

Sergio Rajsbaum y Eduardo Morales,  
editores huéspedes

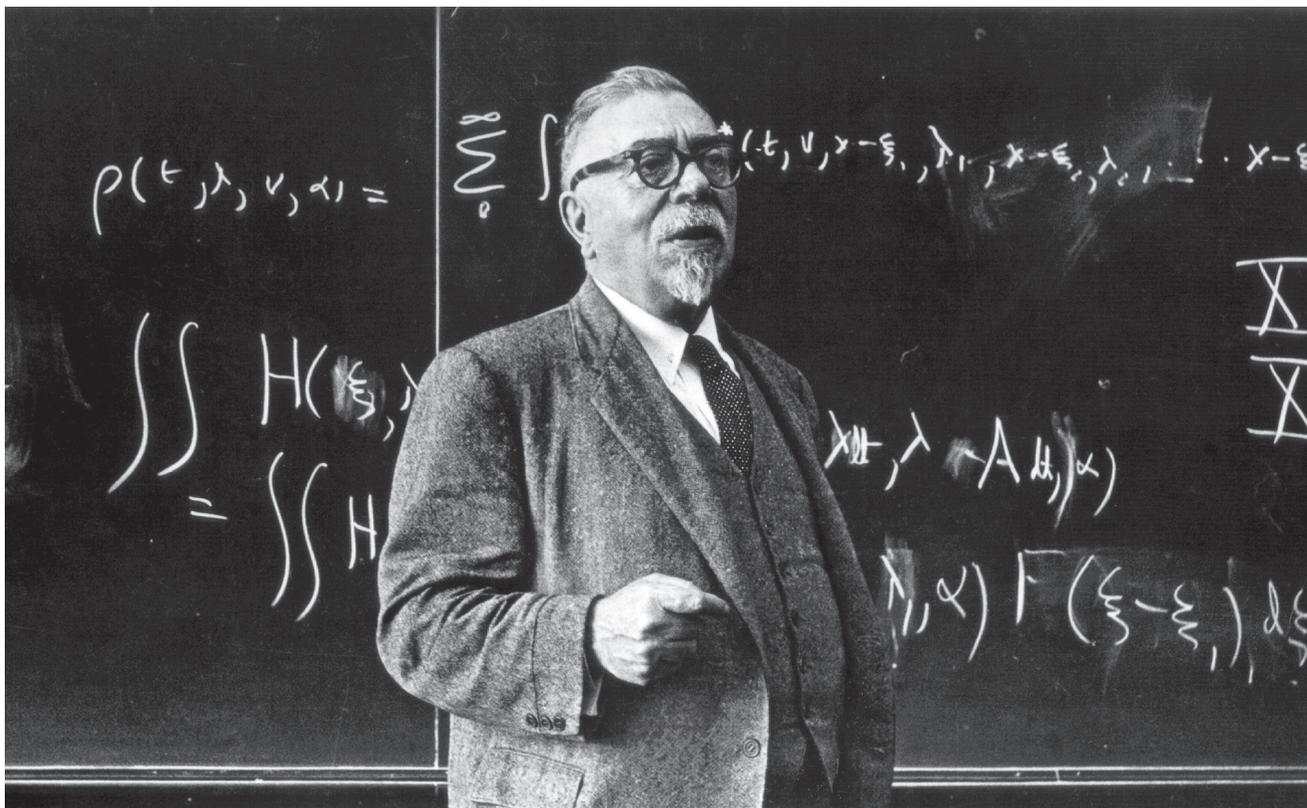


## Presentación

# Norbert Wiener y el origen de la cibernética

En el año 2014 se llevó a cabo la conferencia “Norbert Wiener in the 21st Century”, de la asociación de ingenieros más importante del mundo: el Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica (IEEE, por sus siglas en inglés). Esto fue para conmemorar 120 años del nacimiento y 50 de la muerte del matemático y filósofo estadounidense Norbert Wiener (1894-1964).

El “padre de la cibernética” fue muy famoso en su época; hasta en las mesas del comedor de las amas de casa había una copia de su libro *Cibernética*. Realizó aportaciones importantes en varias áreas de las matemáticas, principalmente en análisis, probabilidad y teoría de control. Junto con otras figuras clave de la época, como Alan Turing, John von Neumann y Claude Shannon, dieron lugar al nacimiento de las ciencias



Norbert Wiener. Fotografía tomada de: Massachusetts Institute of Technology.

de la computación. En especial, Wiener tuvo un papel destacado en las ramas relacionadas con la inteligencia artificial. De hecho, influenció el pensamiento de neurólogos, psicólogos, sociólogos y filósofos de la época, con sus ideas cibernéticas de la retroalimentación.

