

LA PERCEPCIÓN DEL UNIVERSO

FRANCISCO SÁEZ PASTOR

saezpastor @Hotmail.com

Facultad de Ciencias de la Educación. Pontevedra.

Universidad de Vigo

RESUMEN: El conocimiento y la percepción que el hombre ha tenido del Universo a lo largo de su Historia han evolucionado a medida que los científicos y astrónomos iban aportando los frutos de sus estudios y observaciones. En este artículo se presenta la historia secuenciada de los hitos que hicieron posible que el hombre ampliase su concepción del Mundo. Dicha evolución abarca desde la Edad Antigua hasta nuestros días, pasando por el Renacimiento y las grandes aportaciones de los siglos XVIII y XIX. El siglo XX, con la incorporación de poderosos instrumentos como los grandes telescopios ópticos y la radioastronomía, han logrado llevar los conocimientos astronómicos hasta sus últimas consecuencias...por ahora.

PALABRAS CLAVE: Astronomía, Cosmos, heliocentrismo, nebulosa, galaxia, cefeidas, recesión, Big-Bang, Estado Estacionario, radioastronomía, microondas, radiación de fondo, Universo abierto, Universo cerrado, lentes gravitatorias, radiotelescopio, energía oscura.

ABSTRACT: Since the astronomers and scientists had observed and studied the Universe, the knowledge and perception of it has evolved and increased. This article shows the most important moments that made it possible for human beings to broaden their conception of the World. Such an evolution begins in the Middle Ages and lasts till nowadays, going through Renaissance and the big discoveries of 18th and 19th centuries. In the 20th century, powerful instruments such as big optical telescopes and radio astronomy had lead the astronomical knowledge to the limit... until now!

KEY WORDS: Astronomy, cosmos, Heliocentric, nebula, galaxies, cepheids, recession, Stationary State, radio astronomy, microwaves, relic radiation, open Universe, closed Universe, gravitational lenses, radio telescope.

1. INTRODUCCIÓN

El hombre habita en el espacio, en un pequeño rincón de la inmensidad del Cosmos; sobre una pequeña plataforma esférica que flota en el vacío rotando en torno a una modesta estrella, como si de una mota de polvo se tratase: la Tierra. El hombre está pegado a su superficie por una fuerza que no le permite separarse de ella aunque sí moverse. Se ubica en una zona excéntrica del enorme conglomerado de estrellas, la galaxia, entre los miles de millones de éstas que existen en el Universo.

Y el hombre no ha tomado conciencia real de su ubicación en el Cosmos hasta hace menos de un siglo. Han sido científicos, exploradores del espacio, hombres con mente inquieta deseosos de saber realmente qué había más allá de las fronteras de nuestro hábitat, quienes han descubierto los secretos, muy bien escondidos del Universo para la humanidad.

En este artículo queda plasmada la secuencia de descubrimientos cosmológicos y sus hitos más importantes desde los inicios de la Historia del hombre hasta nuestros días. El hombre ha avanzado bastante en el conocimiento del Universo, pero la transmisión de la información obtenida tarda un tiempo en llegar a la población en general. Y ésta se transmite muchas veces, a través de medios no especializados, de manera parcial o sesgada, dirigida a un público no iniciado en esta disciplina y, por tanto, no preparado para interpretar adecuadamente dicha información.

Este trabajo pretende describir una serie de conocimientos e hipótesis importantes, con pretensiones didácticas, para lo cual se sigue una línea argumental muy concreta: aquellas aportaciones que han permitido al hombre conocer tanto dimensiones como estructuras y funcionamiento del Universo, según la evolución que estos conocimientos han experimentado a lo largo de la Historia.

Los conocimientos astronómicos hasta el siglo XVII, junto a sus protagonistas, son conocidos en general, pero la evolución de los progresos de los últimos tres siglos resulta más difícil de seguir aunque sus aportaciones las tiene asumidas el hombre ya como algo natural. No obstante, y a pesar de la enorme información que se recibe continuamente, los descubrimientos del siglo XX no son bien conocidos.

El objetivo de este artículo ha sido el de establecer una secuencia argumental, sustentada en los datos más básicos de los descubrimientos cosmológicos más importantes, que ayuden a la correcta comprensión del Universo.

Con la perspectiva de los conocimientos que el hombre contemporáneo tiene actualmente, resulta curioso comprobar cuánto ha costado aceptar y asimilar determinados funcionamientos y estructuras astronómicas en tiempos pasados. Ya Aristarco de Samos, en el siglo III a. C. dedujo con buena lógica, que el Sol era el centro del Sistema Solar. Habrían de pasar casi dos mil años para que ese concepto fuera aceptado plenamente.

Con la incorporación del telescopio por Galileo, se abrían nuevas perspectivas y se ampliaban horizontes en esta disciplina. Hersche descubre la galaxia, Hubble descubre un Universo en expansión, y varios científicos del siglo XX descubren el origen del universo y sus dimensiones.

Actualmente el hombre acepta y asimila cualquier innovación que surja. A veces, los conocimientos obtenidos de manera empírica se mezclan con la ficción, y termina confundiendo, en algunos casos, a personas con buena predisposición receptiva.

Deseamos que este artículo ayude a esclarecer y a dejar en sus justos límites los auténticos conocimientos astronómicos y la percepción del Mundo.

2. EL UNIVERSO SEGÚN EL HOMBRE DE LA EDAD ANTIGUA

El hombre medio de la Edad Antigua, muy apegado al terreno, tenía una idea muy limitada de las dimensiones del espacio circundante; sus desplazamientos eran mínimos: trasladarse a otra aldea, pasar a otro valle.

La percepción de la extensión de un territorio definido, como un reino o un imperio, por lo general, sólo la tenían unas pocas personas, como los dirigentes; también, los soldados y los mercaderes, que realizaban grandes desplazamientos y solían tener una visión más amplia de las dimensiones territoriales. Éstos, con sus relatos de otras tierras, iban engrandeciendo en el hombre la idea de amplitud del Mundo.

Si la Tierra era plana, como parece ser que pensaban todos los hombres antes del desarrollo cultural de los griegos, ¿debería tener un fin; o, ¿acaso era infinito? El concepto de *infinito* siempre ha resultado incómodo para el hombre. Se escapa de su comprensión y, por tanto, trata de soslayarlo.

En principio, se imaginaban la Tierra como una superficie plana rodeada por océanos, Si se adentraban en ellos, correrían el peligro de caer en los abismos. Era la mar tenebrosa. En el primer viaje de Colón hacia América, muchos marineros sentían aún pánico ante ese panorama. Pero, de existir dichos abismos ¿qué era lo que impedía a los mares precipitarse por sus bordes? Una respuesta podían encontrarla en el hecho de que el cielo formase una especie de coraza que sujetara a los mares en el horizonte extremo. Formaría una especie de caja. ¿Qué tamaño tendría? Al caer la noche y ver el firmamento, el espacio se ampliaba. Las estrellas parecían muy lejanas; ¿a qué distancia estarían?

3. LA ESFERICIDAD DE LA TIERRA

Los griegos, con un sentido más desarrollado de las proporciones geométricas, concibieron, en un principio, la Tierra como un círculo en cuyo centro se encontraba Grecia. **Hecateo de Mileto**, hacia el año 500 a. C., estimó que la Tierra sería un círculo plano y que tendría un diámetro de unos 8.000 km; curiosamente, la décima parte de la superficie real de nuestro planeta.

Otra incógnita se plantearon en aquel tiempo: si todos los objetos caían verticalmente, ¿por qué la Tierra no caía también? ¿qué la sujetaba? Si un objeto o animal gigante la sujetaba ¡a éste tendría que sujetarlo otro!

Aunque en la percepción lógica de la observación cotidiana encajaba bien la Tierra plana, sobrevolaban dificultades de tipo filosófico. Pues si la Tierra era plana, ¿por qué cambiaba de noche la situación de las estrellas? Además, a lo largo del año, también eran diferentes las estrellas que podían observarse a la misma hora de la noche.

Cuando los viajeros se desplazaban hacia el Norte, algunas estrellas desaparecían detrás del horizonte meridional y otras iban apareciendo; sucedía lo mismo si viajaban hacia el Sur. Los viajes realizados hacia el Este-Oeste no llamaba la atención de dicho efecto porque las estrellas se desplazaban en dicha dirección.

