

Del Big Bang a nuestro origen en
el polvo de estrellas



El cosmos en la palma de la mano

Manuel Lozano Leyva

DEBOLSILLO

El cosmos en la palma de la mano

Manuel Lozano Leyva

www.megustaleer.com

*A todos mis compañeros del grupo de investigación
de Física Nuclear Básica de la Universidad de Sevilla:*

*Clara Alonso Alonso, María Victoria Andrés Martín,
José Miguel Arias Carrasco, José Barea Muñoz,
Francisco Barranco Paulano, Juan Antonio Caballero Carretero,
Roberto Capote Noy, Sara Cruz Barrios, Carlos Hugo Dasso,
José Díaz Ruiz, José Manuel Espino Navas,
María Isabel Gallardo Fuentes, Joaquín Gómez Camacho,
Cristina Martínez Pérez, Alberto Molina Coballes,
José Manuel Quesada Molina, Manuela Rodríguez Gallardo,
Feliciano de Soto Borrero y, por supuesto,
a José Rodríguez Quintero, o sea, Pepe el Máquina*

Agradecimientos

Escribir unos cientos de páginas de infinidad de procesos y fenómenos físicos y astronómicos siendo experto sólo en unos pocos de ellos supone, además de una osadía, correr el riesgo de cometer errores. He cometido muchos pero, afortunadamente, el lector percibirá pocos. Ello ha sido posible gracias a Jesús Cabrera Caño (astrofísico), José Rodríguez Quintero (físico de partículas y cosmólogo), José Manuel Quesada Molina (físico nuclear), Enrique Cerdá Olmedo (genético) y María Josefa Guerrero León (bióloga). Esos errores que se descubran serán achacables sólo a mí, porque ellos han sido extraordinariamente perspicaces. Cristóbal Pera (filólogo) no sólo hizo la corrección de estilo, sino que sirvió como conejo de Indias dejando que ensayara con él, único «de letras», el nivel divulgativo de los contenidos.

A todos les agradezco profundamente su interés y paciencia.

1

Justificación

No conozco una forma mejor de vivir
que dedicarse a conocer la naturaleza.

NAPOLEÓN BONAPARTE, 1800

En el Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear (y Teórica y Astronomía y Astrofísica, pues aquello es un *totum revolutum* muy simpático) de la Universidad de Sevilla organizamos desde hace infinidad de años escuelas de verano de física nuclear. Son internacionales y a un nivel de doctorado, o sea, muy complicadas desde el punto de vista de los no especialistas. Uno de los temas que se han desarrollado en esas escuelas y que recuerdo muy gratamente, fue de astrofísica nuclear. Tuvo lugar en 1988. Tras recibir una propuesta del astrónomo más veterano del departamento, Jesús Cabrera Caño, tomé el libro correspondiente y repasé todo lo que allí se dijo. La idea del «astrólogo» (así le decimos a Jesús para zaherirlo) consistía en organizar un curso de Astronomía, astrofísica y cosmología de libre configuración, es decir, una asignatura en la que se pudieran matricular alumnos de cualquier carrera de la universidad. Él impartiría la parte de astronomía y yo las de astrofísica y cosmología. Ahí es nada, porque lo que yo soy de verdad es físico nuclear. «Y qué —decía Jesús para convencerme

—, una estrella no es más que un sistema nuclear y el comienzo del Universo está más relacionado con la física de las partículas nucleares elementales que con cualquier otra cosa. Además, tú has aplicado a menudo los métodos de esas disciplinas, bien que colateralmente, a las galaxias y al universo primitivo.»

Repasando el libro antedicho, llegué al convencimiento de que aquello era muy, pero que muy difícil. Porque con fórmulas matemáticas es fácil explicar muchas cosas si se tiene experiencia y el público al que uno se dirige entiende ese lenguaje, pero dar a entender cuestiones científicas de astrofísica a estudiantes de primer ciclo de carreras como filosofía, periodismo, medicina, historia, psicología y cosas así, espanta al más desaforado optimista.

