

PUBLICA O PERECE: EL GRAN PROBLEMA DE LA CIENCIA ACTUAL COMO TRASFONDO DE LA CRISIS DE REPRODUCIBILIDAD

Karen de la Vega Hernández¹, Manuel Antuch Cubillas², Bárbara Lázara Hernández González³

¹Licenciada en Ciencias Farmacéuticas, Máster en Farmacología, Doctora en Ciencias Químicas, Profesor Instructor || Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana.

²Licenciado en Química, Máster en Química, Doctor en Ciencias Químicas || Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear.

³Licenciada en Cibernética Matemática, Máster en Informática en Salud, Profesor Auxiliar, Investigador Auxiliar, Metodóloga de Postgrado || Facultad de Ciencias Médicas “Julio Trigo”, Universidad de Ciencias Médicas de La Habana.

Resumen

La reflexión ética sobre el quehacer de la ciencia, sus resultados e implicaciones, es tarea de primer orden para los profesionales que desarrollan investigaciones científicas. Específicamente la Química centra su desarrollo en el laboratorio, luego es importante que la práctica que se realiza en él se adhiera a los más altos estándares profesionales y éticos. El propósito de este artículo es criticar el proceder actual en la ciencia, tipificado por la expresión “publica o perece”, que conduce a la crisis de reproducibilidad actual. El plagio, la información selectiva de resultados, el uso deficiente de las estadísticas, el desconocimiento de los requerimientos regulatorios y la necesidad de publicar a la mayor brevedad, son conflictos éticos que pueden socavar la integridad y confiabilidad de las investigaciones, pero sin dudas la crisis de reproducibilidad signa el manejo ético de las ciencias de laboratorio como la Química. Es necesario abogar por una ciencia basada en la calidad y no en la cantidad, por una ciencia mejor y no más rápida, en el camino hacia una ciencia más ética; la formación moral metódica e imprescindible de sus protagonistas contribuirá a ello, teniendo

presente la responsabilidad que ostentan ante la sociedad y la tradición de la ciencia.

Introducción

La tríada Ciencia-Tecnología-Sociedad sobrepasa la mera yuxtaposición conceptual para centrar el punto de mira en sus importantes interacciones¹. Promover una reflexión ética sobre el quehacer de la ciencia, sus resultados e implicaciones, es tarea de primer orden para todos los profesionales que desarrollan investigaciones científicas.

La Química ha hecho importantes contribuciones al progreso humano, aunque no en ausencia de efectos colaterales negativos. Sin embargo, las circunstancias del mundo de hoy proporcionan incontables desafíos para la Química desde un punto de vista tanto ético como científico. Más que las otras ciencias, la Química se centra en el laboratorio, por lo que es importante que la experimentación se adhiera a los más altos estándares profesionales y éticos. Existen dilemas éticos comunes a todas las ramas científicas que incluyen el plagio, el ignorar trabajos precedentes para aparentar novedad científica, la

falsificación de datos, la publicación acelerada de resultados sin asegurar su reproducibilidad, el mal uso de los fondos de financiación, e incluso, el desconocimiento de requerimientos regulatorios. Este trabajo se centra en criticar el proceder actual en la ciencia, tipificado por la expresión “publica o perece”, que incita a la velocidad de publicación de resultados científicos en detrimento de su calidad y reproducibilidad.

Enfoque ético del manejo de la ciencia

Según López Bombino, por ética del científico puede entenderse el conjunto de principios que guían a este profesional en el proceso de su actividad cognoscitiva y el comportamiento que este asume en el contexto de una comunidad científica determinada².

Puede afirmarse que la ética del científico está configurada por la forma en que el sistema de principios, normas y valores de la moral social se expresan en el comportamiento efectivo del científico, es decir, en qué medida este profesional hace suyo, en mayor o menor grado, el sistema de normas y valores válidos para la sociedad donde desarrolla su actividad

profesional. En la ética del científico importa que este profesional asuma el sistema de valores prevaleciente en su cultura a través de la convicción interna, y no de modo externo, mecánico e impersonal, como a veces puede suceder. En la asunción de esta ética resultan imprescindibles valores como la honestidad, la autenticidad, la coherencia, la apertura de la personalidad a nuevas ideas, y, por ende, la interiorización de un principio y valor fundamental³.