Anaximandro de Mileto (611-546 a. C.) sugirió que la Tierra podría ser un cilindro curvado hacia el Norte-Sur. Este planteamiento supuso una innovación en el pensamiento del hombre y un gran avance científico, que despejaba el camino para otros descubrimientos en el saber y en la percepción de nuestro mundo. Y así ha sido hasta nuestros días.

Otra ratificación de la curvatura de la Tierra era que en los barcos, al alejarse, desaparecía primero el casco y luego las velas; como si estuviesen descendiendo por una colina. Eso era propio de superficies curvas. Pero ese efecto sucedía en cualquier dirección que llevase el barco. La Tierra se curvaba, no sólo en dirección Norte-Sur, sino en todas por igual.

4. CIENTÍFICOS DE LA ANTIGÜEDAD

Los astrónomos griegos, en sus observaciones de los eclipses de Luna, dedujeron que el Sol se situaba en el lado opuesto a ésta, y que la sombra de la Tierra se proyectaba sobre la Luna, eclipsándola; observaron que esta sombra era circular, independientemente de las posiciones de la Luna y del Sol.

El único cuerpo sólido que proyecta una sombra con sección circular en todas direcciones es una esfera. Luego, la Tierra debía ser esférica. El que pareciera plana sólo se debería a la enorme dimensión de la misma.

Fue **Filolao de Tarento** quien sugirió la idea de la esfericidad de la Tierra hacia el año 450 a. C. Ya desde el siglo IV a. C. ningún científico dudaba de que la Tierra fuese una esfera. Desde entonces ha sido admitido por todo hombre culto del mundo occidental.

La idea era tan satisfactoria y estaba tan ausente de paradojas que fue aceptada aunque no hubiese pruebas directas. La constatación no llegaría hasta el año 1522 d. J., con la expedición española de Fernando de Magallanes (1480-1521), concluida por Juan Sebastián Elcano (1476-1526), cuando logró concluir, con la nave Victoria, la primera vuelta a la Tierra.

Hacia 250 a. C., estimaron el perímetro de la Tierra en 9.500 km. Ya se había producido una notable ampliación sobre las apreciaciones de **Hecateo**, 250 años antes.

El espíritu investigador de los griegos hizo que profundizaran más en los conocimientos del Mundo. Y así fue como **Eratóstenes de Cirene** (276-196 a. C.), a la sazón, director de la biblioteca de Alejandría, estableció las dimensiones de la esfera terrestre.

Le habían comentado que en la ciudad de Syena —la actual Asuán—, situada a 800 km al sur de Alejandría, el día 21 de junio —solsticio de verano—, cuando el Sol del mediodía se encuentra en el cenit, no se proyectaban sombras en las columnas del templo, y los rayos del sol incidían directamente en el agua de un profundo pozo.

Al año siguiente estuvo atento por si esos hechos se producían también en Alejandría en la misma fecha. Comprobó que un poste vertical clavado en el suelo proyectaba una sombra de unos 7° al medio día del solsticio de verano. Como los griegos de aquella época ya tenían los conocimientos matemáticos suficientes, Eratóstenes calculó, con estos datos, el diámetro de la Tierra —12.800 km, y una circunferencia de 40.000 km—, con una diferencia de sólo 60 km; más achacable ésta quizás, al error en la medición de la distancia entre Syena y Alejandría que a los propios cálculos.

Las dimensiones del Mundo se habían ampliado considerablemente. Posteriores mediciones de los griegos rebajaron dichas dimensiones a 9.900 km. Las obtenidas por Eratóstenes se les antojaban excesivas. Y éstas últimas son las que prevalecieron durante toda la Edad Media; y fueron utilizadas por Cristóbal Colón (1451?-1506) para demostrar que era factible la ruta hacia el Oeste para llegar a Asia desde Europa. De no haber estado en medio el continente americano —que él parecía desconocer—, probablemente no hubiera logrado culminar su hazaña.

Si la Tierra era una esfera, el cielo tenía que ser una segunda esfera, más grande; que envolviera a la primera: la *esfera celeste*. ¿Qué dimensiones tendría? No debería ser mucho más grande que la Tierra; quizás se situase a unos 16 km sobre la superficie. Suponían que esta esfera daba una vuelta completa alrededor de la Tierra cada

veinticuatro horas, arrastrando en bloque a todas las estrellas, pues éstas deberían encontrarse adosadas a la bóveda celeste. Ésta creencia prevaleció hasta el siglo XVII en gran parte de la población occidental.

Pero las dimensiones de la bóveda celeste fueron ampliándose considerablemente. Se conocían siete cuerpos celestes que no estaban fijados a la esfera celeste. Los llamaban cuerpos “planetes” (errantes) que vagaban entre las estrellas. Éstos eran: la Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter y, el más lejano, Saturno.

5. ASTRONOMÍA CIENTÍFICA

Aristarco de Samos (320-250a. C.) fue el primer astrónomo que realizó una medición rigurosa y metódica de la distancia a la Luna: unos 400.000 km.

Basándose en sus observaciones, y con un método más riguroso, **Hiparco de Nicea** (190-120 a. C.), quizás el astrónomo más notable de la antigüedad, establecería en 384.000 km. dicha distancia. También halló su diámetro —3.480 km—. La distancia media establecida en la actualidad, con mediciones láser, es de 384.400 km y el diámetro, 3.476 km. Asombrosa precisión teniendo en cuenta los rudimentos de medición de aquella época.

Aristarco dedujo por sus cálculos que el Sol debería estar unas veinte veces más lejos que la Luna —unos 8 millones de kilómetros— y debería ser unas 7 veces más grande. Por lo tanto, ante esa diferencia de tamaño, ¿debería ser la Tierra la que girase sobre sí misma y además, en torno al Sol!

Esta última teoría no se tomó en serio en aquella época. Aunque el Sol se encuentra a una distancia 400 veces más lejos y es 104 veces más grande que la Tierra, los griegos habían sido capaces de aumentar notablemente la amplitud del Universo. La bóveda celeste era, para ellos, una esfera gigante de varios millones de kilómetros de diámetro.

También había cuajado la idea, establecida por Platón en 380 a. C. de que el Universo todo estaba en armonía; y el Sol, la Luna y los planetas giraban alrededor de la Tierra en círculos perfectos. Ideas asumidas posteriormente por el cristianismo.

Esta teoría se impuso en el pensamiento de los científicos griegos y fue recogida por Tolomeo, que trabajó en la biblioteca de Alejandría en el siglo II d. C. **Claudio Tolomeo** (90-168 d. C.), astrónomo egipcio —que no tenía ninguna relación con los reyes del mismo nombre—, publicó su libro *Almagesto*, basado en los trabajos de Hiparco a los que añadió los suyos propios.

Habrían de pasar catorce siglos desde esa publicación para que la percepción del Mundo recibiera un nuevo impulso.



Fig. 1. Claudio Tolomeo (Enciclopedia del Espacio, Espasa)

Con el fundamentalismo excluyente y su teología de pensamiento único, en una civilización romana en decadencia, los cristianos del siglo IV d. C. lograron apagar todos los rescoldos de ciencia que aún quedaban, y que había caracterizado a la sociedad científica de la cultura helénica.

El cierre del pensamiento libre y racional se produjo, probablemente, con el asesinato de **Hipatia de Alejandría** (370-415 d. C.), brillante matemática y astrónoma, directora de la Biblioteca de Alejandría; asesinato inspirado, parece ser, por el obispo Cirilo (380-444), patriarca de Alejandría.

Hipatia, fue la última persona científica de la antigüedad y, posiblemente, la primera mujer científica en la historia de la Humanidad.

6. EN LA EDAD MEDIA

La ciencia experimental y empírica, desde el punto de vista astronómico, no despertaría hasta el siglo XVI a través de Copérnico, con la publicación, en 1543 de su *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (“Sobre la Revolución de los Orbes Celestes”). Aunque pensadores como **Sacrobosco**, que escribió un tratado astronómico llamado *Esfera* a mediados del siglo XIII, o **Nicolás Oresme** (1320-1382) quien sostenía que no

había pruebas de que la Tierra estuviera estática en el centro del Universo, allanaron el camino para las propuestas futuras. Podemos mencionar también, al astrónomo y matemático alemán **Johann Müller**, llamado **Regiomontano** (1436-1476); entre sus varias aportaciones, publicó un libro de efemérides compilado día a día durante varios años; un ejemplar de éste lo llevaría Cristóbal Colón en sus viajes a las Indias, y así pudo predecir el eclipse de Sol del 29 de febrero de 1504, durante su cuarto viaje, para intimidar a los nativos de Jamaica que les negaban la comida.

