

Recuento histórico de la ASTRONOMÍA



Crédito de la imagen: Hugo Heikenwaelder, Wikimedia Commons CC-BY-SA-2.5, basado en la versión original del grabado que se encuentra actualmente en dominio público.

Armando Caussade

2020

Recuento histórico de la astronomía

Extracto del libro *Astronomía descriptiva* (segunda edición, 2020); con revisiones.

Por Armando Caussade, GCSc, BS.

<http://armandocaussade.org/astronomy/>

La astronomía es la más antigua de las ciencias, y la observación de los astros se ha registrado desde el comienzo de la historia. La evidencia del quehacer astronómico existe en cada época y lugar del mundo.

La historia de la astronomía comprende cinco períodos bien demarcados, a saber: 1) la Antigüedad y la Edad Media, concentradas en la *astronomía de posición*; 2) el Renacimiento y la Ilustración, que vieron la consolidación del modelo heliocéntrico, la invención del telescopio y la introducción de la *mecánica celeste*, mediante la cual se llegó a explicar el movimiento de los planetas; 3) el siglo XIX, que marcó el origen de la *astrofísica*, disciplina que amplió notablemente el conocimiento del universo estelar; 4) el siglo XX, la era de la *cosmología física*, cuando se logró la comprensión definitiva de las galaxias como universos-islas y se descubrió la expansión del universo; y por último 5) el actual siglo XXI.

Los cinco períodos en la historia de la astronomía:

1. Antigüedad y Edad Media, época de la astronomía posicional	hasta el año 1500
2. Renacimiento e Ilustración, tiempo de la mecánica celeste	1501 a 1800
3. El siglo XIX, que marcó el origen de la astrofísica	1801 a 1900
4. El siglo XX, la era de la cosmología física	1901 a 2000
5. El siglo XXI, período de la astronomía contemporánea	2001 al presente

Este opúsculo dará un bosquejo (no un tratado) que abarca la historia entera de la astronomía, aunque el libro *Astronomía descriptiva* que ha publicado el autor explicará a profundidad los descubrimientos principales. La mayoría de estas notas históricas aparecen en las secciones siguientes: 2.5, 3.7, 5.3, 5.5, 6.2, 6.3, 6.7 y 6.8.

Antigüedad y Edad Media. Durante la Antigüedad, las civilizaciones que más se allegaron a esta ciencia fueron las de Mesopotamia (en particular, el Imperio Neobabilónico o Caldeo, que prosperó durante el siglo VI a.C.), como asimismo, los pueblos helenísticos que adoptaron la cultura griega.

A la astronomía de Mesopotamia se le debe (aunque con algunos refinamientos posteriores) el canon actual de las constelaciones, y particularmente, las trece que forman el zodíaco astronómico. A los astrónomos caldeos se les atribuyen también minuciosas observaciones de la Luna y de los planetas, mediante las cuales levantaron efemérides

que permitieron realizar el primer trazado exacto de la eclíptica, lo cual pudiera haber sido el primer proyecto científico emprendido por la humanidad.

Las observaciones del firmamento aumentaron en frecuencia y calidad durante la época del rey asirio Nabonasar (circa 740 a.C.), alcanzando su apogeo durante el período caldeo entre 626 a.C. y 539 a.C. Dichas observaciones tenían por objeto trazar el recorrido exacto de los planetas sobre el zodiaco, y a la astronomía caldea podría denominarse *la ciencia del zodiaco*, debido a su afán de registrar todo cuanto ocurría en el zodiaco y por su consecuente apego al sistema zodiacal de coordenadas celestes. El interés por los astros persistió durante los sucesivos períodos aqueménida y seléucida, siendo los pocos nombres de astrónomos que se conocen (Cidenas y Seleuco, entre varios) correspondientes a estos dos períodos tardíos. Sobre la astronomía caldea falta mucho por aprender, pues la transcripción de las escrituras cuneiformes donde está documentada dicha ciencia es un proyecto que apenas comienza.

Tras la conquista macedónica de Mesopotamia, en 331 a.C., los pueblos del Mediterráneo recibieron el insumo de la astronomía babilónica. Las efemérides planetarias elaboradas en Mesopotamia, primeras de la historia, fueron estudiadas por los griegos y comparadas con las suyas propias; también, llegaron a medir las coordenadas de las estrellas fijas, y tras varios siglos el desplazamiento gradual en sus longitudes condujo al descubrimiento de la precesión de los equinoccios. Además, elaboraron el sistema geocéntrico, que colocaba a la Tierra en el centro del universo y que intentaba explicar el movimiento aparente de los planetas en la bóveda. Aunque imperfecto, este modelo fue el primer intento de descifrar las leyes del cosmos, y evidenciaba el afán griego de comprender el universo y no solo de observarlo.

