

## **Un universo diferente**

#### Otras publicaciones del autor

- “Hiawatha’s valence bonding”, *Annals of Improbable Research*, vol. 10, N° 6, mayo/junio de 2004, p. 8.
- “The cup of the hand”, *Science*, vol. 303, 2004, p. 1475.
- “Truth, ownership, and the scientific tradition”, *Physics Today*, diciembre de 2002, p. 10.
- “The physical basis of computability”, *Computing in Science and Engineering*, vol. 4, 2002, p. 27.
- “The quantum criticality conundrum” (en colaboración con G. G. Lonzarich, P. Monthoux y D. Pines), *Advances in Physics*, vol. 50, N° 4, 2001, p. 361.
- “The theory of everything” (en colaboración con D. Pines), *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 97, 2000, p. 28.

Robert B. Laughlin

**Un universo diferente**

La reinención de la física  
en la Edad de la Emergencia

Traducido por Silvia Jawerbaum y Julieta Barba



---

Laughlin, Robert B.

Un universo diferente : la reinención de la física  
en la Edad de la Emergencia - 1ª reimp. - Buenos Aires :  
Katz, 2007.

280 p. ; 23x15 cm.

Traducido por: Silvia Jawerbaum y Julieta Barba

ISBN 978-987-1283-43-9

I. Ensayo Epistemológico. 2. Física. I. Jawerbaum, Silvia,  
trad. II. Título  
CDD 530.1

---

Primera edición, 2007

Primera reimpresión, 2007

© Katz Editores

Sinclair 2949, 5º B

1425 Buenos Aires

Fernán González, 59 Bajo A

28009 Madrid

**[www.katzeditores.com](http://www.katzeditores.com)**

Título de la edición original: *A different universe.*

*Reinventing physics from the bottom down*

© 2005 by Robert B. Laughlin

Published by Basic Books,

A member of the Perseus Books Group

ISBN Argentina: 978-987-1283-43-9

ISBN España: 978-84-935432-9-7

El contenido intelectual de esta obra se encuentra  
protegido por diversas leyes y tratados internacionales  
que prohíben la reproducción íntegra o extractada,  
realizada por cualquier procedimiento, que no cuente  
con la autorización expresa del editor.

Diseño de colección: tholón kunst

Impreso en la Argentina por Latingráfica S. R. L.

Hecho el depósito que marca la ley 11.723.

# Índice

11	Prefacio
21	Agradecimientos
23	1. La ley de la frontera
31	2. Convivir con la incertidumbre
45	3. Monte Newton
57	4. Agua, hielo y vapor
73	5. El gato de Schrödinger
87	6. La computadora cuántica
101	7. Vino Klitzing
113	8. Resolví el problema durante la cena
133	9. La familia nuclear
153	10. La estructura del espacio-tiempo
165	11. Festival de baratijas
183	12. El lado oscuro de la protección
199	13. Los principios de la vida
221	14. Guerreros de las galaxias
239	15. Picnic al sol
251	16. La Edad de la Emergencia
269	Índice temático

A Anita

El universo no es simplemente más extraño de lo que nos imaginamos: es más extraño de lo que podemos imaginar.  
**Sir Arthur Eddington**

# 1

## La ley de la frontera

La naturaleza es una idea colectiva, y aunque su esencia está presente en cada uno de los individuos de una especie, su perfección no puede estar en un solo objeto.

**Henri Fuseli**

Hace muchos años, cuando vivía cerca de Nueva York, vi una retrospectiva del gran fotógrafo de la naturaleza Ansel Adams en el Museo de Arte Moderno. Como muchos norteamericanos del oeste, yo admiraba el trabajo de Adams y me parecía que podía apreciarlo mejor que los neoyorquinos, de modo que me alegré de poder ver las fotografías en persona. Cuando las tomas de Adams se ven de cerca, enseguida se advierte que no se trata de imágenes estériles de árboles y rocas, sino de interesantes comentarios sobre el significado de los objetos, la edad de la Tierra y la futilidad de las preocupaciones de los hombres. La muestra me afectó más de lo esperado, y las imágenes que vi allí se me aparecen aún hoy, cuando estoy enfrascado en la resolución de un problema difícil o tratando de separar lo urgente de lo importante.

