50 cosas que hay que saber sobre Universo



Joanne Baker

Ariel

50
cosas que hay que saber sobre el
Universo

Joanne Baker

Ariel

Título original: *50 Universe Ideas You Really Need to Know*

Primera edición: mayo de 2011
Primera edición en esta presentación: septiembre de 2025

© Joanne Baker 2010. The moral rights of Joanne Baker to be identified as the author of this work has been asserted in accordance with the Copyright, Design and Patients Act, 1988

Derechos exclusivos de la edición en español reservados para todo el mundo:
© Editorial Planeta, S. A., 2025
Avda. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona
Editorial Ariel es un sello editorial de Planeta, S. A.
www.ariel.es
www.planetadelibros.com

ISBN: 978-84-344-3961-0
Depósito legal: B. 13.365-2025

Impreso en España

La lectura abre horizontes, iguala oportunidades y construye una sociedad mejor. La propiedad intelectual es clave en la creación de contenidos culturales porque sostiene el ecosistema de quienes escriben y de nuestras librerías. Al comprar este libro estarás contribuyendo a mantener dicho ecosistema vivo y en crecimiento.
En **Grupo Planeta** agradecemos que nos ayudes a apoyar así la autonomía creativa de autoras y autores para que puedan seguir desempeñando su labor. Dirígete a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesitas fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puedes contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.



Contenidos

Introducción *7*

DESCUBRIENDO EL UNIVERSO

01 Planetas *8*
02 Heliocentrismo *12*
03 Leyes de Kepler *16*
04 La ley de la gravitación de Newton *20*
05 La teoría de la óptica de Newton *24*
06 El telescopio *28*
07 Las líneas de Fraunhofer *32*
08 El efecto Doppler *36*
09 Paralaje *40*
10 El Gran Debate *44*

COSMOLOGÍA

11 La paradoja de Olbers *48*
12 La ley de Hubble *52*
13 Escalera de distancias cósmicas *56*
14 El Big Bang *60*
15 Fondo cósmico de microondas *64*
16 La nucleosíntesis del Big Bang *68*
17 Antimateria *72*
18 Materia oscura *76*
19 La inflación cósmica *80*
20 Constante cosmológica *84*

ESPACIO-TIEMPO Y MÁS ALLÁ

21 El principio de Mach *88*
22 Relatividad especial *92*
23 Relatividad general *96*
24 Agujeros negros *100*
25 Astropartículas *104*
26 La partícula de Dios *108*
27 Teoría de cuerdas *112*
28 Principio antrópico *116*

GALAXIAS

29 Secuencia de Hubble de galaxias *120*
30 Cúmulos galácticos *124*
31 Estructuras a gran escala *128*
32 Radioastronomía *132*
33 Cuásares *136*
34 Fondo de rayos X *140*
35 Agujeros negros supermasivos *144*
36 Evolución de la galaxia *148*
37 Lentes gravitatorias *152*

ESTRELLAS

38 Clasificación estelar *156*
39 Evolución de las estrellas *160*
40 Nacimiento de las estrellas *164*
41 Muertes estelares *168*
42 Púlsares *172*
43 Explosiones de rayos gamma *176*
44 Variabilidad *180*
45 El Sol *184*
46 Exoplanetas *188*
47 Formación del sistema solar *192*
48 Lunas *196*
49 Astrobiología *200*
50 La paradoja de Fermi *204*

Glosario *208*
Índice *211*

01 Planetas

¿Cuántos planetas hay? Hasta hace pocos años esta era una pregunta sencilla que cualquiera podía responder: nueve. Hoy en día, sin embargo, es una respuesta controvertida, puesto que los astrónomos han puesto en duda el esquema habitual al descubrir cuerpos rocosos en la región externa congelada del sistema solar que rivalizan con Plutón, y al encontrar centenares de planetas alrededor de estrellas distantes. Estos descubrimientos obligaron a los científicos a tener que reconsiderar la definición de planeta, de manera que ahora habría ocho planetas *bona fide* en nuestro sistema solar, y además algunos planetas enanos, entre los que se contaría Plutón.

