría llevó a la publicación conjunta de artículos separados de Cambridge y Londres. Francis y Jim habían escrito un artículo breve* ***que se publicaría pronto en Nature****, pero la consulta y negociación con el editor le dio a King's una o dos semanas para escribir sobre nuestro trabajo con rayos X, que se publicaría junto con el trascendental anuncio de Cambridge".* Watson menciona la colaboración de Wilkins y Franklin respecto a que revisaron sus datos de rayos X, respaldando la doble hélice, antes de redactar sus respectivas publicaciones.

Inicialmente, es probable, que Watson y Crick no tuvieran intención, ni motivos, en hacer partícipe al King's de su posible descubrimiento –dado que nunca se habían avenido a una colaboración–. Además Randall había conseguido que Bragg les impidiera continuar con su trabajo sobre el ADN, durante más de un año.

Después de que Bragg levantara el veto***** a los trabajos sobre el ADN, el 20 de febrero Watson escribe a Delbrück: *"Me dediqué al ADN cuando acababa de llegar a Cambridge, pero lo dejé porque al grupo del King's no le gustaba la competencia ni la cooperación. Sin embargo, como Pauling está trabajando ahora sobre ello, creo que el campo está abierto a todo el mundo… Cuando averigüe las debidas coordenadas,* ***mandaré una nota a Nature****, pues da razón a los datos de rayos X y, aunque esté equivocada, es un avance notorio con respecto al modelo de Pauling".* (Judson 1987, p.169[5]; Olby 1991, p.574-575[10]).

Solamente mantenían buena relación personal con Wilkins. Crick apenas conocía –en aquellos momentos– a Franklin y Watson la había visto en contadas ocasiones, puesto que, cuando iba a Londres con motivo de una colaboración en un hospital con Hayes, solo visitaba a Wilkins, porque Franklin era poco accesible y ambos no simpatizaban.

Cuando consiguieron encajar las bases entre sí, consideraron que podrían estar ante la resolución de la molécula y debido al entusiasmo, durante la comida Crick anunció en el Pub Eagle *"que habían descubierto el secreto de la vida"*.

***** Bragg no solo levantó el veto por la descripción que Watson hizo de la vista de la foto 51, sino también por las noticias de que Pauling estaba trabajando en el ADN y le había enviado una copia personal de su nueva molécula. Para Bragg, además, existía el precedente, de que Pauling se le adelantó en el descubrimiento de moléculas de proteína.

Bragg sospechaba que Watson durante el veto, se había extralimitado con sus fotografías de ARN y podría tener alguna pista. Si existía alguna posibilidad de que Watson y Crick resolvieran la molécula del ADN, había que intentarlo, porque sabía que Pauling representaba una amenaza real y que el King's no iba bien encaminado.

Pasaron unos días construyendo el modelo tridimensional y verificando con una plomada y una regla, si se cumplían las dimensiones estereoquímicas de los enlaces entre moléculas.

> *"Con exaltación creciente, remataron un modelo concreto para la tarde del sábado 7 de marzo. Crick se fue a su casa a acostarse".*
>
> El 9 de marzo, *"Watson y Crick **empezaron a preparar una carta a Nature** anunciando el descubrimiento. Para el fin de semana **estaba redactada la carta a Nature**".* (Judson 1987, p.175-176)[5].

Watson y Crick sabían que el King's no representaba ninguna amenaza a su posible descubrimiento e invitaron a Wilkins a través de John Kendrew, quien lo llamó por teléfono y le explicó la estructura: *"Enseguida me subí a un tren a Cambridge"*. *"Después de ver la Doble Hélice y hablar con Francis y Jim, regresé rápidamente a Londres y les conté a todos en King's las principales características de la estructura. Raymond le pasó la noticia a Rosalind, quien ahora trabajaba en el Birkbeck College"* (Wilkins 2003, p,215)[15], lo que pudo motivar que Randall iniciara, apresuradamente, sus gestiones con Bragg y estableciera un acuerdo, para asegurarse algún protagonismo en el posible descubrimiento y salvar su prestigio y el de la institución, así como el futuro de sus subvenciones por parte del MRC, como así fue*. (ver capítulo anterior)*.

El 12 de marzo Watson escribió a Delbrück en EE.UU. y a través de él, Pauling obtuvo detalles sobre la molécula, incluyendo dibujos del apareamiento de las bases (ediciones de Alianza)[12b]. Después, Watson marchó de viaje a París, informando sobre la doble hélice a sus colegas del Instituto Pasteur.

El 17 de marzo, *Franklin y Gosling concluyeron y fecharon el primer borrador que resumía sus conclusiones incompletas acerca de la estructura B del ADN.* (Judson 1987, p.175-176)[5]. Probablemente este sea el borrador que encontró Klug en los papeles de Franklin, fechado el 17 de marzo. Ese mismo día Wilkins escribe a Crick, diciendo que Franklin y Gosling también iban a publicar un artículo con ellos.

El 2 de abril, Bragg envió la publicación a *Nature* junto con una *"enérgica carta de recomendación"*.

Resulta difícil de entender que, hasta el 2 de abril, Watson y Crick no hubieran enviado a *Nature* una publicación –anunciada el 20 de febrero, iniciada el 9 de marzo y acabada ese fin de semana– para asegurarse la prioridad cronológica de fechas*,* por si se confirmaba el descubrimiento. En aquellos momentos, sus tutores Max Perutz y John Kendrew que fueron los principales afectados por el triunfo de Pauling con la hélice *"α"*, estaban muy pendientes de su trabajo y pudieron aconsejarles al respecto.

La noticia de la estructura se propagó rápidamente y comenzaron las visitas de colegas para ver el modelo. A partir del 12 de marzo desvelaron el posible descubrimiento, tanto a colegas en París como indirectamente a Pauling, incluyendo detalles del apareamiento correcto de las bases.

Watson y Crick estaban muy preocupados –temiendo una probable rectificación de Pauling– ante la posibilidad de que diera con los pares de bases y lograra el éxito antes que ellos. El día 18, Pauling escribe una carta a su hijo Peter: *"...estoy volviendo a verificar la estructura… tratando de refinar un poquito los parámetros…"* (Judson 1987, p.168)[5]*.*

"En los meses previos a la Doble Hélice se había desarrollado un fuerte sentimiento de urgencia. Francis y Jim tenían mucha prisa por publicar, por si Pauling alcanzaba la meta del ADN antes que ellos" (Wilkins 2003, p, 228)[15]*.*

En los escritos de Crick enviados a Wilkins, hay un borrador sin fecha, de Watson y Crick dirigido a Gale:

> *"Estimado Gale,*
>
> *No hace mucho publicaste una carta corta de Pauling y Corey sobre ácidos nucleicos. También hemos estado trabajando en este problema y te estaríamos agradecidos si pudieras hacer lo mismo por nosotros. La carta, titulada **"Una estructura para el D.N.A.",** está adjunta.*
>
> *Hemos mostrado la carta en borrador a Wilkins. Se acordó que, en lugar de colaborar en la prueba de nuestra estructura con sus datos, **publicaríamos la estructura por nuestra cuenta** y ellos la comprobarían más tarde con sus datos.*
>
> *Tanto el Prof. Bragg como Perutz han leído la carta y han aprobado nuestro envío a ti. Te agradeceríamos si pudieras darnos una idea aproximada de si y cuándo es probable que puedas publicarla.*
>
> *Atentamente, J. D. W,*
> *Francis."*

"Este borrador reafirma cómo Crick vio la situación en ese momento. Esperaba que el modelo de doble hélice se publicara de ***inmediato y que posteriormente y de manera independiente****, se publicaran datos de las pruebas del modelo realizadas por King's. Es poco probable que Watson y Crick enviaran una carta así a Gale"* (30 Sept. 2010, VOL 467, NATURE, 519). Esta carta se sitúa en el momento del consenso con el King's y probablemente no se envió, puesto que las gestiones con *Nature* las hicieron sus jefes directamente, pero pudieron haber enviado un artículo con anterioridad.

De no haber existido un artículo enviado a *Nature* con anterioridad y tuvieran intención de publicar con el King's, simplemente habrían enviado a *Nature* los tres trabajos juntos, y quedarse tranquilamente a la espera de su publicación. De existir un artículo previo enviado, probablemente se requiera la renuncia expresa de los autores del mismo para que no se publicara.

Los hechos, según se han descrito, pudieron ocurrir de esta manera:

- El King's –como es lógico– nunca quiso tener una relación de colaboración con Watson y Crick.
- Bragg tuvo que convencer a Watson y a Crick para compartir el hallazgo con el King's.
- Watson y Crick querían publicar en solitario, tanto antes como en pleno consenso con el King's.
- Después del acuerdo *Bragg-Randall*, los artículos se publicaron conjuntamente –el principal era el de Watson y Crick– y los dos del King's fueron artículos de apoyo.
- Randall tuvo que gestionar con Brimble, coeditor de *Nature*, *"la publicación conjunta de los tres artículos"*.
- Bragg tuvo que enviar el 2 de abril a Gale, director de *Nature*, el artículo de Watson y Crick con una *"enérgica carta de recomendación".*
- Los artículos se publicaron en 23 días después del envío, esto es todo un récord. Manteniendo la fecha del primer envío de Watson-Crick y tras las gestiones de Randall y Bragg, encajarían las versiones de Maddox y de Wilkins y no comprometerían a los directivos de *Nature*

Maddox –cuyo esposo fue director de *Nature*– siguió la pista para averiguar datos de aquellas fechas, pero no se pudo verificar, porque todas las entradas entre 1869 a 1963 fueron destruidas durante un traslado de *Nature* en 1963, por lo que se perdieron para siempre. (Maddox 2002, p.211)[6].

6 - EL IMPORTANTE ARTÍCULO, DONDE FRANKLIN MANIFIESTA SU VISIÓN SOBRE EL ADN.

Se da por cierto, que Franklin era una persona honesta y que los científicos hablan mediante sus escritos, sobre todo, cuando estos son redactados para publicaciones de difusión mundial. Es sabido que la investigación carece de valor si no se publican sus resultados.

Tanto el artículo de Wilkins, como el de Franklin publicado con Gosling en *Nature* el 25 abril de 1953 –escrito en marzo y fechado el 2 de abril– *"Configuración molecular en el timonucleato de sodio",* no estaban previstos, ya que Watson y Crick –probablemente– no tenían intención de compartir el descubrimiento con el King's (Capítulo anterior). En ese momento, Franklin ya se había marchado y lo escribió en el Birkbeck.

Sabía que su etapa del ADN estaba acabada, y quizás describió lo que pensaba al respecto sobre el ADN, excepto en el apoyo a la doble hélice propuesta por Watson y Crick, que estaba forzado por las circunstancias.