Su vida compleja y controversial es fascinante; desde sus inicios como niño prodigio, pasando por su matrimonio con una mujer que apoyaba a los nazis —cuando él mismo era judío—, también por su influencia en China, India y la Unión Soviética, hasta las últimas etapas en que se la pasaba predicando sobre los enormes peligros de las máquinas y la automatización, que él mismo había contribuido a desarrollar; así como su oposición a que la ciencia recibiera apoyos del gobierno y las agencias militares, en una época especialmente crítica en Estados Unidos, durante la Segunda Guerra Mundial.

### ● La vida y obra de Wiener

Recordar la vida y obra de Wiener es una gran oportunidad para meditar acerca de cómo progresa y se desarrolla la ciencia. Hoy casi nadie sabe quién fue Wiener, y casi nada de lo que es la cibernética, de la cual es difícil identificar alguna noción específica que haya dejado huella en la ciencia

moderna, excepto por sus primeros trabajos matemáticos que siguen siendo relevantes y son bien conocidos por ingenieros y científicos especialistas en esos temas. Sin embargo, el científico puede dejar huellas de diversas formas.

Wiener fue una de las figuras más importantes de su época. En 1963 ganó la Medalla Nacional de Ciencia de los Estados Unidos. Hace apenas poco más de 50 años era el famoso profesor del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) que merodeaba por todo el campus de Cambridge mientras leía y, para no caerse, alargaba una mano a la pared; buscaba siempre con quién discutir sus muy variadas ideas y platicaba en la cafetería con estudiantes de licenciatura; entraba a los salones repentinamente y por todos lados dejaba las cenizas de su célebre puro.

Sin embargo, en Estados Unidos y Europa su influencia en el desarrollo de la computación y la automatización quedó diluida, en parte, debido al entusiasmo con el cual lo recibió la Unión Soviética, donde el sistema comunista de la época tomó inspiración de las ideas de Wiener. En Estados Unidos se fue adoptando el concepto de *inteligencia artificial*, lo que contribuyó al olvido del término *cibernética*, que se empezó a asociar con el comunismo.



Viajero incansable, en India fue recibido con los honores de un jefe de Estado, y se debe en buena parte a sus visitas por el desarrollo de la ciencia en ese país. Famoso por su habilidad con los idiomas, aprendió mandarín durante su estancia en China. Es de notar que México era uno de los países a los que Wiener viajaba mucho para colaborar con su amigo, el gran neurofisiólogo mexicano, Arturo Rosenblueth, cofundador del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Durante su estadía en el Instituto Nacional de Cardiología, Wiener escribió su obra más conocida, que dedica a Rosenblueth: *Cibernética*. La amistad inició cuando Rosenblueth estaba en Harvard, donde ambos participaban en reuniones mensuales dedicadas a la discusión del método científico, recordadas por Wiener en su libro de la siguiente manera, que bien refleja lo apasionado de su personalidad:

La conversación era vivaz y no tenía restricciones. No era un lugar para buscar la aprobación o para mantener una posición. Después de la cena, alguien —ya fuera de nuestro grupo o algún invitado— leía un tema científico que, en general, era de metodología, o al menos tenía que ver con ella. El expositor tenía que enfrentarse a una crítica aguda, bienintencionada pero despiadada. Era una catarsis perfecta para las ideas indefinidas, la autocrítica insuficiente, la exagerada confianza y la pomposidad. Los que no aceptaban ese ambiente no regresaban, y entre los asiduos habíamos varios que sentíamos que estas reuniones eran una parte importante de nuestro desarrollo científico.