Desde la prehistoria, el hombre ha sido consciente de que los planetas son diferentes de las estrellas. Los planetas, llamados así por la palabra griega que significa «errabundo», migran por el cielo nocturno a través del inmutable telón de fondo de las estrellas. Todas las noches, las estrellas forman los mismos patrones. Todas sus constelaciones giran unidas alrededor de los polos norte y sur, y cada estrella describe a diario un círculo en el cielo. Sin embargo, las posiciones de los planetas respecto a las estrellas varían ligeramente cada día, siguiendo una trayectoria inclinada por el cielo, a la que se llama plano de la eclíptica. Al girar alrededor del Sol, todos los planetas se mueven en el mismo plano, que se proyecta como una línea en el cielo.

Desde hace milenios, se conocen los planetas mayores aparte de la Tierra, es decir, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. Se ven fácilmente a simple vista, eclipsando a menudo a sus vecinos estelares, y sus movimientos retrógados les confirieron un estatus mítico. Con la llegada del telescopio en el siglo XVII, el asombro que inspiraban no dejó de crecer: Saturno estaba rodeado por unos anillos maravillosos; Júpiter alardeaba de un círculo de lunas y la superficie de Marte estaba salpicada de oscuros canales.

Planeta X El descubrimiento del planeta Urano, en 1781, realizado por el astrónomo británico William Herschel, tambaleó las certezas

Cronología

350 a. C.
Aristóteles afirma que la Tierra es redonda

1543
Copérnico publica su teoría heliocéntrica

1610
Galileo Galilei descubre las lunas de Júpiter con el telescopio

1781
William Herschel descubre Urano

existentes sobre el cielo. Al ser más tenue y tener unos movimientos más lentos que el resto de los planetas, al principio se creyó que Urano era una estrella solitaria. El cuidadoso seguimiento al que lo sometió Herschel demostró de forma concluyente que orbitaba alrededor del Sol, lo que le confería estatus de planeta. Herschel se ganó la fama gracias a su descubrimiento, e incluso buscó el favor del rey Jorge III poniéndole durante un breve periodo de tiempo el nombre del monarca inglés. No obstante, aún aguardaban nuevos descubrimientos. Las ligeras imperfecciones observadas en la órbita de Urano llevaron a formular la hipótesis de que algún otro cuerpo celestial que estaba más allá del planeta estaba perturbando su órbita.

Definición de planeta

Un planeta es un cuerpo celestial que: (a) está en órbita alrededor del Sol, (b) tiene masa suficiente para que su propia gravedad se imponga a las fuerzas de un cuerpo rígido, de manera que adquiera una forma redonda, y (c) despeje los alrededores de su órbita.

Varios astrónomos investigaron la ubicación donde se esperaba encontrar al intruso errabundo hasta que, en 1846, el francés Urbain Jean Joseph Le Verrier descubrió Neptuno adelantándose por poco al astrónomo británico John Couch Adams en el anuncio del hallazgo.

Más tarde, en 1930, se confirmó la existencia de Plutón. Igual que ocurriera con Neptuno, las ligeras desviaciones en los movimientos esperados de los planetas exteriores sugirieron la presencia de otro cuerpo, que en aquella época se llamó Planeta X. Clyde Tombaugh, del Observatorio Lowell de Estados Unidos, descubrió el objeto al comparar fotografías del cielo tomadas en momentos diferentes: el planeta había revelado su presencia por su movimiento. En este caso, una colegiala se encargó de elegir su nombre. Venetia Burney, de Oxford, en Gran Bretaña, ganó un concurso de nombres inspirándose en el mundo clásico y sugiriendo llamar al nuevo planeta Plutón, como el dios de los Infiernos. Plutón se hizo muy popular en la época, ya que desde el perro Pluto de los dibujos animados hasta el plutonio, elemento que acababa entonces de descubrirse, se llaman así por él.

