

Reflexiones sobre los personajes femeninos desdeñados a través de la historia del estudio de los ácidos nucleicos: implicaciones para el desarrollo de las ciencias en el siglo 21

Margarita Irizarry Ramírez

Recinto de Ciencias Médicas de la Universidad de Puerto Rico

margarita.irizarry@upr.edu

Resumen

Se presentan varios casos en donde el crédito por los descubrimientos que marcaron el avance de la genética y la genómica en el siglo XX no siempre fue equitativamente distribuido o se otorgó tardíamente luego de mucha controversia. Se reflexiona sobre el impacto que esta manera de proceder en el campo de las ciencias puede tener en la formación de nuevos científicos.

Palabras claves: ética de investigación, contribuciones de las mujeres a la genómica, sexismo, historia de la genética, historia de la ciencia

Abstract

We present a series of examples in which due credit for the discoveries that advanced genetics and genomics during the twentieth century were not given or given after a long time of unneeded controversy. The article explores the consequences that this approach has in the education and training of future scientists.

Keywords: Research ethics, women's contributions to genomics, sexism, history of science, history of genetics

Introducción

La ruta para el estudio de la estructura y función de los Ácidos Desoxyribonucleico (ADN) y Ribonucleico (ARN) es una larga, sinuosa y plena de sacrificios. La misma se desarrolla primordialmente durante los siglos XX y XXI. Estos estudios se enmarcaron en la, entonces emergente, rama de la biología que conocemos hoy como biología molecular. Como rama de la ciencia, la biología molecular es joven y se cimenta sobre la congregación de trabajos

llevados a cabo por biólogos, muy especialmente los geneticistas, físicos, químicos y matemáticos. La motivación de todos: descifrar los mecanismos que permitirían explicar a nivel celular los postulados de herencia cimentados en el trabajo de Gregor Mendel (1865) y definir (algo que nos elude) el concepto del gen.

Hay trabajos fundamentales que son citados como piedras angulares en el desarrollo de esta rama. Hasta el principiante estudiante de biología cita de memoria los nombres de Morgan, T.H. (1911), Griffith, F. (1928), Beadle, G.W. y Tatum, E.L. (1941), Avery, O. T., MacLeod, C. M. & McCarty, M. (1944), Hershey, A. y Chase, M. (1952), Watson, J.D. y Crick, F.H.C. (1953), Meselson, M y Stahl, F.W. (1958), Kornberg, A. (1960), Jacob, F. y Monod, J. (1961), Nirenberg, M.(1961), Okazaki, T. (1979), y McClintock, B.(1983), e identifica correctamente las contribuciones que estos hicieron y que sirvieron como peldaños para transferir la disciplina a la preeminencia en la ciencia contemporánea. ¿Pero son estos los únicos contribuyentes a esta historia?

Genética de la *Drosophila*

Cuando Thomas Morgan se casó con Lilian Sampson en 1934, lo hizo con una investigadora establecida e independiente en el campo del desarrollo de los anfibios. Luego de que sus hijos crecieron ella decidió regresar a su carrera científica. Como indica su biógrafa, Katherine Keenan (1983) en su artículo "Lilian Vaughan Morgan (1870-1952): Her life and Work", menciona lo siguiente:

She was given working space at Columbia University in the laboratory of her husband, she maintained her own *Drosophila* stocks, worked independently, she was welcome, **but had no official appointment**. As the wife of the head of the laboratory who **was not entirely comfortable with her presence**, she was in a difficult position as she never became a part of the "inner circle" of the scientists. The atmosphere of the lab was "a little that of an exclusive men's club" and Lilian Morgan may have felt particularly isolated because she was older than the other women (according to Jack Schultz a graduate student at that time), also she was not an outgoing person or talkative (according to Alfred Sturtevant). However, when she talked, she knew what she meant to say and she freely discussed her work with other geneticists. Yet, because **she didn't hold a professional status, she never attended a scientific meeting and thus never presented a paper at a conference.**" (Negrillas suministradas por la autora)

Lilian Morgan fue quien descubrió los cromosomas X adheridos por un solo centrómero (1925), así como los cromosomas circulares en *Drosophila melanogaster* (1926). Cuando a su esposo Thomas Morgan le ofrecieron la posición de Director de División en el California Institute of Technology, Lilian Morgan se mudó con su familia en el 1928 y continuó sus estudios usando la mosca. En el 1945, su esposo muere y un año más tarde, en 1946 a la edad de 76 años, Lilian Morgan recibió su primer nombramiento oficial como Asociado de Investigación.