Los gigantescos progresos de la ciencia contemporánea demandan hoy, más que nunca, del enfoque ético, de una dimensión humanista del trabajo científico y de la identificación de las vías en las que se expresan la moral, los valores, y las contradicciones en las relaciones entre los científicos, y la dimensión misma de hacer ciencia, esto es, ciencia para quién, a favor de quiénes, pues la ciencia se puede emplear o para hacer mucho bien o mucho mal^{4,5}. Por eso la ética del científico es una ética de la responsabilidad: ciencia con conciencia.

La actividad química está conectada con valores y sistemas de creencias profundamente arraigados en el marco histórico, cultural y político de la sociedad dentro de la cual se conduce⁶. No es difícil ver cómo el progreso de la Química -visto como un proceso entrelazado con diversas esferas sociales- influencia la economía y la política, toda vez que permite el desarrollo de nuevas tecnologías⁷.

Ética en la investigación científica: el efecto del proceso de publicación

Un estudio realizado por Fang, Steen y Casadevall en el 2012 reveló que -de las 2047 publicaciones

retractadas en ciencias biológicas y biomédicas indexadas por PubMed al 3 de mayo de 2012- solo el 21,3% se debieron a un error, mientras que el 67,4% se atribuyeron a una mala conducta científica: fraude o sospecha de fraude (43,4%), publicación duplicada (14,2%) y plagio (9,8%)⁸.

Muchos fraudes científicos están vinculados a la publicación. Jan Henrik Schön, un postdoctorante en Bell Labs en Nueva Jersey, Estados Unidos, es un ejemplo notorio. A principios de la década de 2000, su creciente impacto en el campo de la nanoelectrónica se detuvo cuando se vieron gráficos idénticos en tres de sus publicaciones no relacionadas. Una investigación lo encontró culpable de 16 cargos de mala conducta científica, incluyendo falsificación, duplicación y eliminación de datos. Las retracciones incluyeron ocho artículos en la revista *Science* y siete en *Nature*⁸.

Diversos factores desempeñan un rol fundamental en los fraudes científicos. Supervisores, colegas y las revistas que publican los trabajos científicos son protagonistas del proceso. Esto se evidencia en otros ejemplos destacados de fraude editorial, como el del profesor de Química Patti Chiranjeevi, de la Universidad Sri Venkateswara, quien plagió o falsificó resultados en más de 70 artículos publicados en revistas nacionales e internacionales entre 2003 y 2007⁸.

La raíz de este problema a menudo se encuentra en el conocido sistema de “publicar o perecer”. En la actualidad, existe mucha presión sobre los científicos para publicar en revistas de alto impacto; la causa fundamental: los científicos y las universidades son en su mayoría evaluados (y financiados)

en función de su producción editorial⁹. Esto hace que los científicos tengan la necesidad de publicar sus resultados lo más rápido posible, sin tener en consideración factores tan importantes como la reproducibilidad.

Frith, psicóloga del Colegio Universitario de Londres, señaló los peligros familiares de la prisa por publicar: la cantidad se vuelve más importante que la calidad; los artículos son juzgados por factores de impacto de la revista, no por citas reales; las retracciones se hacen necesarias porque no se aplicaron suficientes controles; etc¹⁰. En última instancia, las retracciones y la irreproducibilidad socavan la credibilidad pública de la ciencia misma.

La investigación irreproducible

La ciencia avanza por corroboración, cuando los investigadores son capaces de verificar los resultados de otros¹¹. Asimismo, la ciencia avanza más rápido cuando se pierde menos tiempo persiguiendo pistas falsas.

Existe una alarma creciente sobre los resultados que no se pueden reproducir. Las explicaciones más comunes incluyen complejidad de experimentos y estadísticas, mayores niveles de escrutinio y presión sobre los investigadores. Sin embargo, parte de la irreproducibilidad en la investigación científica puede deberse a la fabricación o falsificación de datos¹²⁻¹⁵. La mala conducta o la sospecha de mala conducta representa más de dos tercios de las retracciones⁹. El sitio web *Retraction Watch* realiza un seguimiento de los documentos que han sido retirados debido a una mala conducta científica u otros problemas.

Aproximadamente el 2% de los científicos afirman que han fabricado

o falsificado datos en algún momento de sus carreras¹⁶. Este porcentaje puede subestimar la tasa real de mala conducta debido a que los encuestados pueden no estar dispuestos a admitir su participación en un comportamiento ilegal o poco ético, incluso en encuestas anónimas. Incluso si la tasa de mala conducta es baja, todavía representa un grave problema ético que puede socavar la reproducibilidad, integridad y confiabilidad de la investigación¹⁷.

