

# EL ORDEN IMPROBABLE

Entropía: la historia de un universo inquieto

SERGIO DE RÉGULES

Shackleton  
— b o o k s —

*El orden improbable. Entropía: la historia de un universo inquieto*

© de esta edición, Shackleton Books, S. L., 2026

© del texto, Sergio de Régules, 2026

Shackleton  
— b o o k s —

   @Shackletonbooks  
shackletonbooks.com

© Imagen de la cubierta: Shutterstock

© Fotografías: p. 36 (d. p./George A. Bockler); p. 39 (d. p.).

Realización editorial: Bonallettera Alcompas, S. L.

Diseño de cubierta: Ana Montero

Maquetación: reverté-aguilar

ISBN: 978-84-1361-631-5

Depósito legal: B 6832-2026

Impreso por Elcograf (Italia)



Reservados todos los derechos. Queda rigurosamente prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento y su distribución mediante alquiler o préstamo públicos.

*La entropía era un concepto inquietante y hermoso  
que estaba en el meollo de muchas tribulaciones y penas humanas. Todo  
decaía, especialmente la vida. El orden era como  
una roca que hay que empujar cuesta arriba.  
La cocina no se iba a ordenar por sí sola.*  
Ian McEwan, *Lessons*

*Charlie Brown: ¿No te entristece ver las hojas caer?  
Lucy: Para nada. Si quieren caer, que caigan, digo yo.  
Es más, ver hojas caer es buena señal.  
Malo es cuando las ves subir y volver a pegarse a los árboles.*  
Charles M. Schulz, *Win a Few, Lose a Few, Charlie Brown*



# Contenido

Prólogo. El peor vendedor de universos	7
Introducción. La vida irreversible	11
Capítulo 1. Hoyo en uno	19
Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego	25
<i>Perpetuum mobile</i>	34
Capítulo II. Adiós al calórico	45
La esencia de la irreversibilidad	49
Se abre el portal interdimensional	57
Teoría de las multitudes	62
Capítulo III. La entropía del ánimo	69
Con un demonio	75
Grandes números	79
Democracia atómica	81
El privilegio de respirar	87
Las Torres Gemelas	92
Capítulo IV. Dos incomprendidos que no se comprendían	97
Un acto de desesperación	106
<i>Exit Boltzmann</i>	115
Capítulo V. Entropía es libertad	117
El medio no es el mensaje	122
Cuantificar la información	129

Sí o no	134
Entropía de información	138
Chicle masticado	146
El oasis de lo interesante	148
Capítulo VI. Ilusión persistente	155
Flecha termodinámica	162
Cuando la entropía nos alcance	164
Bibliografía	167

## Prólogo

### El peor vendedor de universos

Tenga, aquí está su nuevo universo modelo Lambda-CDM. Estamos seguros de que lo va a disfrutar mucho. Un universo es una cosa muy versátil. Solo échelo a andar y déjelo en paz. Su universo viene con una cantidad fija de energía (no es recargable). Cuando lo encienda, la energía empezará a transformarse en sus muchas manifestaciones de maneras delirantes entre sus muchas manifestaciones, al tiempo que suceden acontecimientos... o acontecen sucesos... en fin: a la vez que pasan cosas muy interesantes hasta el final de los tiempos.

Ah, sí: lamentablemente, hay un final de los tiempos. Este modelo no dura para siempre. No es que se le acabe la energía. La cantidad es constante: lo que se pierde en energía cinética o eléctrica por aquí se gana en energía potencial o térmica por allí, en un balance exacto, sin pérdidas ni fugas al universo del vecino. Lo malo es que la energía se va degradando, digamos; como que se vicia

y va perdiendo vigor para hacer cosas divertidas. Es una lástima, pero este modelo produce entropía.

Lo pusimos en las instrucciones de uso, aunque en letras pequeñas. El modelo Lambda-CDM funciona hasta que la entropía llega al máximo. Después hay que comprarse otro universo, quizá de un tipo que no genere entropía. Lo estamos poniendo a punto, pero faltan algunos detalles: aún no sabemos cómo lograr que la energía se transforme de maneras interesantes sin acumular entropía. Es como el barro en un río... ¿no sabe qué es eso? Ya verá lo que es cuando su universo haga ríos. Y barro. Por cierto, su universo se podría dragar, pero saldría más caro que comprarse uno nuevo. Con suerte, para cuando el suyo se ahogue en entropía ya tendremos listo un modelo anentrópico. Tenemos un catálogo de fenómenos que no producen entropía. Los llamamos procesos reversibles, si bien son aburridos y, sobre todo, escasos.