«Como los continentes, los planetas se definen más bien según cómo los imaginamos, más que por algún dictamen posterior a los hechos.»

Michael Brown, 2006

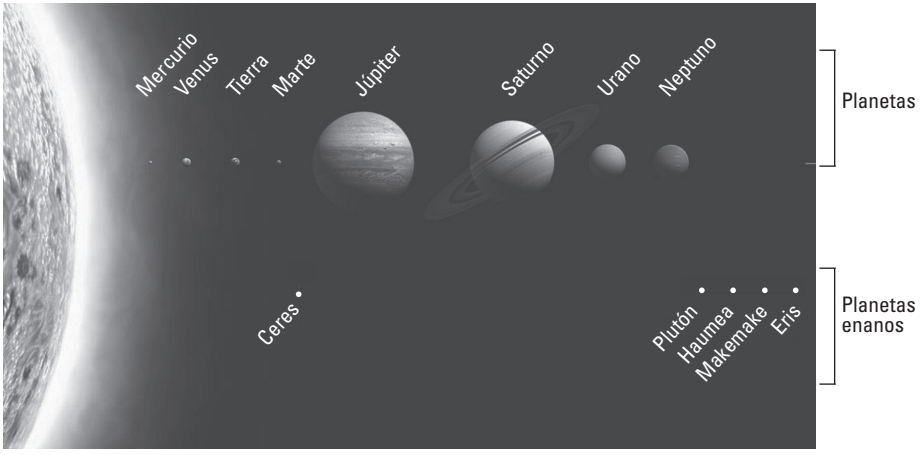
1843-1846 Adams y Le Verrier predicen y confirman la existencia de Neptuno

1930 Clyde Tombaugh descubre Plutón

1962 Imágenes de Venus del First Mariner 2: superficie del planeta

1992 Descubrimiento del primer planeta fuera del sistema solar

2005 Brown descubre Eris



Plutón destronado Nuestro sistema solar de nueve planetas se mantuvo vigente durante 75 años, hasta que Michael Brown del Caltech y sus colaboradores descubrieron que Plutón no estaba solo. Después de encontrar un puñado de objetos de tamaño considerable no muy lejos de la órbita de Plutón, en el límite frío del sistema solar, descubrieron incluso un objeto mayor que el propio Plutón, y al que llamaron Eris. En ese momento, la comunidad astronómica se enfrentaba a un dilema: ¿debía convertirse en un décimo planeta el objeto descubierto por Brown?

¿Y qué ocurre con los demás cuerpos helados que están cerca de Plutón y de Eris? Inevitablemente, el estatus de planeta de Plutón se cuestionó. Los límites exteriores del sistema solar estaban llenos de objetos cubiertos de hielo: Plutón y Eris eran simplemente los mayores. Además, se conocía la existencia por doquier de asteroides rocosos de tamaño similar, como, por ejemplo, Ceres, un asteroide de 950 km de diámetro que se descubrió en 1801 entre Marte y Júpiter durante la búsqueda de Neptuno.

WILLIAM HERSCHEL (1738-1822)

Nacido en Hanover, Alemania, en 1738, Frederick William Herschel emigró a Inglaterra en 1757 donde consiguió vivir como músico. Desarrolló un vivo interés por la astronomía, que compartía con su hermana Caroline, a quien llevó a Inglaterra en 1772. Los Herschel construyeron un telescopio para inspeccionar el cielo nocturno, catalogar cientos de estrellas dobles y miles de nebulosas. Herschel descubrió Urano y lo llamó «Georgium Sidum» en honor del rey Jorge III, que lo nombró astrónomo de la corte. Entre los otros descubrimientos de Herschel se incluyen la naturaleza binaria de muchas estrellas dobles, la variación estacional de los casquetes polares de Marte y las lunas de Urano y Saturno.

«Quizás este mundo sea el infierno de otro planeta.»

