

Doctor Fisión



**NUESTRO
DESTINO**
en las
ESTRELLAS

LA EVOLUCIÓN DEL COSMOS
Y NUESTRO PAPEL FUNDAMENTAL
EN EL DESTINO DEL UNIVERSO



OBERON

DOCTOR FISIÓN

**NUESTRO
DESTINO
EN LAS
ESTRELLAS**

**LA EVOLUCIÓN DEL COSMOS
Y NUESTRO PAPEL FUNDAMENTAL
EN EL DESTINO DEL UNIVERSO**

OBERON

Responsable editorial:
Susana Krahe Pérez-Rubín

Diseño de cubierta:
Patricia Bataller

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley, que establece penas de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios, para quienes reprodujeren, plagiaren, distribuyeren o comunicaren públicamente, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio, sin la preceptiva autorización.

© Copyright de los textos:
Doctor Fisión (@doctorfision)
Revisión técnica: Solmar Varela, Dra. En Física Teórica
@ProfeSolmar



© EDICIONES OBERON (G. A.), 2024
Valentín Beato, 21. 28037 Madrid
Depósito legal: M. 28.799-2023
ISBN: 978-84-415-4882-4
Impreso en España

*Para Mery,
tu mano es mi guía en el camino.*

*Para Ani,
tu sonrisa es la luz que me ilumina.*

ÍNDICE

Prefacio	10
La Tierra: primera parada	13
Y de repente miramos a las estrellas	21
El primer observador	22
El primer calendario lunar	23
Egipto y Babilonia	24
La concepción del universo en la antigüedad	25
Y, sin embargo, se mueve	26
A hombros de gigantes	29
El principio de todo lo que conocemos y amamos	35
La caída de la constante cosmológica	36
El átomo primitivo	39
La teoría del Big Bang	40
La inflación cósmica	42
La fase de recalentamiento	43
¿Qué había antes del Big Bang?	44
Calculando la edad del universo	46
No vemos todo lo que existe	48
Algunas cosas buenas salen de otras no tan buenas	53
Las bombas que pararon el tiempo	54
Convirtiendo misiles en lanzadores	56
El bip bip que inició la carrera espacial	57
El fatal desenlace de Laika	58
La Tierra desde el espacio	60
Pioneros en la órbita terrestre	61
Un desolado paisaje gris y marrón	63
Escogimos llegar a la Luna	64
Un cálido apretón de manos	68

Nuestro vecindario y sus oportunidades	71
La Luna: destino y punto de partida	72
Venus: un mundo abrasador	74
Marte: el primer gran mundo a conquistar	76
Titán: una luna rica en materiales orgánicos	79
Europa: un mundo de océanos subsuperficiales	82
Encélado: actividad hidrotermal en las profundidades	83
Ganímedes: océanos subterráneos de agua salada	85
Calisto: la superficie más antigua del sistema solar	87
Ío: el mundo más activo geológicamente	88
Ceres: agua líquida a gran profundidad	89
Tritón: calor por fuerzas de marea	90
En qué punto estamos ahora mismo	93
El delicado equilibrio de la vida	94
No somos el centro del universo	95
El espacio en nuestro día a día	97
La ciencia se inspira en la naturaleza	99
La computación en la ciencia espacial	101
Los nuevos observatorios espaciales	103
Las misiones Artemis de la NASA	105
Las nuevas estaciones espaciales	110
¿Son posibles los viajes interestelares?	115
En la orilla de un viaje infinito	116
Las distancias cósmicas	117
Naves impulsadas por fusión nuclear	119
Navegando a través de vientos estelares	121
Propulsión por antimateria	123
La métrica de Alcubierre	125
Puentes de Einstein-Rosen	127

El futuro de la exploración espacial y el transhumanismo	131
La búsqueda por trascender las limitaciones biológicas	132
¿Sueñan los androides con ovejas eléctricas?	133
El difuso límite entre lo natural y lo artificial	135
La gran nave nodriza	136
Sondas autorreplicantes	138
La minería espacial	141
Colonias espaciales	143
Esferas de Dyson	145
¿Y si encontramos algo ahí fuera?	149
El impacto científico	150
Nuestra relación con otros seres	152
Los cambios sociales y religiosos	153
¿Nos sentiríamos amenazados?	155
Cambios en la exploración espacial	156
La nueva ética interplanetaria	158
¿Estamos preparados?	160
Agradecimientos	163