Cuando la irreproducibilidad no resulta de una mala conducta, aún puede tener serias consecuencias para la ciencia y la sociedad. Los resultados irreproducibles podrían causar daños severos en medicina, salud pública, ingeniería, aviación y otros campos en los que los profesionales o reguladores confían en la investigación publicada para tomar decisiones que afectan la seguridad y el bienestar públicos¹⁸. La investigación irreproducible, que no tiene aplicaciones prácticas inmediatas, aún puede tener un impacto negativo en la ciencia al hacer que los investigadores confíen en datos no válidos. Los investigadores deben poder confiar en que los datos publicados son confiables, y los problemas de reproducibilidad pueden minar esa confianza¹⁷.

Las revistas científicas, las agencias de financiación y los investigadores han respondido a los problemas de irreproducibilidad articulando estándares para diseñar experimentos, analizar datos e informar métodos, materiales y resultados^{11,19-22}. Sin embargo, esto no es suficiente. La reproducibilidad no es solo una cuestión científica; también es una cuestión ética. Es necesario crear una concien-

cia colectiva acerca de la importancia y, sobre todo, las posibles consecuencias negativas de publicar una investigación irreproducible.

Pocos investigadores deciden retractar un artículo si sus resultados no son reproducibles, un ejemplo notorio es la Dra. Frances Arnold, quien ganó el premio Nobel de Química en 2018, e informó a la comunidad científica que una publicación suya de 2019 había sido retractada²³. Dicha retracción ha sido elogiada universalmente como un modelo de integridad y responsabilidad. En un tweet que siguió al anuncio de la retracción del artículo de su grupo en la revista *Science*, la Dra. Frances Arnold dijo: *“Pido disculpas a todos. Estaba un poco ocupada cuando lo envié, y no hice bien mi trabajo”*.

Los problemas con este trabajo salieron a la luz cuando el grupo no pudo reproducir los resultados publicados, lo que llevó al descubrimiento de que faltaban detalles y datos clave del cuaderno de laboratorio del primer autor. No hay nada inusual en que tales estudios de seguimiento se aplacen hasta después de la publicación, pero ¿no sería mejor si la norma fuera esperar hasta que los resultados se hayan verificado y replicado a fondo antes de publicarlos?

La respuesta obvia es: ¿mejor para quién? Cualquier investigador que retrase la publicación hasta que se hayan investigado todos los detalles y cada experimento se haya verificado tres veces nunca será el primero en un campo competitivo. En resumen, el problema es sistémico: la ciencia a menudo tiene demasiada prisa, por razones que son comprensibles, pero no beneficiosas para la ciencia misma.

Una “crisis de reproducibilidad” en las ciencias químicas

No pasa una semana sin que el tema de la “reproducibilidad en la ciencia” (o la falta de ella) golpee los titulares. Aunque gran parte de la crítica se dirige a las ciencias biomédicas o la psicología, muchos de estos problemas también prevalecen en las ciencias químicas.

¿Qué significa “reproducibilidad”? La reproducibilidad puede ocurrir en diferentes ámbitos: empírico, computacional y estadístico. La replicación puede ser analítica, directa, sistemática o conceptual. Diferentes personas usan la reproducibilidad para significar repetibilidad, robustez, confiabilidad y generalizabilidad²⁴. Para los científicos de laboratorio generalmente significa que otro científico que usa los mismos métodos obtiene resultados similares y puede arribar a las mismas conclusiones.

La reproducibilidad es una parte esencial de la validación de los experimentos científicos¹⁷. Si un experimento es un éxito, uno esperaría obtener los mismos resultados cada vez que lo realiza. Sin embargo, fallar al tratar de reproducir el trabajo de otros se ha convertido en una parte rutinaria de la investigación. En 2012, Begley y Ellis informaron sobre los intentos de Amgen de reproducir los resultados de 53 estudios publicados que se consideraron esenciales al respaldar nuevos paradigmas en la investigación del cáncer; solo el 11% de los hallazgos clave en estos estudios fueron reproducibles²⁵. En 2011, otro equipo de científicos de la farmacéutica Bayer informó que no pudieron reproducir el 65% de los resultados de una selección de publicaciones biomédicas²⁶.

Desde el informe de Begley y Ellis en 2012, varias encuestas han intentado abordar el problema de la reproducibilidad de datos dilucidando las causas fundamentales de este problema crítico, que van desde errores honestos hasta la fabricación directa^{27,28}. Una encuesta realizada por la revista *Nature* en 2016 a más de 1500 científicos reveló que el 70% de los investigadores piensan que la ciencia enfrenta una crisis de reproducibilidad²⁹. Otra encuesta realizada por la misma revista encontró que más de dos tercios de los investigadores habían intentado sin éxito reproducir los experimentos de otro científico. En octubre de 2018, la revista *Nature* escribió que había “una creciente alarma sobre los resultados que no se pueden reproducir”³⁰.