Los árabes sí mantuvieron la ciencia astronómica durante la Edad Media, y transmitieron los conocimientos aristotélicos y tolemaicos durante el apogeo científico medieval en Europa, aunque no se conoce ningún avance significativo que hiciera cambiar al hombre la idea que hasta entonces tenía del Universo.

No obstante, podemos destacar la figura de **Aberroes** (1126-1198), seguidor de Aristóteles, quien realizó un refinado modelo tolemaico del Cosmos, o su contemporáneo, **Azarquiel**, quien elaboró las *tablas toledanas*, un compendio de efemérides planetarias; conocidas después como *tablas alfonsinas* al desarrollarse y perfeccionarse en la corte del rey Alfonso X el Sabio, con sede en Toledo.

7. LA ASTRONOMÍA RENACENTISTA

Nicolás Copérnico (1473-1543), médico y astrónomo polaco, con el cargo de canónigo de la catedral de Frauenburg —lo que le permitía disponer de bastante tiempo libre—, estableció que el Sol ocupaba el centro fijo del Universo; la Tierra, como un planeta más, giraba a su alrededor. Probablemente influido por Aristarco y su larga estancia en Italia donde se doctoró en derecho canónico.

Establecía Copérnico seis planetas; la Luna no sería un planeta en igualdad con los demás, pues ésta no giraba en torno al Sol sino a la Tierra. Los cuerpos que giraban alrededor de un planeta fueron denominados *satélites*. Todos los planetas tenían también movimiento de rotación.

Publicó el libro cuando estaba en su lecho de muerte; tuvo un gran número de detractores. La Iglesia lo colocó en su lista de libros prohibidos y su obra “pasó de puntillas” en los siglos XVI y XVII. Hasta 1835 no vería la plena luz.

Sus hipótesis quedaron confirmadas más de un siglo después de su muerte con las observaciones de Ticho, de Kepler y con los descubrimientos de Galileo; sobre todo, al observar éste las fases de Venus en 1610, que Copérnico había vaticinado.

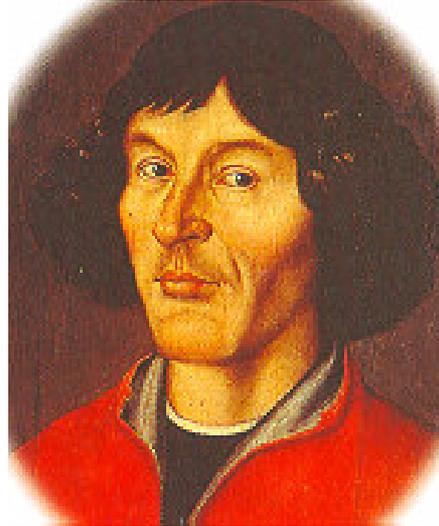


Fig. 2. Nicolás Copérnico (Enciclopedia del Espacio, Espasa)

Con sus planteamientos, Copérnico abrió el camino de las ciencias modernas y, lo que fue más importante, hizo que el hombre cambiase su manera de pensar respecto a la concepción que hasta entonces había tenido del Universo.

Ticho Brahe (1546-1601), astrónomo danés, midió la situación de estrellas y planetas con su observatorio de gran precisión. Observó una *supernova* en la constelación de Casiopea y un cometa en 1577, al que situó mucho más lejos de la Luna, fuera de la atmósfera de la Tierra, en contra de lo establecido por Aristóteles ¡El firmamento no era estable, podía cambiar!



Figura 3. Ticho Brahe (Enciclopedia del Espacio; Espasa)

Ticho contrató a Kepler en 1597 como ayudante. **Johannes Kepler** (1571-1630), matemático y astrónomo alemán, estudió las órbitas de los planetas que Ticho

había medido, a la muerte de éste, pues en vida no le permitió acceder a dicha información. Después de muchos cálculos y de no pasar por alto pequeñas diferencias con los datos de observación, llegó a la conclusión de que las órbitas de los planetas no eran circulares como hasta entonces creía firmemente, sino que eran elípticas.

A partir de estos resultados estableció las leyes por las que se rigen las órbitas de los planetas y de los satélites. Kepler, luterano, sufrió persecución religiosa.

La órbita elíptica de los cuerpos celestes se debe a la atracción gravitatoria. Es una constante lucha entre precipitarse sobre el astro atrayente y escapar de él. Kepler especuló mucho en sus escritos sobre esta fuerza pero no llegó a interpretarla.



Fig. 4. Johannes Kepler (Enciclopedia del Espacio, Espasa)

Galileo Galilei (1564-1642), matemático, físico y astrónomo, fue el primero que utilizó el telescopio en sus observaciones; con sus descubrimientos amplió la percepción que el hombre tenía del Universo.

Descubrió los satélites de Júpiter —*galileanos*, en su honor—, la rotación del Sol y los eclipses de Venus. Estableció así el *heliocentrismo*. Sus ideas fueron revolucionarias para la época y la Iglesia le condenó.



Fig. 5. Galileo Galilei (Enciclopedia del Espacio, Espasa)

Isaac Newton (1645-1727) revisó y ordenó los escritos legados por Kepler, a veces caóticos y especulativos; a partir de ellos dedujo la *fuera de la gravedad* por la que los planetas se mantienen en sus órbitas alrededor del Sol. Newton realizó una gran aportación a la ciencia astronómica; no obstante, Kepler “se lo había puesto en bandeja”.

Newton, además de plantear sus tres leyes de la mecánica, inventó el telescopio reflector, de espejo. Todos los telescopios modernos se basan en ese principio que él estableció y han sido decisivos para lograr los grandes avances posteriores de la Astronomía; logros que supusieron la ampliación de horizontes hasta límites insospechados.

Con la aportación de estos hombres renacentistas al conocimiento científico en Astronomía, se establecieron los fundamentos para los siguientes avances en esta disciplina. A medida que se producen nuevos descubrimientos astronómicos, el hombre va tomando conciencia de la grandiosidad de la Creación. Cuanto más se amplían las distancias del Universo, más amplia es también la mentalidad del hombre.

La persecución de estos científicos por la Iglesia fue un error, como así ha dejado establecido el papa Juan Pablo II al rehabilitar a Galileo. No iban en contra de Dios; más bien, lo magnificaban. Los postulados y la actividad de los sabios en los siglos IV y V no estaban en contradicción con la doctrina de Jesús de Nazaret; y podrían haber sido compatibles. Afortunadamente, aquella etapa de la Humanidad ha sido superada.

8. EL ORIGEN DEL UNIVERSO

El hombre no sólo ha sentido deseos de conocer su entorno y el espacio más alejado de sí hasta sus últimos límites, también se ha preguntado por sus orígenes.

¿Cómo y cuándo se formó la Tierra que habitamos? ¿A través de qué procesos se ha originado la vida?

La respuesta en la antigüedad se obtenía a través de la mitología y de los postulados teológicos. Actualmente, el hombre tiene suficientes datos y comprobaciones científicas para poder establecer con gran precisión cómo y cuándo se creó el Universo.

En las primeras concepciones de la creación, la *cosmogonía* —del griego *cosmos* (mundo) y *gonos* (generación) — consistía en mitologías que surgían ante la imposibilidad del hombre de conocer y comprender el proceso real de la formación del Mundo. ¡Algún agente sobrenatural tenía que haber intervenido!

En la mayoría de las cosmogonías primitivas, el agente de la creación forma el Universo con materia caótica previamente existente, más bien que como un acto de creación de la nada. Y su proceso se realiza en un corto periodo de tiempo.

Los egipcios hablaban de una inundación preexistente que contenía el semen de todas las cosas; los pueblos que atribuyen el origen del Universo a un huevo cósmico que gira en un vacío ilimitado, son muy numerosos; se extiende desde la India hasta el norte de Europa, pasando por Grecia y Mesopotamia; también, algunas civilizaciones del África occidental y la Polinesia. A la luz de los últimos descubrimientos, no estaban desacertados.

El Antiguo Testamento narra en el Génesis la Creación. Dios hizo el Mundo en seis días; en el primero creó la luz. También está acertado, como veremos más adelante. Siempre interpretando estos textos en un sentido metafórico.

Veamos el proceso de descubrimiento del Universo y como colofón o apoteosis, el descubrimiento de su origen y de su destino.

9. LA PERCEPCIÓN DE LA GALAXIA

Hiparco, con un trabajo sistemático, había registrado la posición de más de 800 estrellas —de las aproximadamente 3.500 que se pueden ver a simple vista en el hemisferio Norte— en su mapa estelar; el primero de la antigüedad. Fue enriquecido por Tolomeo, quien aportó unas 200 estrellas más.