Nuestro astrónomo es persistente y astuto, así que cuando vio que sus argumentos iniciales no hacían mella en mí, apeló arteramente a mi responsabilidad como director del departamento: debía colaborar al desarrollo del área de conocimiento más desvalida de todas las que conforman el departamento. Así pues, llevamos ya cuatro años impartiendo el dichoso curso al que cada vez se apunta más gente de procedencias exóticas desde el punto de vista de una facultad de física. La asignatura parece ser tan llamativa que en ocasiones me han sugerido que escribiera un libro sobre muchas cosas de las que contaba en el aula.

El producto material y principal del trabajo de todos mis colegas científicos de las más diversas especialidades suele ser un artículo escrito en inglés, con sus tablas, gráficos y referencias, publicado en una revista internacional después de haber sido sometido el manuscrito a una estricta censu-

ra por parte de otro u otros colegas anónimos elegidos por el editor. La repercusión de esos artículos puede ser enorme o irrelevante; la utilidad personal que tienen estas publicaciones es la simple satisfacción o, por acumulación, para encontrar una ansiada posición permanente y vitalicia en una universidad o instituto de investigación; también sirve para muchas otras cosas publicar en buenas revistas artículos breves cargados de fórmulas y siguiendo un patrón estricto en forma y fondo. Por ejemplo, es la única manera de mostrar objetivamente a los poderes públicos que la comunidad científica que financia está en forma y preparada para afrontar productivamente cualquier resultado importante que se produzca en cualquier lugar del mundo.

Pero lo cierto e irrefutable es que el número de lectores de la inmensa mayoría de nuestros artículos es extraordinariamente pequeño. El título lo lee la mayoría del conjunto de profesionales del tema de investigación al que se refiera. El resumen obligatorio, unas diez líneas, lo leen completo no muchos más que los especialistas en el tema. El artículo en su totalidad lo lee un porcentaje ínfimo de aquellos, en concreto los que han trabajado o trabajan en un problema similar. Los que lo hacen con detenimiento y tratando de extraer todos los intrínquilis a los que se refiere el escrito, sus fórmulas y sus representaciones gráficas, empiezan ya a contarse con los dedos de las manos. Así funciona la ciencia y funciona bien. Así he funcionado yo toda mi vida académica, publicando unos pocos artículos cada año y disfrutando infinitamente de ello.

¿No es un derroche el esfuerzo que significa desarrollar un trabajo de vanguardia para que luego se interesen por

él tres o cuatro personas? No, porque aparte de lo dicho, ello conlleva otras cosas entre las cuales una de las más gratas es conocer a las pocas docenas de colegas en el mundo que hacen más o menos lo mismo que uno. Pero, en cualquier caso, ¿no es tentador escribir algo que transmita de alguna manera ese placer y conocimiento a un número mayor de personas?

La posibilidad de escribir un libro de divulgación es una buena idea, pero bien pensado... ¡qué horror! He leído algunos libros de éstos y hojeado un montón. Sobre todo de autores anglosajones. Nadie piense que los considero fútiles y frívolos, porque confieso que muchos me parece que están muy bien escritos y algunos hacen derroche de ingenio. El pánico me vino de algo más... digamos ideológico. Sospecho que el efecto que producen muchos de esos libros en un lector normal es más el asombro, incluso la estupefacción, que el aumento neto de los conocimientos. Incluso recordé a un físico francés muy comprometido con la izquierda revolucionaria de los sesenta que venía a decir que lo que provocaban los libros de divulgación, por descontentado que sin intención por parte del autor, era el miedo en el público. Ahí es nada. Y ese miedo o sobrecogimiento conllevaba el sometimiento al poder de manera que fuera sumisa la aceptación por parte de la gente de los fondos destinados a la investigación, así como de la aplicación de los resultados de ésta. ¡Santa Madre de Dios! El colega se llama Jean-Marc Levy-Leblond y sostengo que no sólo es un buen físico, sino un magnífico profesor y seguramente una buena persona.