Se establece que el ADN es el material hereditario

El famoso experimento que establece que el ADN es el material hereditario es conocido sucintamente como el experimento Hershey y Chase. Sin embargo, como se hace notar en la páginas del “Mad Science Blog” (2013):

Despite the impressive experiment that bears her name, Martha Chase had to watch the 1969 Nobel Prize go to Alfred Hershey and two other male colleagues, Salvador Luria and Max Delbruck, for their contributions to the "genetic structure of viruses.



Martha Chase and Alfred Hershey 1953

Martha Chase, en palabras de Waclaw Szybalski, profesor de oncología en la Universidad de Wisconsin, contribuía grandemente en el trabajo experimental del laboratorio, situado en “Cold Spring Harbor Laboratory”, en el cual en el 1952 trabajaban solo ella y Alfred Hershey. En el 1953, Martha Chase abandonó Cold Spring Harbor y trabajó en el Laboratorio Nacional de Oak Ridge y luego en la Universidad de Rochester. En el 1959, comenzó sus estudios de PhD en “University of Southern California”, obteniendo su grado en el 1964. Al final de los años sesenta y justo cuando el Dr. Hershey recibía el premio nobel, sufrió varios percances tales como quedarse sin trabajo y luego comenzó a sufrir de demencia, lo cual dio por terminada su carrera científica.

Descifrando la estructura del ADN

Posiblemente el caso más comentado sobre la omisión del crédito a una contribuyente a un descubrimiento es el de Rosalind Franklin. ¿Quién fue Rosalind Franklin? Nacida en Londres, comenzó sus estudios en química en la Universidad de Cambridge en el 1938. Su primera posición fue un “fellowship” en el laboratorio del Dr. Ronald G.W.Norrish, quien fungía como su mentor. Luego pasó a trabajar como asistente de investigación en el “British Coal Utilization Research Association” en donde permaneció hasta 1947, publicando varios artículos científicos sobre la microestructura del carbón. Basado en estos trabajos, obtuvo su Doctorado en Filosofía (PhD) de la Universidad de Cambridge en 1945. Procedió luego a estudiar y perfeccionar las técnicas de difracción de rayos X, en Francia en el “Laboratoire Central des Services Chimiques de l'Etat”.

En 1951, se le ofreció una beca de tres años en “King's College” en London. Se esperaba que con su conocimiento de difracción ella pudiese mejorar las facilidades de cristalografía de rayos X. Para esa época ya Maurice Wilkins estaba usando dicha técnica para resolver la estructura del ADN. Junto al estudiante Raymond Gosling, la doctora Franklin pudo obtener fotos de alta resolución de fibras de ADN cristalizado en donde se podía apreciar los cambios en la estructura dependiendo del grado de hidratación de las mismas. De estas fotos (ver Foto 51), Rosalind Franklin pudo deducir que la estructura tenía los grupos fosfatos en la parte exterior, de una estructura que parecía ser helicoidal, además de establecer las dimensiones de la molécula.



Rosalind Franklin

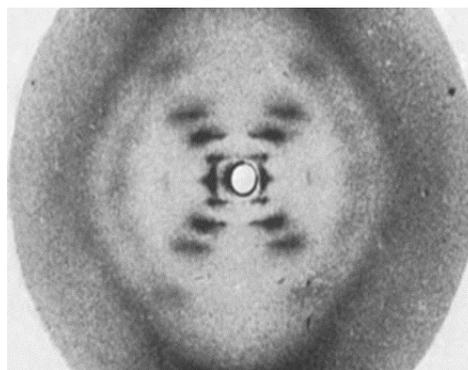


Foto 51

Estos datos fueron presentados en una conferencia en el “Medical Research Council” (MRC) en “King's College”. A esta conferencia asistió James Watson. En la entrevista que el

programa Nova hace a la profesora de California State University, Lynne Elkin, se indica lo siguiente:

Nova: What about the idea that the sugar-phosphate groups were on the outside? Did Watson get that from Photo 51?

