DRAKONTOS

El gato de Schrödinger en el árbol de Mandelbrot

Una aproximación distinta
al fascinante mundo de la ciencia

Ernst P. Fischer

CRÍTICA

El GATO de SCHRÖDINGER en el ÁRBOL de MANDELBROT

Una aproximación distinta al fascinante mundo de la ciencia

Ernst P. Fischer

Traducción castellana de
José Luis Arantegui

CRÍTICA
BARCELONA

Primera edición: octubre de 2008
Primera edición en esta nueva presentación: marzo de 2016

El gato de Schrödinger en el árbol de Mandelbrot
Ernest P. Fischer

No se permite la reproducción total o parcial de este libro,
ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión
en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico,
mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos,
sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción
de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito
contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes
del Código Penal)

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos)
si necesita reproducir algún fragmento de esta obra.
Puede contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com
o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47

Título original: *Schrödingers Katze auf dem Mandelbrotbaum. Durch die Hintertür zur Wissenschaft*

© 2006 by Pantheon Verlag, a division of Verlagsgruppe Random House GmbH, München,
Germany, www.randomhouse.de
"This book was negotiated through Ute Körner Literary Agent, S.L.U., Barcelona – www.uklitag.com".

© de la traducción, José Luis Arantegui, 2008

© Editorial Planeta S. A., 2016
Av. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona (España)
Crítica es un sello editorial de Editorial Planeta, S. A.

editorial@ed-critica.es
www.ed-critica.es

ISBN: 978-84-9892-942-3
Depósito legal: B. 5788 - 2016

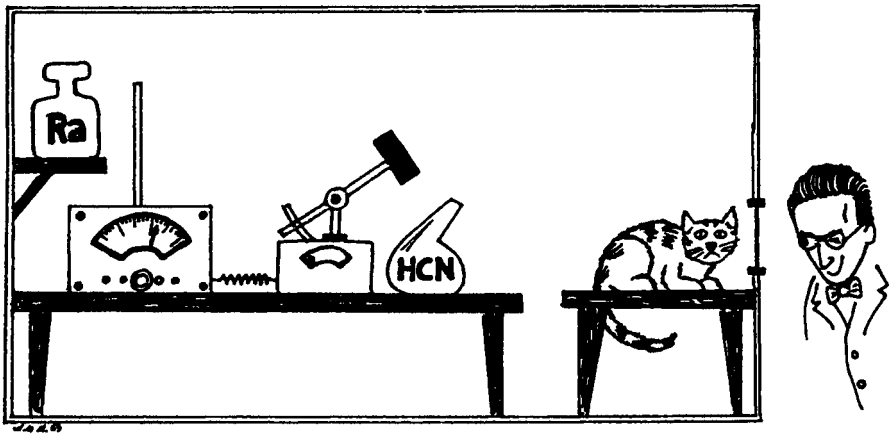
2016. Impreso y encuadernado en España por Book Print Digital

El gato de Schrödinger

«Sabe el hombre ir hasta la Luna en un rato, pero no sabe hacer un gato», así rimaba una vez Rainer Kunze en un libro infantil queriendo comparar dos esferas técnicas y científicas en que los humanos tenemos puestas las miras: la exploración e investigación planeada del cosmos y la inabarcable aparición y evolución de la vida. Todo y con ser bonita e importante, su frase no es del todo exacta, pues al menos un hombre sí logró hacer un gato: desciende del físico Erwin Schrödinger y anda rondando como un duende por nuestras cabezas. Su padre espiritual se lo sacó del saco en 1935 y lo metió en una caja para asombrarse, con su ayuda, de lo rara que se había vuelto la realidad una vez descrita por la ciencia física entonces más reciente.

El gato de Schrödinger esconde un secreto, como veremos, y por eso vive; pero vive peligrosamente y, por así decir, vive una doble vida sin duda doblemente peligrosa; no sólo en la caja de acero que los físicos andan rondando hasta hoy cuando quieren comprobar si sus teorías describen el mundo atinadamente, sino peligrosa también en las cabezas en las que asoman los bigotes en cuanto sus portadores se esfuerzan por captar la realidad de manera que incluya también las posibilidades de actuación del gato.

En la caja amenaza peligro porque allí un gas venenoso que aguarda a que el azar lo libere; y en las cabezas, porque el gato de Schrödinger debe encarnar de forma visible una teoría de la naturaleza atómica cargada de consecuencias, no sólo en el estricto sentido científico, sino también en el ámbito económico global; pero una teoría de la que al mismo tiempo se dice que sólo la ha entendido de verdad quien haciéndolo se haya vuelto al menos un poco majara.