Quizá, sin perder la intención de sorprender y, por su-

puesto, evitando tanto la farragosidad como la mentira (cosa que he descubierto que ocurre en la divulgación cuando se baja excesivamente el nivel de algún tema tan difícil que sólo se puede aprender con matemáticas profundas), se podría elaborar un texto ameno. Quedaba por dilucidar cuál podría ser el contenido concreto.

Mientras lo intentaba, recordé a Pepe el Máquina. En la Facultad de Física de la Universidad de Sevilla, desde hace una década o así, se puso de moda el epíteto *máquina* como sinónimo de empollón. Así, un buen estudiante puede ser para sus compañeros algo máquina, muy máquina o, el *súmmum*, el Máquina. Hace unos años, en mi curso de física nuclear de quinto año de la carrera le di clase a un individuo al que llamaban Pepe el Máquina. Cuando se licenció me dijo que deseaba hacer la tesis doctoral conmigo. Lo acepté aunque con una condición, la misma que le pongo a todos los licenciados que desean trabajar conmigo: no le daría un tema de tesis doctoral hasta que no consiguiera una beca de investigación del ministerio o de la Junta de Andalucía.

Por aquella época colaboraba yo en unas investigaciones con una magistral física española, Belén Gavela Legazpi, y con un francés encantador y físico profundo llamado Olivier Pène. Lo hacíamos fundamentalmente en la división de teoría del CERN, el Centro Europeo de Investigaciones Nucleares, que es el mayor laboratorio de física de partículas del mundo. El problema al que nos dedicábamos era tremendamente complejo desde el punto de vista matemático y conceptualmente ambicioso. Se trataba de aplicar el modelo estándar de la física de partículas a las condiciones fí-

sicas extremas que se dieron inmediatamente después de la creación del Universo. Dicho así suena como muy romántico y trascendental, quizá lo sea, pero en lo que se traduce toda esa mística es en unos desarrollos matemáticos espeluznantes y bastante tediosos.

Para descongestionarse uno cuando está enfrascado en algo duro no hay nada como pasar buenos ratos en la biblioteca del centro donde esté trabajando y entretenerse con temas alejados del que te tiene absorbidas las meninges. Mi debilidad en ese sentido desde la escuela que organizó mi departamento en 1988 ha sido hojear las revistas *The Astrophysical Journal* y *Astronomy and Astrophysics*.

Para que Pepe se entrenara mientras esperaba su beca sin estorbar mi faena, le propuse hacer un modelito teórico que explicara unos resultados obtenidos por varios observatorios astronómicos del mundo que me habían intrigado cuando los vi juntos en un artículo de la primera revista mencionada. Parecían mostrar que la abundancia de elementos pesados en una galaxia decrecía paulatinamente desde el centro hacia el borde. Eso se sabía desde hacía ya algún tiempo, pero aquellos datos eran los mejores de todos los publicados hasta la fecha. Eso me motivó una pregunta aún más prosaica. ¿De dónde viene el oro que hay en la Tierra? El oro y todo lo demás. Del Sol primitivo. ¿Y al Sol primitivo cómo llegó? Porque allí no se pudo generar y en su momento se verá por qué. Vino de las estrellas grandes y viejas que, al morir, dan tal traquido que expulsan todos los elementos pesados que se han cocinado en su interior. Estos vagan por el espacio interestelar hasta que se dan las condiciones para que se genere un sol. De éste se

desgajan planetas que ya contienen los elementos pesados que llegaron de la inmensa oscuridad galáctica. Esa es la idea general, ¿pero lo que sabemos de nuestra galaxia, de explosiones de supernovas, que así se llaman aquellos traquidos, y de la formación de estrellas concuerda con los datos de abundancia de los elementos?