PREFACIO

Si miras al cielo en una noche despejada, verás un puñado de estrellas. Quizás no sea demasiado llamativo, la mayoría de nosotros simplemente se detendría unos segundos a mirar, y si lo piensas, hay cosas mucho más hermosas en nuestro mundo: el fluir incesante del agua en un río, el verdor de un prado que se funde con los tonos pardos de una montaña o el infinito azul del mar que se pierde en la distancia; pero observar esos pequeños puntos brillantes en el cielo cambiaron la humanidad para siempre hace miles de años.

Es tentador pensar que este hecho fue por azar, que alguien con exceso de tiempo libre, y quizás con una pizca de inquietud de más, comenzó en un momento dado esta revolución por casualidad. Pero no fue así. Llegar hasta ese momento en nuestra historia no fue algo fortuito, fue impulsado por una cualidad del ser humano ciertamente intangible: no estamos hablando aquí de un conocimiento neto, medible y estimable. No nos referimos a cuánto sabíamos de pesca, de recolectar bayas en el bosque o de cuál era la mejor forma de encender un fuego; nos estamos refiriendo a una capacidad mucho más sutil: la curiosidad.

Y es que el ser humano es curioso por naturaleza, eso es cierto, pero el interés por el mundo que nos rodea no surge espontáneamente de la nada. Es necesario cuidarlo y alimentarlo constantemente. Si lo haces, empezarás a tener hambre de conocimiento, querrás, con más frecuencia cada vez, tu ración de aprendizaje, de aventuras y de exploración, y querrás llegar más lejos en tu viaje hacia el conocimiento.

Espero que este libro que tienes en tus manos encienda un poco más tu curiosidad. Si es así, sabré que escribirlo ha servido para algo importante.

Doc

LA TIERRA: PRIMERA PARADA

El hombre es un poema tejido con la niebla del amanecer, con el color de las flores, con el canto de los pájaros, con el aullido del lobo o el rugido del león. El hombre se acabará cuando se acabe el equilibrio vital del planeta que lo soporta. El hombre debe amar y respetar la Tierra, como ama y respeta a su propia madre.

FÉLIX RODRÍGUEZ DE LA FUENTE

Todo viaje empieza con un primer paso, y este primer paso no debe ser la Luna, Marte o una luna de Júpiter, debe ser la Tierra. Que estamos destruyendo nuestro planeta es un hecho constatado. No hace falta más que mirar a nuestro alrededor para darnos cuenta de que no estamos cuidando la Tierra como debemos. Nuestro planeta es único e irremplazable. Durante millones de años, la vida, tal y como la conocemos, se ha adaptado a cómo es nuestro entorno, así que, sin duda, por mucho que busquemos otros planetas, no encontraremos uno igual que el nuestro. Nunca habrá un repuesto para la Tierra. Pero ¿cómo se creó nuestro planeta? ¿Cómo surgió la vida en él? ¿Puede afectar muy negativamente el clima a los seres vivos que habitan la Tierra?

Todo comenzó en las estrellas, concretamente en las supernovas. En 1925 Cecilia Payne presentó su tesis doctoral *Stellar Atmospheres: a contribution to the observational study of high temperature in the reversing layers of the stars*, en la que describió por primera vez la temperatura y composición de las estrellas. Gracias a ella, sabemos que aproximadamente el 98 % de la masa total de una estrella corresponde a hidrógeno y helio y el resto a otros elementos como nitrógeno, hierro o carbono. Las estrellas pueden ser medidas con un parámetro conocido como metalicidad, que mide las concentraciones de los elementos químicos que no son hidrógeno y helio en una estrella. Esto quizás cree algo de confusión: ¿por qué este parámetro se llama metalicidad? Para los astrofísicos, todos los elementos químicos que no sean hidrógeno y helio son metales.