Franklin, al igual que Wilkins tenía copia de la estructura propuesta por Watson y Crick –para poder escribir sobre ella–, pero no la visitó hasta pasado el 20 de abril y aunque pudiera no compartirla tenía la obligación, impuesta por Randall, de justificarla para implicar al King's en el posible descubrimiento.

RESUMEN DEL ARTÍCULO: Comienza con las formas A y B que dependen de la humedad y su cambio es reversible. *La B, muestra de manera sorprendente los rasgos característicos de las estructuras helicoidales, elaboradas por primera vez en este laboratorio por Stokes (sin publicar) y por* ***Crick****, Cochran y Vand.* ***Stokes y Wilkins*** *fueron los primeros en proponer tales estructuras para el ácido nucléico... aunque una estructura helicoidal había sido sugerida previamente por* ***Furberg*** *(tesis,1949).*

> *La evidencia de rayos X **no puede**, en la actualidad, tomarse como prueba directa de que la estructura es helicoidal, otras consideraciones hacen que la estructura helicoidal sea altamente **probable**.* [Repite] *...es muy **probable** que la forma general sea helicoidal.*
>
> *Si adoptamos la **hipótesis** de una estructura helicoidal, es inmediatamente **posible**…* [hace razonamientos cristalográficos y analiza la cuestión de los fosfatos].
>
> *Esta falta de acuerdo es, sin embargo, de esperar, porque **sabemos** que la hélice hasta ahora considerada, **sólo puede ser el miembro más importante de una serie de hélices coaxiales de diferentes radios**; las partes no fosfatadas de la molécula se encuentran en **hélices coaxiales internas**,...*
>
> *Por lo tanto, **si la estructura es helicoidal**, encontramos que los grupos fosfato o átomos de fósforo se encuentran en una hélice de aproximadamente 20Å de diámetro, y los grupos azúcar y base deben girarse hacia adentro, hacia el eje helicoidal.*
>
> *Las consideraciones de densidad muestran, sin embargo, que una unidad de repetición cilíndrica de altura 34Å y diámetro 20Å debe contener muchos más de diez nucleótidos... Por lo tanto, **es difícil decidir**, basándose únicamente en las mediciones de densidad, si una unidad de repetición contiene diez nucleótidos en cada una de las **dos moléculas** coaxiales o en cada una de las **tres moléculas** coaxiales…*
>
> *Otros argumentos, sin embargo, hacen altamente **probable** que sólo haya dos moléculas coaxiales… se puede demostrar fácilmente que, ya sea que el número de cadenas por unidad sea **dos** o **tres**, las cadenas no están igualmente espaciadas a lo largo del eje de la fibra. Por lo tanto, parece **probable** que solo haya **dos moléculas coaxiales** y que estén espaciadas de manera desigual a lo largo del eje de la fibra.*
>
> *La estructura es **probablemente** helicoidal. Los grupos fosfato se encuentran en el exterior*.
>
> *Por lo tanto, nuestras ideas generales **no son inconsistentes** con el modelo propuesto por Watson y Crick.* [Este párrafo está escrito a mano, al final del borrador mecanografiado del día 17].

Según Sayre, en este artículo: *"optan por una doble hélice para la forma B y probablemente también para la A"* (Sayre 1997, p.180)[11]. Esto no se deduce del texto de este artículo, ni del borrador del 17 de marzo, que afirma tomaron como modelo.

Dice que no sabemos si Franklin se llevó una decepción, al conocer el triunfo de Watson y Crick y que lo único que hizo fue sentarse a "*reescribir*"***** el artículo para *Nature*, tomado con pocos cambios del borrador del 17 de marzo, "*con el fin de convertirlo en un documento de apoyo a la estructura de Watson y Crick, que es exactamente lo que se hubiera esperado de ella*" (Sayre 1997, p.188)[11].

Vuelve a aludir al artículo para *Nature* y dice: "*El artículo que suponía un avance importantísimo en la investigación sobre la estructura del ADN, cuando Gosling y ella empezaron en las primeras semanas de marzo, fue inmediatamente reescrito* como artículo de apoyo*" (Sayre 1997, p.190)[11].

En este artículo, escrito en marzo, no mostraba mucha convicción de que la estructura fuera realmente helicoidal y caso de serlo, hace hipotéticamente consideraciones respecto a que podrían ser dos, o tres moléculas o cadenas coaxiales, sin apoyar suficientemente la doble hélice propuesta por Watson y Crick. Además, proponía su última hipótesis incorrecta: *"porque sabemos que la hélice, hasta ahora considerada, sólo puede ser el miembro más importante de una serie de hélices coaxiales de diferentes radios"*.

Después de escribirlo, visitó con Gosling la estructura y debió reflexionar, porque experimentó un cambio radical. Pasados más de tres meses, desde el Birkbeck y sin que nadie se lo pidiera, publicó con Gosling otro artículo en *Nature* y revisó sus dos artículos enviados a *Acta Crystallographica* (ver capítulo 12). A partir de aquí comenzó a considerar el ADN como una sola mólecula, en lugar de dos moléculas coaxiales.

Nature, 25 de julio de 1953: "Evidencia de una hélice de dos cadenas en la estructura cristalina del desoxirribonucleato de sodio":

> *"Watson y Crick han propuesto una estructura para el desoxirribonucleato de sodio, consistente en dos cadenas helicoidales relacionadas por un eje diádico".*

***** Sayre insiste en estas alusiones, porque basa uno de sus argumentos, en que Franklin *"reescribió"* para *Nature* un artículo previo al descubrimiento, que ya tenía preparado y que estaba resumido en el borrador del 17 de marzo; porque Franklin –supuestamente– ya estaba a punto de elucidar la molécula. Véase el capítulo 12.

> *"El propósito de esta comunicación es señalar la evidencia de **una molécula** helicoidal de dos cadenas en la estructura A".*
>
> *"En conclusión, **sugerimos** que la forma **A** y **B son iguales**, dos cadenas helicoidales coaxiales, corriendo en direcciones opuestas"*.

Según Maddox: *De hecho, ella* [Franklin] *podía aceptar el modelo de Watson-Crick como **hipótesis**. Escribió en Acta Crystallographica en septiembre de 1953 que "**las discrepancias nos impiden aceptarlo en detalle**"* [14].

En su informe del Birkbeck, escrito a principios de 1954 dice: *"Se demuestra que la molécula de timonucleato de sodio en la estructura **B, debe consistir** en una hélice de dos hebras, **bastante similar** a la propuesta por Watson y Crick, **pero de menor radio**".* Se refiere solo a la estructura **B**, aunque en julio (1953) admitió que la estructura **A** podría ser igual a la **B**. (Esto lo sostenía el equipo de Wilkins, como consecuencia de que el cambio entre ellas, era fácilmente reversible).

7 - EL MITO SOBRE EL ADN, ATRIBUIDO A ROSALIND FRANKLIN.

Nicholas Wade, que fue director de *Nature*, en un blog de *Scientific American*, con motivo de la obra teatral *"Fotografía 51"* afirmó:

> *...que hay una "mitología" en torno a las contribuciones de Franklin a la obra* [teatral]*, que distorsiona la historia real de lo que ocurrió...*
>
> *Así que, en cierto modo, toda una mitología ha sido tejida a partir del libro de Watson por personas como Anne Sayre [autora de Rosalind Franklin y el ADN] a quien mencionaste, quién, sentó las bases para el tratamiento mitológico de este descubrimiento, de retratar a Rosalind Franklin como una heroína agraviada, lo que ciertamente no era el punto de vista de Rosalind...*
>
> *Franklin llegó a decir, en Nature, en el mismo número que Watson y Crick, todo lo que sabía sobre el ADN, incluida la publicación de las fotografías...*
>
> *Por lo tanto, la idea de que le robaron el crédito es incorrecta. También es incorrecto que haya sido discriminada por ser mujer. Así que ha vuelto a la obra* [teatral] *de Anna* [Ziegler]. *Aunque es muy hábil, terminó centrándose en Rosalind, inevitablemente cae en el tratamiento mitológico de este importante descubrimiento y no en los hechos históricos...* (Scientific American)[27].

Respecto a esta obra teatral *"Fotografía 51"*, obra que su hermana Jenifer leyó pero no quiso ver, en septiembre de 2015 dijo, que a su hermana Rosalind no se la debe ver como a una víctima infravalorada:

> *"Nunca se vio a sí misma como una víctima"*
>
> *"Nadie puede ser considerado para un Premio Nobel póstumamente. Así que en ese sentido **no es cierto**, como algunos han afirmado, que el trabajo de Rosalind fue ignorado en favor de Maurice Wilkins, Francis Crick y James Watson (el único que sigue vivo)".*
>
> *"La gente **quiere que sea un icono feminista**, pero hay que aceptar que cuando murió en 1958 todavía había los primeros brotes del feminismo. No se puede reescribir la historia de toda una época. Pero ahora Rosalind se ha convertido en una figura pública, de una manera que nunca podríamos haber imaginado".* (entrevista BBC)[28].

En el prólogo de su libro *"My Sister Rosalind Franklin"* (2012)[2], Jenifer apuntó:

> *"Si no hubiera sido una mujer en un mundo de hombres, se suele escribir, podría haber logrado mucho más. Bueno, **su problema no fue que fuera mujer**, sino que **no tuvo suficiente tiempo**.*

Las principales atribuciones adjudicadas a Rosalind Franklin, que no están justificadas documentalmente y forman parte del mito, se resumen en el siguiente cuadro.

Los hechos verificables –a la luz de los documentos publicados por Franklin y de los testimonios de su hermana Jenifer– así como las descripciones de testigos y de investigadores que han abordado el tema a posteriori, se analizan a continuación con más detalle.

Rosalind Franklin "Mitificada"	**Rosalind Franklin "Histórica"**
Se la considera autora de la "Foto 51". Esta fotografía fue de importancia trascendental para el descubrimiento.	La tomó su ayudante Raymond Gosling. Realizó sus cálculos, pero no supo interpretarla. Tampoco su importancia fue trascendental.

Fue autora de cálculos cristalográficos precisos, que fueron de importancia trascendental para el descubrimiento.	Estos cálculos están basados en una fotografía concreta y consisten en aplicar las leyes de la cristalografía.
Descubrió que los fosfatos estaban en el exterior de la molécula.	Lo dedujo, como un argumento elevado a conclusión, pero no constituyó un descubrimiento.
Descubrió dos formas diferentes de ADN, denominadas A y B	Ambas eran la misma forma, pero por su contenido de agua producían patrones de difracción diferentes.
Propuso varias hipótesis helicoidales y "**descubrió**" la doble hélice.	Las hipótesis eran incorrectas. Nunca se aproximó a la doble hélice.
También hubiera encontrado los *"Genes"*.	No tenía conocimientos de biología ni de genética.
Fue víctima del machismo imperante en el King's.	Su biógrafa Brenda Maddox y otros, lo desmienten.
Debería haber sido coautora en la publicación del hallazgo de la estructura del ADN.	En aquella fecha, no parecía estar convencida de la veracidad del hallazgo.
Fue relegada al ostracismo* **(aislamiento o exclusión)*	Fue incluida desde el principio como parte del equipo descubridor, pero no se manifestó respecto a su participación en el descubrimiento.