Una confesión: sí tenemos un prototipo anentrópico, pero tuvimos que construirlo con la misma temperatura por todas partes. Es isotérmico —perdone, es la palabreja técnica de la fábrica—. Y como hay la misma temperatura en todas partes, pues la energía no fluye y no pasa nada... es decir, que no *acontece* nada... que es aburridísimo, vaya. En el universo isotérmico, por no pasar, no pasa ni el tiempo, imagínese.

No quiero aburrirle con nuestros problemas técnicos, pero ya que estamos en plan terapia, no resisto la tentación. Si queremos que el universo haga cosas interesantes, necesitamos empezar con diferencias de temperatura,

aunque sean pequeñitas, para que la energía pueda ir de un lado a otro transformándose y haciendo aparecer galaxias, estrellas, planetas, la vida, la vida inteligente, las redes sociales, la crisis del capitalismo y esa pelusita que se acumula en los bolsillos de los pantalones si uno se descuida; pero las transformaciones tienen que ser irreversibles de manera que no les quede más remedio que seguir para adelante. Y se acumula entropía. Es una pena.

Hace poco, en una reunión de trabajo, un jovencito imberbe del departamento de Innovación propuso un modelo de universo en el que todo es reversible para que no aumente la entropía: lo que baja sube hasta el mismo nivel, no hay fricción, la energía solo va y viene en círculos sin que haya un cambio real. Le hemos permitido construir un prototipo, pero era un universo insulso, frío, sin calor de hogar. Resultaba hipnótico ver todo ese vaivén, ese ir y venir «sin rumbo ni fe» (perdone, me gustan las canciones rancheras... ya verá qué cosa son cuando aparezcan en su universo), pero al final del día era igual de aburrido que el universo isotérmico.

No se preocupe, ánimo. Se lleva usted un universo con fecha de caducidad, pero muy rendidor. Y tampoco es que se le vaya a atiborrar de entropía mañana. Tiene usted universo para rato. Incluso es posible que se le averíe antes por alguna otra causa. Hemos tenido quejas (no debería decírselo): que si el universo se expandió hasta desgarrarse en solo 40 000 millones de años como si se le hubiese hecho una carrera en la media... que si se hinchó de golpe y luego se contrajo hasta desaparecer sin dar tiempo a que

se formara ni una mísera galaxia... Sobre el kit para armar que también vendemos, nos han reclamado que al encenderlo le salen dimensiones por todas partes que luego se enrollan en tubitos microscópicos con un chisporroteo que deja todo oliendo a chamusquina. O que cuando ya lo tenían ensamblado se dieron cuenta de que les sobraba una dimensión espacial y montones de antimateria (y eso que las instrucciones no son tan complicadas).

Pero usted se lleva el modelo ensamblado de fábrica. Y sí, su universo genera entropía, pero en compensación tiene una dimensión de tiempo que transcurre como Dios manda en lugar de quedarse parada hecha una tonta, así como una multitud apabullante de fenómenos que no dejarán de sorprenderle con cambios caleidoscópicos y constantes. Pura diversión.

Eso sí: con el plan de pagos a 40 000 millones de años sin intereses no hay devolución.

## Introducción

### La vida irreversible

Lo malo de ser científico es que uno lleva dentro un aparato detector de patrañas que funciona como una especie de supresor de picos del entusiasmo. Mientras todos los demás se extasían con vídeos de búhos que vuelan con sus crías a cuevas o de una luna gigantesca emergiendo del horizonte en dos segundos, supuestamente «en la Antártida», los científicos nos quedamos fríos porque entendemos el engaño. Es terrible.

El detector se me activa también en el cine. Nadie ha dicho que el cine tenga que ceñirse a la realidad, claro está, y yo no soy de los que fruncen la nariz si la película va de seres de fantasía, como vampiros o superhéroes, ni de imposibilidades físicas, como los viajes en el tiempo. Si el cine se redujera a lo estrictamente documental, sería gris y aburrido. Sin embargo, cuando la acción de una película transcurre en una estación espacial que se encuentra en órbita alrededor de la Tierra, uno esperaría cierta

correspondencia con la parte de la realidad que tiene que ver con la física orbital, especialmente si la película se titula *Gravity*.