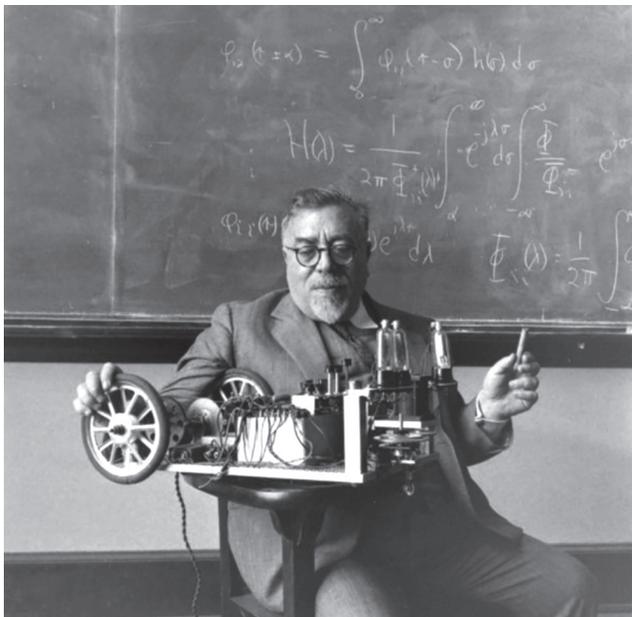
La carrera científica de Wiener fue obstaculizada no sólo por factores políticos e ideológicos, relacionados con sus ideas radicales antibelicistas durante la época en que su propio país estaba involucrado en la Segunda Guerra Mundial, y después en la Guerra Fría. Quizá el episodio más trágico inició durante una cena en México con su esposa Margaret, quien estaba enferma de celos y odio hacia Warren McCulloch —con quien Wiener tenía una extraordinaria amistad y colaboraba en el estudio del funcionamiento de las neuronas y el cerebro, dentro de un brillante grupo que incluía a Jerome Lettvin y Walter Pitts—. Margaret le dijo a Wiener que su hija Barbara había sido seducida por ellos cuan-



Arturo Rosenblueth en su laboratorio. Archivo fotográfico de Arturo Rosenblueth de El Colegio Nacional, México, D. F.

do era adolescente, durante una visita a McCulloch. Wiener creyó la historia y rompió todo contacto con los miembros del grupo. Separarse de esta exitosa línea de investigación provocó un gran daño para él mismo, para Barbara, y para todos los demás, sobre todo por la depresión de Pitts, que acabó por quitarle la vida.

Repasar su biografía es también un buen momento para reflexionar sobre las constantes advertencias que hizo Wiener sobre perder de vista los peligros del “uso del hombre por el hombre”, como él decía, y los riesgos de depender de máquinas cada vez más poderosas y sofisticadas que tomen decisiones por nosotros. Hoy en día, en un gran avión comercial pueden volar cientos de personas a 10 000 metros de altitud con mayor seguridad que la que proporciona un automóvil, gracias al equipo que forma la máquina con el sistema de control automático de vuelo y el hombre (sea piloto o controlador en Tierra), que casi no hace más que supervisar. Y es precisamente en este contexto donde quizá encontramos la gran contribución de Wiener que permea hasta nuestros días. Apenas unos meses después de su muerte, ya su fama se desvanecía y el mundo se preguntaba a qué se había debido tanto escándalo por la cibernética. El término mismo estaba pasando de moda, y en su lugar entraba el que hasta ahora se mantiene:



Norbert Wiener y su "Palomilla". Tomada de: <http://cyberneticzoo.com/tag/norbert-wiener/>

*inteligencia artificial*. La clave, nos dice Toulmin (1964), está en que fue Wiener el que rompió con el tabú que dirigió el desarrollo de la ciencia por 200 años, de manera que daba por hecho que los procesos mentales son no sólo conceptualmente, sino absolutamente, diferentes de los procesos mecánicos. Wiener abrió la posibilidad de encontrar un único marco conceptual cuyas implicaciones fueran posibles de representar de una misma manera, tanto para el funcionamiento del cerebro como para el de un artefacto. El punto no es que ya logramos entender cómo funciona el cerebro humano, sino que hemos entendido que, al menos en principio, es posible hacerlo. Seguramente algo tiene que ver con la pasión de Wiener por el pensamiento oriental y el hinduismo, y con sus muy frecuentes visitas al pastor hindú del MIT, con quien pasaba horas y horas platicando.

Lo que hizo Norbert Wiener no fue desterrar al fantasma de la máquina. En su lugar, demostró que, considerando el patrón formal de sus actividades, el fantasma y la máquina son uno.

Como dice el que alguna vez fue su gran amigo, Warren McCulloch (1974):

Nuestro mundo nuevamente es uno, y también nosotros. O, por lo menos, eso es lo que le parece a alguien que nunca ha sido un prodigio y no es un matemático.

Este número especial de la revista *Ciencia* da a conocer el trabajo de Wiener, sus ideas, su vida y, en general, ayuda a entender y reconocer a la computación como parte de las disciplinas fundamentales para el desarrollo de la humanidad.

### Los artículos

Este número especial de la revista *Ciencia* consta de cinco artículos. En el primero, "Norbert Wiener: de la gloria al olvido", Carlos Coello hace una semblanza biográfica de este exprodigio, de su educación estricta a cargo de su padre, su doctorado a los 18 años en la Universidad de Harvard, su paso por Europa y su trayectoria por el MIT, en donde desarrolló la mayoría de las ideas por las que es mejor conocido. En particular, nos enteramos de una vida llena de contrastes, decepciones y grandes logros científicos. Además de dar a conocer aspectos de su vida personal, el artículo nos presenta los momentos y colaboradores de las principales contribuciones de Wiener, relacionadas con el movimiento browniano, la interpretación estadística de la función de onda, el equilibrio de la radiación de las estrellas, los sistemas de retroalimentación y la cibernética, entre otros.