8 - SE LA CONSIDERA AUTORA DE LA "FOTO 51", QUE FUE DE IMPORTANCIA TRASCENDENTAL PARA EL DESCUBRIMIENTO.

Varios autores científicos también la mencionan como autora de esa fotografía, pero sin entrar en detalles, otros sí reconocen al autor de la misma. Generalmente en las publicaciones se menciona al líder y a los colaboradores principales, los ayudantes y becarios a pesar de realizar el trabajo pesado suelen ser considerados *"invisibles" y* pocas veces se les reconoce su valía.

Antes de su incorporación, el 4 de diciembre de 1950, Randall escribe a Franklin: *"Gosling, trabajando en coordinación con Wilkins ya ha descubierto que las fibras del ácido desoxirribonucléico… nos proporcionan unos diagramas de fibras realmente buenos"*. (Markel 2022, p.111)[7].

Gosling describe su trabajo, en la época previa a Franklin:

> *"... hice burbujear el hidrógeno a través del agua para ayudar a juzgar cuándo la cámara había sido barrida y limpia de aire. Resultó que esto produjo suficiente vapor de agua en la cámara para ser absorbido por las fibras y producir cristalitos. Resulta que el ADN liofilizado de la preparación de Signer formaría microcristalitos con una humedad del 92%, y eso fue solo por serendipia que llegué a ese valor".* (Entrevista a Gosling)[30-31].

La fotografía 51 –y otras muchas– las tomó Raymond Gosling, lo confirmó en *Nature*, dijo que la tomó en una noche de mayo y con la ayuda de un clip para mantener estirada la fibra frente a la fuente de rayos X. (*Nature*)[32-31]. Aunque se considera la primera foto con detalle, un año antes Elwyn Beighton había tomado en la Universidad de Leeds, fotos similares a la famosa Foto 51, que no se publicaron. (Ver aquí) [42].

Por supuesto, Franklin también tomó muchas fotografías buenas, pero ninguna tenía tanta resolución.

Sayre omite cualquier alusión a esta Fotografía 51. En las pocas ocasiones en que se refiere a ella la denomina *"la foto"*, pero menciona que entrevistó a Gosling y este le contaría sus impresiones. Sayre sitúa a Franklin en Yugoslavia todo el mes de mayo (Sayre 1997, p.156, 164[11]; Maddox 2002, p.179[6]; Martínez 2000, p.178[8]). Reconoce que, en la época previa a Franklin, *"Gosling demostró que las fibras de Signer* [el material de ADN]*, producen diagramas de rayos X de una calidad excepcional".* (Sayre 1997, p.135)[11]. Durante su ausencia le dejaría a Gosling una tarea con instrucciones para avanzar en el análisis de las fibras.

Maddox la menciona como la *"excelente difracción de Rosalind"*, sin afirmar directamente que la tomara ella, aunque induce a creer que pudo tomarla. (Maddox 2002, p.195; 321)[6].

Su hermana Jenifer menciona a la famosa foto 51 como, *"que había sido tomada en mayo de 1952"*, pero no afirma ni sugiere, que la tomara Rosalind.

Elkin afirmó, que la tomó en mayo de 1952 (no menciona el viaje a Yugoslavia) y la denomina *"su fotografía Nº 51"*. Cuando se marchó del King's dice: *"Franklin se vio obligada a dejar su fotografía de difracción en King's College London y a encomendar a Wilkins el trabajo de confirmar la estructura del ADN"* [37].

Mundani afirma que la fotografía la tomó Franklin al regreso de Yugoslavia. (Mundani 2019, p.92)[9]. En el prólogo de su libro *"Rosalind Franklin"* comienza:

> *"No abundan los retratos e imágenes de la vida de esta científica. Sin embargo, existe una que, sin contener su rostro estampado, ha recorrido el mundo entero: la que ella obtuvo en su laboratorio del King's College y gracias a la cual fue posible descubrir el secreto de la herencia genética. Se trata de su famosa "Foto 51", donde se observa la estructura helicoidal del ADN…"*

En su libro, da la impresión de que solo Franklin trabajaba en el laboratorio, e ignora a su ayudante Ray Gosling, quien normalmente tomaba las fotografías y esta le salió excepcionalmente buena.

Se ha vertido mucha tinta respecto a que Wilkins mostró la Fotografía 51 a Watson sin el permiso de Franklin. Aunque ella no fue su autora, la foto pertenecía a su laboratorio. En aquellos momentos se estaba marchando del King's y con independencia de otras consideraciones, la foto ya no le competía porque por orden de Randall, había entregado con anterioridad todo su trabajo a Wilkins, quien era el subdirector y jefe de la unidad de biofísica.

Al menos, hubo dos precedentes similares: en una visita de Corey, colega de Paulíng, al King's, le mostraron fotografías del ADN (previas a la 51, la cual se tomó poco después), lo que propició –unido a las noticias que le transmitía su hijo Peter– que Pauling decidiera entrar en el estudio de la molécula del ADN. Además, Wilkins proporcionó una o varias fotos a Chargaff, con quien entabló una buena relación.

Esta fotografía 51, cuando le fue mostrada a Watson –aunque todavía estaban vetados para trabajar sobre el ADN– le causó un gran impacto, porque le confirmó que estaba bien encaminado en sus ideas sobre la molécula. Seguidamente se desencadenaron los acontecimientos que condujeron a su retorno con los trabajos, pero no fue solamente la visión de la fotografía, sino principalmente la amenaza potencial de que Pauling consiguiera ser el primero en dar con la molécula.*****

9 - FUE AUTORA DE CÁLCULOS CRISTALOGRÁFICOS PRECISOS, QUE FUERON DE IMPORTANCIA TRASCENDENTAL PARA EL DESCUBRIMIENTO.

El ADN es un polímero muy flexible y los valores medidos difieren, *para una misma muestra*, dependiendo del estiramiento al que eran sometidas las fibras y de su humedad. Franklin reconoce que al someter las fibras a diferentes humedades *"las dimensiones de la hélice pueden verse alteradas"* (Acta Cryst. 684)[19]*. Al pasar de cristalino a húmedo el espaciamiento ecuatorial predominante prácticamente se dobla, y el periodo del eje de la fibra, aumenta un 25 % (de 27 a 34 Å)* (cuaderno de Franklin, Olby 1991, p.523)[10]. Esos cálculos los puede hacer cualquier cristalógrafa cualificada, que tenga una fotografía nítida, aplicando las leyes y reglas de la cristalografía. Otra cuestión muy diferente es interpretar, con esos datos, cuál es el objeto tridimensional que los produce.

Sayre, cuyo marido era cristalógrafo, asume que: *"era muy difícil fotografiar el ADN mediante ese método* [rayos X] *y que se obtenían muy pocos datos de difracción, posiblemente no los suficientes como para conseguir una interpretación significativa*" (Sayre 1997, p.103)[11]. Franklin también lo reconoce en su artículo de abril, antes descrito: *"la evidencia de rayos X no puede, en la actualidad, tomarse como prueba directa de que la estructura es helicoidal"*. Después de conocer la doble hélice, Franklin seguía intentando correlacionar sus datos experimentales con el modelo del ADN de Watson y Crick. En Julio de 1953 escribió*, "las discrepancias entre las intensidades ecuatoriales observadas y calculadas en la estructura B, y entre los valores de densidad observados y calculados, nos impiden aceptarlo en detalle".* (Acta Cryst.). En su informe del Birkbeck, todavía no estaba convencida y escribió que: *"...la estructura B, debe consistir en una hélice de dos hebras, bastante similar a la propuesta por Watson y Crick, pero de menor radio"*, y en octubre de 1954 consideraba –según Klug– que todavía, *"no obtenía bien el espaciado entre las cadenas porque la resolución de los datos era insuficiente"* (Judson 1987, p. 187)[5].

***** Bragg no solo levantó el veto por la descripción que Watson hizo de la vista de la foto 51, sino también por las noticias de que Pauling estaba trabajando en el ADN y le había enviado una copia personal de su nueva molécula. Para Bragg, además, existía el precedente, de que Pauling se le adelantó en el descubrimiento de moléculas de proteína.

Bragg sospechaba que Watson durante el veto, se había extralimitado con sus fotografías de ARN y podría tener alguna pista. Si existía alguna posibilidad de que Watson y Crick resolvieran la molécula del ADN, había que intentarlo, porque sabía que Pauling representaba una amenaza real y que el King's no iba bien encaminado.

Los primeros cálculos expuestos públicamente por Franklin en noviembre de 1951 fueron considerados como las primeras referencias válidas para Watson y Crick y aceptados sin reservas por algunos científicos y científicas, limitándose a afirmar que los datos de Franklin fueron decisivos; sin justificar cuales eran esos datos ni la importancia que pudieron tener para el descubrimiento. Cuando se celebró el coloquio, Watson llevaba incorporado solo seis semanas, apenas tenía conocimientos de cristalografía y no tomó apuntes.

Si tan importantes eran esos datos, esta afirmación plantea algunos problemas. ¿Cómo es posible que, si Watson y Crick utilizaron esos datos que no tenían según Sayre, (p.144, 151, 159, 170, 184)[11] y en un mes ya tenían terminado su primer modelo? ¿Cómo es posible que Franklin y Wilkins, que tenían esos datos y sus fotografías correspondientes, nunca elaboraran una hipótesis consistente, ni produjeran resultados?

Tampoco Watson y Crick, con esos datos, hubieran podido resolver la molécula.

Para la elaboración de su modelo correcto consideraron todos los datos y las sugerencias que tuvieron a su alcance, incluyendo el informe del MRC que les facilitó Perutz.

Varios investigadores analizaron la parte del King's del informe del MRC. La simetría monoclínica C2 pudo aportar datos adicionales de interés, pero esto se supo después, en aquellos momentos ninguno de los protagonistas fue consciente de ello. La alusión de Franklin al grupo espacial C2 monoclínico pudo ser consecuencia de una sugerencia de Dorothy Hodgkin. (Elkin)[22] (ver página 25).

Según Judson: El informe de Randall tenía doce hojas mimeografiadas, no era confidencial, ni llevaba fotografías. *"Franklin no había pasado de incluir datos acerca de la geometría cristalina de la forma A, del papel del agua en la transición de A a B y del cambio concomitante de la repetición de 28 a 34 amstrongs. Crick y Watson no se enteraron de nada que Franklin no hubiese divulgado antes"* (Judson 1987, p.152, 164)[5]

Olby proporciona datos cristalográficos del informe. Se pregunta si ayudó al descubrimiento, pero no hace valoraciones del mismo. Amplía interpretaciones de Crick –que recordaba años después–. *"La forma cristalina del ADN era C2 monoclínica. Watson no sabía nada sobre grupos espaciales y yo sabía menos*. Olby se pregunta: *¿fué Crick el único que entendió el significado de la simetría C2? ¿Era solo cuestión de pensar más deprisa?"* –Olby dice– Yo creo que no. Watson no conocía el significado de la C2 monoclínica (Olby 1991, p.566-570)[10].