No. That was from the MRC report. Watson and Crick got a tremendous amount of information from that MRC report. Now, they persisted in wanting to put the bases on the outside. And it's absurd—you don't put a hydrophobic thing on the outside of a structure in a cell. You put the hydrophobic stuff on the inside where it's protected, and the hydrophilic phosphates and sugars on the outside.

And Wilkins said, "You know, Rosalind said it should be on the inside." But when Crick saw the MRC report—in which Franklin had not only said that the phosphates are on the outside but had offered measurements of the interphosphate distances—even he couldn't argue with that anymore. So when Watson once again was trying to build a model and it wasn't working, Crick said, "Why don't you put the phosphates on the outside, like Rosalind said?"

Doce años después de la muerte de Rosalind Franklin, en el 1970, Maurice Wilkins, el otro ganador del premio nobel en 1963, por el modelo de la doble hélice del ADN, junto a James Watson y Francis Crick se excusó por haber provisto los datos y la foto a Watson sin el permiso de Rosalind Franklin. Sus palabras fueron las siguientes:

It [the DNA research] was all here [at King's]. They [Watson and Crick] were working at Cambridge along certain lines, and we were working along certain lines [at King's]. It was a question of time. They could not have gone on to their model, their correct model, without the data [Rosalind] developed here. They had that—I blame myself, I was naïve—and they moved ahead." (Rapoport, 2012. Interview with Wilkins. June 15, 1970. Emphasis Sayre, p. 2109)

Pero si nos quedara duda sobre la concepción prevaleciente en la psiquis de los investigadores solo hay que leer lo que el Dr. James Watson escribe :

By choice she {Rosalind Franklin} did not emphasize her feminine qualities... There was never lipstick to contrast with her straight black hair, while at the age of thirty-one her dresses showed all the imagination of English blue-stocking adolescents. So it was quite easy to imagine her the product of an unsatisfied mother who unduly stressed the desirability of professional careers that could save bright girls from marriages to dull men. . . . Clearly Rosy had to go or be put in her place." (1968; p.64)

Luego de su trabajo en King's College la doctora Franklin continuó sus trabajos con macromoléculas en Birbeck College, Rosalind Franklin hizo importantes contribuciones en el

estudio de la estructura de los virus. Entre otras aportaciones pudo demostrar, que la estructura del Virus del Mosaico del Tabaco (TMV, por sus siglas en inglés) era un tubo hueco. Dr. Aaron Klug , ganador del Premio Nobel de Química por su trabajo en la estructura de tRNA y los nucleosomas y que trabajó junto a la Dra. Franklin, escribió en la revista Nature (1968) una crítica al artículo escrito por Hamilton en 1968; y dice:

Watson's account in The Double Helix does not pretend to tell more than one side of the story. The article by Dr. L. D. Hamilton ("DNA: models and Reality", Nature, May 18, 1968) does not do justice to Franklin's work. Y continúa: Franklin was very close to deducing the structure when Watson and Crick revealed it and without her X-ray diffraction data the double helix would have been merely speculative"

La pregunta no es si debió haber recibido el premio Nobel, ya que no se nominan o premian a difuntos, y ella había muerto en 1958, sino si sus contemporáneos le reconocieron sus méritos a tiempo.

Función de las polimerasas en la replicación del ADN y del ARN



Arthur y Sylvie Kornberg en Stanford

Al discutir la función de las polimerasas de ADN y especialmente la Polimerasa I se asocia el nombre de Arthur Kornberg a su descubrimiento. Arthur Kornberg recibió el premio Nobel en el 1959 por su trabajo en síntesis de ADN . Dicho premio fue compartido con Severo Ochoa el cual trabajó en la síntesis del ARN (Grunberg-Manago M, Ortiz PJ, Ochoa S,1956), con quien Kornberg se había adiestrado. Sin embargo poco sabemos de Sylvie Ruth Levy (luego conocida después de su matrimonio como Sylvie Ruth Kornberg). Sylvie Kornberg era una estudiante de la Universidad de Rochester en donde obtuvo su MS en bioquímica en el 1940. Allí conoció a Arthur Kornberg. Luego se trasladó a los Institutos Nacionales de la Salud de los EEUU (NIH), en donde trabajó en el "National Cancer Institute". Se casó con el Dr. Kornberg y