Aldous Huxley

En 2005 un comité de la Unión Astronómica internacional, la organización profesional de astrónomos, se reunió para decidir el destino de Plutón. Brown y algunos otros querían proteger el estatus de Plutón por estar culturalmente definido; además, en su opinión, Eris debería considerarse también un planeta.

Otros, en cambio, pensaban que todos los cuerpos helados más allá de Neptuno no eran verdaderos planetas. Así, en 2006, tras someterse a votación, se acordó dar una nueva definición al término planeta. Hasta entonces, el concepto no estaba precisado. Algunos científicos mostraban su perplejidad y afirmaban que lo que les pedían era como intentar dar una definición precisa de un continente: si Australia es un continente, ¿por qué Groenlandia no lo es? ¿Dónde empiezan y acaban Europa y Asia? Sin embargo, los astrofísicos consiguieron acordar una serie de requisitos, de manera que un planeta pasó a definirse como un cuerpo celestial que orbita alrededor del Sol, que tiene masa suficiente para que su propia gravedad le haga tener forma redonda y que ha limpiado la región que lo rodea. Según estas reglas, Plutón no era un planeta, porque no había eliminado otros cuerpos de su órbita. Se denominó a Plutón y a Eris planetas enanos, igual que Ceres, mientras que los cuerpos más pequeños, excepto las lunas, siguieron sin especificarse.

Más allá del Sol Aunque esta definición de planeta se concibió para nuestro propio sistema solar, podría aplicarse también fuera de él. En la actualidad, sabemos que varios centenares de planetas orbitan alrededor de estrellas que no son el Sol. Se identifican principalmente por los sutiles tirones que ejercen sobre sus estrellas anfitrionas.

La definición de estrella también se ha cuestionado en los últimos tiempos. Las estrellas son bolas de gas, como el Sol, lo suficientemente grandes para provocar una fusión nuclear en su zona central, de donde nace la energía que hace brillar la estrella. Sin embargo, no resulta evidente dónde trazar la línea divisoria entre las bolas de gas de tamaño planetario como Júpiter, y las estrellas más pequeñas y oscuras, como las enanas marrones. Es posible que en el espacio haya estrellas sin encender e incluso planetas que floten libres.

La idea en síntesis: los planetas sobresalen entre la multitud

02 Heliocentrismo

Aunque ahora sabemos que la Tierra y los planetas giran alrededor del Sol, este hecho no se aceptó hasta que se acumularon pruebas suficientes en el siglo XVII. Entonces desgarró por completo nuestra visión del mundo: se demostró que los humanos no estaban en el centro del universo, al contrario de lo que afirmaban la filosofía y la religión de ese tiempo. Aún hoy, sigue oyéndose el rumor de discusiones similares respecto al lugar que ocupa el hombre en el cosmos, desde el dogma creacionista hasta los aspectos racionales de la cosmología.

Las sociedades arcaicas literalmente creían que el universo daba vueltas a su alrededor. En la Antigüedad, la Tierra se situaba siempre en el centro de los modelos del cosmos. Todo lo demás se desarrollaba a partir de ahí. Pensaban que todos los cuerpos celestiales estaban fijados a esferas de cristal que giraban alrededor de la Tierra, de manera que las estrellas (clavadas en ellas, o bien visibles a través de pequeños agujeros) rodeaban los polos celestiales norte y sur cada noche. De este modo, el ser humano se aseguraba un lugar primordial y central en el funcionamiento del universo.

No obstante, existían ya indicios de que ese modelo, tan cómodo para el hombre, y que había dejado perplejos a los filósofos naturales durante generaciones, era incorrecto. La idea de que los cielos giran alrededor del Sol (un modelo heliocéntrico, cuyo nombre proviene de la palabra griega *helios*, que quiere decir «sol») fue sugerida por los filósofos de la Grecia antigua ya en el año 270 a. C. Aristarco de Samos fue uno de los que transmitió ese tipo de hipótesis en sus escritos. Tras calcular los tamaños relativos de la Tierra y el Sol, Aristarco se dio cuenta de que el Sol era mucho mayor y, por tanto, tenía mucho más sentido que se moviera la Tierra, que era más pequeña, a que lo hiciera el Sol, que era mayor.