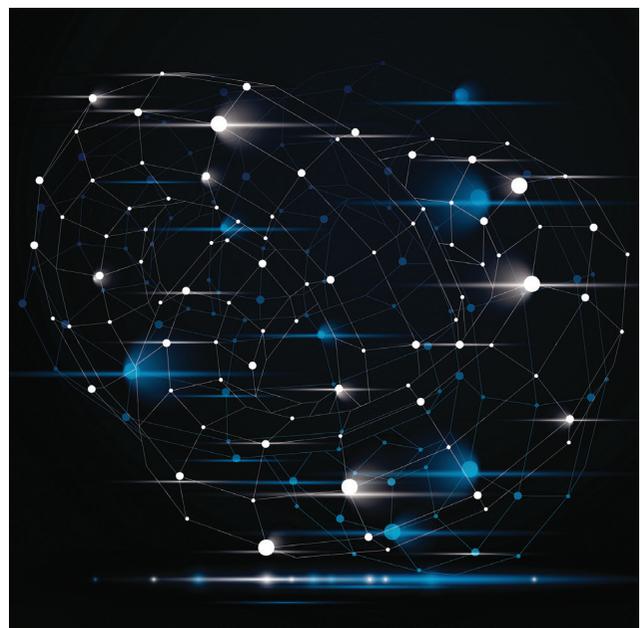
Cristina Verde, en su artículo "Retroalimentación y sincronía en procesos", retoma dos conceptos fundamentales de la cibernética. Wiener evidenció que los fenómenos de la retroalimentación y la sincronización están presentes en la naturaleza, la sociedad y las máquinas creadas por el hombre, y que, además, ambos son necesarios para mantener una organización efectiva y en equilibrio de los sistemas dinámicos complejos. De ahí la importancia que han adquirido la teoría de control y la de la información a partir de la segunda mitad del siglo XX, ya que ambas han desarrollado herramientas y algoritmos para analizar, diseñar y diagnosticar, en general, sistemas complejos adaptables en condiciones oscilatorias, y de regulación vía la retroalimentación y la sincronía. La explotación de ambos fenómenos ha sido fundamental para el diseño de máquinas adaptables inteligentes.

Durante mucho tiempo existió la disyuntiva sobre si la materia se puede dividir indefinidamente, como algo continuo, o si existe un límite para estas subdivisiones, lo que implica una estructura discreta. Gerónimo Uribe, en su artículo “La danza incesante de las moléculas”, parte de esta disyuntiva, planteada por los griegos, y nos lleva a la época de Dalton, posteriormente a la hipótesis del número de Avogadro y, finalmente, a principios del siglo pasado, cuando en 1905 Einstein planteó el fundamento teórico (teoría cinética del calor) del movimiento browniano y para determinar experimentalmente el número de Avogadro. Wiener fue el primer matemático que demostró la existencia de un modelo que cumplía con las características estipuladas por Einstein en su teoría cinética del calor. En particular, Wiener describió el movimiento browniano como una serie de Fourier aleatoria, con lo que abriría todo un nuevo campo en la teoría de la probabilidad.

José Galaviz, en su artículo “La mente en la máquina”, nos presenta las ideas iniciales que surgieron para crear mentes artificiales. En particular, nos narra el surgimiento de las redes neuronales artificiales por parte de McCulloch y cómo se inspiró con una plática de Arturo Rosenblueth, quien había trabajado con Wiener y Bigelow, sobre el concepto de retroalimentación; así como con los trabajos de la lógica matemática planteados en los *Principia Mathematica* de Russell y

Whitehead. La idea era encontrar la manera de expresar formalmente cómo es el funcionamiento del cerebro humano con base en la lógica de operación de las neuronas que lo constituyen y, por otra parte, explorar el potencial que los modelos simplificados de neuronas tenían para resolver problemas. Surgió así el concepto que hoy conocemos como red neuronal, que se ha establecido como uno de los paradigmas más prometedores de la inteligencia artificial y que ha permitido resolver, en el terreno práctico, muchos problemas cuya solución de otra forma sería impensable.