procreó tres hijos. Fue durante esos seis años que su carrera se detuvo. Regresó a trabajar mano a mano con Arthur Kornberg en su laboratorio, posición que mantuvo hasta su muerte en 1986. Describiendo su trabajo, Mitzi Baker, de la Oficina de Comunicaciones de la Escuela de Medicina de Stanford, en el obituario por la muerte de Arthur Kornberg, escribe: “Sylvy worked full-time in Kornberg’s laboratory and contributed significantly to his studies of DNA replication during the 1950s” . En la reseña por la muerte de Arthur Kornberg del periódico The Telegraph se dice: “Asked for her (Sylvy) comments when her husband won the Nobel prize, she declared: ‘I was robbed’” (The Telegraph 2007)

De genes saltarines a transposomas

El caso de la doctora Barbara McClintock nos impacta, no porque su labor no fuera reconocida eventualmente, sino porque su vida científica ejemplificó los malos entendidos y el prejuicio contra alguien que se salía de lo establecido como correcto. Nace en el 1902 y su lucha comienza desde que decidió que quería estudiar ciencias algo que no se consideraba una carrera para una señorita.



Barbara McClintock

Al terminar su Ph.D. en 1927, la doctora McClintock decidió dedicarse al estudio de los cromosomas del maíz. Ejercía entonces como instructora en la Universidad de Cornell. Entre sus colaboraciones, ayudó a los doctores Beadle y Tatum en el desarrollo de su teoría “un gen, una enzima” elaborada a partir de sus trabajos con *Neurospora* sp.

En el 1931, se le ofreció una beca del “National Research Council” que le permitió trabajar en la Universidad de Missouri a la vez que en la de Cornell mientras investigaba los efectos de los

rayos X en los cromosomas. Los resultados de estos trabajos fueron fundamentales en el descubrimiento de inversiones, translocaciones, deleciones y los cromosomas anulares en el maíz. En el 1936, a la edad de 37 años, se le ofreció una plaza como Catedrática Auxiliar en la Universidad de Missouri, que ocupó por cinco años y que abandonó al entender que su carácter independiente y no conformista impedían que se le considerara para promoción de rango y permanencia.

En el 1942, se le ofreció una posición de investigadora en el “Cold Spring Harbor Laboratory”, que ocupó por 50 años. Fue aquí donde pudo hacer su descubrimiento de los genes reguladores de la actividad de otros genes, y que a su vez podían cambiar de posición en el cromosoma. Estos se llegaron a conocer como los genes saltarines (“jumping genes”) y ahora denominamos transposomas.

Sus resultados no fueron bien acogidos, mas bien tuvieron una recepción hostil cuando fueron presentados en 1951. Finalmente, en el 1983, se le otorgó un premio Nobel como única recipiente, reconociendo sus descubrimientos hechos treinta años antes. En las palabras del premio Nobel, Joshua Lederberg, quien dijo en 1983:

Barbara McClintock would not have been invited to the 1951 symposium unless the organizers had some glimmer of the importance of her work." "Between 'stony silence' and 'instant appreciation,'" Lederberg argued, "is the reality of how to integrate the startling evidence she presented into a coherent scheme. That was hardly possible before...the science of molecular biology caught up with [McClintock]. Perhaps some of the biochemists in the 50s were not well versed in maize genetics and it is their voices [we] hear" (Profiles in Science; <http://profiles.nlm.nih.gov/ps/retrieve/Narrative/LL/p-nid/49>).

Su genialidad incomprendida queda resumida en sus propias palabras recogidas en el libro, “A Feeling for the Organism; the Life and Work of Barbara McClintock”, de la escritora Evelyn Fox Keller:

It never occurred to me that there was going to be any stumbling block. Not that I had the answer, but [I had] the joy of going at it. When you have that joy, you do the right experiments. You let the material tell you where to go, and it tells you at every step what the next has to be because you're integrating with an overall brand new pattern in mind. You're not following an old one; you are convinced of a new one. And you let everything you do focus on that. You can't help it, because it all integrates. There were no difficulties. (p.125)

Por no cansar al lector omitimos otros ejemplos (e.g., Tuneko Okazaki), reconociendo que la tesis está planteada.