Entre los astrónomos griegos más destacados se podría nombrar a Eudoxo de Cnido (circa 390–337 a.C.), proponente del sistema geocéntrico; a Aristarco de Samos (circa 310–230 a.C.), que desafiando al establecimiento científico de su época propuso un sistema heliocéntrico; a Eratóstenes de Cirene (circa 276–194 a.C.), que mediante observaciones astronómicas midió la circunferencia de la Tierra; y a Hiparco de Nicea (circa 190–120 a.C.), descubridor de la precesión e introductor de la escala de magnitudes estelares. Posteriormente, Claudio Ptolomeo (circa 100–170) redactó el *Almagesto* (*El gran tratado*, en español), obra que sistematizaba la astronomía de la época, y mediante la cual perfeccionó el sistema geocéntrico y dio forma definitiva al canon greco-babilónico compuesto por 48 constelaciones.

El problema que sufrió la astronomía antigua fue la carencia de un modelo correcto que pudiera predecir con exactitud el movimiento de las estrellas errantes. En otras palabras, el paso observado del Sol, la Luna y los planetas entre las estrellas fijas nunca coincidía con los cálculos que se hacían mediante el geocentrismo y el supuesto de las órbitas circulares. Esto llevó a sucesivas reformas del sistema que nunca lograron resolver las

deficiencias, y no sería hasta la introducción de la mecánica celeste en el siglo XVIII cuando se consiguió finalmente armonizar las teorías con los resultados observacionales.

La astronomía china apenas empieza a conocerse en la actualidad, aunque consta que se desarrolló independientemente. Contrastaba con la astronomía greco-babilónica en lo siguiente: 1) su demarcación de la bóveda en 283 constelaciones, por encima de cuales se hallaba sobrepuesto un segundo conjunto formado por cuatro superconstelaciones; 2) el uso habitual del sistema ecuatorial de coordenadas, sobre el sistema zodiacal; y especialmente 3) por el afán en documentar cambios inesperados en la esfera celeste. Por otro lado, en la América prehispánica sobresalió la cultura maya como la más avanzada en la astronomía, lo cual queda evidenciado por sus exactísimas mediciones de los ciclos celestes, como la duración del año trópico y del mes sinódico, que a su vez emplearon para desarrollar todo un conjunto de calendarios muy precisos que históricamente fueron los mejores del mundo hasta el siglo XVI.

Durante la Edad Media se siguió cultivando la astronomía, particularmente en India y en Persia, aunque con pocas novedades y siempre apoyada en el cimiento de la ciencia greco-babilónica. Eso sí, los filósofos medievales trajeron innovaciones a las matemáticas que luego beneficiarían a la astronomía.

Aryabhata (476–550) contempló la posibilidad de asignar a los planetas órbitas elípticas, llegando incluso a sugerir la rotación de la Tierra, idea que luego propondría también Abu Raihan Al Biruni (973–1048). Basándose en los trabajos matemáticos de Aryabhata, Brahmagupta (circa 598–668) introdujo la numeración indoarábica, el cero y los números negativos, adelantos que luego se aplicaron a la ciencia. Por su parte, Abd Al Rahman Al Sufi (903–986), i.e., Azofi, hizo observaciones que resumió en su *Libro de las estrellas fijas*, incluyendo la primeras descripciones históricas de la Gran Nube de Magallanes y de la galaxia de Andrómeda. Posteriormente, el sultán turco-mongol Muhammad Taraghay ibn Shahruj (1394–1449), i.e., Ulugh Beg, construyó para sí un protoobservatorio en la ciudad de Samarcanda.

Renacimiento e Ilustración. A raíz del renacimiento se propagó en Europa el afán por la ciencia, y la invención de la imprenta (circa 1450) facilitó la divulgación de los descubrimientos y teorías científicas.

Encontrándose en su lecho de muerte, Mikołaj Kopernik (1473–1543), i.e., Nicolaus Copernicus, mandó a publicar su libro, *Sobre las revoluciones de las esferas celestes*, en el que proponía un universo heliocéntrico que colocaba al Sol, y no a la Tierra, en el centro. El modelo copernicano proponía órbitas circulares, error que fue corregido luego por Johannes Kepler (1571–1630) quien mediante sus leyes de movimiento planetario, publicadas en el libro *Astronomia Nova*, describió las órbitas como elipses. Esto lo logró tras analizar las observaciones hechas por su mentor, Tycho Brahe (1546–1601), las

mejores de la era pretelescópica y cuyo margen de error no superaba 2 minutos de arco, en el peor de los casos.

Tycho y Kepler también observaron las respectivas supernovas de 1572 en *Cassiopeia* y de 1604 en *Ophiuchus*, eventos que desmintieron la idea de que el universo era inmutable. Además, la variabilidad en el brillo de la estrella *Mira*, hecho descubierto en 1596 por David Faber (1564–1617), i.e., Fabricius, y luego explicado en 1638 por Johannes Holwarda (1618–1651), abonó a este cambio de filosofía.