En el siglo II, Ptolomeo usó las matemáticas para predecir los movimientos de estrellas y planetas. Lo hizo razonablemente bien, pero ha-

Cronología

270 a. C.
Los antiguos griegos proponen un modelo heliocéntrico

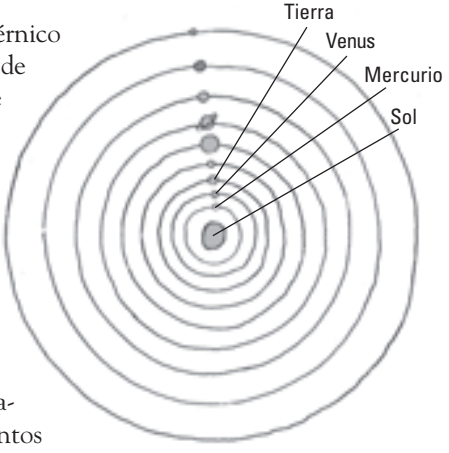
Siglo II
Ptolomeo añade epiciclos para explicar los movimientos retrógrados

bía patrones obvios que no encajaban con sus ecuaciones. El comportamiento más sorprendente era que los planetas ocasionalmente cambiaban de dirección, es decir, que tenían un movimiento retrógrado. Ptolomeo imaginó, como aquellos que lo precedieron, que los planetas giraban sobre enormes ruedas circulares en el cielo, y avanzó una explicación añadiendo dientes a sus órbitas. Así, sugirió que los planetas rodaban alrededor de anillos más pequeños mientras viajaban por una pista principal mayor, como un gigantesco mecanismo de relojería. En el modelo de estos «epiciclos» superpuestos, los planetas de vez en cuando realizaban un movimiento hacia atrás, describiendo un bucle.

La idea de los epiciclos persistió, y años después se redefinió. Los filósofos se sentían atraídos por la idea de que la naturaleza favorecía las geometrías perfectas.

No obstante, cuando los astrónomos midieron los movimientos de los planetas con más precisión, sus prescripciones matemáticas de un mecanismo de relojería no conseguían explicarlos. Conforme mejoraban sus datos, las discrepancias con el modelo establecido aumentaban.

Las ideas del modelo heliocéntrico de Copérnico se plantearon en alguna ocasión a lo largo de los siglos, pero nunca llegaron a considerarse seriamente. La visión geocéntrica prevaleció instintivamente, y las teorías alternativas se consideraban un juego mental arbitrario. Así, hasta el siglo XVI, el modelo heliocéntrico no se desarrolló con todas sus consecuencias.



En su libro de 1543 *De Revolutionibus*, el astrónomo polaco Nicolás Copérnico describió un modelo heliocéntrico matemáticamente detallado, que explicaba los movimientos

«Finalmente pondremos al Sol mismo en el centro del universo.»

Nicolás Copérnico

1543
Copérnico publica el modelo heliocéntrico

1609
Galileo descubre las lunas de Júpiter; Kepler describe las órbitas como elipses

1633
Proceso a Galileo por defender el heliocentrismo

NICOLÁS COPÉRNICO (1473-1543)

Nacido en Torun, Polonia, Copérnico estudió para convertirse en un canónigo: recibió clases de derecho, medicina, astronomía y astrología. Sentía fascinación por las ideas de Ptolomeo sobre el orden del universo, pero también las criticaba, y desarrolló su propio sistema en el que la Tierra y los planetas giraban alrededor del Sol. El trabajo de Copérnico *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (*Sobre las revoluciones de las esferas celestiales*), publicado en marzo de 1543 (justo dos meses antes de morir), fue toda una revelación que desmontaba la visión consagrada del universo heliocéntrico. No obstante, seguía estando lejos de las teorías de la astronomía moderna.

retrógrados de los planetas como una proyección de su movimiento alrededor del Sol, tal y como se verían desde la Tierra que, a su vez, giraba también de una forma similar.