En su excelente documental *American experience*, Ric Burns recuerda a la audiencia que el trabajo de Adams, como cualquier otra manifestación artística, es no sólo una expresión del genio individual sino también producto de una época y un espacio determinados.<sup>1</sup> A

<sup>1</sup> *Ansel Adams: American experience*, muestra fotográfica curada por Ric Burns. Véase <http://www.pbs.org/wgbh/amex.ansel>.





Los europeos suelen rechazar el mito estadounidense de la frontera por considerarlo fruto de un espíritu provinciano.

principios del siglo xx, cuando Adams era todavía un niño, se produjo un importante debate en los Estados Unidos respecto de qué significaba el cierre de la frontera y qué consecuencias tendría para las generaciones futuras.<sup>2</sup> Los norteamericanos de entonces decidieron que no querían parecerse a Europa, que la cercanía con la naturaleza en estado salvaje había contribuido a forjar su identidad y daba significado a la vida. De ese debate nació la frontera en sentido meta-

<sup>2</sup> Véase J. M. Faragher, *Rereading Frederick James Turner*, New Haven, Yale University Press, 1999.

fórico —el mito del vaquero, la vasta tierra de oportunidades, el ideal del tipo duro— que define la cultura estadounidense hasta el día de hoy. El proceso de Adams como artista, hasta llegar a la madurez, acompañó el devenir de esa metáfora; de ahí que parte de la fuerza de sus fotografías provenga de la nostalgia que provocan de una naturaleza indómita en estado puro.

La idea de la frontera no es sólo pintoresca y provinciana, más allá de que la vean de esa forma en Europa, donde la dimensión mitológica del oeste norteamericano siempre se ha visto con más claridad que en los propios Estados Unidos, y por ese motivo ha inspirado desconfianza en el Viejo Continente. La primera vez que leí estos conceptos fue cuando formé parte de las tropas apostadas en Alemania a principios de la década de 1970, en un extenso artículo sobre los Estados Unidos publicado en la revista *Stern*. Ahora que la Guerra Fría ya es historia, ese tipo de artículos se lee con mayor frecuencia. Sin embargo, esa idea sobre la frontera es errónea. Si bien es cierto que la confluencia de factores culturales que dieron origen a las imágenes de Adams es exclusiva de los Estados Unidos, las imágenes en sí no son patrimonio exclusivo del país. El anhelo de una frontera parece ser una parte constitutiva del alma humana, que por ello se comprende rápida e intuitivamente en culturas bien distintas. En ningún país hace falta buscar demasiado para encontrar la apreciación de lo salvaje y la identificación con ese estado de la naturaleza. Por ese motivo, la obra de Adams es universal.

La visión de la ciencia como una gran frontera es igual de antigua.<sup>3</sup> La ciencia es el único espacio donde todavía pueden producirse encuentros con lo salvaje, más allá de que haya muchas fuentes de aventura también fuera de ese espacio. “Salvaje” no se refiere, en este caso, al espeluznante oportunismo tecnológico al que las sociedades modernas se han vuelto adictas sin remedio, sino al mundo natural prístino

3 La similitud entre la actividad científica y el espíritu de los pioneros es la idea fundamental de un informe presentado por Vannevar Bush al presidente Roosevelt en 1945, titulado “Ciencia, la frontera sin fin”, que llevaría a la creación de la Fundación Nacional de la Ciencia estadounidense. Véanse G. P. Zachary, *Endless frontier: Vannevar Bush, engineer of the American century*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 1999, y V. Bush, *Endless horizons*, Manchester, New Hampshire, Ayer Company Publishers, 1975.

que existía antes de que los hombres habitaran el planeta, las vastas tierras que se abrían a los pies del llanero solitario cuando cruzaba un arroyo con tres animales de carga bajo la mirada silenciosa de montañas imponentes. Lo salvaje es la coreografía de los ecosistemas, la majestuosa evolución de los minerales, el movimiento de los astros, el nacimiento y la muerte de las estrellas. Los rumores de su muerte son, para parafrasear a Mark Twain, sin duda exagerados.