Christoph Klau (1538–1612), i.e., Christophorus Clavius, fue el principal impulsor de la reforma gregoriana del calendario, efectuada en 1582. Johann Bayer (1572–1625) publicó *Uranometria* (1603), un innovador atlas estelar que introdujo la primera nomenclatura estelar moderna, empleada aún hoy día.

La invención del telescopio en los Países Bajos, hacia 1608, llegó a oídos de Galileo Galilei (1564–1642), quien en 1609 construyó un instrumento de 15 milímetros, el primero de varios que llegaría a fabricar. No se le atribuye a Galileo la introducción del telescopio, ni necesariamente ser la primera persona que lo dirigió al cielo nocturno, pero sí haber sido el primero que documentó sus observaciones con rigor científico, las cuales publicó en su *Sidereus Nuncius (El mensajero sideral)* de 1610. Los tres descubrimientos que expuso en su libro fueron: 1) los cuatro grandes satélites de Júpiter, hoy llamados lunas galileanas, 2) la topografía de la Luna, y 3) la estructura de la Vía Láctea, que resultó ser de carácter estelar. Luego descubriría las fases de Venus, hallazgo desfavorable al sistema geocéntrico.

Pronto el telescopio comenzó a utilizarse habitualmente. Johannes Hewel (1611–1687), i.e., Hevelius, observó la Luna y publicó uno de los primeros atlas lunares, *Selenographia*. Christiaan Huygens (1629–1695) estudió el planeta Saturno, descubriendo la luna *Titan* y convirtiéndose en el primero que acertó al describir la forma del anillo. Ole Rømer (1644–1710) analizó observaciones telescópicas de las lunas galileanas de Júpiter, que condujeron a la primera determinación precisa de la velocidad de la luz.

La popularidad del telescopio propició el florecimiento de los observatorios, primero en Europa y después en el resto del mundo. En 1671 se inauguró el Observatorio de París, el primero de carácter nacional y construido bajo el liderato de Jean-Dominique Cassini (1625–1712). En 1675 se fundó el Real Observatorio de Greenwich, ubicado en Londres y dirigido por John Flamsteed (1646–1719).

Tras analizar las leyes de movimiento planetario, Isaac Newton (1643–1727) propuso en 1687 su ley de gravitación universal mediante la obra *Principios matemáticos de la filosofía natural*; este tratado resultó revolucionario, pues partía de la premisa que el

cosmos posee un mismo conjunto de leyes naturales que rigen por igual tanto en los cielos como en la Tierra. Newton también fabricó el primer telescopio reflector en 1668. Edmond Halley (1656–1742) asistió a Newton con su libro, proponiéndose luego armonizar las observaciones celestes con las predicciones hechas por la ley de gravitación. Después de computar la órbita de los cometas de 1531, 1607 y 1682 y al ver su semejanza, concluyó que se trataba de un mismo astro y que este regresaría en 1758, cumpliéndose cabalmente dicha predicción.

La ley de gravitación universal fue apuntalada en el siglo XVIII mediante minuciosas observaciones de planetas y cometas, que luego se comparaban con las órbitas calculadas empleando las leyes de Newton. Leonhard Euler (1707–1783) y Joseph-Louis Lagrange (1736–1813) trabajaron juntos para comprender las perturbaciones orbitales, fenómeno que luego Pierre-Simon Laplace (1749–1827) identificaría como variaciones regulares y no caóticas. Por sugerencia del mismo Laplace, esta nueva disciplina que se edificó sobre el cimiento la antigua astronomía de posición fue nombrada como mecánica celeste.

El heliocentrismo de Copernicus tardó siglos en consolidarse, y el levantamiento de la prohibición eclesiástica no se logró sino hasta 1758. Mientras, la astronomía de posición que se había practicado desde la Antigüedad clásica mantuvo su vigencia mediante la cosmografía, una ciencia adoptada por las potencias navales europeas para medir las posiciones de los astros en el firmamento, precisando así las coordenadas geográficas en diversos lugares de la Tierra y asistiendo en la creación de mapas.

Los cinco precursores de la mecánica celeste:

1. Mikołaj Kopernik	1473–1543	Polonia
2. Tycho Brahe	1546–1601	Dinamarca, Alemania
3. Galileo Galilei	1564–1642	Italia
4. Johannes Kepler	1571–1630	Alemania
5. Isaac Newton	1643–1727	Gran Bretaña

Entre otros proyectos, Halley viajó en 1676 hasta la isla de Santa Elena para catalogar el hemisferio sur celeste, un trabajo retomado en 1751 por Nicolas-Louis de Lacaille (1713–1762), quien observando desde Sudáfrica añadió 14 nuevas constelaciones y dividió una en tres. Años después, Charles Messier (1730–1817) publicó un catálogo de 103 objetos difusos (110 en la actualidad) que estorbaban por su parecido con los cometas, astros preciados durante la época porque constituían magníficos experimentos para estudiar la gravedad. Immanuel Kant (1724–1804) promovió la hipótesis de la nebulosa primitiva (actual teoría nebular) para explicar el origen del Sistema Solar, la misma que Laplace reintroduciría independientemente y con más formalidad, en su tratado *Exposición del sistema del mundo* (1796).

