

La vida de la ciencia

Kenneth G. Wilson (1936-2013): Un gigante de la Física Teórica

Joaquín Marro^I y Raúl Toral^{II}

El pasado 15 de junio falleció el físico teórico Kenneth Geddes Wilson, prominente por haber popularizado las llamadas técnicas de renormalización que han revolucionado la Física Estadística y la teoría cuántica de campos, son una potente herramienta de cálculo en Física, y también dan soporte matemático a conceptos como los de *invariancia de escala* y *universalidad* hoy indispensables en Física Teórica.

Nació en 1936 en Waltham, ciudad provinciana cerca de Boston al norte de los Estados Unidos, y ha fallecido en Maine a los 77 años, debido a las complicaciones derivadas de un linfoma. Creció en una familia de científicos: su madre había estudiado Física y su padre era un eminente profesor de Química en Harvard. Wilson estudió Física y Matemáticas también en Harvard y se doctoró en el Instituto Tecnológico de California (CalTech) en 1961 bajo la dirección de Murray Gell-Mann, quien luego sería Nobel de Física por sus estudios en cromodinámica cuántica. Se desarrolló como profesor en la Universidad de Cornell en el estado de Nueva York donde, alternando con visitas a Ginebra, Stanford, Princeton, California y Zúrich, permaneció hasta que en 1988 pasó a la estatal de Ohio. Aunque se jubiló en esta Universidad a los 72 años, siguió activo y preocupado por la mejora de la educación en Física. Se le reconoce de hecho una influencia notable no sólo por sus ideas de Física sino también por su manera de pensar en Física, y se recuerda su insistencia en que, para tener impacto, una culturalización en ciencia no ha de centrarse en las universidades sino en “los 46 millones de estudiantes de las escuelas públicas” (en Estados Unidos). Señaló la importancia que tiene comprender los retos que han de afrontar los docentes de primaria y secundaria, y que era necesario reorientar y extender su formación a la vista de las actuales extraordinarias demandas docentes. También abogó por un enfoque educativo práctico que llamó *physics by inquiry*.

Elogiado por sus habilidades matemáticas y por su innovador estudio involucrando ordenadores de las interacciones fuertes y del confinamiento de quarks en hadrones como constituyentes de la materia, su combinación de las teorías de fenómenos críticos y cuántica de campos fue enseguida reconocida como un enfoque seminal por la comunidad de Física Estadística, que le otorgó la Medalla Boltzmann, en 1975, y el Premio Wolf, compartido con Michael E. Fisher y

Leo P. Kadanoff, en 1980, antes de recibir en solitario el Nobel de Física en 1982 por estos trabajos.

Señalado por sus propios colegas como un “gigante de la Física Teórica”, el Premio Nobel Steven Weinberg ha dicho: “Ken Wilson es uno de los pocos físicos que han cambiado nuestro modo de pensar, no sólo acerca de fenómenos concretos sino de un amplísimo rango de fenómenos distintos”. En efecto, Wilson creó una poderosa teoría general que, partiendo de los mecanismos concretos que explican la fusión del hielo, la ebullición del agua, la formación de imanes o aspectos de la conductividad, formula matemáticamente —en términos del llamado *grupo de renormalización*— una propiedad muy general de la naturaleza conocida como *invariancia de escala*. El alcance último de este enfoque está por determinar pues hoy es, con alguna que otra idea, una puerta abierta a la esperanza de conseguir una Física Estadística que unifique equilibrio y no-equilibrio y comprenda también lo que hoy conocemos como *física de la complejidad*, sobre la difícil conexión entre leyes de la naturaleza en distintas escalas de observación.