El experimento del gato de Schrödinger.

Con el gato de Schrödinger se plantea un experimento mental. Figúrese un gato encerrado en una caja de acero (con una mirilla para observar) en que además hay, primero, un matraz frágil con gas venenoso (ácido cianhídrico), y segundo, una fuente de átomos radioactivos. Al gato, claro, debe estarle impedido todo contacto con el mortífero recipiente de cristal, sobre el que se alza sin embargo un martillo que se activará y liberará el gas en el momento en que se desintegre un átomo radiactivo. Pues bien, la Física atómica competente en el caso puede predecir ciertamente cuándo habrá liberado su energía la mitad de los átomos radioactivos; esto es, dar información estadística, pero no predecir en qué preciso momento surgirá tal desintegración, poniendo en marcha los procesos que llevan a la muerte del gato, pues también en este caso puede dar sólo información estadística.

Disponemos entonces la radioactividad atómica de modo que, en el curso de una hora, sobrevenga la desintegración y consiguiente ruptura del recipiente con una probabilidad del 50 por 100. Entonces, al cabo de esa hora, ¿qué sabemos del gato de la caja sin revisar el interior? Que estará vivo con un 50 por 100 de probabilidad y muerto con otro 50 por 100. Pero esto ¿qué significa?

La Física que, con ese gato suyo, pretende comprender Schrödinger no

trata de seres vivos evolucionados, claro, sino de átomos y sus partículas componentes, como electrones por ejemplo. Ahora bien, un átomo no puede estar muerto ni vivo, pero sí orientarse en dos direcciones que llamaremos «arriba» y «abajo». Figurémonos ahora, en vez del gato, un átomo en la caja, sin veneno naturalmente, pero en cambio en un campo magnético. Podemos disponerlo todo de manera que ahora tampoco sepamos nada de ese átomo, sino que todo indica su presencia «arriba» con una probabilidad del 50 por 100 y «abajo» con otra tanta. En tal caso ¿qué pasa ahora si abrimos la mirilla?

Esto sí lo sabe la Física con toda exactitud. Dicen los manuales que situamos el átomo mediante nuestra medición. Es nuestra observación la que determina que aparezca «abajo» o «arriba». Y esto se le hace a Schrödinger un sinsentido, pues trasladado a su gato significaría que la ronroneante criatura lleva una suerte de doble vida y está medio viva, medio muerta. Absurdo del que se sigue otro descomunal, pues cómo esté efectivamente el gato no se decide desde dentro, sino únicamente mediante observación externa. Quien opera la mirilla de observación liquida al gato, en caso de encontrarlo muerto en la caja, o le da plena vida si sigue brincando por allí. Esto significa que el gato de Schrödinger vive en verdad peligrosamente, en tanto alguien ande rondando su caja y alargue sus dedos hacia a la mirilla. Quizás deberíamos echarle siete llaves a todo el asunto y hacer desaparecer todo el montaje con la mayor discreción. ¿O habría gente a quien le gustaría, aun así, arriesgarse a mirar al gato a los ojos?

Quién le pone el nombre al gato

Científicamente hablando, de la figura del gato de Schrödinger trata la Física atómica que, con tanto éxito, supo desarrollarse en los primeros decenios del siglo XX. Una física que supo señalar leyes de la naturaleza con cuya ayuda fue posible, entre otras cosas, construir los componentes fundamentales de los ordenadores modernos (los chips). Una parte muy respetable de la actual economía mundial se basa en productos que, sin esa Física, no habrían sido siquiera imaginables. Algo que tan bien funciona debe de entenderse igual de bien, piensa el lego, y mira de sacar mejor lección del gato de Schrödinger. ¡Su aparición pone ante nuestros ojos, en figura visible, que nuestras

teorías científicas de mayor éxito nos siguen resultando un poco extrañas, y que algo no encaja en la comprensión filosófica profunda de la Física sobre cuya superficie matemática florece nuestra economía!

El animal que aquí es blanco de todas las miradas recibió su nombre del físico austríaco Erwin Schrödinger (1887-1962), galardonado en 1933 con el premio Nobel de su especialidad y a quien su patria reprodujo en el último billete de 1.000 chelines antes de la introducción del euro. La celebridad de Schrödinger se funda ante todo en un logro grandioso llevado a cabo en la segunda mitad de los años veinte, cuando planteó, con su pasmosa elegancia matemática de siempre, unas ecuaciones fundamentales para el comportamiento de los átomos. Bautizadas con su nombre, se ocupan desde hace decenios de que no haya en el mundo de la ciencia nombre pronunciado más a menudo que el suyo. Dondequiera que haya físicos trabajando se hacen intervenir las ecuaciones de Schrödinger, y de ellas obtiene la profesión constantemente la información necesaria para entender la acción recíproca entre materiales y sacarle provecho técnico.