Los tránsitos de Venus ocurridos en 1761 y 1769 permitieron calibrar la escala del

Sistema Solar con razonable exactitud, siendo Maximilian Hell (1720–1792) y Jérôme de Lalande (1732–1807) dos de los científicos que más asiduamente se involucraron con estos tránsitos. Lalande escribió ampliamente sobre temas científicos y comenzó a publicar libros dirigidos a popularizar la astronomía, algo entonces inusual. De otra parte, Johann Elert Bode (1747–1826) publicó varios atlas estelares y divulgó la ley de Titius-Bode, que establece unas proporciones aritméticas entre las distancias que separan los planetas al Sol, aunque falla en sus predicciones acerca de Neptuno, planeta que entonces no se conocía.

A finales del siglo XVIII ya funcionaban un centenar de observatorios, donde sonaban nombres como el del astrónomo Hell, quien fuera en 1756 director inaugural del Observatorio de Viena, y el de Johann Franz Encke (1791–1865), nombrado en 1825 para dirigir el Observatorio de Berlín tras su ampliación.

Siglo XIX. William Herschel (1738–1822) fue el fundador de la astronomía estelar. Ayudado por su hermana Caroline Herschel (1750–1848) catalogó 2,514 objetos de espacio profundo, estudiando posteriormente la estructura de la Vía Láctea. Durante un sondeo de estrellas binarias descubrió fortuitamente el planeta Urano, en 1781, empleando un telescopio de 160 milímetros; después construyó uno de 470 milímetros y otro de 1.2 metros, entre muchos que fabricó y vendió. Su hijo John Herschel (1792–1871) embarcó a Sudáfrica en 1833 para catalogar los cielos meridionales, llevando consigo el telescopio de 470 milímetros y añadiendo 2,565 nuevos objetos. Sumó luego este trabajo al de su padre, publicando en 1864 el *Catálogo general de nebulosas y cúmulos estelares* que incluía 5,079 entradas.

En 1801, Giuseppe Piazzi (1746–1826) descubrió un nuevo planeta, 1 Ceres, que pronto fue seguido por el hallazgo de 2 Pallas, 3 Juno y 4 Vesta, por los astrónomos H.W.M. Olbers y K.L. Harding. Pero no fue sino hasta 1845 cuando se descubriría un quinto asteroide, 5 Astraea, y ante la avalancha de nuevos hallazgos que inmediatamente se suscitó, William Herschel sugirió llamarles asteroides.

La astronomía de posición mejoró notablemente con el descubrimiento de la aberración de la luz y de la nutación por James Bradley (1693–1762) lo cual permitió que, en adelante, se redujeran los errores posicionales a menos de un segundo de arco. En 1838, Friedrich Bessel (1784–1846) publicó los primeros resultados fiables para algo intentado desde siglos: la medición del primer paralaje estelar, y la consiguiente determinación de una distancia precisa, que se realizó en la vecina estrella 61 Cygni. Posteriormente, F.G.W. Struve (1793–1864) midió paralaje en la estrella *Vega* y publicó extensas listas de estrellas binarias, cuyas órbitas empezaron a visualizarse como laboratorios de gravedad newtoniana.

El descubrimiento del planeta Neptuno en 1846 por el francés Urbain Le Verrier (1811–

1877) conmovió al mundo y causó un impacto mayor que el de Urano, en el sentido que un cálculo matemático precedió al avistamiento del planeta, y el hallazgo se interpretó inmediatamente como una prueba contundente de la ley de gravitación universal. Como codescubridores se reconocen al alemán Johann Gottfried Galle (1812–1910), el primero que observó e identificó el planeta, y al británico John Couch Adams (1819–1892) que independientemente había realizado cálculos que coincidían con los de Le Verrier.

Una nueva disciplina, la astrofísica, nació en 1814 mediante los trabajos de Joseph von Fraunhofer (1787–1826) en torno al espectro solar, quien catalogó y nombró 574 líneas de absorción, aunque no fue el primero en verlas, pues ya William Hyde Wollaston (1766–1828) las había reportado. Fraunhofer también mejoró la óptica de los telescopios refractores tras perfeccionar y comercializar la fabricación del objetivo acromático. Fortaleció a la astrofísica la introducción de la astrofotografía, en 1840, y de los primeros espectroscopios capaces de acoplarse directamente a un telescopio, a partir de 1860.

El efecto Doppler fue descubierto en 1842 por Christian Doppler (1803–1853), mientras que Gustav Kirchhoff (1824–1887) y Robert Bunsen (1811–1899) lograron juntamente en 1861 resolver el asunto de las líneas observadas en el espectro solar, asociándolas a los elementos químicos. Estos descubrimientos científicos mejoraron la astronomía, y sentaron las bases para el inicio de la espectroscopía estelar.