Basándose en esos mapas, **Edmon Halley** (1655-1742), astrónomo y matemático inglés —más conocido por demostrar que los cometas son periódicos y

predecir la vuelta del que luego llevaría su nombre—, observó en 1718 que algunas de las estrellas más brillantes se habían desplazado del lugar que les habían asignado los griegos.

Las estrellas, pues, no estaban fijadas a la bóveda celeste sino que poseían movimiento propio; aunque se necesitasen varias generaciones de hombres para comprobarlo. ¡Si algunas estrellas no estaban quietas, quizás no lo estaría ninguna!, ¡hasta es posible que la bóveda celeste no existiera! Se vino abajo la hipótesis de un cielo quieto y consolidado.

Se fue forjando la idea, en la primera mitad del siglo XVIII, de que las estrellas no se encontrasen a la misma distancia. Las estrellas que se habían desplazado —Sirio, Procyon y Arturo—, muy luminosas, podrían serlo porque estaban cerca y otras menos brillantes, quizás lo fueran porque estuviesen mucho más alejadas.

9.1. Infinitad de estrellas

A mediados del siglo XVIII, ya estaba perfectamente establecido que las estrellas se encontraban distribuidas por un espacio vasto e indefinido; y además, situadas a diferentes distancias.

Según los nuevos sistemas de medición de distancias basados en el desplazamiento en grados de arco de una estrella sobre el fondo estrellado (*pársec*), la distancia media entre dos estrellas es de unos 300 millones de km. Como se conocían unas 6.000 estrellas a simple vista, el tamaño de la esfera que las albergase debería tener unas dimensiones de unos 3.000 billones de km. Eran unas dimensiones para sentir vértigo.

Además de estrellas, también se habían detectado unos objetos celestes más difusos; algunos eran cometas y otros eran nebulosas o cúmulos estelares. **Charles Messier** (1730-1817) descubrió y catalogó 103 objetos de estos últimos para diferenciarlos de posibles cometas, que era lo que él buscaba.

Pero Galileo, con su telescopio, había detectado muchas más estrellas; y cada vez que introducía mejoras en sus aparatos, detectaba más y más estrellas. Surgió entonces el siguiente reto: ¿a qué distancia se encontraba la estrella más lejana?, ¿realmente existía un límite para éstas?, ¿era infinito el Universo con estrellas por todas partes? La idea de infinito que siempre ha inquietado a la mente humana volvía a planear sobre el hombre. Se abrió así una nueva línea de investigación.

La respuesta a esta cuestión llegaría de dos frentes: una teórica propuesta por Olbers y otra basada en las observaciones de Herschel.

Por entonces, la oscuridad de la noche constituía un misterio aunque pareciera una trivialidad y algo natural y cotidiano para la población en general, pero no para mentes inquietas y reflexivas como la de Kepler. Planteaba éste que si el número de estrellas era infinito, como parecía concluirse de las observaciones con telescopio de Galileo, y están distribuidas de manera uniforme, las estrellas cubrirían todas las zonas del cielo sin dejar ningún hueco; la cantidad de luz que nos llegase sería infinita y el cielo debería brillar como una bola de fuego. En cambio era negro en ausencia del Sol. Se planteaba así una paradoja. La cual seguía planteándose a principios del siglo XVIII.

Heinrich Wilhelm Matthäus Olbers (1758-1840) médico y astrónomo alemán, sugirió en 1820 que el motivo de la oscuridad nocturna sería la existencia de nubes de polvo en el espacio, las cuales absorberían la luz de las estrellas más lejanas. Pero a este argumento le surgió un inconveniente; dichas nubes irían calentándose hasta llegar a emitir tanta luz como recibiesen. Se establecía la llamada *paradoja de Olbers*.

Para neutralizar este argumento cabía la posibilidad de que el número de estrellas no fuese infinito, aunque muy grande y distribuidas en un espacio finito de vastas dimensiones.

Actualmente se sabe que el cielo nocturno es oscuro porque el Universo no es infinitamente antiguo y, además está en expansión; la luz de muchas estrellas no nos ha llegado aún, y la que llega lo hace en una longitud de onda diferente, “cansada” por el largo viaje.

Paralelamente a estos planteamientos, se estaban produciendo estudios sistemáticos de observación a cargo de **William Herschel** (1738-1822). Inglés, de origen alemán, y considerado como uno de los astrónomos más importantes de todos los tiempos. Entre su aportación a la astronomía, inmensa y diversa, tiene el descubrimiento del planeta Urano y dos de sus satélites, las estrellas dobles o el movimiento de traslación del Sol hacia el *ápex* y su velocidad (19 km/segundo); estos descubrimientos fueron posibles gracias a los telescopios que él mismo construía.

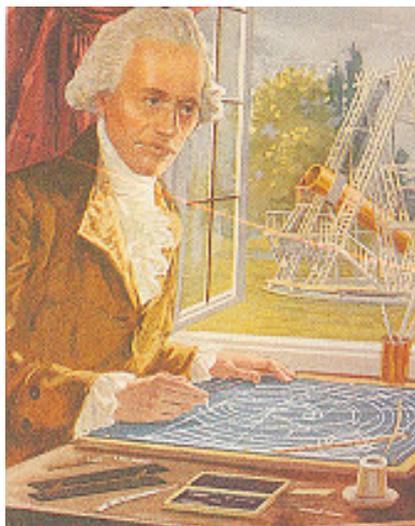


Fig. 6. William Herschel (Enciclopedia del Espacio, Espasa)

Su hermana **Caroline Herschel** (1750-1848), también astrónoma, descubrió varios cometas y elaboró un catálogo de 2.500 nebulosas y cúmulos estelares, catálogo ampliado después por el hijo de William, **John Herschel** (1792-1871).

La familia Herschel, y especialmente William, realizó una gran contribución a la ampliación del conocimiento del Universo por el hombre.

9.2. La Vía Láctea

A lo largo de todo el cielo se extiende una banda luminosa con un ángulo de 62° respecto al plano ecuatorial de la Tierra. Los griegos le dieron el nombre de *galaxia kiklos* (círculo lácteo); los romanos la llamaron *vía láctea*. En la Edad Media recibió también el nombre de Camino de Santiago —que guiaba a los peregrinos en su viaje a Compostela—. Galileo ya había observado en 1610 que no se trataba de una nube luminosa sino que estaba compuesta por estrellas individuales.

William Herschel, en su estudio sistemático del cielo, había comprobado que la concentración de estrellas disminuía cuanto más alejadas estaban de la Vía Láctea y aumentaban cuanto más cerca estaban de ella. Este descubrimiento le dio la idea a Herschel de que quizás las estrellas se agrupasen en un espacio con forma lenticular, como una gran rueda de molino. Sería, pues, un *sistema sidéreo* finito con forma definida. Con el tiempo fue adoptado el término de *galaxia* para definir este sistema.

No obstante, **Thomas Wright** (1711-1786) científico británico, ya había interpretado anteriormente, en 1750, la Galaxia de manera correcta como un gran

sistema estelar; incluso, liberándose de los últimos resabios geocentristas, atribuyó al Sol una posición excéntrica en el disco de estrellas.

Pero no se detuvo ahí William Herschel; se planteó cuál sería el tamaño del sistema sidéreo. Estableció que el diámetro máximo sería el de unas 800 veces la distancia media entre dos estrellas. Con el patrón de distancia actual, serían unos 8.000 años luz. Para el hombre de los albores del siglo XIX, éste sería el tamaño del Universo. Para Herschel, el Sol ocuparía un lugar central en el sistema, puesto que la franja lechosa rodeaba todo el firmamento.

Este tamaño fue aumentando progresivamente y no sería hasta 1930 cuando se estableciera la dimensión definitiva de la Galaxia: 100 mil años luz de diámetro con una población de unos 100.000 millones de estrellas.

Pero **Harlow Shapley** (1885-1972), con sus mediciones de distancia de las estrellas a través de la escala de las *cefeidas* ⁽¹⁾, estableció en 1920, que el Sol se hallaba a 50.000 años luz del centro de la galaxia. **Jan Oort** (1900-1992) demostró en 1925 que el Sol se sitúa a 30.000 años luz del centro de la Galaxia. Esta excentricidad del Sol, comparada con la idea geocentrista que había imperado durante milenios, suponía una humillación para el hombre, que se había creído el centro del Universo.