La disciplina científica a la que me dedico, la física teórica, se ocupa de las causas últimas de los fenómenos. Por supuesto, los físicos no tenemos el monopolio de la reflexión sobre el tema, pues todos pensamos alguna vez en las causas últimas, en mayor o menor medida. Debe de ser un rasgo atávico que adquirimos cuando vivíamos en África y peleábamos por la supervivencia en un mundo físico en el que de hecho hay causas y consecuencias, relación que se manifiesta entre estar cerca de un león y ser devorado por él, por ejemplo. Así, los seres humanos estamos hechos para buscar las relaciones causales entre distintos fenómenos, y nos da placer encontrar reglas con implicaciones encadenadas.<sup>4</sup> También estamos diseñados para no tolerar situaciones en las que nos inundan los hechos sin que podamos hallar en ellos significado alguno. Todos deseamos en secreto que exista una teoría última, un conjunto general de leyes de las que se desprenda toda la verdad que nos libre de la frustración que nos provocan los hechos. De ahí que la física teórica interese a muchas personas que no se dedican a la actividad científica, que deciden adentrarse en ella incluso cuando a veces les resulta demasiado técnica y abstrusa.

Pero no todo son buenas noticias. Primero nos parece que la física satisface nuestra necesidad de encontrar la teoría última que explique los fenómenos que se dan en el mundo de los humanos y nos haga sentir orgullosos de haber establecido un conjunto de relaciones matemáticas que, según sabemos, permiten dar cuenta de todo lo que ocurre en la naturaleza por encima del núcleo atómico. Esas reglas son simples y elegantes, y su belleza puede capturarse en un par de líneas.

<sup>4</sup> Véase S. J. Gould, *The lying stones of Marrakech*, Nueva York, Three Rivers Press, 2000, pp. 147 y ss. [trad. esp.: *Las piedras falaces de Marrakech*, Barcelona, Crítica, 2001].

Sin embargo, luego nos damos cuenta de que esa simplicidad es engañosa, como esos relojes digitales baratos que traen uno o dos botones. Las ecuaciones son difíciles de entender e imposibles de resolver en casi todos los casos. Para demostrar su validez, se requieren argumentos cuantitativos largos, tortuosos y sutiles, y además se necesita conocer todo el trabajo científico posterior a la Segunda Guerra Mundial, que ha sido muchísimo. Si bien quienes sentaron las bases teóricas de la física moderna fueron los científicos de la década de 1920—Schrödinger, Bohr y Heisenberg—, sus ideas sólo pudieron ponerse a prueba con métodos cuantitativos y en una gran variedad de contextos experimentales cuando se inventaron las poderosas computadoras electrónicas y los gobiernos invirtieron en la formación de ejércitos de personas competentes en materia tecnológica. Luego hubo otros desarrollos importantes: la purificación del silicio y el perfeccionamiento de los dispositivos de bombardeo de átomos, entre otros. De hecho, nunca habríamos tenido la certeza de que la teoría básica era correcta si no hubiese sido por la Guerra Fría y la importancia económica de la electrónica, los radares y la necesidad de cronometrarlo todo, que impulsaron a los gobiernos a subsidiar la investigación en física por motivos eminentemente prácticos.

Ahora, ochenta años después de la formulación de la teoría fundamental, estamos en problemas. La comprobación experimental reiterada y detallada de las relaciones establecidas ha clausurado la frontera del reduccionismo en el nivel de la vida cotidiana. Al igual que el cierre de la frontera norteamericana, esta clausura es un acontecimiento cultural importante, y ha dado origen a todo tipo de debates sobre el futuro del conocimiento. Hasta se ha publicado un libro en el que se analiza la premisa de que la ciencia se encuentra en un callejón sin salida y ya no es posible hacer descubrimientos fundamentales. Al mismo tiempo, la lista de fenómenos simples que es “muy difícil” explicar por medio de las ecuaciones matemáticas disponibles se alarga cada vez más.

Quienes vivimos en tierras de frontera de verdad nos reímos de todo esto, mientras oímos a los coyotes aullar en la oscuridad. Nada nos resulta tan divertido como los descubrimientos sobre lo salvaje que hacen quienes vienen de la civilización y se pierden hasta para ir al supermercado. En mi opinión, nuestra época tiene un

inquietante parecido con el invierno que pasaron Lewis y Clark en el estuario del río Columbia. Con agallas y decisión, los expedicionarios cruzaron el continente, y descubrieron que lo valioso no era llegar al mar sino haber encarado la travesía. En esa época, la frontera oficial era un espejismo legal vinculado con derechos de propiedad y políticas de colonización más que con un enfrentamiento cara a cara con la naturaleza. Hoy en día, la situación es similar: la verdadera frontera, que es salvaje por naturaleza, puede estar a la vuelta de la esquina; hay que saber mirar.