La importancia de su obra ha sido recientemente aireada tanto en revistas especializadas, incluidas *Nature* y *Science*, como por medios de comunicación general como *NY Times* y *Washington Post*, que han resaltado sin excepción su creatividad, su profundidad y su genialidad. Wilson, dando un paso conceptualmente cualitativo más allá de la teoría clásica de Lev Landau para las transiciones entre fases, cayó en la cuenta de que los dramáticos cambios que ocurren en los puntos críticos —donde un poco de agua se convierte en algo que puede extenderse por toda la habitación, y algunos materiales se hacen capaces de atraer o repeler a otros colocados a distancia— son consecuencia de que hay entonces fluctuaciones en todas las escalas al mismo tiempo, desde tensiones entre pequeños grupos de átomos hasta oscilaciones que se extienden por todo el sistema. Al predominar los efectos cooperativos a cualquier distancia y hacerse así irrelevante el concepto de escala, se da una circunstancia semejante a cuando, en el límite de pequeños valores de Δt , distintas relaciones $\Delta s / \Delta t$ entre diferencias finitas representan igualmente bien a la derivada ds/dt . Wilson supo involucrar en este fascinante contexto las ecuaciones del grupo de renormalización que habían sido propuestas anteriormente por Gell-Mann y Francis Low para relacionar entre sí las propiedades de partículas y fuerzas medidas en



^I Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional, Universidad de Granada, Facultad de Ciencias, Campus de Fuentenueva, 18071 Granada.

^{II} IFISC (Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos), Universidad de Baleares-CSIC, Campus Universitat de les Illes Balears, 07122 Palma de Mallorca (Islas Baleares).



Algunos de sus colegas, incluido el Nobel Hans Bethe, brindan en honor de Kenneth Wilson al saberse que le han otorgado el Nobel.

escalas distintas. Se inspiró para ello en la “construcción en bloques” que, aplicada al modelo de Ising, había permitido a Kadanoff explicar una ecuación de estado “escalada” postulada empíricamente por Benjamin Widom para fluidos. Wilson introdujo nuevas constantes de acoplamiento y elaboró esas ideas, en una serie de publicaciones en los años setenta, hasta ligar las propiedades de los puntos críticos con las de los puntos fijos de las ecuaciones de flujo relevantes, permitiendo así cálculos concretos y precisos acerca de esa importante fenomenología. Además, quedaba así matemáticamente plasmado el concepto de universalidad entonces intuitivo, pues muy distintas fenomenologías podían estar representadas por un mismo tipo de singularidad, algo que luego se ha visto aplicable a sistemas fuera del equilibrio termodinámico y a fenómenos cooperativos diversos en Biología, Sociología y Economía¹. Su artículo “Critical exponents in 3.99 dimensions” con Michael E. Fisher completó el marco teórico con la revolucionaria propuesta de tomar la dimensión espacial $d=4$, donde los flujos son particularmente sencillos, como referencia para estudiar $d-\epsilon$.

Sacar beneficio de su esquema teórico demandaba seguir tenazmente los detalles de complicados flujos, lo que requería un esfuerzo computacional imposible en la época. Pero Wilson extendió la misma filosofía para factorizar el problema en otros más sencillos, desarrolló sus programas para conjuntos de procesadores en paralelo —entonces una novedad—, hizo que se aplicara el protocolo TCP/IP que hoy es usual en Internet, e impulsó el campo de la supercomputación en los Estados Unidos hasta conseguir que su Fundación Nacional financiara una red de centros de vanguardia. En definitiva, según los que entonces convivieron con él, se mostró como un hombre “décadas por delante de su tiempo”. John Cardy cita a un amigo que asistió a una charla de Wilson en 1976 en la que éste anunció cómo llegaríamos a estar sentados en la playa con ordenadores personales matando el tiempo con juegos que imitarían el mundo tridimensional.

1 Una popularización de estas ideas puede verse, por ejemplo, en el libro en prensa de Joaquín Marro, *Physics, Nature and Society. A Guide to Order and Complexity in Our World* (Springer, 2013), y una descripción con referencias relevantes en Leo P. Kadanoff, “Kenneth G. Wilson, 1936-2013, An Appreciation”, *Nature* **500**, 30 (2013) [en línea] (<http://arxiv.org/abs/1307.0152v1>).

