

NATURE

- **EDITORIAL**

- 19 December 2023

De Einstein a la IA: cómo 100 años han dado forma a la ciencia

Una mirada retrospectiva de un siglo revela cuánto ha cambiado el panorama de la investigación y cuán confusas pueden ser las consecuencias de la innovación científica.



A century after the invention of bakelite (widely used to make early phones), talks are under way to agree on a treaty to end plastics pollution. Credit: David Bagnall/Alamy

A principios de este año, *Nature* publicó un artículo que concluía que la ciencia se está volviendo menos disruptiva¹. Una mirada retrospectiva de un siglo podría parecer respaldar esa idea. El siglo XX comenzó con una revolución en la física. En 1900, Max Planck sentó las bases de la teoría cuántica. A esto le siguió el *annus mirabilis* de Albert Einstein: en 1905, publicó cuatro artículos innovadores sobre el efecto fotoeléctrico², el movimiento browniano³, la teoría especial de la relatividad⁴ y la relación masa-energía⁵ descrita por su famosa fórmula, $E = mc^2$. Las décadas siguientes vieron el establecimiento de la teoría general de la relatividad y la del campo de la mecánica cuántica.

Otras áreas científicas también experimentaron rápidos avances. En 1910, el genetista estadounidense Thomas Hunt Morgan utilizó la mosca de la fruta *Drosophila* para mostrar cómo residen los genes en los cromosomas, un paso crucial en el camino hacia la genética moderna. Ese mismo año, Marie Curie aisló con éxito el radio puro (elemento 88 de la tabla periódica). Y, en 1925, la descripción del antropólogo australiano Raymond Dart de un cráneo de *Australopithecus africanus* proporcionó la primera evidencia de que África es la cuna de la humanidad⁶

Otros avances científicos moldearían la vida de las personas de maneras más prácticas. En 1907, el químico belga Leo Baekeland comercializó un invento al que llamó baquelita, el precursor de los plásticos actuales. El material estaba formado por largas e irrompibles cadenas de moléculas de hidrocarburos. No conducía electricidad, era moldeable, resistente al calor y bastante agradable a la vista cuando se teñía.

Y en 1909, el químico alemán Fritz Haber descubrió un método para producir amoníaco, que él y su colega químico Carl Bosch comercializaron en la empresa química alemana BASF en 1913. Su proceso de fabricación de amoníaco fijando nitrógeno del aire se convirtió en la base de los fertilizantes que siguen siendo cruciales para la seguridad alimentaria mundial en la actualidad.

El panorama científico ha cambiado tanto que sería irreconocible para alguien que viviera hace 100 años. La escala de la ciencia y la innovación, llevada a cabo por grandes equipos que colaboran

¹ Park, M., Leahey, E. & Funk, R. J. *Nature* **613**, 138–144 (2023).

² Einstein, A. *Ann. Phys.* **17**, 132–148 (1905).

³ Einstein, A. *Ann. Phys.* **17**, 549–560 (1905).

⁴ Einstein, A. *Ann. Phys.* **17**, 891–921 (1905).

⁵ Einstein, A. *Ann. Phys.* **18**, 639–641 (1905).

⁶ Dart, R. A. *Nature* **115**, 195–199 (1925).

globalmente, y cómo se financian (predominantemente por las industrias) serían completamente ajenas a los científicos de antaño. La forma en que se difunde la investigación entre los pares científicos y la sociedad sería a la vez extraña y familiar; Todavía se publican artículos, pero eso es sólo una parte de cómo se comunica ahora la ciencia. Y los investigadores tienen muchas responsabilidades éticas, legales y sociales nuevas.

Es difícil argumentar que algunos de los descubrimientos del siglo XXI hasta ahora no han sido disruptivos, en el sentido de proporcionar nuevas direcciones para la ciencia. A través de colaboraciones globales y con la ayuda de financiación multinacional, los científicos produjeron el primer borrador de secuencia del genoma humano completo⁷ en 2001 y encontraron una manera⁸ de editar genes de manera eficiente en 2012. Estos logros también permitieron a los investigadores desarrollar rápidamente vacunas de ARNm durante la pandemia de COVID-19.

Los físicos fundamentales descubrieron el bosón de Higgs^{9,10} en 2012, casi 50 años después de su predicción. Y en 2015, las ondas gravitacionales se detectaron por primera vez directamente¹¹, casi 100 años después de que la relatividad general proporcionara una base teórica para su existencia.

La ciencia y la sociedad también han cambiado en otros sentidos. El siglo pasado ha enseñado mucho a los investigadores sobre los riesgos de innovaciones como los plásticos y los fertilizantes artificiales. En respuesta, los países han establecido acuerdos jurídicamente vinculantes a través de las Naciones Unidas para limitar los daños de las innovaciones científicas y tecnológicas.

Los plásticos que cambian vidas en Baekeland son ahora objeto de conversaciones para limitar su contaminación. El proceso de producción de amoníaco está controlado por al menos dos convenios internacionales. El primero pretende limitar o reducir los riesgos de emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la producción de esta sustancia química. El segundo es un tratado para eliminar las armas químicas, una aplicación del invento de Haber que apoyó durante la Primera Guerra Mundial.

Los avances recientes, como las tecnologías de inteligencia artificial (IA), aún deben estar regidos por acuerdos globales, pero

⁷ International Human Genome Sequencing Consortium. *Nature* **409**, 860–921 (2001).

⁸ Jinek, M. *et al. Science* **337**, 816–821 (2012).

⁹ ATLAS Collaboration. *Phys. Lett. B* **716**, 1–29 (2012).

¹⁰ CMS Collaboration. *Phys. Lett. B* **716**, 30–61 (2012).

¹¹ Abbott, B. P. *et al. Phys. Rev. Lett.* **116**, 061102 (2016).

también deben estarlo. Los grandes modelos lingüísticos y la IA generativa (las mayores innovaciones disruptivas de este año) deben aplicarse de manera que su potencial de causar daño no supere sus beneficios. *Nature* informa periódicamente sobre los desafíos que plantean las tecnologías de IA generativa y la actual falta de regulación. En algún momento, esos sistemas tendrán que ser regulados por acuerdos coordinados globalmente, como es el caso de innovaciones como los materiales nucleares, los medicamentos y las vacunas.

Es imposible predecir con precisión qué impactos tendrán las innovaciones de este siglo dentro de 100 años. Pero es seguro decir que las sociedades, las economías y el medio ambiente del mundo habrán cambiado una vez más, posiblemente hasta quedar irreconocibles. Razón de más para que la comunidad internacional siga coordinando respuestas regulatorias a nuevos inventos, como las tecnologías de inteligencia artificial, para evitar innovaciones disruptivas que hagan más daño que bien.

Naturaleza 624, 474 (2023)