El descubrimiento del movimiento propio del Sol por Herschel, supuso un nuevo golpe para las creencias del hombre de aquella época. Jan Oort también logró demostrar que el Sol se desplaza a 220 km/s en movimiento circular alrededor del centro galáctico, completando una vuelta al cabo de 230 millones de años.

10. LA NEBULOSA DE ANDRÓMEDA

La astronomía acaba de realizar dos grandes conquistas para la percepción del Universo por el hombre: el reconocimiento de la galaxia y el lugar excéntrico que ocupa el Sol en ella. Pero los astrónomos ya tenían planteados otros interrogantes.

Con los potentes telescopios que ya se disponía desde finales del siglo XVIII, se observaban otros objetos celestes que no alcanzaban a comprender bien su naturaleza: las *nebulosas*. Se veían como manchas blanquecinas en el negro fondo celeste.

Herschel interpretó que todas ellas eran como otros sistemas sidéreos muy lejanos, poblados de miles de estrellas como el nuestro, de *universos-islas*. **Enmanuel Kant** (1724-1804) también las había considerado de la misma manera.

La más llamativa por su forma se situaba en la constelación de Andrómeda; puede detectarse a simple vista como una mancha débil y difusa, con una luminosidad

de 4^a magnitud. Herschel y Kant sostenían que ésta era uno de esos universos-islas. Pero **Pierre Simon de Laplace** (1749-1827), astrónomo francés, la concebía como un sistema planetario en formación; una teoría con bastante lógica y, por tanto, con muchos seguidores. Fue denominada *hipótesis nebular*. La polémica sobre estas dos posturas duraría siglo y medio.

En 1845, **William Parsons** (1800-187-1867), irlandés, Conde de Rosse, con su potente telescopio de 183 cm de abertura, descubrió que algunas de las nebulosas presentaban una forma espiral.

Con la entrada de un nuevo instrumento en 1864, el *espectroscopio*, la teoría de Herschel-Kant se vio seriamente afectada pues en el análisis espectroscópico de las nebulosas, establecido por **William Huggin** (1824-1910), la mayoría de ellas presentaban espectros de emisión con rayas brillantes y aisladas, que corresponde a gases, en vez de presentar un espectro continuo como debería corresponder al propio de las estrellas.

La nebulosa de Andrómeda, identificada como espiral en 1888, presentaba un espectro continuo; pero en cambio, era imposible detectar estrellas individuales en ella. Solamente se detectaban estrellas *novas* ⁽²⁾ ocasionalmente. ¡De pertenecer a ésta, podría ser un universo-isla! Pero, también, las novas podrían estar en la misma proyección y no pertenecer a la nebulosa sino a la galaxia.

Con los telescopios de principios del siglo XX no podían detectarse estrellas individuales. No cabe duda de que si la nebulosa de Andrómeda era una galaxia independiente, tenía que estar enormemente lejos.

Una nova detectada en la proyección de Andrómeda en 1911, situaba a esta nebulosa a 1.600 años luz de nosotros. Pero no era seguro que se hubiese producido en ella; además, se desconfiaba de la exactitud de dicha medición. De ser cierto, ampliaría enormemente las dimensiones del Universo.

Heber Doust Curtis (1872-1942) buscó de manera sistemática estrellas novas en la nebulosa de Andrómeda durante la segunda década del siglo XX. Encontró varias; las suficientes como para descartar la posibilidad de que no se producían fuera de la nebulosa. Así pues, ésta debía encontrarse muy alejada de los límites de nuestra galaxia; y debía ser un gigantesco conglomerado de estrellas; un universo-isla.

La conclusión de Curtis no fue aceptada por la comunidad astronómica. El argumento de las novas no era concluyente; no se sabía aún lo suficiente de ellas.

11. EL UNIVERSO EN EXPLOSIÓN

Así estaban los conocimientos más avanzados sobre el Universo en los primeros años del siglo XX. Vistos desde la perspectiva de un siglo después, con los avances tecnológicos que se han producido, conformaban unos buenos cimientos para construir el gran edificio de conocimientos que el hombre tiene en la actualidad.

En la segunda década del siglo XX ya estaban fraguando los grandes descubrimientos que harían cambiar sustancialmente la percepción que el hombre tenía sobre el Universo. Unos cambios, en la actualidad, de magnitudes equivalentes a las aportaciones de Copérnico. Si bien, no lo suficientemente valoradas por el gran público; tan saturado de información; con noticias en esta disciplina, muchas veces sesgadas y otras, con titulares equívocos.

Trataremos de establecer una panorámica sobre los hitos más importantes en el conocimiento astronómico de los últimos cien años.

11.1. La galaxia de Andrómeda

En 1917 se instaló en Monte Wilson, California, un telescopio reflector de 2.50 metros de diámetro. Era, con gran diferencia, el más potente de su época. Y lo sería durante toda una generación. —Actualmente, algunos superan los 10 metros de diámetro—. Su construcción fue posible gracias a las donaciones de John D. Hooke. **Edwin Powell Hubble** (1889-1953) desarrollaría en él una de las investigaciones astronómicas más importantes de todos los tiempos.

Edwin Hubble inició su carrera como abogado en Kentucky, pero a los 25 años abandonó las leyes por la astronomía. Está considerado como el mejor astrónomo de su época y uno de los más grandes de todos los tiempos. No obstante, se le conoce más por el telescopio espacial que lleva su nombre que por su contribución a esta ciencia.



Fig. 7. Edwin Hubble (Enciclopedia del Espacio, Espasa)

Una de sus primeras observaciones fue dirigir su telescopio a la nebulosa de Andrómeda. Logró discernir estrellas individuales en las afueras de la nebulosa. En 1923 Hubble encontró una cefeida. Tras aplicar las técnicas de periodo-luminosidad, estimó que la nebulosa de Andrómeda debía estar a una distancia de unos 800.000 años luz. Hoy sabemos que está a más de dos millones de años luz. De cualquier manera, la polémica quedaba zanjada: la nebulosa de Andrómeda no era el sistema planetario de Laplace sino el universo-isla de Herschel y Kant.



Fig. 8. Fotografía de la nebulosa de Andrómeda detectada ya como galaxia (www.astrored.org)

A principios del siglo XX se conocían ya unas 13.000 nebulosas espirales. Hubble, con la gran aportación de su ayudante, **Milton Humason**, (1891-1972), que había sido inicialmente conserje de ese observatorio, estudiaron el espectro de diferentes galaxias. El trabajo era arduo; tenían que hacer largas exposiciones de una misma galaxia; a veces, hasta de 45 horas a lo largo de varias noches. Actualmente se puede obtener el mismo resultado en pocos minutos. Milton Humason recibiría, el título de Doctor *Honoris Causa* por la universidad de Lund (Suecia) en 1950, como reconocimiento a su gran aportación a la astronomía.

Siguieron inspeccionando más y más galaxias; al aplicarles el efecto *doppler-fizeau* ⁽³⁾, comprobaron que casi todas ellas presentaban desplazamiento hacia el rojo en sus líneas espectrales, indicador de que se alejaban. ¡El Universo estaba en expansión!

Albert Einstein (1879-1955), publicaría en 1915 su teoría de la relatividad general; de ella se deducía la expansión del Universo. Mas para ajustar su teoría a las creencias anteriores a estos descubrimientos —un Universo estático—, introdujo la *constante cosmológica* (la energía potencial existente en el vacío)

Pero sería **Willen de Sitter** (1872-1934), matemático y astrónomo holandés, amigo de Einstein, quién establecería la idea de que el Universo estaba vacío y en continua expansión, al elaborar su propia teoría y aplicársela al espacio en 1917, basándose en las ecuaciones de la teoría de la relatividad general de Einstein.

Curiosamente, la constante cosmológica que Einstein había introducido en su teoría general como una cuña para que sus ecuaciones se ajustasen al Mundo estático en el que entonces creía —de la cual se retractó al aceptar un Universo en expansión—,

se ajusta perfectamente a los estudios cosmológicos que actualmente se están realizando; tanto en los postulados de la gravedad repulsiva como en los nuevos modelos de las estructuras cósmicas.

11.2. La ley de Hubble

Entre 1924 y 1929, Hubble comprobó en sus abundantes y sistemáticas observaciones, que cuanto más distante se hallaba una galaxia, a más velocidad se alejaba; y que esta velocidad dependía de la distancia, de manera que si una galaxia se encontraba a doble distancia que otra, se alejaba a doble velocidad. Esta proporción se conoce como *Ley de Hubble*.