Tornando a la raíz del problema, la “crisis de reproducibilidad” que enfrenta la ciencia actualmente tiene sus bases en la llamada “ciencia rápida”: la cultura de “publicar o perecer”, los incentivos negativos creados por las métricas actuales, la evaluación basada en la producción, la reducción de las oportunidades de financiación, y los crecientes intereses comerciales en la ciencia^{17,18}. Por ello es importante apuntar hacia una ciencia basada en la calidad y no en la cantidad en el camino hacia una ciencia más ética.

La reproducibilidad en el laboratorio

A nivel de laboratorio, conseguir que una reacción química funcione satisfactoriamente en una cantidad de tiempo razonable y con un buen rendimiento puede ser complicado. Uno de los principios básicos de la Química, y una regla moral importante, es describir los procedimientos experi-

mentales completa y cuidadosamente para que otra persona puede reproducir los resultados³⁰. Cualquiera que haya intentado reproducir un experimento descrito en la literatura química sabe que esto es más fácil decirlo que hacerlo. A veces un experimento no puede reproducirse porque realmente no ocurre de esa manera: los resultados son fabricados. Sin embargo, a menudo, los detalles experimentales se omiten de manera involuntaria ya sea porque parezcan obvios, por descuido, o porque sean parte de la rutina habitual de un grupo de investigación. Una razón ética más interesante es que algunas personas son mejores para hacer experimentos que otras. Por ejemplo, aparentemente la única persona que podía conseguir que la bomba de aire de Robert Boyle funcionase correctamente fue el hombre que la hizo, Robert Hooke³¹. En Química, se dice que algunas personas simplemente tienen “manos mágicas”³².

Los cuidados considerados “adicionales”-de acuerdo a la manera en que se desarrolla la ciencia actualmente-, que requieren mayor gasto de recursos materiales para las reacciones duplicadas o triplicadas y que conllevan un retraso en el proceso de publicación, sin lugar a dudas garantizan mayor rigor científico y confiabilidad en los resultados reportados. Luego, hay que seguir abogando por una ciencia mejor, no por una ciencia más rápida. Esta máxima abre nuevos horizontes hacia un futuro más ético en el campo de la Química, a partir de la formación moral meticulosa e imprescindible de sus protagonistas.

Conclusiones

La reflexión ética sobre el quehacer de la ciencia, sus resultados e implicaciones, se ha convertido en un punto álgido de discusión a nivel global. Existen motivos para temer que los estándares éticos de la ciencia se han deteriorado en todo el mundo. Aunque la confianza en la ciencia permanece sólida, la comunidad científica está perdiendo su credibilidad frente al público en general. Una de las principales razones es la “crisis de reproducibilidad” que está enfrentando la ciencia en la actualidad. La presión para publicar, la información selectiva de resultados, el uso deficiente de las estadísticas y los protocolos complejos han contribuido a la publicación de numerosos trabajos irreproducibles; sin embargo, esto no puede ser excusa para el descuido o una mala conducta científica, la integridad es una piedra angular de la ciencia. Las agencias de financiación y las editoriales están ayudando a reducir estos problemas. No obstante, las leyes y regulaciones por sí solas no son suficientes para abordar este problema de manera efectiva. Los investigadores deben ser firmes en su resolución para fomentar la integridad científica, y no olvidar que como científicos tienen una responsabilidad ante la sociedad y la tradición de la ciencia.

Referencias bibliográficas

1. Martín Gordillo M, Arribas Ramírez R, Camacho Álvarez A, Fernández García E, González Galbarte JC, Lejarza Portilla C, et al. Ciencia, Tecnología y Sociedad. Grupo ARGO [Internet] 2003 [Consultado 23 oct 2020]; 3. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Ciencia_Tecnologia_Sociedad_1208.pdf