Pese a su carácter salvaje, la frontera se rige por leyes. En el legendario Lejano Oeste, la ley era la llegada de la civilización a un territorio donde imperaba la barbarie, y ella venía de la mano de alguna figura heroica que impedía el avance de la naturaleza humana salvaje a pura fuerza de voluntad. Los hombres podían obedecer la ley o desoírla, aunque corrían el riesgo de que los bajarán a tiros si elegían lo segundo. Pero también estaban las leyes de la naturaleza, relaciones que son siempre verdaderas, haya observadores presentes o no: el sol sale todos los días; el calor fluye de los cuerpos calientes a los fríos; cuando un ciervo siente la presencia de un puma, huye. Estas leyes son exactamente lo contrario de las del mito, en el sentido de que surgen de lo salvaje y constituyen su esencia, en lugar de ser un medio que lo contiene. De hecho, referirse a ellas como “leyes” es un poco confuso, pues implica que constituyen una especie de decreto que las entidades de la naturaleza, dotadas de voluntad propia, eligen obedecer, y eso no es correcto. En verdad, se trata de una codificación de la forma en que suceden las cosas.

Las leyes importantes que conocemos son, sin excepción, descubrimientos azarosos y no deducciones. Esto es perfectamente compatible con la experiencia cotidiana. El mundo está lleno de sutiles regularidades y relaciones causales que pueden cuantificarse, ya que así es como podemos hacer que las cosas tengan sentido y usar la naturaleza con fines propios. Sin embargo, el descubrimiento de esas regularidades y relaciones es impredecible y ningún científico puede pronosticarlo. Este postulado del sentido común sigue siendo cierto incluso cuando la materia se somete a un análisis cuantitativo y más detallado. Así, resulta que nuestro dominio del universo es un engaño, una especie de vaquero sin vacas. La idea de que ya cono-

ceamos todas las leyes importantes de la naturaleza es parte del engaño. La frontera todavía está cerca y todavía es salvaje.

El conflicto lógico entre una frontera abierta y un conjunto de leyes generales se resuelve con el fenómeno de la emergencia. Lamentablemente, el término “emergencia” ha adquirido una variedad de significados, entre los que se incluye el de fenómenos sobrenaturales que no están gobernados por las leyes de la física. No uso la palabra en ese sentido, sino que me refiero a un principio físico de organización. Todas las sociedades humanas tienen reglas de organización que trascienden la dimensión del individuo. Por ejemplo, una empresa automotriz no deja de existir si uno de sus ingenieros tiene un accidente, ni el gobierno del Japón sufre modificaciones significativas después de un proceso electoral. El mundo inanimado también tiene leyes de organización, y esas leyes permiten explicar muchas cuestiones que para nosotros son importantes; por ejemplo, muchas de las leyes físicas macroscópicas con las que nos movemos en la vida cotidiana. Cosas de todos los días como el carácter cohesivo del agua o la rigidez del acero, pero también muchísimas otras. La naturaleza está llena de fenómenos muy confiables que constituyen versiones primitivas de cuadros impresionistas. Un paisaje florido pintado por Renoir o Monet nos llama la atención porque se ve como un todo perfecto cuando, en realidad, las pinceladas de las que está hecho son imperfectas y de formas azarosas. Como las pinceladas son en sí imperfectas, la esencia del cuadro está en su organización. Del mismo modo, la capacidad que tienen ciertos metales para generar un campo magnético cuando están a temperaturas extremadamente bajas nos resulta interesante porque los átomos de que están hechos esos metales no pueden crear campos magnéticos por separado.

Como los principios de organización –o, para ser más exactos, sus consecuencias– pueden ser leyes, éstas pueden, a su vez, formar parte de organizaciones que den lugar a nuevas leyes, y así sucesivamente. De las leyes sobre el movimiento de los electrones surgen las leyes de la termodinámica y la química, que a su vez dan origen a las leyes de la cristalización, pilar para las leyes que gobiernan los fenómenos de rigidez y plasticidad, punto de origen de las leyes que se utilizan en ingeniería. Así, la naturaleza es una estructura