A primera vista un triunfo intachable, aparecen las primeras tachas cuando uno se entera de que el interés de Schrödinger en los átomos se despertó por un sentimiento que él mismo describió como asco y repulsión. Contrariaba en efecto a nuestro héroe la descripción que del átomo hiciera hacia 1925 el joven físico Werner Heisenberg, con la que hay cierta probabilidad de tropezarse de nuevo en un capítulo posterior («La indeterminación de Heisenberg»). Éste se había tomado en serio en su tratamiento del átomo una observación conocida a la sazón desde veinte años atrás; a saber, que en la naturaleza hay saltos cuánticos (como hoy les llamamos con un término popular desde hace mucho). Los átomos pueden pasar, manifiestamente sin problemas, de un nivel de alta energía a uno de menor energía sin que en el ínterin sean algo o se hallen en parte alguna y, además, irradiando triunfalmente al hacerlo algo de luz. Podemos ver en un momento dado que han «saltado» sin saber cómo lo han logrado.

A Schrödinger le irritaba más allá de toda medida tanta acrobacia cuántica con que se daban por contentos sus colegas y, en el invierno de 1925 a 1926, aplicó toda su destreza física y matemática a expulsar de la ciencia a ese lamentable funambulismo y hallar un camino de vuelta a las virtudes de la Física clásica y su comprensión de la naturaleza, clara y orientada a la previsibilidad.

Para entender la entrada en escena del gato de Schrödinger no basta con saber qué pretendía su creador en el plano científico. También forma parte del cuadro el hecho que Schrödinger, para empezar, era un hombre más bien cordial que en los años veinte soñaba con una cátedra en alguna pequeña universidad de provincias. Allí gustaría de atender adecuadamente sus obligaciones como físico con la mayor tranquilidad y también dedicar mucho tiempo a leer textos filosóficos, por aquel entonces sobre todo hindúes, junto a los clásicos griegos. Fumarse una pipa, echarse una copita, estudiar un libro, buscar la compañía de alguna que otra jovencita... así habría podido llevar una vida satisfactoria y feliz en los márgenes de la gran ciencia, pero entonces vino su enfado con los saltos cuánticos y, presa de la mayor irritación, Schrödinger arrojó su guante a Heisenberg.

A los pocos meses de darle vueltas intensamente, primero esquiando con una amiga en vacaciones y luego en casa con su señora, creyó haber triunfado por completo con sus ecuaciones de Schrödinger. Había encontrado una fórmula matemática con la que las trayectorias en el interior de un átomo admitían representarse como movimientos de ondas vibratorias. Aquello que Heisenberg tenía que aceptar forzosamente como abruptos saltos cuánticos sobre prodigiosos agujeros en la realidad de los que nadie podía saber nada, le parecía poder trocarlos en movimientos gráciles y veloces de una cuerda vibrátil, como ocurre por ejemplo en un violín cuando el roce del arco o el ataque del dedo se encargan de cambiar un tono o incluso producir una melodía entera.

O así pensaba Schrödinger hasta que sus colegas le hicieron ver, cada vez más claro, que en eso el deseo era padre del pensamiento. Las ecuaciones de Schrödinger no podían representar ningún elemento realmente oscilante —como las cuerdas de violín— aunque sólo fuera por estar definidas en un mundo completamente ajeno. En efecto, sus ecuaciones no tratan de este mundo. Sólo pueden comprenderse como descripciones matemáticas en espacios matemáticos, a partir de las cuales aún hay que averiguar mediante cálculo qué afirman los átomos de la realidad. En su disgusto, y para su disgusto, el padre del gato no había logrado sino demostrar que Heisenberg y sus partidarios tenían razón. Particularmente irritante resultaba además que sus ecuaciones permitieran a los del oficio verificarlo de manera más simple y a la vez más convincente.

El gato entra en escena

Schrödinger estaba que bufaba, no es de extrañar. Meditó, dejó estar la cosa matemática, y se metió a la filosofía; de todos modos, no como proyectara al principio, tranquilamente, al margen de la investigación, sino en su epicentro de entonces, en Berlín. Y así salió a la luz en 1935 el gato de Schrödinger y su caso, que él mismo califica de «burlesco», y así lo metió en una caja de acero con la infernal máquina arriba descrita, en que no todo se puede planear, cierto, pero sí está todo ligado. En lo fundamental, la escena del gato en la caja reúne todo aquello sobre lo que nuestra ciencia sabe algo: hay átomos por la Física, gas por la Química, un aparato por la Técnica, y un ser vivo por la Biología. Es un mundo en pequeño y, como corresponde, todo empieza por un azar, incluso las dificultades. Provinientes en este caso de que no sabemos en un momento dado si el átomo se ha desintegrado poniendo en marcha la máquina mortífera. Ello significa que no lo sabemos en tanto no miremos en la caja, y así lo dejaremos estar por ahora, para indagar en detalle qué pasará exactamente si echamos un vistazo dentro.