Markel menciona que la parte del informe, correspondiente a Franklin, contenía once párrafos sin fotografías. La estructura del ADN era monoclínica centrada en las caras C2. Alude a la interpretación posterior que hizo Crick sobre este detalle –que hubiera podido facilitar datos de interés sobre la molécula– Tampoco Franklin, en su momento, logró comprender la importancia del grupo espacial monoclínico C2. El informe era "técnicamente" cierto que no era confidencial, porque no tenía sello en la parte superior de las hojas. (Markel 2022, p.399-402)[7].

Sobre este informe, Wilkins dice: "*Expresé lo que consideré un resumen justo de nuestro trabajo y comenté que los indicios recientes parecían* ***no apuntar*** *a la presencia de hélices* [se refiere a que se tomó en serio una charla anti hélice, que Franklin les dio a él y a Stokes en julio, tras la esquela funeraria]*. Expresé cierta pena por ello, señalando que otras estructuras más complejas o menos regulares serían mucho más difíciles de elucidar. El informe se envió al MRC, que* ***lo distribuyó por otros laboratorios, como parte de la actualización rutinaria de sus científicos****. Para nuestros colegas, incluidos los de Cambridge, debió parecer que King's había renunciado a las hélices"* (Wilkins 2023, p.184,185)[15]*.*

> *"Sin embargo, al final, ni la Fotografía 51 ni el informe del MRC dieron a Watson y Crick la doble hélice. Lo que sí lo hizo fueron seis semanas, de lo que luego describieron como prueba y error: hacer cálculos químicos y trastear con modelos de cartón."* (M. Cobb y N. Comfort)[29]*.*

> *"pero todavía faltaba una larga hilera de bujías que había que encender, antes de que la estructura del ADN saliera de la oscuridad y se dejara ver."* (Judson 1987, p.165)[5]*.*

Barajaban muchos datos, pero no sabían cuáles podrían ser correctos y cuales no lo serían. Tampoco tenían una hipótesis estructural definida sobre la que trabajar inicialmente. Su fracasada molécula de tres cadenas internas –inspirada en la hélice alfa de Pauling– no era un buen modelo para seguir y se decidieron inicialmente por dos, porque –aparte de otras consideraciones subjetivas– no había evidencia y el abanico de combinaciones posibles era menor.

Sin embargo, disponían de otros elementos mejores que los datos cristalográficos de difracción, de *"algo"* cuya naturaleza no se sabía con certeza lo que era.

Estos elementos eran las moléculas constituyentes de la estructura, construidas a rigurosa escala atómica. Conocían por Todd y por Furberg (Judson 1987, p.112)[5], la estructura básica de los nucleótidos *(fosfatos-azúcar)* y los ángulos de sus enlaces posibles con las otras moléculas *(bases)*. Consultaron textos de química para conocer las dimensiones estereoquímicamente posibles de las moléculas implicadas. (Watson 1978, p.200-209)[13].

Con estos componentes hicieron combinaciones estructurales, que descartaban si veían que existían limitaciones dimensionales entre moléculas, o si no se ajustaban a la teoría; o aceptaban si consideraban los resultados como posibles. Cuando surgían dudas consultaban con los colegas genéticos y bioquímicos.

Actuando así, iban elaborando diferentes combinaciones estructurales tridimensionales, descartando los modelos que no cumplían con los requisitos, o confirmando otros modelos cuando lograban resultados, que consideraban podían ser verosímiles. Con esto no necesitaban recurrir a complicados cálculos matemáticos proporcionados por los rayos X. Todo ello estaba acompañado de una buena dosis de intuición.

Además, consideraron las reglas de **Erwin Chargaff** y tuvieron la enorme suerte de que **Jerry Donohue** les hiciera objeciones, sobre los enlaces tautoméricos correctos, entre las diferentes bases.

> *"…fue esa capacidad de captar la perspectiva general, de tomar lo necesario de las diversas disciplinas especializadas, y construir algo nuevo, superior a la suma de las partes, que no logró percibir ninguno de los especialistas, a los que los árboles no dejan ver el bosque"* (Gribbin 1986, p.194)[4].

10 - DESCUBRIÓ QUE LOS FOSFATOS ESTABAN EN EL EXTERIOR DE LA MOLÉCULA.

De sus trabajos de difracción dedujo esa conclusión. En noviembre de 1951 anotó: *"Conclusión: Una gran hélice en muchas de las cadenas, los fosfatos en el exterior, puentes fosfato-fosfato entre las hélices, interrumpidos por moléculas de agua*. *Hay enlaces disponibles para proteínas"* (Sayre 1997, p.143)[11]. Los fosfatos externos fueron correctos.

Mantuvo esta conclusión hasta casi el final para la estructura B, para la A no lo sabía, –porque estaba "atascada" con ella–, aunque no dijo cómo podrían estar enlazadas las moléculas. Unas veces las consideraba sueltas e independientes, otras con puentes fosfato-fosfato entre ellas, y otras: *"...las partes no fosfatadas de la molécula se encuentran en hélices coaxiales internas"* (dentro de la hélice mayor).

Consideró que *"quedaban enteramente descartados"* enlaces de hidrógeno entre bases (Judson 1987 p.117-118)[5]. Conocida la doble hélice, consideró las bases con enlaces de hidrógeno.

En ciencia, *"una buena idea no tiene ningún valor hasta que no se demuestra experimentalmente"* (Sayre 1997, p.75,76)[11].

11 - DESCUBRIÓ DOS FORMAS DIFERENTES DE ADN, DENOMINADAS, A y B.

Ambas tenían la misma forma, pero debido a su contenido de agua *(humedad)* producían patrones de difracción diferentes, la B creía que era helicoidal; en cuanto a la A no lo tenía claro, pero pensaba que no lo era. Al final llegó a dudar de ambas y consideró otras formas diferentes no helicoidales. Después de su salida del King's y tras conocer la doble hélice volvió a considerar la molécula como helicoidal.

En su artículo de abril en *Nature* (escrito en marzo), dice:

> *"Las fibras de timonucleato de sodio dan dos tipos distintos de diagrama de rayos X. La primera corresponde a una forma cristalina, la estructura A, obtenida a una humedad relativa de alrededor del 75%. A humedades más altas,* ***una estructura diferente****, la estructura B, que muestra un menor grado de orden, aparece y persiste en un amplio rango de humedad. El cambio de A a B es reversible. El diagrama de rayos X de la estructura B (ver fotografía) muestra de manera sorprendente los rasgos característicos de las estructuras helicoidales".*

En su artículo de julio en *Nature* (escrito en junio) lo sugiere, pero no lo confirma.

> *"El propósito de esta comunicación es señalar la evidencia de una molécula helicoidal de 2 cadenas en la estructura A"..."En conclusión,* ***sugerimos*** *que la unidad en la estructura A es, al igual que en la estructura B, dos cadenas helicoidales coaxiales corriendo en direcciones opuestas".*

En *Acta Crystallographica* (añadido al texto original en julio), asume el criterio del equipo de Wilkins:

> *"Sin embargo, dado que el cambio A↔B es fácilmente reversible,* ***si existe*** *una molécula helicoidal de dos cadenas en la estructura B,* ***debe persistir*** *como tal en la estructura A".*

12 - PROPUSO VARIAS HIPÓTESIS HELICOIDALES Y *"DESCUBRIÓ"* LA DOBLE HÉLICE.

En el informe de febrero de 1952, había considerado que la molécula tenía varias hélices, describió que podrían ser coaxiales, o también separadas y con ejes paralelos (Sayre 1997 p.140-141)[11]. También llegó a dudar que la estructura fuera helicoidal y consideró otras formas en espiral y con forma de *"*8*"*.

En abril de 1953 considera que puede haber varias hélices, una principal y otras de diferentes radios –esto implica, al menos, **tres hélices**–. Antes dedujo varias moléculas helicoidales independientes, a veces coaxiales, a veces paralelas.

En la conclusión final las rebajó a dos moléculas –tenía que justificar la doble hélice de Watson-Crick– y dice que: *"parece probable que solo haya dos moléculas coaxiales"*. Conociendo la doble hélice no lo da por seguro y repite, como probable, *"que haya dos moléculas coaxiales"*. Dos moléculas coaxiales no son lo mismo, que una molécula compuesta por dos hélices coaxiales interconectadas entre sí.

Sabiendo que este artículo tenía la finalidad de apoyar la doble hélice, dejó constancia de su última hipótesis incorrecta: *"...porque sabemos que la hélice, hasta ahora considerada, solo puede ser el miembro más importante de una serie de hélices coaxiales de diferentes radios"*. En el borrador del día 17 añadía: *"la parte no fosfatada de la molécula* [azúcar y bases] *debe reposar sobre* ***una serie de hélices*** *coaxiales de radios más pequeños".*

Del informe de 1952, de su artículo de abril y de sus cuadernos de notas se desprende que Franklin nunca dedujo una molécula bihélice parecida a la de Watson-Crick. Las alusiones a "**dos**" (hélices, moléculas, cadenas), están condicionadas –probablemente– por el apoyo obligado a "la doble hélice" y en julio de 1953 revisó, en ese sentido, sus dos artículos previos enviados a *Acta Cristallographica*.

En su cuaderno de febrero (1953), Franklin consideró que la forma B podría ser idéntica a la A, como sostenían en el grupo de Wilkins, debido a que el cambio era reversible. Estuvo *"revoloteando"* alrededor, pero no llegó a ninguna conclusión. Klug anotó en ese cuaderno lo siguiente: *"casi está"* (Markel 2022, p.387-389)[7]. De estar convencida de ello, pudo decirlo en su publicación de abril, pero no lo reconoció hasta julio.

Con sus cuadernos de notas, Klug intentó demostrar, diez años después de su muerte, que había estado *"a un paso"* de la doble hélice. Resulta extraño que Franklin, en los cinco años que compartió con él, no le hubiera explicado a su compañero y amigo –dado que en el Birkbeck seguía revisando sus trabajos sobre el ADN– cuál había sido su rol en el descubrimiento y le hubiera mostrado, sobre sus cuadernos, cuan cerca había estado de desentrañar la doble hélice.