Comenzando en 1863, Angelo Secchi (1818–1878) observó no menos de 4,000 estrellas y desarrolló el primer esquema para clasificar los espectros estelares, según las líneas de absorción que pudieran encontrarse en los respectivos espectros; y a raíz de estos trabajos fue el primero que pudo afirmar inequívocamente la naturaleza estelar del Sol. Otro pionero de la espectroscopía lo fue William Huggins (1824–1910), quien sugirió que el desplazamiento de las líneas espectrales debido al efecto Doppler podría utilizarse para computar la velocidad radial de un astro, un resultado que consiguió en 1868 con la estrella *Sirius*, y luego Hermann Carl Vogel (1841–1907) aplicaría la técnica a muchas otras estrellas.

La astrofísica cambió dramáticamente la manera de mirar el universo. La idea de analizar la luz que provenía de los astros, con la finalidad expresa de desentrañar sus características físicas, era algo novedoso que contrastaba con la astronomía posicional y la mecánica celeste, que siempre se habían afanado en medir la posición y movimiento de los cuerpos celestes, para comprender sus órbitas.

Ante ese escenario, la mecánica celeste mantuvo su relevancia y todavía acaparaba el trabajo en muchos observatorios. En ella se destacó Simon Newcomb (1835–1909), quien la aplicó para describir con mayor exactitud que nunca antes el movimiento de la Luna, cuyas irregularidades orbitales son muy evidentes; por cierto, ya Newton se había quejado que sus indagaciones sobre la órbita lunar le causaban "dolores de cabeza". La

mecánica celeste se benefició también de los tránsitos de Venus ocurridos en 1874 y 1882, y particularmente este último, que fue objeto de una exitosa campaña internacional.

Mediante la elaboración de mapas y catálogos, progresó también la astronomía posicional. Friedrich W. Argelander (1799–1875) compiló el *Bonner Durchmusterung* (*La medición de Bonn*), primer catálogo estelar exhaustivo, del cual se levantó también un atlas; con 324,189 estrellas, cubrió el hemisferio norte celeste hasta la novena magnitud. J.L.E. Dreyer (1852–1926) expandió las recopilaciones de objetos no estelares creadas por Herschel y, en 1888, publicó el *Nuevo catálogo general* con 7,840 registros. Añadió luego dos suplementos llamados *Catálogos índice*, que juntos incorporan 5,386 entradas.

En 1886 se recibió en el Observatorio de Harvard College el legado del médico y astrónomo aficionado Henry Draper (1837–1882), que permitió al físico Edward C. Pickering (1846–1919) emprender un nuevo proyecto para fotografiar y clasificar espectros estelares, que sería facilitado por su invención del prisma-objetivo, que al colocarse frente a una placa fotográfica permitía recoger múltiples espectros en una misma exposición. Viéndose abrumado de trabajo, Pickering reclutó un grupo de talentosas mujeres que incluía a Williamina Fleming (1857–1911), a Antonia Maury (1866–1952) y a Annie Jump Cannon (1863–1941); esta última analizó los espectros de 350,000 estrellas, una por una, clasificándolas bajo un esquema propio que luego inspiraría el sistema MK de clasificación espectral, actualmente en vigencia.

La clasificación de espectros hecha en Harvard permitió que Ejnar Hertzsprung (1873–1967) y Henry Norris Russell (1877–1957) desarrollaran, mediante trabajos independientes, el actual diagrama de Hertzsprung-Russell, un plano cartesiano de estrellas que las relaciona por temperatura y luminosidad, y que tras descubrirse que ilustra la evolución estelar, se convertiría en fundamento de la astrofísica.

Siglo XX. En 1912, Henrietta S. Leavitt (1868–1921) anunció la relación período-luminosidad de las estrellas cefeidas que servía para estimar distancias, un hallazgo fortuito que permitiría extender la medición de distancias más allá de nuestra propia galaxia y que sentó las bases para la aparición de una nueva disciplina: la cosmología física. Harlow Shapley (1885–1972) utilizó en 1919 esta relación para hallar la distancia de 93 cúmulos globulares, convirtiéndose en el primero que aproximó el tamaño de la Vía Láctea y nuestra localización dentro de ella, situándonos hacia las orillas y no en el centro.

En el Observatorio Lowell, comenzando en 1912, Vesto M. Slipher (1875–1969) tomó el espectro de 41 nebulosas espirales y hacia 1921 demostró un consecuente desplazamiento al rojo, lo cual se traducía en un movimiento de recesión; pero al no comprenderse aún que aquellas realmente constituían galaxias externas, el hallazgo no llegó entonces a

interpretarse como una expansión generalizada del universo. En 1917 se inauguró en Monte Wilson un telescopio de 2.5 metros, entonces el mayor del mundo y que permitió a Edwin P. Hubble (1889–1953) identificar estrellas cefeidas dentro de la galaxia de Andrómeda; este hallazgo arrojó en 1924 la primera distancia fiable para ese sistema, y demostró que constituía una galaxia externa y no una nebulosa, comprobándose así la hipótesis de los universos-islas.