Implicaciones para el desarrollo y adiestramiento en las ciencias

Podríamos suponer que los ejemplos presentados ejemplifican un momento histórico, y que las prácticas reseñadas ya son cosas del pasado. Sin embargo, en estudios recientes queda plasmado que, lejos de ser estos ejemplos sucesos superados, todavía la psiquis subyacente permea en cómo se practica la ciencia. La revista Nature News titula su volumen del 6 marzo de 2013 como “Science for all” y como subtítulo de su editorial indica: “Many women are deterred from pursuing a career in science at the highest levels. Much more must be done to address the reasons behind this potential waste of human talent” ^{**}(Nature editorial). En esta misma revista digital, en el artículo titulado: “Laboratory life: Scientists of the world speak up for equality”, Jo Handelsman y Corinne Moss-Racusin indican:

We proposed that the ethics training now required for students funded by grants from the US National Institutes of Health be expanded to include gender-bias training. Indeed, we feel that all scientists should go through such training. ^{**}

Luego se refieren a un trabajo de Rudman y colaboradores en donde estos investigadores señalan que aquellos estudiantes que son adiestrados en asuntos relacionados con la diversidad obtienen puntuaciones mucho más bajas en pruebas para demostrar sesgos implícitos, que estudiantes sin los adiestramientos. (Rudman, L.A et al. 2001). Dichas investigadoras formaron parte de un equipo que en el 2012 llevó a cabo un experimento para indagar si había sesgos de género implícitos entre los miembros de facultad que se desempeñaban en las ciencias (Moss-Racusina, et al, 2012). En su investigación se diseñó un experimento en el cual se le sometieron resúmenes de vida (CV) de dos potenciales candidatos de estudiantes de bachillerato que estaban solicitando para la escuela graduada y un trabajo en el laboratorio. Se les solicitó a los miembros de facultad que evaluaran los mismos y decidieran el rango de salario a ofrecerse, cuan competente era el candidato y cuan probable era que se le ofreciera una mentoría. Además se les indicó a los participantes que el documento era real y que los resultados de la evaluación que ellos hicieran iban a ser

^{**} Nature Publishing Group License # 3341310914733

discutidos con el estudiante para ayudarlo en su carrera. Los documentos evaluados por 127 miembros de facultad (63 hombres y 64 mujeres) de universidades clasificadas como "Research Intensive" eran idénticos excepto porque en uno el solicitante era Jennifer y en el otro era John. Los resultados se resumen en las palabras de los investigadores:

Our results revealed that both male and female faculty judged a female student to be less competent and less worthy of being hired than an identical male student, and also offered her a smaller starting salary and less career mentoring.

Desgraciadamente estos resultados se replican en otros países del mundo. En un estudio llevado a cabo por Nosek y colaboradores y publicado en el 2009, cuyo propósito era evaluar los estereotipos de género y las ciencias se usaron los datos recopilados de más de medio millón de personas, que contestaron el cuestionario entre los años de 2000 al 2008. De estos se escogieron específicamente aquellas contestaciones (n=298,846) que pertenecían a ciudadanos de las treinta y cuatro (34) naciones participantes en un estudio denominado, "Trends in International Mathematics and Science Study" (TIMSS), cuya edad promedio = 27, SD = 11, y en donde el 65% de los participantes fueron mujeres. Los autores señalan que un indicador del estereotipo implícito por género estaba relacionado a los logros que los miembros de cada género en las pruebas estandarizadas del TIMSS ejecutadas por estudiantes de octavo grado. La medida del estimado de estereotipo implícito género – ciencia, se basó en los resultados de la Prueba de Asociación Implícita diseñada en el proyecto "Implicit"(<https://implicit.harvard.edu/>). Indican los investigadores que lo que el sesgo del estereotipo alimenta a su vez los resultados de la pruebas. Esto es, no se espera que el género femenino obtenga buenos resultados por lo tanto no se refuerza el adiestramiento de las mujeres para que aprueben con sobresaliente. Como consecuencia se perpetúa el estereotipo. Se necesita que las políticas que se esbozan para mejorar los logros en las ciencias y matemáticas deben atender ambas situaciones simultáneamente.