Wilson recuperó su interés por la cromodinámica cuántica, la teoría que supone que protones, neutrones y otras partículas subatómicas están compuestas de quarks y de gluones que las mantienen unidas, creando una versión digitalizada de la misma, llamada *lattice gauge theory*. Esta teoría reticular, donde cada nodo en una malla representa un evento espacio-tiempo, permitía por primera vez cálculos numéricos involucrando las muy intensas fuerzas entre quarks. La teoría original mostraba infinitos y otros absurdos matemáticos que, aunque pudieron llegar a evitarse, hacían el esquema sospechoso, y a Wilson se atribuye el haber cambiado por completo la situación. Recientemente, había tratado de extender sus ideas a otros campos, particularmente de la Química, pero sin tanto éxito, seguramente por tratarse de situaciones en las que las escalas no son tantas ni están tan bien separadas. Antes de esto, ya había usado su técnica para resolver con éxito otros problemas como el efecto Kondo en Física de la Materia Condensada. Una respuesta suya en una entrevista relacionada revela un interesante aspecto de su actitud ante la investigación:

Question. And looking at the Kondo effect at that stage, does the stimulation for that come from Phil Anderson?

Answer. No. It comes from my utter astonishment at the capabilities of the Hewlett-Packard pocket calculator, the one that does exponents and cosines. And I buy this thing and I can't take my eyes off it and I have to figure out something that I can actually do that would somehow enable me to have fun with this calculator... What happened was that I worked out a very simple version of a very compressed version of the Kondo problem, which I could run on a pocket calculator. And then I realize that this was something I could set up with a serious calculation on a big computer to be quantitatively accurate².

Es también notable que, gracias a su fama, bien ganada en competiciones nacionales y en anécdotas —como la de demostrar una conjetura matemática del físico teórico Freeman Dyson mientras esperaba que un ordenador terminase uno de sus trabajos— consiguió su primer nombramiento de profesor titular en Cornell sin apenas haber publicado. Luego comentó que su trabajo en teoría cuántica de campos no parecía ser un método rápido para tener publicaciones, pero que “ya se había dado cuenta de que era capaz de obtener puestos de trabajo sin necesidad de sufrir la presión por publicar”.

Sus amigos le describen como modesto e informal, capaz de acampar en una playa con sus estudiantes para charlar de Física con ellos, en lugar de alojarse en el hotel donde estaba

2 **Pregunta.** En relación con el efecto Kondo, ¿viene de Phil Anderson su motivación para abordar el problema en este momento?

Respuesta. No. Viene de mi fascinación por las capacidades de la calculadora de bolsillo Hewlett-Packard, esa que hace exponenciales y cosenos. Me la compré y no conseguía apartar mis ojos de ella, y tuve que pensar en algo que pudiera hacer y que de algún modo me divirtiera... Y ocurrió que desarrollé una versión muy sencilla y resumida del problema de Kondo que podía resolver en una calculadora de bolsillo. Después me di cuenta de que era algo que podía trasladar a un ordenador grande y realizar un cálculo serio que fuera cuantitativamente preciso.

el resto de los asistentes a un encuentro. Le gustaba el baile, lo que facilitó un encuentro con Alison Brown en 1975, con la que se casó en 1982, y fue una figura del atletismo en su juventud, conservando hasta el final su interés por el ejercicio al aire libre. De hecho, su salud empeoró a raíz de una caída el año pasado haciendo senderismo, probablemente como consecuencia de su habitual despiste al ir tratando de resolver problemas de Física mientras caminaba. Su esposa Alison, eminente informática en Ohio, ha notificado la noticia de su muerte a los amigos con un *e-mail* que dice: “Ken

died last evening. He always liked to do things quietly and without fuss, and that’s how he left us”.



Joaquín Marro
Instituto Carlos I
de Física Teórica
y Computacional,
Universidad de
Granada, Facultad de
Ciencias.



Raúl Toral
IFISC (Instituto de
Física Interdisciplinar
y Sistemas Complejos),
Universidad de
Baleares-CSIC.