Una mañana le expliqué a Pepe el problema y le esboqué las líneas maestras del modelo matemático que yo intuía que podría explicar el asunto. Me escuchó absorto. Después le di fotocopias de los artículos que yo había coleccionado en el CERN sobre el tema y, cuando se fue, suspiré aliviado pensando que me lo había quitado de encima los cuatro o cinco meses que tardaría en resolverse la convocatoria de becas de investigación del ministerio del ramo. Listo.

A la semana o poco más apareció el joven en mi despacho y me mostró una sarta de ecuaciones, con letra horrible pero delicioso contenido, que planteaban un modelo mucho más realista, profundo y bello que el que yo había pergeñado. ¡Qué tío! Antes de que le dieran la beca ya habíamos pulido el elegante modelo desarrollado por Pepe y, no mucho después, enviamos el manuscrito de un artículo para su publicación en *Astronomy and Astrophysics* titulado «Heavy-Element Abundances in Normal Spiral Galaxies» (volumen 309, páginas 743-748, del año 1996). Introduje al joven becario en nuestro quehacer y con la ayuda de Belén y sobre todo de Olivier, hizo una de las tesis doctorales más brillantes que han pasado por mis manos.

Se pueden formular varias moralejas de esta historia personal, pero una que me interesa resaltar es que el sistema

de ciencia y tecnología está en gran medida basado en la actividad de jóvenes lúcidos que ganan salarios tan irrisorios que da pudor llamarlos salarios. Porque aquellos datos observacionales de abundancias de elementos pesados en las galaxias en los que se basaba nuestro modelo matemático, sin duda los obtuvieron jóvenes astrónomos guiados más o menos por algún que otro veterano de mi calaña. A los visitantes de un observatorio astronómico moderno, y en España tenemos varios punteros que organizan visitas al público, lo primero que les sorprende es la nutrida chavalería que está al cargo del más sofisticado equipamiento tecnológico.

Así pues, si quería escribir un libro de divulgación científica sobre aquello que había hecho con Pepe el Máquina (se llama José Rodríguez Quintero y si lo he denominado por su mote es porque sé que no le importa; además, si le importa, estoy seguro de que está resignado porque en el mundillo de la física todo el mundo lo llama así desde hace ya bastantes años), tendría que explicar lo que es el átomo y el núcleo atómico pero con un objetivo: que el lector aprenda no sólo cómo son, sino cómo han llegado a formar parte de nosotros mismos, o sea, de nuestro cuerpo. Para ello habrá que explicar lo que son las estrellas, cómo nacen, viven y mueren así como lo que ocurre en una galaxia, como por ejemplo nuestra Vía Láctea. Además, lo haré tratando de que el lector termine tan complacido que desee asomarse al Universo literalmente hablando.

La idea global es la siguiente. Empezaré dando una idea del Universo en general yendo de lo más familiar a lo más remoto, del sistema solar a las galaxias y los grupos de és-

tas. O sea, nada original. Pero lo haré siguiendo la idea contenida en el memorable comienzo del poema lírico «Augurios de inocencia» del inmortal poeta (y pintor, y visionario, y grabador) de la Albión de los siglos XVIII y XIX, William Blake. Dice así: «*To see a World in a Grain of Sand/ and a Heaven in a Wild Flower/ Hold Infinity in the palm of your hand/ and eternity in an hour*». Que yo, así por libre, traduciría:

*Para ver un mundo en un grano de arena
Y un cielo en una flor silvestre,
Coloca el infinito en la palma de tu mano
Y la eternidad en una hora.*

Por tanto, para que el lector no se sobrecoja al principio del libro pero se haga una idea clara de cómo es el Universo en que vivimos y qué tiene que ver lo que sucede en él con la materia de la que estamos hechos, lo invitaré a jugar con los números. Cuando uno, por ejemplo yo hace años, lee que nuestra galaxia es un conjunto de doscientos mil millones de soles, que un núcleo atómico es tan pequeño que en un vaso de vino hay casi un cuatrillón de ellos y cosas así, le entra el vértigo. Si para colmo le hablan de espacios curvos en cuatro dimensiones, distribuciones espaciales de probabilidad, ubicuidad simultánea, etc., se queda turulado. En ese estado, lo mejor que se puede hacer es beberse el vino, soltar el libro y encender la tele. Y esto nos pasa, digo yo, por venir de donde venimos, o sea, del mono, dicho esto sin ofender porque, al menos yo, lo tengo a mucha honra por varias razones que considero muy importantes.