Albert Einstein (1879–1955) publicó la teoría especial de la relatividad (1905) y la teoría general de la relatividad (1915) luego de examinar el conocimiento físico entonces vigente, y en particular todo lo concerniente al electromagnetismo. Entre varias cosas, la relatividad especial establece la velocidad de la luz como un límite absoluto, con independencia del observador, y hace explícita la equivalencia entre materia y energía; por su parte, la relatividad general hace explícita la equivalencia entre espacio y tiempo, describiendo la gravedad como una curvatura del espacio-tiempo ocasionada por cuerpos masivos. Las teorías de Einstein fueron cuestionadas inicialmente, aunque Arthur Eddington (1882–1944) consiguió pruebas sólidas a su favor mediante el eclipse solar total de 29 de mayo de 1919.

En su forma original, las ecuaciones sobre relatividad general no parecían compatibles con la idea de un universo estático, y en realidad favorecían un cosmos en expansión. Esta apreciación la hizo en 1922 el ruso Aleksandr Fridman (1888–1925), e independientemente en 1927 el belga Georges H.J.E. Lemaître (1894–1966), correspondiendo al estadounidense Hubble el honor de proveer en 1929 la primera evidencia empírica. Hubble y su ayudante Milton L. Humason (1891–1972) consiguieron este resultado tras comparar veinticuatro mediciones propias de distancias, con las velocidades obtenidas por Slipher, encontrando que la recesión de las galaxias resultaba mayor en aquellas más lejanas. A esta relación, que señala el origen de la cosmología física, se conoce hoy día como ley de Hubble-Lemaître.

Los seis pioneros de la cosmología física:

1. Vesto M. Slipher	1875–1969	Estados Unidos
2. Albert Einstein	1879–1955	Alemania, Suiza, Estados Unidos
3. Aleksandr Fridman	1888–1925	Imperio Ruso / Unión Soviética
4. Edwin P. Hubble	1889–1953	Estados Unidos
5. Milton L. Humason	1891–1972	Estados Unidos
6. Georges H.J.E. Lemaître	1894–1966	Bélgica

Comprendiendo que las galaxias se alejan unas de otras, Lemaître dio a conocer en 1931 su hipótesis del átomo primitivo (actual teoría de la gran explosión) para explicar los inicios del universo. De hecho, fue Lemaître quien interpretó las observaciones de Hubble como prueba irrefutable de la expansión del cosmos, una explicación que en años posteriores fue apoyada y desarrollada por George Gamow (1904–1968). Un protegido de Hubble, Allan Sandage (1926–2010), divulgó el primer valor fiable para la rapidez de

la expansión del universo, la llamada constante de Hubble, obtenido mediante el telescopio de 5 metros en Monte Palomar, abierto en 1948 y que duraría hasta 1975 como el mayor del mundo.

Apoyada sobre la astrofísica, la cosmología enseguida se arraigó entre la comunidad científica, pero esto no privó de auge ni de prestigio a la astronomía estelar, que entre 1920 y 1960 avanzaría notablemente. Cecilia Payne-Gaposchkin (1900–1979) anunció en 1925 que las estrellas estaban constituidas casi exclusivamente por hidrógeno y helio. Mientras, Eddington había sugerido desde 1920 que la energía de las estrellas parecía provenir de la fusión termonuclear de hidrógeno en helio, un concepto que en la década de 1930 sería planteado con mayor rigor por Hans Bethe (1906–2005), valiéndole el Nobel de Física 1967, y por Carl Friedrich von Weizsäcker (1912–2007), trabajando ambos por separado.

En 1930, Subrahmanyan Chandrasekhar (1910–1995) identificó inequívocamente las estrellas enanas blancas como remanentes estelares, por lo que se le otorgó el Premio Nobel de Física 1983. Luego, en 1933, Walter Baade (1893–1960) y Fritz Zwicky (1898–1974) teorizaron en conjunto sobre remanentes estelares de mayor masa, conocidos hoy como estrellas de neutrones. En 1957, Fred Hoyle (1915–2001) y tres colegas publicaron el famoso artículo apodado B^2FH , en el cual explicaban que, con pocas excepciones, los elementos químicos se fabrican mediante reacciones nucleares dentro de las estrellas. Este importante trabajo aplicó la fusión termonuclear a los átomos pesados, mas allá del hidrógeno.

El advenimiento de la radioastronomía abrió nuevas posibilidades. A partir de 1952, Jan Hendrik Oort (1900–1992) y otros emplearon radiotelescopios para trazar la estructura espiral de la Vía Láctea, y en 1962, Maarten Schmidt (1929–) identificó el primer cuásar, la radiofuente 3C273. En 1964 y por puro accidente, se descubrió el fondo cósmico de microondas, hallazgo de Arno Penzias (1933–) y Robert W. Wilson (1936–) que cimentó la teoría de la gran explosión y que ganaría el Nobel de Física 1978. En 1967, Jocelyn Bell (1943–) y su preceptor Anthony Hewish (1924–) descubrieron fortuitamente el primer púlsar, PSR B1919+21, un trabajo que aportó al Nobel de Física 1974, aunque el premio se otorgó sin reconocimiento a Bell. Citando a Baade y a Zwicky, Hoyle, Thomas Gold (1920–2004) y Franco Pacini (1939–2012) asociarían independientemente los púlsares con las estrellas de neutrones.