La doctora en Física Evelyn Fox Keller, se plantea en su libro titulado, "Reflections on Gender and Science" (1985), lo siguiente: "Let me make clear from the outset, that the issue that requires discussion is not, or at least not simply, the relative absence of women in science." Y continua: "To both, scientists and their public, scientific thought is male thought. "Hard" objectivity itself is identified with masculinity, she wrote, and "soft" subjectivity is identified with

femininity. What would it mean for science if it were otherwise?”



Evelyn Fox Keller

La contestación a esta pregunta podría ser que si la visión fuese más objetiva y no masculinizada, las estudiantes mujeres podrían ser acogidas con igual entusiasmo que los estudiantes hombres y animadas a proseguir las carreras de ciencias con éxito. Como indica la doctora Keller, el asunto aquí no es el de establecer una dicotomía por género sino todo lo contrario es reconocer que ambas características, el sentimiento o sensibilidad subjetiva y la racionalidad son rasgos humanos y no deben ser adjudicados a uno u otro género.

Varias preguntas surgen al enfrentarnos con estos hechos. Entre otras: ¿Por qué causa temor otorgar el mérito a quien se lo merece? ¿Puede una sociedad darse el lujo de descartar a sus mejores mentes en hombres o mujeres, en momentos en que se necesita aumentar la participación en el quehacer científico? ¿Cuál es la responsabilidad ética que como científicos tenemos para cambiar estos paradigmas? ¿Cuántos seres humanos aptos para desarrollarse en los campos científicos hemos perdido solo porque sus potenciales mentores los juzgan con menos competencia que a sus pares? ¿Cuántos investigadores se han desvinculado del campo científico al notar que sus contribuciones son ignoradas o en algunos casos robadas?

Martha Nussbaum argumenta que todo ser humano tiene derecho a desarrollar, lo que ella llama sus 10 capacidades (Nussbaum, M. 2004). Una de estas capacidades es el desarrollo de los sentidos, la imaginación y el pensamiento. En su libro “Women and Human Development, The Capabilities Approach” indica que: “the capabilities in question should be pursued for each and every person, treating each as an end and none as a mere tool of the ends of others: thus I adopt a principle of each person’s capability, based on a principle of each person as end.” En su extenso tratado respalda que todas las sociedades tienen la obligación de hacer, de la educación de las mujeres, un asunto de la más alta prioridad, dedicando sus energías y

recursos para lograrla. Teoriza que sin el desarrollo de las mujeres, dentro del marco del desarrollo humano, no existe un desarrollo real. (Nusbaum, M. 2000) Coincidimos totalmente y postulamos que nuestro mundo no se puede dar el lujo de perder mentes con potencialidad científica. ¿Qué hacer?

Se hace imprescindible pues una mirada objetiva y contundente sobre los asuntos que inciden en la metodología de la enseñanza de las ciencias desde los grados primarios. Recordando que los estereotipos parecen estar formados a la altura del octavo grado de enseñanza, (típicamente estudiantes entre los 12-14 años), se hace imprescindible que desde los primeros grados se ejemplifiquen mediante fotos, pinturas, certámenes y lecturas las contribuciones de hombres y mujeres a la ciencia. En nuestro país se debe fomentar el acceso a páginas cibernéticas como Ciencia Puerto Rico y usar su contenido para lograr el entusiasmo de los y las estudiantes.

Para el profesorado que ya está practicando la carrera científica es un imperativo ético incluir en nuestros artículos, escritos, prontuarios, conferencias y presentaciones las referencias adecuadas que otorgan el mérito merecido a los que previamente han sido desdeñados por sus pares. Así pues aunque el premio nobel fue de Watson, Crick y Griffith, se debe incluir el nombre de Franklin cuando se discute la estructura del ADN.