Esta ley establece que la velocidad de recesión de una galaxia es directamente proporcional a su distancia. Su expresión es: $V = kD$; de la cual V , es la velocidad de recesión de la galaxia expresada en Km/segundos; D , es la distancia expresada en millones de años luz y k , es la constante de Hubble; se expresa en Km/seg/megaparsec. El megaparsec (mp) es igual a 3.26 millones de años luz.

La distancia a la que estimó Hubble en 1929 que estarían las galaxias más alejadas era de unos 2.000 millones de años luz, con un valor para la *constante k* de 500 km/seg/mp. Ese sería, pues, el radio de la esfera celeste y, por tanto, su edad.

En años sucesivos el valor de k ha ido disminuyendo, lo que significa que la edad del Universo, según el hombre, ha ido aumentando.

La ampliación de los horizontes del Universo, que el hombre experimentó en aquellas fechas fue enorme. El inquietante concepto del Universo infinito volvería a planear en su mente. Pero al descubrir que las galaxias se estaban alejando entre sí, aportaba una nueva reflexión que conmocionó a la comunidad científica en esos años.

Como casi todas las galaxias se alejaban una de otras, si hacíamos una retrospectiva, como una película proyectada al revés, llegaríamos a la conclusión de que en tiempos anteriores habrían estado muy juntas, hasta el punto de que no se distinguieran unas de otras. Se abrían así nuevos frentes de reflexión, de investigación y, también, de especulación en el ámbito astronómico.

Pudo existir un tiempo en el que todas las galaxias estuvieran agrupadas en un mismo bloque de materia; y que fueran impelidas por alguna forma de explosión.

Ante estos nuevos conocimientos, **George Lemaître** (1894-1966), físico belga, propuso en 1931 un Universo primitivo contenido en un átomo 30 veces el tamaño del Sol; en un

huevo cósmico. Al explotar en el espacio, este átomo habría dispersado la materia con distintas velocidades y habría acabado por condensar y formar estrellas y galaxias.

12. LA TEORÍA DEL *BIG-BANG*

El modelo de expansión del Universo fue fácilmente aceptado. **George Gamow** (1904-1968), físico ucraniano emigrado a EEUU en 1933, divulgador científico y entusiasta de la nueva teoría, bautizó el modelo del Universo de Lemaître con el nombre de “teoría del *Big-Bang*” (gran explosión). No obstante, hubiera sido más apropiado haberla denominado, como “teoría del Universo en explosión”.

Se planteaba entonces la otra cuestión asociada a esta teoría ¿cuál sería la edad del Universo? ¿Cuánto tiempo habría pasado desde que se produjo esa gran explosión primigenia?

Las primeras estimaciones, según el corrimiento hacia el rojo de las líneas espectrales de las galaxias más alejadas, situaban la edad del Universo en 2.000 millones de años, como ya hemos dicho, pero las primeras medidas radioactivas de la Tierra establecían su edad en unos 3.000 millones de años. ¡Tenía poco sentido que la Tierra fuese más antigua que las galaxias!

George Gamow presentó en 1948, el proceso químico de formación del hidrógeno y del helio en el *Big-Bang*, junto a **Ralph Alper** (n. 1921) y **Robert Herman** (1914-1997), todos ellos de la universidad George Washington (EEUU). También apuntó que la explosión primigenia debía haber generado intensas radiaciones que se habrían alargado en su viaje de miles de millones de años luz —por el efecto *doppler-fizeau*— y deberían llegar hasta nosotros como radiación residual, como un “eco” de ese inmenso estallido.

Pero la *radioastronomía* no estaba aún lo suficientemente desarrollada. Esta disciplina astronómica capta todas las radiaciones del espectro electromagnético, no sólo en la escasa franja de luz; principalmente lo hace en la frecuencia de radio.

13. EL *BIG-BANG* CUESTIONADO

La teoría del *Big-Bang* tenía sus adeptos y defensores, pero no era la única. **Edward Arthur Milne** (1896-1950), cosmólogo inglés concibió un Universo uniforme a través de todo el espacio, que denominó *principio cosmológico* ⁽⁴⁾. Einstein aceptó ese principio, al trabajar con un Universo cuya materia se encontraba diseminada de modo uniforme.

Fred Hoyle (1915-2001), **Thomas Gold** (1920-2004) y **Hermann Bondi** (n. 1919), los tres, astrónomos de Cambridge (Reino Unido), ampliaron el principio cosmológico con el concepto *tiempo*. Introdujeron en 1948 la teoría del *Estado Estacionario*.

13.1. El Estado Estacionario

Según esta teoría, el hidrógeno se creaba continuamente de la nada. A medida que las galaxias van separándose unas de otras, el espacio que queda entre ellas va llenándose gradualmente de materia. Esta materia sería muy simple. Las nuevas galaxias formadas a partir de esta materia recién creada estarían constituidas por hidrógeno fresco.



Fig. 9. Fred Hoyle (Enciclopedia del Espacio)

En tales condiciones, el Universo no cambia con el tiempo —ni hacia delante ni hacia atrás— sino que permanece estacionario. Siempre ha sido igual y siempre lo será. El espacio medio entre las galaxias tendrá que ser aproximadamente el mismo por muy lejos que mirásemos hacia el espacio exterior.

La idea de un Universo eterno e inmortal en el que el hombre pudiera vivir para siempre, resultaba muy atractivo; causó un fuerte impacto en el público no científico.

Las confrontaciones entre estas dos teorías —*Big-Bang* contra Estado Estacionario— ha supuesto el mayor debate astronómico del siglo XX. Tanto Fred

Hoyle como George Gamow, que eran divulgadores de ciencia y escritores amenos, habían sido capaces de transmitir de manera fácil sus propias convicciones.

A principios de los años cincuenta, las escalas de las estrellas *cefeidas* estaban muy desarrolladas. Como ya hemos visto, su periodo de variación está relacionado con su *magnitud absoluta*, lo cual permite a los astrónomos medir distancias en el espacio; incluso en galaxias muy distantes.

En 1952, **Walter Baade** (1893-1960), astrónomo alemán emigrado a EEUU en 1931, a través del estudio de las cefeidas en galaxias lejanas, realizó una corrección de los planteamientos anteriores de este sistema y estableció la constante de Hubble en 250 Km/seg/mp, y las dimensiones del Universo en 4.000 millones de años luz. Esto es, se duplicaba el tamaño de éste. Estas estimaciones no se hacían por observación directa de objetos a dichas distancias sino por deducciones basadas en el método de medición.

El nuevo descubrimiento no concordaba bien con la teoría del Estado Estacionario, pero éste resultaba demasiado atractivo para abandonarlo de buenas a primeras.

13.2. La radioastronomía

El conocimiento del Universo iba avanzando con la mejora de las técnicas ya sabidas y con la irrupción de otras nuevas, suficientemente desarrolladas para que aportaran nuevos conocimientos. Entre las nuevas técnicas, se abrió paso una nueva disciplina del ámbito astronómico: la *radioastronomía*.

El espectro electromagnético es muy amplio. Nosotros percibimos, a través de nuestros ojos, una estrecha franja, la luz. Pero algunos aparatos creados por el hombre pueden percibir la totalidad del espectro. Más allá del rojo se extienden las ondas de mayor longitud y baja energía; son las radiaciones *infrarrojas* y las de *radio*; éstas últimas incluyen las *microondas*. En la otra zona del espectro están las ondas de menor longitud y alta energía; son los *ultravioleta*, los *rayos X* y los *rayos gamma*.