La radioastronomía fue también empleada por los pioneros de la astrobiología, como Frank Drake (1930–), quien realizó el proyecto Ozma y el mensaje de Arecibo, entre varios trabajos. El Observatorio de Arecibo, inaugurado en 1963, operó hasta el año 2016 el mayor radiotelescopio del mundo.

El estudio del Sistema Solar resurgió durante la posguerra, destacándose en este campo

Gerard Kuiper (1905–1973). La era espacial comenzó con el lanzamiento del primer satélite artificial, el *Sputnik 1* en 1957, por la Unión Soviética, consiguiéndose en corto tiempo otros tres hitos: 1) el primer sobrevuelo exitoso de la Luna, por la sonda soviética *Luna 3*, en 1959; 2) el primer humano en el espacio, el piloto ruso Yuri Gagarin (1934–1968) en 1961, a bordo de la astronave *Vostok 1*; y 3) el programa *Apollo*, mediante el cual Estados Unidos envió doce humanos a caminar sobre la Luna, entre 1969 y 1972.

Los cuatro hitos de la era espacial:

1. Primer satélite artificial, el <i>Sputnik 1</i>	1957	Unión Soviética
2. Primer sobrevuelo exitoso de la Luna, por la sonda <i>Luna 3</i>	1959	Unión Soviética
3. Primer humano en el espacio, el piloto Yuri Gagarin	1961	Unión Soviética
4. Primeros humanos en la Luna, Neil Armstrong y Buzz Aldrin	1969	Estados Unidos

Posteriormente, los proyectos *Venera* y *Viking* llevaron sondas hasta la superficie de Venus (1970) y de Marte (1976), las primeras con aterrizaje exitoso. Las dos naves *Voyager* se convirtieron en las sondas más productivas jamás enviadas, realizando entre 1979 y 1989 el llamado "gran recorrido" que visitó los cuatro planetas jovianos del Sistema Solar, y que propició el hallazgo del anillo de Júpiter y de los volcanes en la luna *Io*. Se observó también el anillo de Saturno desde cerca y se obtuvieron las primeras imágenes detalladas de la luna *Titan* con su atmósfera, como asimismo de los planetas Urano y Neptuno.

La primera estación espacial fue *Salyut 1* (1971), sucedida por otras más duraderas como *Skylab* (1973 a 1979), *Mir* (1986 a 2001), y la *Estación Espacial Internacional (ISS)*, (1998 al presente), entre varias. El programa de transbordadores espaciales (1981 a 2011) introdujo las naves reusables, y el consiguiente desarrollo de la astronáutica hizo posible la puesta en órbita de telescopios espaciales para observar en cortas longitudes de onda, que al ser absorbidas por la atmósfera terrestre nunca llegan hasta la superficie. El satélite *Uhuru* (1970 a 1973) realizó el primer sondeo completo de la esfera celeste en rayos X, e independientemente en 1973 se anunció el descubrimiento de los estallidos cósmicos de rayos gamma. También se lanzaron al espacio telescopios capaces de observar en luz ultravioleta e infrarroja.

El Telescopio Espacial *Hubble* fue colocado en la órbita terrestre en 1990, siendo sus dos mayores resultados los siguientes: 1) el hallazgo de discos protoplanetarios que sostienen la teoría nebular sobre formación de estrellas; y 2) medidas fiables de distancias galácticas que han mejorado el valor de la constante de Hubble. En 1993 y 1996 se inauguraron los dos telescopios Keck de 10 metros, en Hawái, y a partir de 1998 se abrieron los cuatro telescopios VLT (*Very Large Telescope*) de 8.2 metros, en Chile.

En 1930, Clyde Tombaugh (1906–1997) había descubierto lo que entonces se consideró como el noveno planeta, el actual planeta enano Plutón. En la década de 1980, David C. Jewitt (1958–) se cuestionaba la aparente despoblación que parecía regir en las afueras

del Sistema Solar, por lo que junto a su alumna Jane Luu (1963–) emprendió una exhaustiva búsqueda telescópica que mantuvo por seis años, y que rindió frutos en 1992 con el anuncio de 1992 QB₁, hoy llamado 15760 Albion. Este descubrimiento desencadenó una avalancha de hallazgos posteriores que finalmente demostraría la existencia del cinturón de Kuiper, cambiando para siempre el concepto hasta entonces vigente del Sistema Solar.