Klug encontró un borrador con notas, fechado el 17 de marzo, que *"supusieron"* era precursor al artículo de abril en *Nature* y por lo tanto, sería previo al conocimiento de la doble hélice en el King's, por lo que Franklin y Gosling solo tuvieron que *"reescribirlo"* para ajustarlo al apoyo de la doble hélice de Watson y Crick. Gosling implicado en este borrador, no mencionó que fuera anterior al conocimiento de la doble hélice. El documento comienza:

ROUGH DRAFT A NOTE ON MOLECULAR CONFIGURATION IN SODIUM THYMONUCLEATE

Rosalind E. Franklin and R. G. Gosling 17/3/53.

> *Sodium thymonucleate fibres give two distinct types of X-ray diagram. The first, corresponding to a crystalline form obtained at about 75% relative humidity, has been described in detail elsewhere …*

Este borrador preliminar contiene tanto el título, como los párrafos del artículo de *Nature* y no se parece, salvo en los datos cristalográficos, a ninguno de los dos artículos recibidos doce días antes en *Acta Cristallographica*. Tampoco consideraba, con seguridad, que la estructura fuera realmente helicoidal.

Este borrador fue utilizado para que tanto Sayre como Klug, Maddox y Elkin, en sus escritos, argumentaran que Franklin *"estaba cerca, muy cerca"* de la doble hélice. (Sayre 1997, p.179-185; 187[11]*;* Klug *Nature* 1968, vol.219 p.844; Maddox 2002, p.213[6]; Elkin,[37]; J. Glynn 2012, p.127[2]).

Judson escribió: *"El 17 de marzo, Franklin y Gosling concluyeron y fecharon el primer borrador que resumía sus conclusiones incompletas acerca de la estructura B del ADN."* (Judson 1987, p.175-176)[5].

Wilkins dice: *"Después de ver la Doble Hélice y hablar con Francis y Jim, regresé rápidamente a Londres y les conté a todos en King's las principales características de la estructura. Raymond le pasó la noticia a Rosalind, quien ahora trabajaba en el Birkbeck College"* (Wilkins 2003, p,215)[15].

Al día siguiente Wilkins agradece a Crick el envío de sus manuscritos. (Maddox p.207)[6].

Solamente Randall pudo ordenar el apoyo a la doble hélice, con base en el pacto con Bragg. Conseguido el acuerdo, les ordenó: *"¡comiencen a escribir!"* (Maddox 2002, p.209)[6].

Dado que Wilkins visitó la estructura el día 12 (Maddox 2002, p.207[6]; Markel 2022, p.438[7]) y el 13 recibió en King's los manuscritos de Watson y Crick; el día 17 todos conocían la doble hélice y estaban redactando sus publicaciones para *Nature*.

Franklin visitó la estructura con Gosling (el día 20 pidió a Crick permiso para la visita):

> *"...vimos la estructura, regresamos a King's y miramos a nuestros Pattersons, y cada sección de nuestros Pattersons que miramos te gritaba: ¡doble hélice! ¡Y ahí estaba! –**una vez que supieras qué buscar**–. Fue increíble*...[describe que le impresionó la estructura]… *No fueron solo los fosfatos en el exterior lo que hizo que el modelo fuera tan convincente, sino también las «cosas en el medio»…"* (Gosling)[30].

Previo al conocimiento de la doble hélice envió con Gosling dos artículos a *Acta Crystallographica* –en ellos resumieron con detalle minucioso todo su trabajo– los cuales revisó antes de su publicación. Aludió, en ambos, a sus artículos y al de Watson-Crick, de abril y julio en *Nature*. La recepción en Acta es 6 marzo y la de la corrección 8 julio. Acta Crystallographica: Vol. 6, p.673-677 y 678-685 (1953)[19].

Vol. 6, p.684 - "Nota añadida en prueba, 8 de julio de 1953".

> *"Desde que se escribiera este artículo, Watson y Crick (1953) han propuesto una estructura helicoidal de dos cadenas para el ácido nucleico. Se podría esperar que su modelo se relacionara con nuestra estructura B, en la que las moléculas están protegidas por una envoltura de agua de la influencia distorsionadora de las moléculas vecinas, en lugar de con la estructura A. Sin embargo, dado que el cambio A↔B es fácilmente reversible, **si existe** una molécula helicoidal de dos cadenas en la estructura B, debe persistir como tal en la estructura A, aunque las dimensiones de la hélice pueden verse alteradas. Hemos demostrado (Franklin y Gosling, 1953, b, c)* [abril + julio, Nature] *que **en general** las características del modelo propuesto por Watson y Crick **parecen** ser consistentes con nuestros resultados, **aunque las discrepancias** entre las intensidades ecuatoriales observadas y calculadas en la estructura B, y entre los valores de densidad observados y calculados, **nos impiden aceptarlo en detalle**".*

Más de un año después, en octubre de 1954, continuaba dando vueltas al ADN y envió con Gosling otro artículo a *Acta Crystallographica*, ampliando datos de la estructura A, mediante la función tridimensional de Patterson. Según Klug, todavía *"no obtenía bien el espaciado entre las cadenas porque la resolución de los datos era insuficiente"* (Judson 1987, p.187)[5].

13 - TAMBIÉN HUBIERA ENCONTRADO LOS "GENES"

No he encontrado alusiones de Franklin en relación a los Genes. Ella no tenía conocimientos de genética ni de biología. En el King's había un departamento de biología y no colaboraron ni con Wilkins ni con ella.

Sayre hace una disertación sobre la cristalografía de rayos X –su marido David era cristalógrafo– también describe el estado de la genética, tomado del libro *"Molecular Genetics"*, de Gunther Stent. (Sayre 1997, p.233)[11].

Asume que:

> *"era muy difícil fotografiar el ADN mediante ese método* [rayos X] *y que se obtenían muy pocos datos de difracción, posiblemente no los suficientes como para conseguir una interpretación significativa. Por otra parte, no existía ninguna garantía de que la estructura, aun siendo accesible, proporcionara una respuesta clara, ya que dicha respuesta podría estar en otro lado. Pero había que intentarlo.*
>
> *Y Rosalind estaba dispuesta a ello*" (Sayre 1997, p.85-103)[11].

14 - FUE VÍCTIMA DEL MACHISMO IMPERANTE EN EL KING'S.

Su también biógrafa Brenda Maddox lo desmiente:

> "*El libro de Sayre proporcionó un retrato correctivo muy necesario, pero se vio empañado por un sesgo feminista. Por ejemplo, subestimó enormemente el número de mujeres científicas en King's a principios de la década de 1950. Sayre sostenía que sólo había una más que Franklin, mientras que había al menos ocho en el personal superior. Insistió, además, en que la exclusión de las mujeres de la sala común del* King's *privaba a Franklin de la compañía intelectual de sus colegas. De hecho, la mayoría del personal científico prefería comer en el comedor conjunto, hombres y mujeres juntos, y las mujeres, en general, se sentían bien tratadas en King's*" [14].

Gosling ayudante de Franklin dice: "*La modernidad de Randall se extendía a su respeto por las científicas, muchas de las cuales reclutó en King's,*" (entrevista a Gosling)[30].

Judson entrevistó a varias compañeras suyas que pudo localizar. En un informe de Randall de diciembre 1952, hay una plantilla de 31 personas, ocho incluyendo a Franklin eran mujeres. (Judson 1987, p.147)[5].

Markel analiza con más detalle este asunto. (Markel 2022, p.210-213)[7].

Wilkins en su libro *"Third Man of the Double Helix"* dice*: "ella* [Sayre] *tergiversó gravemente el número de mujeres en nuestro laboratorio*. ...*la gran cantidad de mujeres jóvenes en nuestro laboratorio y el ambiente amistoso propiciaron varios matrimonios*". En la foto 36, aparece el personal de la unidad de biofísica, en ella se ven a siete mujeres y ocho hombres, incluido Wilkins. (Wilkins 2003, p.236, 111, 178-179)[15].

Con motivo del 50 aniversario del fallecimiento, su hermana Jenifer, en 2008 publicó en el boletín de la *Royal Society*:

> "*Así que hay varios hilos de la historia, separados pero vinculados. Uno es la comprensión gradual por parte del público en general de las implicaciones del descubrimiento, y la publicidad de los Premios Nobel para Francis Crick, James Watson y Maurice Wilkins en 1959* [fue en 1962]*, seguida por la popularidad de La doble hélice de Watson nueve años después.*
>
> *Otro es el creciente reconocimiento de la importancia de la contribución de Rosalind, y eso en sí mismo se ha convertido en una mezcla de aprecio por su trabajo científico y la creación de dos imágenes: la mujer científica reprimida, y la feminista luchadora pero triunfante. Hay algo de verdad,* ***pero no mucha****, en ambas imágenes. Su paso por el King's College de Londres —el famoso tiempo del ADN— se vio ciertamente ensombrecido* ***por las frustraciones****, pero sólo en parte fueron el resultado del sexismo. Y ahora, a modo de reacción y para adaptarse al clima actual, tiende a ser puesta en un pedestal* ***totalmente irreal*** *de martirio femenino*".

Más adelante añade:

> "*Sus dificultades muy publicitadas allí* [en el King's] *fueron en parte el resultado de un choque de personalidades que* ***tenía poco que ver*** *con el hecho de que ella fuera mujer.*
>
> *Muchos han asumido la defensa de Rosalind, entre ellos feministas que escriben de una manera que la* ***habría horrorizado****. Porque era una científica cuyos logros debían juzgarse simplemente en sus propios términos, no como un golpe consciente a los derechos de las mujeres*".

A continuación, da una visión del progreso de las mujeres en el ámbito universitario británico y el reconocimiento a la labor de Rosalind, finalmente acaba:

> "*Póstumamente, la reputación de Rosalind se ha utilizado, de una manera* ***que la habría sorprendido y sigue desconcertando a los miembros de su familia****, en la muy útil tarea de incentivar a las niñas a estudiar ciencias. Eso puede ser una consecuencia no intencionada, pero nosotros, su familia, estamos orgullosos y encantados*" [33].

15 - DEBERÍA HABER SIDO COAUTORA, EN LA PUBLICACIÓN DEL HALLAZGO DEL ADN. (Sayre 214)[11].

Es difícil suponer que Franklin aceptara la coautoría. No parece estar convencida de la certeza del hallazgo de Watson y Crick, el *"apoyo"* que prestó al artículo principal en abril fue muy tibio. Como se apuntó antes, Maddox dijo: *De hecho, ella podía aceptar el modelo de Watson-Crick como hipótesis. Escribió en Acta Crystallographica en septiembre de 1953 que "las discrepancias nos impiden aceptarlo en detalle".*[14]

Aunque no había obtenido formación académica en cristalografía de rayos X, fue contratada como cristalógrafa con experiencia. Por alguna razón que Sayre no explica, insiste –excesivamente– en que no lo era, sino Físico-Química por Cambridge. Aprendió cristalografía en París con Jacques Mering "*disciplina totalmente nueva para ella"* y "*nunca se consideró cristalógrafa, sino alguien que utilizaba los métodos cristalográficos"* (Sayre 1997, p.82,83)[11]. *"Por otro lado ella nunca se reconoció como cristalógrafa"*; Franklin comentó que: "*nunca había sido una verdadera cristalógrafa"* (Sayre 1997, p.149)[11] y "*ella tenía tan poco de cristalógrafa convencional o bien definida, que nunca se consideró a sí misma como tal"* (Sayre 1997, p.221)[11].