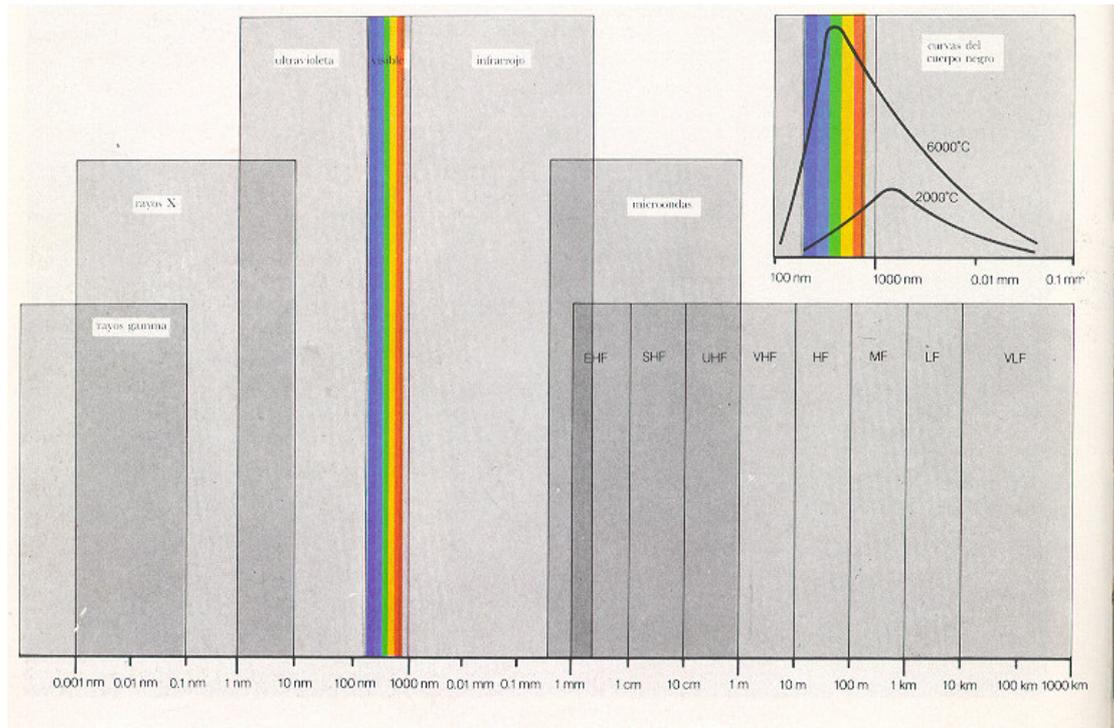


Fig. 10. El espectro electromagnético

La astronomía de radiaciones proporcionó un enorme progreso en el conocimiento del Universo. El instrumento de detección es el *radiotelescopio*; puede tener diferentes formas, dependiendo del tipo de rayos que pretenda detectar. Aunque la teoría del Estado Estacionario era hermosa, pronto tuvo que enfrentarse a las nuevas aportaciones de la radioastronomía.

Martin Ryle (1918-1984) inglés, pionero de esta disciplina, descubrió y catalogó más de 5.000 *radiofuentes* a principios de la década de los años cincuenta. Entre éstas, bastantes eran galaxias lejanas, detectadas por sus emisiones de radio; es más, cuanto más distante estaban, más abundantes eran; con sus aportaciones, demostró que las galaxias estaban más próximas entre sí en el Universo primitivo puesto que cuanto más profundo se mira en el espacio, más atrás se llega en el tiempo; hecho que respaldaba los descubrimientos de Hubble y la teoría del Big-Bang.



Fig. 11. Martin Ryle (Enciclopedia del Espacio, Espasa)

Este hallazgo creaba fuertes controversias entre los defensores de las dos teorías cosmológicas. Martin Ryle recibió el premio Nóbel de Física en 1974, compartido con **Anthony Hewish** (n. 1924), descubridor de los *púlsares* ⁽⁵⁾.

En 1960, **Allan Sandage** (n. en 1926) que había sido ayudante de Hubble, realiza nuevas correcciones de estimación de distancias y establece k en 100, que equivalía a 10.000 millones de años luz. Ésta sería pues la edad del Universo, y esta sería también la distancia de sus confines. Esto es, el Universo tendría unas dimensiones equivalentes a una esfera de un radio de unos 10.000 millones años luz.

13.2. Los cuásares

La mejora de los radiotelescopios proporcionó un importante impulso a este campo de observación. Pudieron detectarse galaxias muy activas en sus emisiones de radiación, aunque muy débiles en su luminosidad. El descubrimiento más significativo en este campo se produjo en 1963. **Maarten Schmidt** (n. 1929), astrónomo holandés, detectó, con el telescopio de 5 metros de diámetro de Monte Palomar (California), una estrella muy débil pero que presentaba una peculiaridad: emitía intensas y desproporcionadas radiaciones en comparación con el poco brillo que presentaba, y con un gran desplazamiento al rojo de sus rayas espectrales, lo que indicaba que era muy lejana; ¡estaba situada a 2.000 millones de años luz y se alejaba a gran velocidad! Fue denominada como *quasar*, acrónimo del inglés “quasi stellar astronomical radiosource”. No era una estimación de distancia sino la primera constatación de un objeto celeste a tan enorme distancia.

Los *cuásares* son centros de núcleos brillantes de galaxias lejanas, y por tanto muy jóvenes. Emiten ondas de radio, rayos X, infrarrojos y luz. Después se supo que en el centro de estos objetos existe un enorme *agujero negro* ⁽⁶⁾ con una densidad de varios millones de veces la masa del Sol, que atrae materia en rotación generando intensas radiaciones.

Fue un descubrimiento traumático, pues los cuásares eran objetos muy violentos. Este descubrimiento conmocionó a la comunidad astronómica, que aún no estaba preparada para asimilar ni ese caos en el Universo —que creía ordenado— ni esa pavorosa ampliación de los límites del Cosmos. Podríamos decir que dicho descubrimiento fue prematuro.

Aún no habían sido descubiertos los púlsares ni asimilados los agujeros negros; objetos ambos que suponían un desafío a la comprensión lógica de la mente humana; conceptos ya tratados en el artículo de la anterior edición de esta revista. Sería en 1967 cuando Anthony Hewish y su alumna, **Jocelyn Bell** (n. 1943), detectarían el primer púlsar y cuando **John Wheeler** (n. 1911) acuñaría el término “agujero negro”. En 1971, se descubriría el primero de éstos en la constelación del Cisne, por métodos indirectos.

13.3. La radiación de fondo

Pero antes, en 1965, se produjo uno de los descubrimientos más trascendentales de la historia de la astronomía contemporánea para la comprensión del Universo en su conjunto, y para posteriores e importantísimas líneas de investigación.

Entre los diferentes diseños de radiotelescopios, existía uno en Holmdel, Nueva Jersey (EEUU), perteneciente a los laboratorios Bell Telephon, diseñado para las primeras comunicaciones por satélite; preparada para detectar longitudes de onda de 1 milímetro a 1 metro; esto es, de microondas —una franja del espectro de ondas de radio—. Tenía forma de cuerno rectangular; más sensible que las antenas parabólicas para este tipo de radiación.

Los ingenieros **Arno Penzias** (n.1933) y **Robert Wilson** (n. 1936) fueron los encargados de trabajar con ella. Para ir ajustando la antena comenzaron a medir radiación en una longitud de onda en la que no esperaban señales de radio. Pero tropezaron con un débil “ruido” residual en la antena que no lograban suprimir de ninguna manera. Llegaron a la conclusión de que esa radiación procedía del cielo; y además, de manera uniforme de *todo* el cielo.

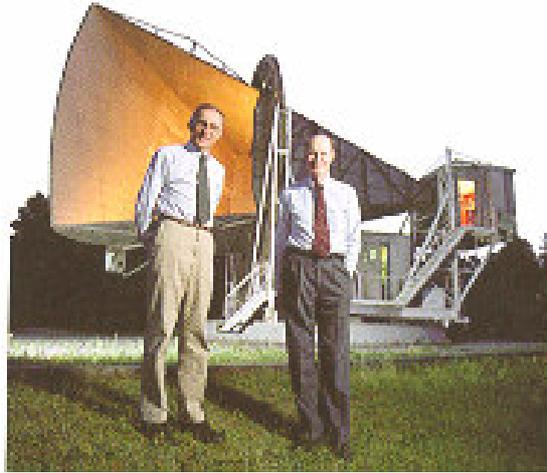


Fig. 12. Arno Penzias y Robert Wilson con su antena (Enciclopedia del Espacio, Espasa)

Consultaron con **Robert Dicke** (1916-1997), profesor de la universidad de Princeton, para que les explicara de qué tipo de radiación se trataba; lograron medirla y descubrieron que emitía en una longitud de microonda equivalente a la temperatura de 3 grados Kelvin; esto es, a 3 grados por encima del cero absoluto, que es de 273°C .

Pero ¿qué significaba este hallazgo? Ralph Alpher y Robert Herman habían calculado en 1948 que debería llegar hasta nosotros una radiación “fósil” de 5°C sobre el cero absoluto — 5°Kelvin — proveniente del Big-Bang. Robert Dick la estaba buscando desde hacía un año, pero fueron Penzias y Wilson quienes, sin buscarla, la encontraron.

Esta radiación era, pues, la radiación *fósil* del Big-Bang; eran los susurros del nacimiento del Universo. Y era, también, la sentencia de muerte del Estado Estacionario (EE) como teoría de la creación del Cosmos.