Las primeras estrellas que aparecieron en el universo eran estrellas de población 3, y tan solo tenían hidrógeno y helio a su disposición. Estas estrellas, que por cierto son hipotéticas, ya que nunca hemos conseguido observar una, pues, posiblemente, o estén demasiado lejos de nosotros como para poder verlas, o ya no existan, formaron los primeros elementos que no eran hidrógeno o helio. Estos elementos se esparcieron por el universo después de que estas estrellas explotasen al llegar al final de su ciclo vital, permitiendo así que nacieran

estrellas de población 2, más ricas en elementos químicos. Al explotar estas estrellas de población 2, a su vez, crearon estrellas de población 1, mucho más ricas aún en elementos químicos. El Sol, nuestra estrella, es una estrella de población 1, lo que significa que tiene una alta metalicidad, es decir, que tiene una gran cantidad de elementos químicos que no son hidrógeno y helio. Que nuestra estrella tenga una alta metalicidad ha hecho posible que exista nuestro planeta.

Las estrellas se forman cuando se produce la condensación de material procedente del medio interestelar. La gravedad va atrayendo este material hasta que alcanza unas condiciones críticas y colapsa. Este colapso hace que en el centro de dicho material surja una protoestrella, y alrededor de ella se forme un disco protoplanetario, que conserva el momento angular y que no cae hacia ella, porque es sustentado por la fuerza centrípeta que produce su rotación. Este disco es el que, *a posteriori*, colapsa progresivamente creando los planetas, lunas, cometas y asteroides. En el caso del sistema solar, este material provino de la explosión de una estrella de población 2, altamente rica en materiales más pesados que el hidrógeno y el helio, como son: oxígeno, carbono, nitrógeno, neón, hierro, silicio, magnesio y azufre, haciendo posible el hecho de que nuestro planeta sea algo más que una simple bola de gas.

Los planetas más cercanos al sol son rocosos, mientras que los que están más lejos son gaseosos, y esto no es algo casual. En el disco protoplanetario, la temperatura cerca de la estrella es muy alta —miles de grados— mientras que a la distancia a la que están ahora los planetas gaseosos no alcanzaba los -170 grados Celsius. Al irse enfriando el disco protoplanetario, los elementos metálicos se fueron condensando en granos de silicato, que mediante un proceso llamado acreción formaron Mercurio, Venus, la Tierra y Marte. En las zonas más alejadas, el carbono, nitrógeno y oxígeno formaron gases como el agua, amoníaco y metano. El tamaño de los planetas también tiene que ver con la distancia a la protoestrella. En las regiones más interiores, había menos

cantidad de material —básicamente porque gran parte fue a parar a la estrella— mientras que en las más alejadas la cantidad de material disponible para formar planetas era mucho mayor, por eso Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno son gigantes gaseosos.

Pero volvamos a la Tierra. Hace 4500 millones de años, nuestro planeta no era más que una enorme bola de roca fundida que seguía incrementando su masa debido al constante bombardeo de meteoritos que llegaban a nuestro planeta. Su atmósfera estaba compuesta principalmente por hidrógeno y helio, gases que eran barridos por el viento estelar, ya que la Tierra por aquella época no tenía campo magnético. Muchos de estos meteoritos, además de roca, aportaron agua a nuestro planeta. Cuando esta bola de roca fue enfriándose, los elementos más pesados se fueron hundiendo hacia el centro del planeta, y los gases, como el dióxido de carbono, emergieron, creando una atmósfera muy similar a la que tiene hoy en día Marte.

Estos procesos continuaron durante mucho tiempo y, 2000 millones de años más tarde, la Tierra ya era un pálido punto anaranjado que había desarrollado ya su corteza y un núcleo metálico que generaba el campo magnético, y que retenía una atmósfera rica en metano muy similar a la atmósfera de la luna Titán de Saturno. En esa época, nuestro planeta estaba ya plagado de cianobacterias, que vivían en aguas marinas poco profundas y estaban comenzando a liberar gran cantidad de oxígeno a la atmósfera. Este evento, conocido como la Gran Oxidación, se produjo en el período Sidérico, al comienzo del Paleoproterozoico, y básicamente preparó la Tierra para ser habitable por seres vivos que, como hacemos nosotros, consumen oxígeno.