¿Y qué hay del gato? Si queremos entenderlo, no podemos guiarnos por lo cotidiano. En el sentido en que lo plantea Schrödinger, tenemos que regirnos por la Física atómica y sus saltos cuánticos. Se entiende por tales las mínimas unidades que intercambian objetos físicos cuando entran en una acción recíproca. Esto significa que quien observa a un actor en la escena atómica, entrando así necesariamente en contacto con él, con él intercambia en todo caso un cuanto. Sin ese cuanto, no hay caso, y menos que eso, no puede haber. No se da en el mundo nada que sea más pequeño, salvo nada (si es que hay).

Quien mira a un átomo recibe de él luz, o quien lo toca le transmite energía, como se diría simplificando. El átomo observado ya tiene entonces tras él al menos un salto cuántico, y es por tanto otro que el inobservado; un estado de cosas que ya nos resultará más familiar en la vida cotidiana. Visto así, nosotros somos como átomos; también obramos diferentemente según nos estén observando o no.

Con todo, la realidad atómica todavía es un poco más loca. A esa experiencia cotidiana añade aún otra cosa en la concepción de Heisenberg. Para ser precisos, ésta afirma que los átomos ni siquiera tienen ninguna cualidad fija en tanto nadie los observe. Permanecen indeterminados hasta que un ob-

servador cambia ese estado. Idea ésta fuera de lo común que no sólo Schrödinger rechazaba como algo idiota y ajeno a la realidad. Todo un Albert Eistein tiraba de la misma cuerda cuando caricaturizaba la concepción de Heisenberg preguntando si es que éste pensaba efectivamente que la Luna no estaba en el cielo cuando nadie miraba.

Reto al que aún habremos de responder, pero demos por fin entrada en escena al gato, quien comenzó su vida científica en 1935, cuando Schrödinger lo sacó del saco de sus ideas para mostrar cuán absurdamente choca la ciencia moderna con la realidad. La escenografía con átomos radioactivos sirve a una finalidad: introducir ese componente azaroso de la vida que esconden no sólo los átomos, sino muchas regularidades físicas (y contra lo que Schrödinger nada tenía que objetar en principio). Lo diabólico del dispositivo, sin embargo, está en que, de ese modo, el estado del gato se vuelve tan indeterminado como el de un átomo, con una consecuencia sumamente desagradable: que no es ya el gas venenoso, sino la observación de un físico la que mata al gato. Por ejemplo, un átomo puede tomar en un campo magnético una orientación que puede quedar determinada por la medición encaminada a establecerla, como el gato por su parte puede adoptar en la caja una posición (vivo y coleando, o tendido y muerto) determinada por una inspección detallada.

El secreto del gato

Resultaría hoy penoso para Schrödinger si alguien le dijera que debe su celebridad, fuera de los círculos científicos, a la invención de un gato amenazado de muerte. Tampoco podría ser de otro modo, ya que su experimento mental contiene un fallo de razonamiento no poco considerable, aun cuando no parezca haber menoscabado la popularidad de su infernal máquina. Aquello que en la caja de Schrödinger es indeterminado en tanto nadie mira cuál es la situación de un gato realmente existente (cuyo estado no es en modo alguno borroso, sino inequívoco, aun cuando no lo conozcamos). Por el contrario, aquello que en los átomos es indeterminado en tanto nadie mira es una magnitud matemática en modo alguno existente en realidad, designada, a propuesta del mismo Schrödinger, por la letra griega ψ. De entrada, como es natural, no significa sino la vigésimo tercera letra del alfabeto

correspondiente, pero no hay que dejar de lado las muchas especulaciones habidas acerca de cómo fue a dar Schrödinger, con tanto para escoger, precisamente con la letra ψ [psi]. De entonces a esta parte, ha venido a significar como acróstico [en inglés] «*para-sensual intelligence*», con lo que se quiere aludir a la percepción extrasensorial estudiada en el marco de la investigación parapsicológica. Sus partidarios concuerdan con Shakespeare cuando conjetura que hay entre cielo y tierra más cosas de las que sueña nuestra sabiduría académica, y es fácil que, insinuante, algo coquetee con eso nuestro gato.