Según su colega y amigo, Aaron Klug, que tenía buena formación cristalográfica: "*...era una físico química talentosa, pero toda su experiencia había sido con sustancias amorfas, como carbones y cosas quemadas, sin haber trabajado nunca con cristales o sustancias biológicas."*, añadió, las técnicas que implantó proporcionaron mejores imágenes "*pero era autodidacta en el arte de interpretarlas"* (Judson 1987, p.100)[5]. Quizás, como no tenía experiencia en moléculas biológicas, tuviera dificultad para interpretarlas y teniendo a su disposición las mejores fotografías no fue capaz de interpretar la hélice, como sí lo hizo Watson en un breve vistazo*****.

Durante los cinco años de vida –probablemente– no creyó que la doble hélice de Watson y Crick fuera correcta. Cuando visitó la estructura con Gosling comentó *"Es muy bonita, pero ¿cómo van a demostrarlo?"*. (Maddox 2002, p.211)[6]. Aunque Meselson y Stahl confirmaron su validez el año anterior a su muerte, su publicación tardó unos meses después de fallecida, por lo que Franklin, *"con su testarudez natural"* (Sayre 1997, p.188)[8], no daba su brazo a torcer con facilidad y podría mantener su criterio de que "*las discrepancias nos impiden aceptarlo en detalle".*

A principios de 1954 todavía no estaba convencida, escribió: *que la estructura B, debe consistir en una hélice de dos hebras, bastante similar a la propuesta por Watson y Crick, pero de menor radio.*

16 - FUE RELEGADA AL OSTRACISMO.

Sayre escribió su libro porque: *"**A Rosalind se le han ido quitando méritos poco a poco. Yo protesto contra ese fraude y por eso he escrito este libro**"* (Sayre 1997, p.211)[11].

Desde el principio y como consecuencia del *"Pacto entre caballeros"*, Franklin, al igual que Wilkins, fue incluida como parte del equipo descubridor y así consta que fueron presentados ante la *Royal Society*, los cuatro firmantes de las publicaciones de abril en *Nature*. (Royal Society, p.4)[44].

Con la aceptación que iba teniendo la doble hélice es extraño que en los cinco años que vivió, no hubiera manifestado ninguna opinión al respecto, si hubiera considerado que había tenido una contribución tan importante, como se le atribuye por personas ajenas a los hechos.

No parece que nadie la relegara, tampoco parece que haya datos de ningún pronunciamiento de Franklin sobre su participación en el ADN. Sayre afirma que no hizo manifestaciones (Sayre 1997, p.133)[11], lo cual contrasta con la descripción que hace de su carácter: *"si pensaba que en algo tenía razón se mantenía en sus trece con una terquedad imperturbable"* (Sayre 1997, p.42)[11] y *"carecía de falsa modestia o falso orgullo"* (Sayre 1997, p.92)[11]*; "el rol de víctima no iba, sin embargo, con su personalidad"* (Mundani 2019, p.8)[9].

Franklin era una mujer fuerte de carácter, fuera del King's no hubiera dudado en manifestar su criterio, respecto a su participación en el descubrimiento. Sayre matizó que Rosalind *"...no era para nada un alma cándida y sus protestas se habrían dejado oír"* (Sayre 1997, p.27)[11].

Su hermana Jenifer dijo: *"Ella podría ser obstinada –nadie lo negaría– pero esto sólo ocurría si su sentido de la justicia se activaba".*

*"Su paso por el King's College de Londres –el famoso tiempo del ADN– se vio ciertamente ensombrecido por las **frustraciones**, pero sólo en parte fueron el resultado del sexismo".*

En Psicología, la ***frustración*** se define como: *un sentimiento de insatisfacción o fracaso que se produce, cuando las expectativas de una persona no se ven satisfechas, al no poder conseguir lo pretendido*.

***** Watson, además de estar firmemente convencido de que la molécula era helicoidal, había tomado buenas fotografías de ARN que le mostraban una hélice.

Según Sayre, Franklin era una persona con un carácter singular. Llegó a París a trabajar y aprender cristalografía con Jacques Mering y la acogida como extranjera fue excelente y ella también se hizo querer, aunque no estuvo exenta de problemas de relación con compañeros. Vittorio Luzzati, con quien Franklin se llevaba muy bien, recordaba: *en lo más profundo de Franklin había un nudo psicológico, que él* [Luzzati] *jamás fue capaz de desentrañar*. (Markel 2022, p.107)[7]. Al llegar al King's se enfrentó a resolver un problema complejo, sin experiencia ni conocimientos previos para ese cometido y su carácter reservado no facilitaba su relación con otras personas. Trabajaba mucho, pero no tenía a nadie próximo con quien consultar, a veces consultaba con Mering y con Luzzati, pero ellos tampoco trabajaban con moléculas biológicas.

Pudo relacionarse con Dorothy Hodgkin –la mejor cristalógrafa británica en moléculas biológicas del momento– descubridora de las moléculas de la penicilina, la insulina, la vitamina B12 y premio Nobel en 1964. En la visita que le hizo a Oxford, elogió la calidad de las fotografías que le mostró, pero vió que Franklin no estaba muy diestra en su interpretación y de las tres estructuras que proponía, le hizo unas objeciones: *"¡pero Rosalind!"*, y le explicó que dos de las tres eran físicamente imposibles. Dorothy vio el error inmediatamente, Franklin no lo vio. Ahí terminó la relación. Las dos científicas podrían haber formado un equipo de mentora y discípula. El hecho cierto es que Franklin perdió una potencial colaboradora y una buena colega que podría haberla ayudado en los meses siguientes. (Markel 2022, p.251-252)[7].

"Después de que la cristalógrafa de Oxford Dorothy Hodgkin la ayudara a eliminar dos de las tres posibilidades que había calculado, Franklin describió el grupo espacial cristalográfico correcto para el ADN en el informe del MRC" [22].

Sayre afirma:

> *"El estilo de Franklin no era rendirse y abandonar un problema cuya respuesta sabía próxima. Sin embargo, la presión a la que estaba sometida y que la hizo abandonar el King's, llegó hasta el punto de conseguir doblegar su ilimitada perseverancia y su testarudez natural".*

Según Sayre, no sabemos si Franklin se llevó una decepción al conocer el triunfo de Watson y Crick.

> *"Si se la llevó, no la manifestó en absoluto, por lo que de haber existido no pudo ser muy profunda, Lo único que hizo fue sentarse a reescribir el artículo para Nature, con toda tranquilidad y sin el menor atisbo de acritud o tristeza, con el fin de convertirlo en un documento de apoyo a la estructura de Watson y Crick, que es exactamente lo que se hubiera esperado de ella"* (Sayre 1997, p.188)[11].

Una de las primeras exhibiciones públicas de la doble hélice, en junio de 1953, fue en un evento en la *"Royal Society"* junto con Watson, Crick y Wilkins. *"El programa de ese acto está firmado por los cuatro, todos reciben crédito, es presentado como un proyecto común, como de hecho fue, de alguna manera"*. El descubrimiento de la estructura del ADN no fue visto como una carrera ganada por Watson y Crick, sino como el resultado de un esfuerzo conjunto. (M. Cobb y N. Comfort)[29].

Tuvo oportunidad de expresar su criterio –en solitario– a la periodista Joan Bruce de la revista *"Time & Life"*, que le envió una carta al Birkbeck, con el borrador para una publicación en la revista. Esta publicación nunca se llegó a imprimir, tenemos acceso al texto de la carta dirigida a Franklin con sus correcciones[34], pero desconocemos la contestación de Franklin, donde pudo exponer los motivos para que no se publicara.

Quizás, como Crick, se sintiera condicionada por el *"Pacto entre caballeros"* y desistió. (ver página 11).

Franklin, al igual que Wilkins, desde el *"Pacto"* fue considerada un miembro más en el descubrimiento. Su hermana dijo: *"Nadie puede ser considerado para un Premio Nobel póstumamente. Así que en ese sentido* ***no es cierto****, como algunos han afirmado, que el trabajo de Rosalind fue ignorado en favor de Maurice Wilkins, Francis Crick y James Watson".* Pero en algún momento, se desvinculó del *"equipo"*.

Quizás, su sentido de la honestidad y de la ética, su frustración porque con su duro trabajo no consiguió elucidar la molécula y al convencimiento obsesivo, de que la doble hélice de Watson y Crik no se ajustaba *–en su totalidad–* a la interpretación de sus propios datos cristalográficos*****, tal vez decidió voluntariamente, marginarse del ADN y que no se la relacionara con el –en aquel momento– *"hipotético"* descubrimiento.

***** Después de las publicaciones conjuntas de abril, la relación de Franklin con Watson y Crick ya era muy buena. A mediados de mayo 1953, Watson visitó a Franklin en el Birkbeck. *"Rosalind había calculado las reflexiones ecuatoriales y los resultados no concordaban con sus mediciones"*. Esto preocupó bastante a Watson por si la doble hélice propuesta no fuera correcta y volvieran a hacer, nuevamente, el ridículo. (Watson 2006, p.51-52)[14].

Pasado un año y siete meses, del conocimiento de la doble hélice, todavía le daba vueltas al ADN, el 29 de octubre de 1954 se recibió en *Acta Crystallographica* su último trabajo. Según Klug todavía, *"no obtenía bien el espaciado entre las cadenas porque la resolución de los datos era insuficiente".* (Judson 1987, p.187)[5].

En su lápida figura:

EN MEMORIA DE
ROSALIND ELSIE FRANKLIN - 25 DE JULIO DE 1920 - 16 DE ABRIL DE 1958 - CIENTÍFICA

SU INVESTIGACIÓN Y SUS DESCUBRIMIENTOS EN MATERIA DE VIRUS
QUEDAN COMO UN BENEFICIO PARA LA HUMANIDAD

¿Por qué no mencionaron –al menos– que había colaborado en el descubrimiento del ADN, dado que en aquella fecha no había polémica y la importancia del ADN estaba siendo seriamente considerada por la comunidad científica y solo tardó unos meses en ser publicada su verificación?

Oficialmente había sido reconocida como parte del supuesto *"equipo de cuatro"* y su relación personal con Watson y con Crick, en aquel momento, ya era **muy buena**. Tanto su familia como Klug eran conocedores de sus artículos en *Nature* y en *Acta Crystallographica*.