Sin embargo, algo ocurrió hace unos 720 millones de años. La Tierra se heló por completo, llegando a estar cubierta por una capa de hasta un kilómetro de espesor en algunas partes. Esta época, conocida como período Criogénico, es todavía a día de hoy tema de debate entre la comunidad científica. No se sabe exactamente qué pudo provocarlo,

pero una de las posibles causas es la actividad volcánica, que habría emitido una gran cantidad de cenizas a la atmósfera. Sorprendentemente, este cataclismo no acabó con la incipiente vida en la Tierra. Una de las hipótesis más aceptadas es que algunas cianobacterias resistieron esta época de frío gracias al calor de fuentes hidrotermales. Sea como fuese, la vida consiguió abrirse paso y hace unos 400 millones de años nuestro planeta ya se había convertido en un pálido punto azul. Las temperaturas de los océanos oscilaban entre los 20 y 30 grados Celsius y el aumento de plantas hizo que disminuyeran drásticamente los niveles de CO_2 , mientras que los continentes se separaban cada vez más y la Tierra se empezaba a parecer más al planeta que vemos hoy en día.

La vida continuó desarrollándose durante millones de años: desde organismos microscópicos hasta los mamíferos, reptiles y peces, pasando por los colosales dinosaurios, hasta llegar a nosotros: los seres humanos. Este proceso no ha sido fácil en absoluto. En la historia de nuestro planeta han ocurrido cinco extinciones masivas. La más conocida es la extinción Cretácica-Terciaria, causada hace 66 millones de años por un asteroide de unos doce kilómetros en la actual península mexicana de Yucatán. El impacto, similar a la potencia de 10 000 millones de bombas atómicas, dejó un cráter de 180 kilómetros de diámetro y generó un cambio climático de tal magnitud que el 75% de las especies que habitaban el planeta desaparecieron. Pero esta es tan solo una de las ocasiones en las que la vida en la Tierra ha estado a punto de extinguirse. Hace 200 millones de años, un cataclismo volcánico en el océano Atlántico emitió grandes cantidades de CO_2 , modificando el clima en un evento al que llamamos la extinción Triásica-Jurásica, que acabó con el 80% de las especies. Y anteriormente a esta, hace 252 millones de años se produjo una gran emisión de CO_2 en una región conocida como traps siberianos, en un evento al que llamamos extinción Pérmica-Triásica, que acabó con el 70% de las especies. Por no extenderme demasiado, la Devónica y la Ordovícica-Silúrica, hace 372 y 443 millones de años, respectivamente, también tuvieron al CO_2 como protagonista. ¿Ves por dónde quiero ir?

Los seres humanos estamos emitiendo una cantidad tan alta de CO₂ a la atmósfera que nuestro planeta no tiene tiempo de adaptarse a este cambio. Los indicadores demuestran que esto es así, y lo peor de todo es que no estamos a tiempo de solucionarlo. En el pasado, la humanidad fue capaz de reaccionar rápidamente al problema del agujero de la capa de ozono, prohibiendo el uso de CFC —clorofluorocarburos— y décadas más tarde se ha regenerado por completo. En el caso del cambio climático que estamos viviendo actualmente, esto ya es simplemente imposible. Si hoy dejásemos de emitir gases de efecto invernadero por completo, el clima del planeta seguiría cambiando, así que por ahora lo único que podemos hacer es tratar de mitigar sus efectos e intentar no agravar más el problema. Sinceramente, no creo que vaya a haber una sexta extinción masiva por causas antropogénicas, aunque sí habrá serias consecuencias. Lo que me parece más interesante de este caso es una reflexión que todos, creo, debemos hacernos. Si sabemos desde hace años cuál es el castigo que sufren las especies cuando se modifica el clima drásticamente, ¿por qué seguimos jugando a la ruleta rusa con esta cuestión?