Según el informe titulado “Women and Girls in Science, Technology, Engineering, and Math (STEM)” de la oficina del presidente de EEUU las mujeres obtienen el 41% de los PhDs en ciencias, matemáticas e ingeniería, pero sin embargo constituyen solo el 28 % de la facultad a tiempo completo (www.whitehouse.gov/ostp/women, p.3 June 2013). Reconociendo esta inequidad, se ha propuesto un plan multifásico para mantener a las mujeres en las carreras científicas. Mas importante aún, se reconoce que los procesos de mentoría y modelaje son fundamentales así como la necesidad de hacer ajustes para que las mujeres puedan reinsertarse en sus carreras luego de periodos de ausencia motivados muchas veces por los deberes familiares. La implantación de las recomendaciones es urgente.

Nuestro reto mayor es aceptar que tenemos la obligación y responsabilidad de educar las nuevas generaciones, y que no necesariamente los viejos modelos autoritarios nos sirven para generar el entusiasmo de la generación joven hacia el campo de la ciencia. Cambiar la psiquis

de los científicos y científicas que llevan muchos años en su carreras, puede que sea fútil. El esfuerzo debe centrarse en cambiar los paradigmas sociales/culturales/académicos que permitieron la falta de reconocimiento a científicas valiosas y transformar a los nuevos profesionales inculcando los valores de equidad, cooperación, dejando atrás la envidia, la individualidad desmedida y la falta de ética profesional como medios para alcanzar las metas.

Como indica la Dra. Ana Peppino Barale (2006), en el Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación: “Los estudios históricos acerca de la participación de las mujeres en la ciencia y tecnología desde la perspectiva de género, han comprobado la invisibilización de las aportaciones de las mujeres en este ámbito. El trabajo sostenido de las mujeres en el ámbito de la ciencia, de la investigación, de la divulgación del conocimiento y de la docencia, no recibe la suficiente difusión ni reconocimiento del mismo...”.

Y añadido, el trabajo de cualquier individuo independientemente de sus creencias, género o nacionalidad.

Referencias

- Al-Gazali, L., Valian, V., Barres, B., Andrei, E.Y., Wu, L.A., Handelsman, J., Moss-Racusin, C., Husu, L. (2013). Laboratory life: Scientists of the world speak up for equality. *Nature*, 495, No. 7439, 35-38.
- Avery, O. T., MacLeod, C. M. & McCarty, M. (1944). Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types. I. Induction of Transformation by a Desoxyribonucleic Acid Fraction Isolated from Pneumococcal Type III. *J. Exp. Med.*, 79, 137-158.
- Baker, M.(2007). *Nobel laureate Arthur Kornberg dies at 89*.
http://med.stanford.edu/featured_topics/obituary/kornberg
- Beadle, G.W. and Tatum, E.L. (1941) Genetic control of biochemical reactions in *Neurospora*. *Proc.Nat.Acad.Sci. USA* 27,499-506
- Elkin L. (2003) Nova Interview. <http://www.pbs.org/wgbh/nova/tech/rosalind-franklin-legacy.html>
- Griffith, F. (1928). The Significance of Pneumococcal Types. *J. Hygiene*, 27, 113-159.
- Grunberg-Manago, Marianne; Ortiz, P, Ochoa, S (April 1956). "Enzymic synthesis of polynucleotides. I. Polynucleotide phosphorylase of *Azotobacter vinelandii*". *Biochem*

Biophysica Acta 20 (1): 269–85

Hamilton, L. D. (1968) DNA: Models and Reality. Nature 218, 633 - 637

Hershey, A. D. & Chase, M. (1952). Independent Functions of Viral Protein and Nucleic Acid in Growth of Bacteriophage. J. Gen. Physiol., 36, 39-56.

Jacob, Francois and Jacques Monod (1961), "Genetic Regulatory Mechanisms in the Synthesis of Proteins", Journal of Molecular Biology, 3: 318–356.

Keenan, K. (1983). "Lilian Vaughan Morgan (1870-1952): Her life and Work". Amer. Zool. 23: 867–876.

Keller, E.F. (1985) Reflections on Gender and Science. Yale University Press
ISBN0300036361

Keller, E.F. (1984) A Feeling for the Organism: The Life and Work of Barbara McClintock
Published by W. H. Freeman, ISBN 10: 071671504X

Klug, A. (1968) Rosalind Franklin and the Discovery of the Structure of DNA Nature Vol. 219,
Kornberg, A. (1960) Biological synthesis of DNA. Science, 163,1410-18

Meselson, M. & Stahl, F. W. (1958). The Replication of DNA in Escherichia coli. Proc. Natl. Acad. Sci., 44, 671-682

Mendel, Gregor (1865). Versuche über Pflanzen-Hybriden. Verhandlungen
desnaturforschenden Vereines in Brünn, 4,1-47.