En 2008 su hermana Jenifer Glynn escribió:

> *"Su trabajo sobre los virus fue de beneficio duradero para la humanidad" está inscrito en su lápida. Es cierto, por supuesto, pero sorprendentemente a los ojos modernos no se menciona el ADN. Algunos han pedido que se cambie la inscripción, que se actualice; pero, de hecho, marca un momento en la historia, abril de 1958, antes de que el ADN se convirtiera en letras familiares, y antes de que el nombre de Rosalind fuera conocido fuera de la comunidad científica…*[a continuación valora, su aportación al estudio de los virus].

En mayo de 2018, en una entrevista de Howard Markel, le preguntó respecto a cuando, la gente le pide que se revise la lápida de Rosalind: *"yo siempre respondo con un rotundo !NO¡. Es una cuestión de historia, ¿sabes? Y el contexto histórico del tiempo en que se escribió ese epitafio. Y por eso creo que debe mantenerse".* (Markel 2022, p.479)[7].

En su libro de 2012, Jenifer escribió:

> *"Y así, Rosalind se convirtió en* ***un símbolo****: primero como prototipo de mujer protestona, arisca y listilla; luego como ejemplo de una mujer científica acosada; y finalmente como una heroína en un mundo de hombres. No fue ninguna de esas tres cosas y* ***habría odiado las tres****. Era simplemente* ***una buena científica****…"* (J. Glynn 2012, p.160[2]; Markel 2022, p.479[7]).

A una pregunta a Jenifer en 2020, sobre si creía que Rosalind se sorprendería por la atención que su historia de vida y la historia familiar han recibido a lo largo de los años:

"Sí. Respuesta sencilla. Creo que en realidad ella se habría quedado ***totalmente asombrada****. Le habría sorprendido mucho la idea de convertirse* ***en una especie de icono feminista****"* [38].

Solo su hermana Jenifer conoce lo que realmente indujo a Rosalind a desvincularse públicamente del ADN, a pesar de que particularmente seguía intentando correlacionar sus datos experimentales con la doble hélice. Pero solamente tenemos sus manifestaciones –realizadas en un contexto complejo– y con su hermana mitificada y elevada artificiosamente***** a los altares de la ciencia, ella dijo: *"Pero ahora Rosalind se ha convertido en una figura pública, de una manera que nunca podríamos haber imaginado*".

Hay que reconocer que la familia de Franklin siempre se mantuvo al margen de los acontecimientos y siempre se negó a incluir en su lápida las siglas ADN. Las acciones para adjudicarle tan grandes méritos y su posterior mitificación, fueron llevadas a cabo por personas ajenas a los hechos.

"Sin embargo, esta mitificación, concebida como una reparación, no le ha hecho ningún favor". – *"Para las feministas, sin embargo, se ha convertido en una heroína condenada, y la han convertido en un icono, (la Sylvia Plath de la biología molecular) lo cual, por supuesto, no es culpa suya".* (Maddox 2002, Prólogo y p.326)[6].

17 - POR QUÉ SE PUDO MARCHAR FRANKLIN, DEL KING'S.

En enero de 1950 sondeó la posibilidad de regresar de París a Londres y contactó con Charles Coulson, físico del King's que le sugirió enfocar el estudio cristalográfico a moléculas biológicas de mayor tamaño. Franklin no convencida, le contestó: *"si el trabajo está disponible, me parecería bien, hasta ahora no sé demasiado sobre esto. No puedo decidir si aceptar el puesto o no"* (Mundani 2019, p.68[9]; J.Glynn 2012, p.110[2]). *"Por supuesto, soy una gran ignorante en todo lo relacionado con la biología", confesó Rosalind, pero imagino que la mayoría de la gente que trabaja con rayos X empieza así.* (J. Glynn 2012 p.111)[2].

***** Artificiosamente: con falta de neutralidad, con rebuscamiento, o de forma elaborada y poco espontánea.

Consiguió una beca Turner & Newall y se incorporó al King's en enero de 1951 hasta final de 1953. En Junio de 1951 Sayre detecto su malestar (p.136)[11] y en octubre ya quería marcharse. (Markel 2022, p.222)[7].

Aunque la relación con Wilkins no era buena*****, después de los primeros encontronazos, simplemente se ignoraban ambos. Randall les asignó trabajos en laboratorios diferentes y Franklin, en su laboratorio Wheatstone de física, tenía autonomía –que es lo que deseaba– liderar un proyecto como investigadora independiente y se llevaba bien con su ayudante Gosling.

En enero de 1952 estuvo en París, adonde quería volver a trabajar, pero no le convencieron sus expectativas de trabajo a futuro. De regreso visitó a John Bernal en el Birkbeck, que le ofreció la posibilidad de trabajar *"algún día"*, si Randall daba su conformidad; le contestó que quería empezar ese mismo año.

Antes de mayo había hablado de nuevo con Bernal y tomado la determinación de marcharse, no le dijo nada a Randall para evitar que le pusiera pegas con motivo de su viaje a Yugoslavia. El 19 de junio escribe a Bernal diciendo que Randall no tiene objeción al cambio. (Judson 1987, p.35)[5].

Durante todo el año 1951, trabajó intensamente y llegó a las conclusiones relatadas anteriormente.

A partir de la Foto 51 elaboró los cálculos de la misma y de otras anteriores y posteriores (junio 1952) y trabajó con el método de Patterson. El 18 de julio dejó constancia, mediante una esquela funeraria, que la forma A (cristalina) no era helicoidal. No hubo progresos durante todo el año, más los tres primeros meses del 1953. Aunque no le atraían los modelos moleculares, en enero consideró su construcción.

El 19 de enero de 1953 dibujó en su cuaderno una molécula no helicoidal en forma de "8". El día 26 seguía con su hipotético modelo *"tercamente afanándose ingeniosamente en la dirección equivocada".* Para final del mes seguía "*retorciéndose y yendo de un callejón sin salida a otro, empeñada en visualizar qué estructura construir".* Al final abandonó la idea. (Judson, 1987, p.154,155 y 158)[3].

Sayre entrevistó a Crick, con quien Franklin había tenido una gran relación con él y con su esposa Odile, convaleciendo en su casa después de su segunda operación de cáncer. Le dijo: *que perdió el tiempo con los métodos de Patterson, que la llevó completamente a la dirección equivocada. También consideraba que tenía poca intuición y que no sabía biología*. (Sayre 1997, p.238)[11].

Robert Olby se pregunta:

> *¿Cómo es posible que Franklin se saliera por esa tangente antihelicoidal en mayo de 1952, cuando en febrero del mismo año, sostenía lo contrario...?*

Describe lo publicado por Klug en 1968 y Wilkins en 1969 y saca su propia conclusión:

> "*...desde mayo de 1952, hasta la visita de Watson en enero de 1953, Franklin enterró alegremente el ADN helicoidal, tanto en la forma A como en la B…"* (Olby 1991, p.528-531)[10].

Según Gribbin:

> *"...en aquellos días Franklin descartó el modelo helicoidal de ADN y se adentró en un callejón sin salida"* (Gribbin 1986, p.186)[4].

Según Maddox:

> *"...el 28 de enero* [1953]*, Rosalind impartió su seminario de despedida en King's. Maurice Wilkins pensó que se había extendido demasiado; se esforzó por escuchar la palabra «hélice» y no la oyó. Tampoco la oyó Herbert Wilson, quien tomó notas. No hizo referencia a la forma B del ADN ni mostró la magnífica Foto 51, sino que se centró en el reciente trabajo experimental suyo y de Gosling que sugería que la forma A de la molécula* ***no era helicoidal****."* (Maddox 2002, p.192)[6].
>
> *"La intercambiabilidad de bases está, por supuesto, muy lejos de la verdad final del apareamiento de bases"*, reconoció Klug.

***** Viene de la pág. 5. *"...La relación entre Franklin y Wilkins nunca fue cordial, pero –según los testimonios recogidos por Maddox– fue ella quien puso desde el principio una barrera entre ambos. Si se sintió amargada los dos años que estuvo en Kings College, ella fue en parte responsable de ello. Tenía un carácter muy particular y –siempre según Maddox– había personas que guardaban de ella un excelente recuerdo, mientras que otras decían que parecía siempre amargada o triste y malhumorada".* (Blog microbichitos: Comentario Mercè Piqueras, Ago. 10, 2008)[35].

Markel describe, con detalle, manifestaciones de compañeras suyas en el King's, en las que relatan sus impresiones sobre Franklin. (Markel 2022, p.210-222)[7].

"No lo hizo. No logró comprender la importancia del grupo espacial monoclínico C2 ni descifrar las bases unidas en pares para transportar el código genético".

"Es fácil sentir gran simpatía hacia Franklin", ha escrito el historiador de la ciencia Horace Freeland Judson. "*El hecho es que nunca dio el salto inductivo*" (Maddox 2002, p.202[6]; Judson 1987, p.171[5]).

Según Klug:

"*Necesitaba colaborador y no lo tenía. Alguien que quebrantara su modo de pensar, que le pusiera delante lo correcto, que la impulsara* - dijo Klug -*. En cierto sentido, sabe usted, Watson era su colaborador*". (Entrevista a Klug, Judson p.171[5]; Sayre 1997, p.227[11]).

Sin duda, Franklin tenía una gran capacidad para aprender en el campo en que se introdujera y además era una trabajadora incansable, pero su entrada en el King's no fue afortunada. Algunos de los problemas que tuvo Franklin en su llegada al King's pudieron ser:

- Llegar con un excesivo crédito sobre su competencia en cristalografía de rayos X.
- Entrar a elucidar, en solitario, un enigma biológico para el que no tenía la formación adecuada. (ver capítulo 15 y primer párrafo de este capítulo).
- Su testarudez, que le impedía reconocer que algunas de las cosas que creía, podrían ser diferentes.
- Y su individualismo o falta de espíritu de trabajo en equipo que –en buena parte– contribuyó a la mala relación con Wilkins y también con otros colegas de su departamento, que la llamaban *"Rosy"* y la apodaron *"La Dama oscura"* –sobre todo Willy Seeds– que era quien ponía los apodos al personal del laboratorio (Markel 2022. p.212,213)[7]. Sin embargo, Sayre y Maddox le adjudican el nombre *"Rosy"* a Watson. (Watson apenas la conocía, las alusiones respecto a ella las conocía por Wilkins).

Este apodo fue usado por Brenda Maddox para su libro *"Rosalind Franklin, The Dark Lady of DNA"* [6].

Crick comentó: *"Jim y yo habíamos desarrollado métodos de colaboración tácitos, pero provechosos, algo que no existía en el grupo de Londres..."* (Crick 1989. p.84[3]; Martínez 2000, p.165[8]).

De haber colaborado Franklin con Wilkins y sus colegas, es probable que hubieran encontrado la molécula del ADN antes que Watson-Crick y Pauling, pero es poco probable que descubrieran sus implicaciones biológicas, debido a que –probablemente– no buscaban los genes.