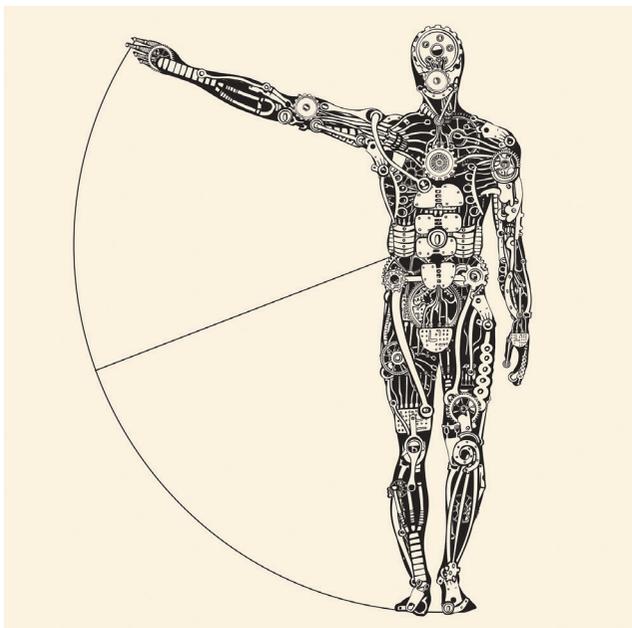
Finalmente, Tom Froese, en su artículo “De la cibernética al conocimiento”, nos lleva desde las ideas seminales usadas en la cibernética hasta los enfoques modernos de la ciencia cognitiva que van más allá de los conceptos originales de la retroalimentación para poder explicar el comportamiento de los seres vivos. El artículo retoma las ideas publicadas en 1943 por Arturo Rosenblueth, Norbert Wiener y Julian Bigelow sobre los comportamientos orientados a metas, cómo se manifiestan tanto en seres vivos como en algunos dispositivos mecánicos, y su explicación basada en la aplicación de la teoría sistémica de la retroalimentación negativa. Éste fue un paso muy importante, ya que acercó el interés científico al estudio del fenómeno psicológico y subjetivo de seguir objetivos. La retroalimentación negativa puede usarse para corregir errores y crear sis-



temas autorreguladores; sin embargo, como argumenta Froese, esto no es suficiente para explicar la capacidad de los seres vivos para adaptarse a los cambios. Froese argumenta que los seres vivos son individuos autoproductivos, lo que fundamenta el sentido de su existencia y, por lo tanto, su relación con la mortalidad.

**Sergio Rajsbaum** es investigador en el Instituto de Matemáticas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), al cual se incorporó después de su doctorado en el Technion, Israel. Es egresado de Ingeniería en Computación de la UNAM. Hizo una estancia posdoctoral en el Massachusetts Institute of Technology, y otras estancias de investigación en los Laboratorios de Investigación Watson de IBM y de HP, además de varias estancias más cortas en universidades como la de París, Rennes y Toulouse, en Francia, la Universidad de Ottawa, en EUA, y el Technion y Weizmann, en Israel. Ha publicado más de 100 artículos de investigación sobre temas relacionados con sistemas distribuidos, algoritmos y combinatoria. Es autor de los libros *Conocimientos fundamentales de computación* (Siglo XXI/UNAM) y de *Distributed Computing Through Combinatorial Topology* (Elsevier/Morgan Kaufmann). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel III.

sergio.rajsbaum@gmail.com



**Eduardo Morales** es egresado de Ingeniería Física de la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Realizó la maestría en Inteligencia Artificial en la Universidad de Edimburgo, Escocia, y tiene un doctorado en Computación por el Turing Institute de la Universidad de Strathclyde, Escocia. Sus líneas de investigación se centran en el aprendizaje computacional y en la robótica. Fue investigador visitante del Electric Power Research Institute, en Palo Alto, California; trabajó en el Instituto de Investigaciones Eléctricas, en Cuernavaca, Morelos; fue consultor técnico del proyecto europeo "The Machine Learning Toolkit"; profesor visitante de la Universidad de New South Wales, en Sydney, Australia, y profesor-investigador del Tecnológico de Monterrey-Campus Cuernavaca. Actualmente es coordinador de Ciencias Computacionales e investigador Titular C del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), en Tonantzintla, Puebla. Cuenta con alrededor de 100 publicaciones en revistas, capítulos de libros y congresos de prestigio internacional, y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel III.

emorales@inaoep.mx

### Lecturas recomendadas

McCulloch, W. (1974), "Recollections of the Many Sources of Cybernetics", *ASC FORUM*, VI(2). Disponible en: <<http://cyberneticians.com/mcculloch-recollections.pdf>>.

Toulmin, S. (1944), "The importance of Norbert Wiener", *The New York Review of Books*, 3(3).