Cuando fui a ver *Gravity*, todo marchó bien hasta que llegó esa escena en la que George Clooney y Sandra Bullock están aferrados a extremos opuestos de una cuerda en el exterior de la Estación Espacial Internacional tras un percance escalofriante. Al fondo se ve el negro aterciopelado del espacio y la Tierra, sobre la que flotan los astronautas y la estación. Sandra batalla con la cuerda. Algo está tirando de George mientras Sandra trata de retenerlo, como si fueran parte de una cordada de alpinistas y, de un traspie, George hubiese quedado colgado sobre un precipicio. Muy dramático todo.

Mientras el resto del público contenía el aliento, mi pequeño aguafiestas interior me decía: «¿Quién demonios está tirando de George?». «Pues la gravedad, quién va a ser», me dirá una lectora impaciente.

Sí, pero eso no puede ser. La gravedad de la Tierra ya se toma en cuenta en el hecho de que Sandra, George y la estación espacial se encuentren girando alrededor del planeta y no en trayectorias rectas con destino final en el infinito. La curvatura de sus trayectorias es precisamente el efecto de la gravedad. No hay otro. ¿Qué puede estar tirando únicamente de George y no de Sandra? Si la estación espacial estuviese girando sobre sí misma —y los personajes con ella— podríamos atribuir la tensión de la cuerda a la fuerza centrífuga, pero no: la Tierra aparece inmóvil en el mismo sitio en toda la escena, *ergo* la estación no está girando. Mi

físico interno me decía que Sandra debería poder recuperar a su compañero de un simple tironcito.

Algo andaba mal con esa escena. Suprimirla sería imposible porque es fundamental para la trama: sin ella el director no puede desembarazarse de George para dejar a Sandra sola en el espacio. Es un momento muy fuerte desde el punto de vista dramático. Sin embargo, mientras Sandra luchaba por retener a George, yo no podía sacarme de la mente la idea de que no había ningún mecanismo físico imaginable que pudiera estar causando la tensión de esa cuerda. «Licencia narrativa», me decía a mí mismo, pero no hubo manera: la física me arruinó la película. Reconozco que el único que salió perdiendo fui yo.

Algo parecido me ocurrió unos años después, cuando circuló en Facebook el vídeo de un gimnasta que hacía piruetas espectaculares: giraba horizontalmente apoyado en un solo brazo y de un impulso se ponía en pie sin dificultad; saltaba y daba volteretas como una marioneta poseída por mil demonios. Muy impresionante. Los comentarios eran todos de admiración. Qué atleta. Qué fuerza. Qué precisión. Se veían los años de entrenamiento, la disciplina estoica, la fuerza de voluntad que tales habilidades exigían. ¡Qué ejemplo para la juventud de hoy, tan pusilánime!, sentenciaba algún carcamal.

Lo que es a mí, si me muestran proezas sobrehumanas, de inmediato se me activa el aguafiestas interior y lo miro todo con recelo. Ya hubiera querido mi *yo* social compartir el asombro con mis congéneres y participar en la oleada de alabanzas, pero esa otra parte de mí repetía: ¡patrañas!

Como aún no existían los engaños visuales generados por inteligencia artificial, solo había una posibilidad: vídeo trucado. Y el truco era el más simple de todos: pasar el vídeo al revés. Los aparentes saltos de 3 metros desde el suelo eran en realidad *caídas* desde 3 metros de altura. Las prodigiosas volteretas que aumentaban de velocidad eran lo contrario: giros que el rozamiento frenaba poco a poco. El vídeo tenía ese *je-ne-sais-quoi* de las películas pasadas en reversa: esa sensación de absurdo que puede ser vaga en ciertas circunstancias, pero que se hace evidente si la película incluye sucesos inconfundiblemente irreversibles. La caída de las Torres Gemelas, invertida, no engañaría a nadie; tampoco un revoltillo de huevo que se *desrevuelve* o un vaso de agua entintada que se *desentinta* al tiempo que en su interior se reconstituye una nube de color, que luego salta a un cuentagotas. El vídeo del gimnasta conseguía engañar a incautos porque los fenómenos mostrados están en el umbral de lo evidentemente irreversible. El absurdo solo se manifestaba al mirar con cuidado y ojo de físico.