Randall tenía dos equipos trabajando en lo mismo, pero debido a su mala relación no colaboraban entre ellos y todavía no vislumbraban la molécula buscada. Permitió que Franklin se marchara a mitad del contrato, que se demoró por cuestiones administrativas a causa de su beca. Franklin, tenía que terminar algunos informes porque Randall tenía que justificar su trabajo.

Cuando Franklin se marchó del King's completamente frustrada, al no poder conseguir lo que anhelaba, se liberó de una carga de la que era consciente y la agobiaba *(Sayre y Jenifer)*. Tanto ella como Randall quedaron satisfechos con el cambio acordado. Aunque su salida del King's coincidió con el anuncio de la doble hélice, la gestación de su marcha fue independiente y anterior al logro de Watson y Crick.

El 10 de marzo, Franklin le abrió su corazón a su amiga Adrienne Weill en París, diciendo que su principal preocupación era salir del King's lo antes posible.

"Empiezo en Birkbeck la semana que viene. Se retrasó varias veces, primero porque me perdí un mes por la gripe y otras cosas en otoño, luego porque pensé que otro mes me daría muchos más resultados, pero no fue así, y ahora estoy abandonando un trabajo inacabado para salir del King's sin más demora. Todavía no sé qué haré en Birkbeck. En teoría hago lo que me gusta, lo que probablemente significa que perderé mucho tiempo jugando con cosas sin importancia antes de decidirme por algo..." (Maddox 2002, p.205)[6].

Según Gosling:

"Finalmente, la disputa entre Wilkins y Franklin llevó a que Randall le sugiriera a Franklin que era mejor que se marchara, a pesar de que el análisis de ADN aún no estaba completo, aunque él fue lo suficientemente amable como para amañarla con su viejo amigo [JD] Bernal en Birkbeck" (entrevista a Gosling)[30].

Según Sayre:

"Era obvio que Randall no tenía ninguna prisa por que se marchase, porque los avances de Rosalind en su trabajo, ayudada por su doctorando Gosling eran considerables" (Sayre 1997, p.56)[11].

Su **Informe de 1953 en el Birkbeck** lo divide en tres etapas, la primera desde enero hasta el 16 de marzo en el King's y se incorporó *(oficialmente)* al Birkbeck el día 17. Menciona su publicación de abril en *Nature* y dice *"que la estructura B, debe consistir en una hélice de dos hebras, bastante similar a la propuesta por Watson y Crick, pero de menor radio"*.

En la segunda etapa, desde marzo a noviembre –como Bernal no tenía trabajo definido para ella–, dispuso de muchos meses para pensar y reflexionar sobre el ADN, dice que, como no tenía equipamiento para trabajar en su nuevo cometido, *"una parte sustancial de este período se dedicó a continuar la interpretación de los diagramas de rayos X de ácidos nucleicos y sus funciones de Patterson"*.

Estuvo redactando el artículo de abril en apoyo a la doble hélice. También revisando su trabajo previo con los métodos de Patterson y escribió el artículo de julio para *Nature*: *"La evidencia de una molécula helicoidal bicatenaria de la Estructura A del ADN se presentó en una nota a Nature, del 25 de julio de 1953, escrita en colaboración con R.O. Gosling. Se adjunta una copia. La hélice tiene un radio de 9 Å y 11 residuos por vuelta".*

Así mismo, modificó sus dos artículos –previos al conocimiento de la *doble hélice*– enviados a *Acta Crystallographica* y envió un tercero en octubre de 1954. *"Este trabajo, el último que ella escribió sobre el ADN, no fue el mejor; en particular, no obtenía bien el espaciado entre las cadenas porque la resolución de los datos era insuficiente. De ahí que le dijese a Aaron Klug que no estaba del todo satisfecha con el artículo"* (Judson 1987, p.187)[5].

Todos los artículos los firmaba con Gosling en nombre del King's, pero hacía constar que estaba en el Birkbeck.

La tercera etapa incluye, desde noviembre a diciembre, en que tras orientarse a qué se iba a dedicar y sortear algunos problemas para conseguir financiación, tuvo listo el equipo de rayos X y comenzó a trabajar en el estudio deL VTM (los virus que producen un mosaico, en la planta del tabaco infectada). [36-39].

~~~~~~

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA: El autor declara no tener conflictos de intereses de ninguna naturaleza, que pudieran haber influido de manera inapropiada en este trabajo.

Mi agradecimiento a mi colaboradora María Marcos, licenciada en Ciencias Químicas por la Universidad de Oviedo por sus aportaciones y sugerencias durante este trabajo.

También se agradece a los lectores se pongan en contacto con el autor, si encuentran errores o partes del texto que consideren que no se ajustan a los hechos.

Este trabajo puede descargarse desde: https://dobontech.com/publicaciones/

18 - BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA (en la biblioteca del autor).

1. García, Pedro (2003) "50 años de ADN, La doble Hélice", Espasa Calpe, Madrid.
2. Glynn, Jenifer (2012) "My Sister Rosalind Franklin", Oxford University Press, Oxford.
3. Crick, Francis (1989) "Qué loco propósito", Tusquets editores, Barcelona.
3b. Crick, Francis (2012) "What Mad Pursuit", Basic Books, Lexington, KY, USA.
4. Gribbin, John (1986 y 1995) "En busca de la Doble Hélice", Salvat editores, Barcelona.
5. Judson, Horace (1987) "El Octavo día de la Creación", Ediciones Castell, México.
6. Maddox, Brenda (2002) "Rosalind Franklin, The Dark Lady of DNA", Haper Collins, London.
7. Markel, Howard (2022) "El secreto de la Vida", La Esfera de los libros, Madrid.
8. Martínez, Carolina (2000) "También en la cocina de la ciencia", Universidad de La Laguna, Tenerife.
9. Mundani, Débora (2019) "Rosalind Franklin", RBA Coleccionables.
10. Olby, Robert (1991) "El camino hacia la doble hélice", Alianza Editorial, Madrid.
11. Sayre, Anne (1997) "Rosalind Franklin y el ADN", Horas y Horas, Madrid.
11b. Sayre, Anne (1978) "Rosalind Franklin and DNA", W.W. Norton & Company, New York.
12. Watson, James (1978) "La doble hélice", Plaza & Janés, Barcelona.
12a. Watson, James (1993) "La doble hélice", Salvat Editores, Barcelona.
~~~~~~

12b. Watson, James (2000 y 2011) “La doble hélice”, Alianza Editorial, Madrid. (Incluyen carta manuscrita a Delbrück de 12 de marzo, 1953).
13. Watson, James (2021) “ADN El secreto de la vida”, Penguin Random House, Grupo Editorial, Barcelona.
13b. Watson, James (2004) “DNA The Secret of Life”, Arrow Books Penguin Random House, Group, London.
14. Watson, James (2006) “Genes, Chicas y Laboratorios”, Tusquets editores, Barcelona.
15. Wilkins, Maurice (2003) “Third Man of the Double Helix”, Oxford University Press, Oxford.

Otras publicaciones afines consultadas (en la biblioteca del autor)

- Argüelles, Juan Carlos (2003 y 2020) “La Doble Hélice de ADN, mito y realidad”, Univ. de Murcia y Amazón.
- Bishop, J. E.; Waldholz (1993) “Genoma”, RBA Editores, Barcelona.
- Gribbin, John (1986) “Genesis”, Salvat editores, Barcelona.
- Hoagland, M. (1985) “Las raices de la vida”, Salvat editores, Barcelona.
- Jacob, François (1988) “La lógica de lo viviente”, Salvat Editores, Barcelona.
- Jacob, F.; Monod, J. y otros, (1985), “Biología Molecular”, Ediciones Orbis, Barcelona.
- Margulis, Lynn (1993) “El origen de la célula”, Editorial Reverté , Barcelona.
- Monod, Jacques (1970) “El Azar y la necesidad”, Tusquets editores, Barcelona.
- Orgel, L. E. (1975) “Los orígenes de la vida”, Alianza Editorial, Madrid.
- Rosnay, Joël (1988) “Que es la vida”, Salvat Editores, Barcelona.
- Santesmases, Mª Jesús; Calvo, Antonio (2019) “Rosalind Franklin; Mujeres en la Historia”, Prisa colecciones.
- Sdrödinger, Erwin (1985) “¿Que es la vida?”, Ediciones Orbis, Barcelona.
- Smith, C. U. M. (1985) “Biología Molecular”, Alianza Editorial, Madrid.
- Strathern, P. (1999) “Crick, Watson y el ADN”, Siglo XXI de España Editores, Madrid.

Internet, enlaces activos, verificados el 26 de noviembre de 2025.

18. http://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/index.html
19. https://journals.iucr.org/q/issues/1953/08-09/00/
20. http://books.guardian.co.uk/whitbread2002/story/0,12605,842764,00.html
21. http://cwp.library.ucla.edu/articles/franklin/piper.html?&nmw_trans=ext#ref3.1
22. https://physicstoday.aip.org/features/rosalind-franklin-and-the-double-helix
23. http://cwp.library.ucla.edu/articles/franklin/piper.html?&nmw_trans=ext#ref3.1
24. https://es.wikipedia.org/wiki/Rosalind_Franklin#cite_ref-97
25. https://www.nobelprize.org/nomination/medicine/
26. https://dnaandsocialresponsibility.blogspot.com/2010/10/public-unveiling-of-frieze-celebrating.html
27. https://www.scientificamerican.com/blog/observations/rosalind-franklin-and-dna-how-wronged-was-she/
28. https://www.bbc.com/news/entertainment-arts-34238537
29. https://www.nature.com/articles/d41586-023-01313-5
30. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3663117/
31. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10126998/ (corrección error foto 51, art. anterior)
32. https://www.nature.com/articles/496270a.pdf
33. https://doi.org/10.1098/rsnr.2007.0052
34. https://wellcomecollection.org/works/shcsgsde/items?canvas
35. https://www.madrimasd.org/blogs/microbiologia/2008/08/10/98464
36. https://profiles.nlm.nih.gov/spotlight/kr/browse/all-documents
37. https://physicstoday.aip.org/features/rosalind-franklin-and-the-double-helix
38. https://www.thenakedscientists.com/articles/interviews/jenifer-glynn-remembering-rosalind
39. https://wellcomecollection.org/works/ka25u4ft
40. https://www.nature.com/articles/467519a
41. https://es.wordssidekick.com/lost-letters-reveal-twists-in-discovery-of-double-helix-16645
42. https://www.omic.ly/a-dna-diffraction-pattern-that-was-lost-to-history/ Foto similar y previa a la “51”
43. https://www.phy.cam.ac.uk/news/unsung-heroes-june-broomhead-lindsey-and-the-structure-of-dna/
44. https://royalsocietypublishing.org/rsnr/article-pdf/11/1/1/17116/rsnr.1954.0001.pdf
45. https://docslib.org/doc/10319835/watson-crick-and-the-double-helix-author-s-soraya-de-chadarevian-reviewed-work-s-source-isis-vol