2. López Bombino LR. Hacia una ética de la ciencia: problemas e interrogantes. En: *Bioética desde una perspectiva cubana*. La Habana: Editorial Félix Varela; 2007.
3. Camps V. Ética para las ciencias y técnicas de la vida. En: *Cuestiones éticas en ciencia y tecnología en el siglo XXI*. Madrid: OEI, Biblioteca Nueva; 2003.
4. López Bombino LR. El saber ético de ayer a hoy. *Antología mínima de las ideas morales*. La Habana: Editorial Félix Varela; 2004.
5. Cavalieri L. *Tecnología genética: el científico y su responsabilidad social*. Buenos Aires: Ediciones Tres Tiempos; 1984.
6. Matthews MR. *Science Worldviews and Education*. Heidelberg: Springer; 2009.
7. Matlin S, Mehta G, Hopf H. Chemistry embraced by all. *Science* 2015; 347: 1179.
8. Fang F, Steen R, Casadevall A. Misconduct accounts for the majority of retracted scientific publications. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* [Internet] 2012 [Consultado 23 oct 2020]; 109:17028-17033. Disponible en: doi:10.1073/pnas.1212247109.
9. Noyori R, Richmond JP. Ethical Conduct in Chemical Research and Publishing. *Adv. Synth. Catal.* 2013; 355: 3-8.
10. Notman N. Ethics in Chemistry. *Chemistry World* [Internet] may 2018 [Consultado 11 sep 2020]. Disponible en: <https://www.chemistryworld.com/features/ethics-in-chemistry/3008982.article>
11. Rooney A, Cooper G, Jahnke G, Lam J, Morgan R, Boyles A et al. How credible are the study results? Evaluating and applying internal validity tools to literature-based assessments of environmental health hazards. *Environment International* 2016; 92-93: 617-629.
12. Shamoo AE. Data audit as a way to prevent/contain misconduct. *Accountability in Research* 2013; 20(5-6): 369-379.
13. Shamoo AE. Audit of research data. *Accountability in Research* 2016; 23(1):1-3.
14. Collins F, Tabak L. Policy: NIH plans to enhance reproducibility. *Nature* 2014; 505(7485): 612-613.
15. Kornfeld D, Titus S. Stop ignoring misconduct. *Nature* 2016; 537(7618): 29-30.
16. Fanelli D. How many scientists fabricate and falsify research? A systematic review and meta-analysis of survey data. *PLoS One* 2009; 4(5): e5738.
17. Shamoo AE, Resnik D. *Responsible Conduct of Research* (3ra ed). New York: Oxford University Press; 2015.
18. Horton R. Offline: What is medicine's 5 sigma? *The Lancet* 2015; 385: 1380.
19. Collins F, Tabak L. Policy: NIH plans to enhance reproducibility. *Nature* 2014; 505(7485): 612-613.
20. McNutt M. Reproducibility. *Science* 2014; 343(6168): 229.
21. Nature. Journals unite for reproducibility. *Nature* 2014; 515(7525): 7.
22. National Institutes of Health. Rigor and Reproducibility. National Institutes of Health [Internet] 2016 [Consultado 12 mar 2020]. Disponible en: <https://www.nih.gov/research-training/rigor-reproducibility>
23. Cho I, Jia ZJ, Arnold FH. Retraction. *Science* 2019; 364: 155.
24. Nature. Reality check on reproducibility. *Nature* 2016; 533: 437.
25. Begley C, Ellis L. Drug development: raise standards for preclinical cancer research. *Nature* 2012; 483: 531-533.
26. Prinz F, Schlange T, Asadullah K. Believe it or not: how much can we rely on published data on potential drug targets? *Nat Rev Drug Discov* 2011; 10: 712.
27. Mobley A, Linder S, Braeuer R, Ellis L, Zwelling L. A survey on data reproducibility in cancer research provides insights into our limited ability to translate findings from the laboratory to the clinic. *PLoS One* 2013; 8: e63221.
28. Boulbes DR, Costello T, Baggerly K, Fan F, Wang R, Bhattacharya R et al. A Survey on Data Reproducibility and the Effect of Publication Process on the Ethical Reporting of Laboratory Research. *Clin Cancer Res* 2018; 24(14): 3447-3455.
29. Baker M. 1,500 scientists lift the lid on reproducibility. *Nature* 2016; 533: 452-454.
30. Stark PB. No reproducibility without preproducibility. *Nature* 2018; 557: 613.
31. Shapin S. *Who was Robert Hooke?* En: *Never Pure*, S. Shapin (Ed.). Baltimore: Johns Hopkins Press; 2010.
32. Stemwedel J. Reproducibility and retracted papers. *Scientopia* [Internet] 2006 [Consultado 3 jun 2016]. Disponible en: <http://scientopia.org/blogs/ethicsandscience/2006/06/15/reproducibility-and-retracted-papers/>