Muy ufano conmigo mismo por haber desenmascarado el engaño, me mofé de los crédulos que habían picado, como es habitual en las redes sociales. Ahí podrían haber parado las reflexiones de mi físico aguafiestas interno. Pero no, porque resulta que hay otro problema.

Un problema filosófico.

Hay fenómenos que no causarían extrañeza si los viésemos en reversa. Las oscilaciones de un objeto colgado de una cuerda (a condición de no observarlas durante mucho

tiempo), las órbitas de los planetas alrededor del Sol, lanzar al aire una pelota y atraparla cuando cae son fenómenos capicúas: funcionan igual hacia delante que hacia atrás. En cambio, las evoluciones del gimnasta y la caída de las Torres Gemelas tienen una dirección preferente o, más bien, exclusiva: no hay manera de confundir el antes con el después. He aquí el problema filosófico: las ecuaciones de la física que rigen estos fenómenos (las leyes del movimiento) son totalmente indiferentes a la dirección del tiempo. Les da igual si pasamos la película al revés. A la naturaleza, empero, no parece que le dé igual.

A los físicos nos gusta pensar que nuestras ecuaciones expresan algo fundamental sobre la naturaleza. Quizá es una ilusión, pero atesoramos esta idea, que exige que las ecuaciones sean consistentes con lo que observamos en el mundo real. El gimnasta irreversible, las Torres Gemelas o el revoltillo de huevo sugieren que a nuestra descripción del movimiento le falta algo fundamental, puesto que no refleja esa asimetría del tiempo, tan evidente para nuestra percepción.

En nuestra mente, en efecto, el pasado y el futuro se distinguen persistentemente, digan lo que digan las leyes del movimiento. Nadie recuerda el futuro. El tiempo se ofrece a nuestro ánimo como un camino con una parte recorrida y otra por recorrer. La asimetría se refleja también en nuestras emociones y preocupaciones. La esperanza es una incertidumbre del futuro que nos da aliento (como no sabemos qué va a pasar, podría pasar algo bueno); la angustia es incertidumbre del futuro inmediato que nos da

miedo (como no sabemos qué va a pasar, podría pasar algo malo); la nostalgia es la certeza de que el pasado fue mejor; el arrepentimiento, la aficción por lo que ya ocurrió. Las agencias funerarias ganan dinero apostando por el futuro.

La vida misma es irreversible, no hablemos ya de la física.

Así que ¿por qué nuestras ecuaciones no lo son? ¿Qué les falta a las leyes del movimiento para explicar este hecho, tan inapelable como la muerte y los impuestos?

Hoy sabemos que, en su momento, les faltaban tres ingredientes: entropía, azar y grandes números, pero no fue fácil darse cuenta. A mediados del siglo XIX el azar y sus matemáticas no se asociaban con la física, sino con los juegos de dados y naipes que atraían a tahúres y embaucadores. Las veleidades de la casualidad, la chiripa y las rachas de buena suerte que zarandean la vida del ludópata cual hoja en el vendaval eran lo contrario a las leyes de la física, sólidas y eternas, un monumento a la certidumbre. Las leyes de la física eran la verdad, y en la verdad no cabía el azar.

El físico confrontado a un fenómeno natural —un planeta que orbita el Sol, una máquina de vapor que extrae agua de una mina, una corriente eléctrica que hace enloquecer una brújula cercana— identificaba variables susceptibles de cuantificarse y buscaba relaciones matemáticas entre ellas. Una vez establecidas esas relaciones, las usaba para explicar lo que veía en la naturaleza y anticipar (predecir) lo que no había visto. Las relaciones matemáticas consagradas se cumplían de forma consistente —por eso las llamamos *leyes* de la física y no *sugerencias*

de la física—. Era inimaginable enunciar principios físicos dubitativos: «A toda acción podría corresponder una reacción igual y en sentido opuesto, pero depende», o «Una corriente eléctrica genera un campo magnético, pero solo si está de buen humor». Si la ley de la gravitación universal se cumpliera unos días sí y otros no, hace mucho que los planetas se habrían dispersado por la galaxia... que ni siquiera existiría.

No, las leyes de la física se cumplían siempre y no dejaban espacio al capricho ni la veleidad.

Así estaban las cosas cuando el azar irrumpió en la física de la mano de la entropía como una ráfaga de aire fresco en un mausoleo.