Sucede que nuestro cerebro se ha conformado a partir de experiencias cotidianas. El deambular por entre las ramas de los árboles, que al parecer era lo que hacían nuestros primeros ancestros, y la adaptación posterior a las sabanas con todas las aventuras que conllevaba tratar de sobrevivir y demás, fueron haciéndole caminar erguido a la vez que se le abultaba la cabeza.

Un buen día le dio por afilar una piedra con la intención de cazar mejor. Así empezó la tecnología. Esto le proporcionó un poco de ocio y, estando tumbado a la bartola, pensó sobre cuáles serían las causas de la lluvia, la aparición del sol cada mañana, y cosas de esas. Así comenzó la ciencia. Cuando desfallecía porque no entendía nada, inventó la religión, pero ese es otro asunto que mejor lo dejamos.

Te ngo para mí (que Dios y los paleontólogos me perdonen) que cuando el hombre se hizo listo de verdad fue cuando uno, al regresar a su cueva después de andar todo el día de correrías tras los animales, se encontró a su mujer quien, alborozada, le dijo que había descubierto que al frotar una determinada piedra contra otra, salían chispas. El hombre, por supuesto displicentemente, le dijo que muy bien, pero para qué servía aquello. Ella se encogió de hombros mientras le respondía que no lo sabía. Pero a la mujer no se le borró la sonrisa de los labios y su mirada continuó brillando. En ese preciso instante empezaron de verdad a bailar las neuronas en el cerebro humano.

Con los milenios el cerebro se fue desarrollando de una manera que muchos consideran prodigiosa. Ni lo dudo ni tengo certeza de eso, lo que sí mantengo es que lo hizo de

una forma curiosa. El cerebro es capaz de elaborar sentimientos y razonamientos que sobrepasan la capacidad de imaginar. Genios como Einstein a principios del siglo pasado y una miríada de estudiantes de física desde entonces hasta hoy, manejan sin problemas cuatro dimensiones cuando trabajan con la teoría de la relatividad. Siempre que renuncien a imaginárselas. Si nos vamos al microcosmos cuántico la cosa ya se dispara en cuanto a divorcio entre la inteligencia y la imaginación. Y es, como decía refiriéndome a lo del mono, porque las circunvoluciones de nuestro cerebro en el barrio de la imaginación se han conformado sobre la base de experiencias directas y cotidianas. ¿Cómo podemos pedir que alguien imagine una distancia de dos mil millones de años luz si ya un año luz (más de nueve billones de kilómetros) es duro de pelar? Así por las buenas, reduciré o aumentaré distancias, en algunos casos en un factor de mil millones o más, y elaboraré un universo de andar por casa (la Tierra o el núcleo atómico, según se tercié, como una manzana o una perla, sistemas solares como monedas, distribuciones espaciales de probabilidad como la lotería de Navidad y cosas así) o sea, al estilo de lo que pienso yo que se refería el poeta inglés cuando dijo lo que dijo. Esto lo haré al principio, porque después iré mostrando datos reales suponiendo al lector ya curado de espantos.

Una vez que se haya expuesto someramente cómo es el Universo y cómo se generó, se mostrará con algún detalle el funcionamiento del microcosmos, es decir, los átomos, los núcleos atómicos y los mecanismos esenciales de las reacciones nucleares de fisión, fusión y radiactividad. Para