Morgan, L. V. (1925) Polyploidy in Drosophila melanogaster with two attached X
chromosomes. Genetics 1,148-178

Morgan, L. V. 1926. Correlation between shape and behavior of a chromosome. Proc. Natl. Acad. Sci 12:180-181.

Morgan, Thomas H. (1911). An Attempt to Analyze the Constitution of the Chromosomes on
the Basis of Sex-Limited Inheritance in Drosophila. Journal of Experimental Zoology,
11, 365-413.

Moss-Racusina, C.A., Dovidio, J.F., Brescoll, V.L., Mark J. Grahama, M.J. and Handelsman, J.
(2012) Science faculty's subtle gender biases favor male students. Proc Nat Acad
Sci, USA 109 No.41, 16474–16479. Nature <http://www.nature.com/news/science-for-all-1.12535>.

Nirenberg, M. W. and J. H. Matthaei (1961), "The Dependence of Cell-Free Protein Synthesis

in *E. coli* Upon Naturally Occurring or Synthetic Polyribonucleotides", *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 47: 1588–1602.

Nosek BA1, Smyth FL, Sriram N, Lindner NM, Devos T, Ayala A, Bar-Anan Y, Bergh R, Cai H, Gonsalkorale K, et al. (2009). National differences in gender-science stereotypes predict national sex differences in science and math achievement. *Proc Natl Acad Sci U S A*.30;106(26):10593-7

Nussbaum, M. (2004) *Women's Education: A Global Challenge*. *Signs*, Vol. 29, No. 2, pp. 325-355

Nussbaum, M. (2001) *Women and Human Development, The Capabilities Approach* Cambridge University Press, New York ISBN-13 978-0-521-00385-8

Okazaki R, Okazaki T, Sakabe K, Sugimoto K (1967). "Mechanism of DNA replication possible discontinuity of DNA chain growth". *Japanese Journal of Medical Science & Biology* 20 (3): 255–6047, 1588–1602

Okazaki, T. et al (1979) Structure and metabolism of the RNA primer in the discontinuous replication of prokaryotic DNA. *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* 43,203-22

Peppino Barale, A.M. (2006) *Las mujeres y la ciencia en una sociedad patriarcal*. *Procedimientos del Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*.

Rapoport, S. (2002) *Rosalind Franklin: Unsung Hero of the DNA Revolution*. *The History Teacher*. <<http://www.historycooperative.org/journals/ht/36.1/rapoport.html>

Rudman, L.A et al. (2001) "Unlearning" Automatic Biases: The Malleability of Implicit Prejudice and Stereotypes. *J. Pers. Soc. Psychol.* 81, 856–868

Stromberg, J. (2012) *Are Scientists Sexist? New Study Identifies a Gender Bias*. <http://www.smithsonianmag.com/science-nature/are-scientists-sexist-new-study-identifies-a-gender-bias-47610982/>

The Barbara McClintock Papers *Controlling Elements: Cold Spring Harbor, 1942-1967*. Profiles inScience from the National Library of Medicine. <http://profiles.nlm.nih.gov/ps/retrieve/Narrative /LL/p-nid/49>

The Mad Science Blog <http://www.themadscienceblog.com/2013/10/gender-bias-in-science-part-iv-martha.html>

The Telegraph (2007) <http://www.telegraph.co.uk/news/obituaries/1567649/Arthur-Kornberg.html>

Watson, J.D. (1968) *The Double Helix : A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*. New York: Anthaeum

Watson, J. D. and F. H. C. Crick (1953a), "A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid", *Nature*, 171: 737–738.

Watson, J. D. and F. H. C. Crick (1953b), "Genetical Implications of the Structure of Deoxyribonucleic Acid", *Nature*, 171: 964–967.

Women and Girls in Science, Technology, Engineering, and Math (STEM). Office of the President. www.whitehouse.gov/ostp/women. June 2013



La Revista Umbral de la Universidad de Puerto Rico Recinto de Río Piedras está publicada bajo la [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).