Tratemos de decirlo más concreto: en aspectos estrictamente físicos no hay mucho que hacer con el gato de Schrödinger. A la luz de la lámpara llamada ciencia, simplemente está ahí cuan largo es, en peligro, a lo tonto y sin necesidad; y visto así el asunto, lo mejor parece ser que guardemos la caja en algún rincón (naturalmente, tras haber liberado al gato y retirado el veneno).

Quien de todas formas no lo haga, puede darle vueltas a la influencia de una observación en lo observado, y preguntarse dónde queda la objetividad de la ciencia, antaño, ay, tan sagrada (eso mismo quería saber Einstein con su frase acerca de la Luna, y aún hemos de topar con esta cuestión).

Pero quien quiera saber por qué el gato de Schrödinger se mantiene tan testarudo en la literatura, volverá a topar otra vez con el origen de la incertidumbre que hace posible este experimento mental, y que hasta ahora no hemos hecho sino eludir.

Me refiero al componente de azar que albergan los átomos radioactivos, de cuya comprensión se trataba después de todo: a fin de cuentas, todo está compuesto de tales átomos. Cierto que la ciencia entró en escena para comprender con mayor certeza la naturaleza, pero ahora resulta que la Física en su forma más desarrollada nos hace saber que habremos de contentarnos con probabilidades. O así se entiende, sin ser del todo correcto. Incertidumbre hay sólo allá donde nos encontremos nosotros. En los terrenos en que Schrödinger afincó sus ecuaciones, todo está establecido en firme. Ahí no hay azares. Ahí todo viene a quedar determinado por las ecuaciones de Schrödinger (y otras leyes matemáticas). Algo que se acaba en cuanto, abandonando esas esferas, lleguemos adonde maulla su gato. La Matemática deja de ser segura precisamente en cuanto se refiere a la realidad, como recalca Einstein.

El gato de Schrödinger nos pone ante la pregunta de cómo viene el azar al mundo en que vivimos, donde aun así hay un ámbito en que uno se las pue-

de apañar sin él, gracias a las ecuaciones de Schrödinger. Es notorio que lo intentamos todo para hacer del mundo algo que pueda predecirse. El gato de Schrödinger nos recuerda nuestros límites. Ahí parece esconderse uno de sus secretos.

Además, con su ayuda aún puede añadirse una última indicación: es fácil que, en mucho de lo que decimos, nos dirija el lenguaje más que nuestro pensamiento. Algo que ocurre sencillamente como sigue: un gato tiene una cola y ningún gato tiene dos. Ahora bien, un gato y ningún gato suman uno, que tendrá la cola del uno más las dos del ninguno, es decir, tres. Quizás hubiera que encerrar a ese gato de tres colas en la caja de acero, aunque para eso primero habría que encontrarlo.

Índice

El problema de Kepler 9

EN EL ESCENARIO DEL ÁTOMO 13
El gato de Schrödinger 15
El salto cuántico de Planck 25
La indeterminación de Heisenberg 35
La herradura de Bohr 45
El duende de Einstein 55
La prohibición de Pauli 65
La radiación de Hawking 75
El principio de Zeilinger 77

MENUDENCIAS CLÁSICAS 79
El demonio de Maxwell 81
La paradoja de Olbers 91
La jaula de Faraday 101
Las ecuaciones de Maxwell 105
El barreño de Newton 109
Los rayos Röntgen o rayos X 119

EN TRATOS CON LO INFINITO 123
El manzanillo de Mandelbrot 125
El número de Euler 135

El hotel Hilbert 145
La antinomia de Russell 155
La máquina de Turing 157
La conjetura de Poincaré 161

LAS ENREVESADAS REGLAS DE LA VIDA 165
Los pinzones de Darwin 167
Las leyes de Mendel 177
El sueño de Kekulé 187
El caldo de carne Liebig 197
La chapucería de Delbrück 199
El dogma de Crick 209

DE LA NATURALEZA HUMANA 219
Los postulados de Koch 221
El experimento de Milgram 223
El troquelado de Lorenz 225
El reflejo de Paulov 227

PECULIARIDADES DE LA HISTORIA 229
El principio de Planck 231
Las tres heridas de Freud 239
El asno de Buridan 249
La navaja de Ockham 251
La escoba de Brenner 253
La ley de Moore 255
La paradoja de Popper 257
La sentencia de Bacon 259
El cielo de Hershey 261
Las dos culturas de Snow 263
El premio Nobel 265

La solución de Fischer 275

Bibliografía 279
Índice alfabético 289