Aleksander Wolszczan (1946–) y Dale Frail (1961–) anunciaron en 1992 algo soñado por siglos: el descubrimiento de los primeros exoplanetas, que fueron hallados en torno a la estrella de neutrones PSR B1257+12. Tres años después, Michel Mayor (1942–) y Didier Queloz (1966–) descubrieron el primer sistema planetario en torno a una estrella de secuencia principal, 51 Pegasi, trabajo que les valió el Nobel de Física 2019. Estos descubrimientos también provocaron una oleada de hallazgos, tal como ocurrió con el cinturón de Kuiper. En 1995 se anunció la primera enana marrón, Teide 1, ubicada en las Pléyades y atribuida a una minuciosa investigación que dirigió Rafael Rebolo López (1961–).

Durante la década de 1970, Vera Rubin (1928–2016) y sus colegas estudiaron la rotación de la galaxia de Andrómeda y de otras veinte, encontrando que todas ellas rotaban más rápido de lo esperado; esto se atribuyó a la materia oscura, un concepto que Zwicky ya había anticipado desde 1933. En la década de 1980, Margaret Geller (1947–) y John Huchra (1948–2010) graficaron miles de galaxias mediante computadoras, para elaborar los primeros mapas cósmicos en tres dimensiones. Este trabajo representó un adelanto para la cosmología, pues por vez primera se desentrañaba la estructura amplia del universo.

Siglo XXI. El satélite *COBE* (1989 a 1993) sondeó exitosamente el fondo cósmico de microondas, una reliquia de la gran explosión, hallándose allí leves irregularidades de temperatura y consiguiéndose con este descubrimiento el Nobel de Física 2006. Los satélites *WMAP* (2001 a 2010) y *Planck* (2009 a 2013) volvieron a investigar el asunto, confirmando los resultados del *COBE* y mejorando su calidad.

Lanzado en 1989, el satélite *Hipparcos* logró medir con gran exactitud los paralajes trigonométricos de un millón de estrellas, resultado que produjo las distancias más fiables jamás obtenidas. A su vez, estos trabajos inspiraron el nuevo satélite *Gaia*, lanzado en 2013 con la finalidad expresa de completar el primer censo estelar a escala galáctica jamás levantado, actualmente activo y que se anticipa observará sobre mil millones de estrellas, una de cada cien en la Vía Láctea. Lo interesante de estos proyectos sería que, aunque a primera mirada parecen relacionarse con la astronomía posicional (y en realidad lo están), sus resultados acarrearán múltiples implicaciones para la astrofísica e incluso para la cosmología.

Entre 1998 y 1999 dos consorcios científicos anunciaron, por separado, resultados empíricos que demuestran una aceleración en la expansión del universo, atribuida a una fuerza repulsiva que se ha denominado como energía oscura. Este descubrimiento, que mereció el Nobel de Física 2011, se basó en medidas de luminosidad en supernovas de tipo Ia, que se efectuaron en galaxias superdistantes.

La primera detección directa de las ondas gravitatorias predichas por Einstein se logró en 2015 mediante el Observatorio de Interferometría Láser de Ondas Gravitatorias (LIGO), un resultado obtenido al cumplirse exactamente un siglo de la teoría general de la relatividad y que recibió el Nobel de Física 2017. En 2019 se consiguió la primera imagen detallada de los alrededores de un agujero negro, captada en microondas, mediante combinación de un conjunto de radiotelescopios denominado como Telescopio del Horizonte de Sucesos (EHT). Estos dos trabajos constituyen exitosos experimentos sobre gravedad que se añaden a la extensa colección de resultados que sostienen la teoría general de la relatividad.

Síntesis de lo anterior. En cierto modo, el desarrollo histórico de la astronomía nos ha permitido ver cómo la Tierra ha sido sucesivamente removida de toda localización céntrica, e igualmente reducida en su importancia filosófica. Dicho en palabras simples, nuestro planeta no representaría más que un simple grano de arena en una inmensa playa cósmica. Otra idea que ha resultado cada vez más clara sería que ningún objeto del universo material permanece quieto, sino que todo cuerpo está en continuo movimiento y evolución. En la naturaleza, nada quedará exento de cambio ni durará para siempre.

La astronomía continúa su desarrollo hoy día, concentrándose en el esclarecimiento de las siguientes cuestiones: 1) la evolución temprana del universo y el origen de las galaxias, 2) la naturaleza de la materia oscura y de la energía oscura, 3) la formación de las estrellas y de los sistemas planetarios, procurándose especialmente la caracterización de los exoplanetas, y 4) la exploración directa del Sistema Solar mediante sondas, y la búsqueda de vida —presente o pasada— en ciertos lugares idóneos. Estas cuatro líneas de investigación son las que ocupan hoy día a la mayoría de los astrónomos. ■

Copyright © 2020 Armando Caussade. Reservados algunos derechos.

Este opúsculo es gratis. Puede fotocopiar y distribuirse libremente.

Licencia Creative Commons, CC BY–NC–ND 4.0.

Atribución – No comercial – Sin derivar 4.0 Internacional.