Dado que ponía en duda la preeminencia de los humanos en el universo, el modelo de Copérnico tuvo consecuencias. La Iglesia y la sociedad siguieron prefiriendo la visión geocéntrica de Ptolomeo. Copérnico fue cauto y retrasó la publicación de su trabajo hasta el año de su muerte. Su argumento póstumo fue recibido y relegado sigilosamente, pero un personaje más ruidoso recogió su testigo.

El proceso a Galileo El astrónomo italiano Galileo Galilei desafió abiertamente a la Iglesia católica romana al defender el heliocentrismo. Su audacia se apoyaba en observaciones que realizó mediante el recién inventado telescopio. Al observar el cielo con mayor claridad que sus predecesores, Galileo encontró pruebas de que la Tierra no era el centro de todo. Júpiter tenía lunas que orbitaban a su alrededor, y Venus tenía fases igual que la Luna. Publicó estos descubrimientos en su libro de 1610 *Sidereus Nuncius*, o el *Mensajero estrellado*.

Convencido de que su visión heliocéntrica era correcta, Galileo defendió su argumentos en una carta a la gran duquesa Cristina. Tras afirmar que la rotación de la Tierra era la causa de que el Sol pareciera moverse por el cielo, fue convocado en Roma. El Vaticano aceptó que las observaciones eran ciertas, porque los astrónomos jesuitas veían las mismas cosas a través de sus telescopios. Sin embargo, la Iglesia se negó a aceptar la teoría de Galileo, afirmando que era solo una hipótesis que no podía tomarse al pie de la letra, por muy atractiva que resultara su simplicidad. En 1616, la Iglesia prohibió a Galileo

«Con toda seguridad, considerar herejía creer lo que se ha logrado demostrar es perjudicial para el alma.»

Galileo Galilei

enseñar la teoría heliocéntrica, y le impidió «mantener o defender» esa idea polémica.

La razón de Kepler Mientras tanto, un astrónomo alemán estudiaba también las matemáticas de los movimientos planetarios. Johannes Kepler publicó su análisis del recorrido de Marte en el libro *Astronomia nova* (1609), en el mismo año que Galileo construyó su telescopio. Kepler descubrió que una elipse, en lugar de un círculo, daba una mejor descripción de la órbita del planeta rojo alrededor del Sol. Al liberarse de los círculos perfectos, fue más allá del modelo de Copérnico y mejoró las predicciones de los movimientos planetarios.

Aunque ahora se considera una ley básica de la física, la visión de Kepler se adelantó a su tiempo y tardó mucho en aceptarse. Galileo, por una vez, lo ignoró.

A pesar de estar limitado, Galileo seguía convencido de que su explicación heliocéntrica era verdadera. Cuando el papa Urbano VIII le pidió que escribiera un ensayo objetivo que incluyera ambas posturas, y que se llamó *Diálogo de los dos sistemas del mundo*, Galileo contrarió al pontífice por favorecer su propia visión en perjuicio de la defendida por la Iglesia. El Vaticano, de nuevo, lo convocó en Roma, y lo condenó en 1633 por haber quebrantado su prohibición. Galileo quedó bajo arresto domiciliario durante el resto de su vida, y murió en 1642. El Vaticano tardó cuatro siglos en ofrecer una disculpa formal, coincidiendo con el aniversario de la publicación de su polémico libro.

Aceptación gradual Las pruebas de que la visión heliocéntrica del sistema solar era correcta se fueron acumulando a lo largo de los siglos. La mecánica de las órbitas de Kepler también demostró ser correcta e, incluso, influyó en la teoría de la gravedad de Newton. Conforme se descubrieron más planetas, resultaba más obvio que orbitaban alrededor del Sol. La afirmación de que el hombre era el centro de todo el universo era insostenible.

La idea en síntesis: el Sol está en el centro