Si bien, la teoría del Estado Estacionario tuvo importantes aportaciones para el conocimiento astronómico: los crisoles estelares en los cuales se recicla la materia. Hoyle y sus colaboradores habían realizado el primer estudio serio acerca de cómo podían formarse elementos más pesados a partir del hidrógeno en los hornos nucleares de las estrellas y en las explosiones de supernovas. El hidrógeno, como elemento más simple, se transforma en elementos más complejos hasta llegar a los metales y a las moléculas orgánicas.

Posteriormente, en 1977, **George Smoot** (n.1946), de la universidad de Berkeley, California, realizó mediciones de la radiación fósil con un avión espía adaptado por la NASA y ratificó ésta y su temperatura de 3°K , lo que afianzaba

aquellos descubrimientos involuntarios de Penzias y Wilson y, por añadidura, la teoría del Big-Bang. También descubrió que esta radiación era más cálida en una mitad del cielo, debido al efecto *doppler-fizeau* del movimiento de la Tierra en el Universo; así mismo, detectó que la Vía Láctea se está desplazando por el espacio a una velocidad de 600 kilómetros/segundo, atraída por el supercúmulo de Virgo.



Fig. 13. George Smoot

Ya con la teoría del *Big-Bang* aceptada y sin competidores, venía la explicación, por parte de los teóricos de física de partículas, de cómo fue aquella gran explosión; cómo se desarrolló para que diera lugar a esta radiación testigo de la creación y al Universo mismo.

Con los datos disponibles por los cosmólogos en los años 70, ya se podía deducir cómo habría sido el proceso de nacimiento del Universo y cuánto tiempo hacía que se había producido

En 1975 Sandage, con sus sistemas de medición de distancias de las profundidades del espacio perfeccionados, establece k en 50; le asignaba al Universo una edad de más de 19.000 millones de años luz. Se iba agrandando el Cosmos para el hombre. No obstante, más adelante se rebajaría esta estimación a 15.000 millones de años luz; distancia igual a la que había tenido que recorrer esa radiación en el viaje más largo del Cosmos hasta llegar a nosotros. En poco tiempo se había vuelto a ampliar, de manera sustancial, el horizonte del Universo.

Las últimas estimaciones, establecidas en 1998 con el telescopio espacial Hubble, le dan a k un valor de 73, con lo cual se le asigna una edad ¿definitiva? de 13.700 millones de años luz al Universo. Desde hace varias décadas se tiene establecida la edad de la Tierra en 4.500 millones de años. Ésta tiene, por tanto, una edad notablemente menor que el Universo. Salen las cuentas.

Últimamente se han encontrado galaxias situadas a más de 13.000 millones de años luz, en la zona conocida como *espacio ultra profundo*, en los confines del Universo, poco tiempo después de producirse el *Big-Bang*, precisamente, con el telescopio espacial Hubble, dotado de una cámara especial.

14. LA CREACIÓN DEL UNIVERSO

El *Big-Bang*, en su evolución desde el instante de su explosión presenta dos fases, según las estimaciones de los cosmólogos: una que duró 3 minutos y otra que se prolongó hasta los 300.000 años

En la primera fase, los físicos son capaces de profundizar en sus cálculos hasta llegar a un tiempo, después del *Big-Bang*, igual a una infinitesimal fracción de segundo —un segundo partido por 43 ceros: 10^{-43} segundo—.

Una bola de energía con temperatura y densidad casi infinitas, que a medida que se expande va creando el tiempo, el espacio y la materia. A los pocos instantes se produce una gran dilatación, denominada *inflación cósmica*, sugerida por **Alan Guth** (n. 1947) en 1979. En una fracción de segundo, el Universo se hincha y aumenta exponencialmente su tamaño, liberando enormes cantidades de energía y, también, las cuatro fuerzas que controlan el Cosmos: fuerte, débil, electromagnética y gravedad. Así se estructura el espacio-tiempo y el Universo adquiere su aspecto uniforme en todas direcciones.

Con la expansión, la temperatura y la densidad van disminuyendo. Después de unos complejos procesos de interacción de partículas, explicados a través de la física cuántica, se forman los núcleos de hidrógeno y helio.

A los tres minutos, se frena la formación de estos núcleos. Los fotones y los electrones chocan continuamente conformando una densa “sopa” opaca. Es la era de la radiación.

A los 300.000 años del *Big-Bang*, la temperatura había caído a 3.000° K. Los fotones dejan de interactuar con los electrones y se crean los elementos químicos

hidrógeno y helio. Se liberan los fotones; en ese instante el Universo se vuelve transparente. Se hace la luz.

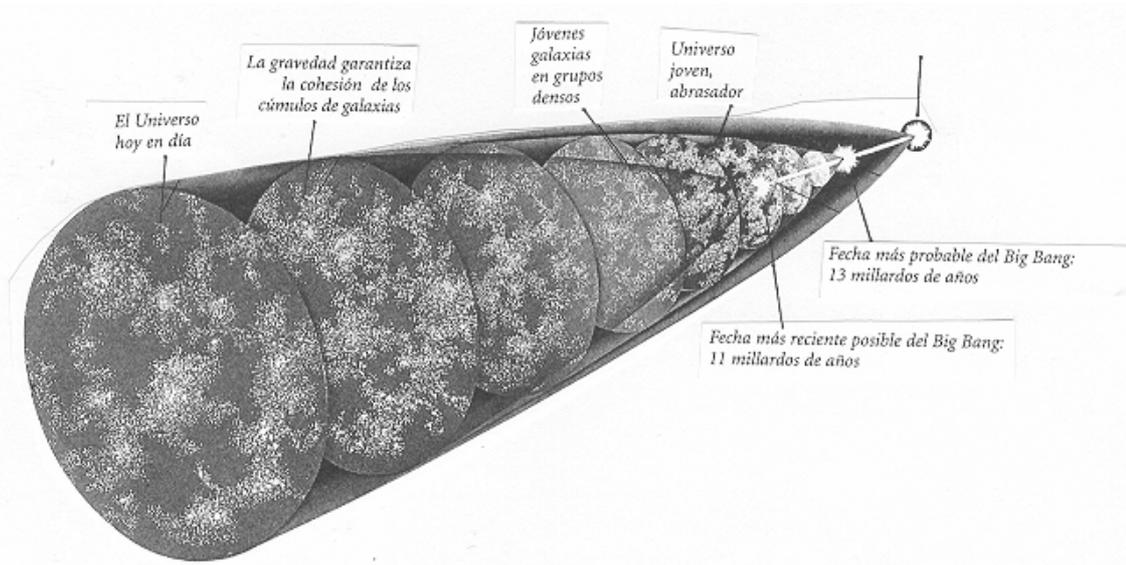


Fig. 14. La evolución del Universo desde el Big-Bang (Enciclopedia del Espacio, Espasa)

También se libera radiación de alta energía en forma de rayos gamma; a medida que el Universo se dilata y se enfría, esta radiación pierde energía; pasa por el estado de rayos X, luz e infrarrojos, hasta llegar a nosotros, “cansada”, como radiación fósil de microondas, después de un largo viaje de unos 14.000 millones de años luz.

Y esta radiación fue la que descubrieron Penzias y Willson. Por este hallazgo recibieron el premio Nóbel de Física en 1978

El Universo contenía entonces una proporción del 77% de hidrógeno y el 23% de helio. Es la proporción de las estrellas más viejas detectadas en las galaxias elípticas. Robert Dicke había calculado anteriormente que la radiación fósil debería ser de 5° a 10° K, porque estimaba que el Universo primigenio sólo tendría hidrógeno. La radiación de 3° K indicaba la existencia de helio.

15. ARRUGAS EN EL TIEMPO

En el Universo, la materia está agrupada en galaxias; éstas se formaron unos 300 millones de años después, a partir de la condensación de gases procedentes del Big-Bang. Estas nubes de gases generaron las estrellas que las componen. Naturalmente, estas estrellas estaban compuestas de hidrógeno y helio. Como la mayoría eran muy masivas, explotaron en forma de *supernovas* ⁽⁷⁾ al poco tiempo, lanzando al espacio elementos más pesados, tales como el carbono, el oxígeno y el hierro. De estos residuos

nacieron otras estrellas más complejas como nuestro Sol. Así se iban configurando las galaxias, con estrellas de diversa composición.

La distribución de las galaxias en el espacio, según las observaciones, no es uniforme sino que están agrupadas en “filamentos” como la *Gran Muralla*, con grandes espacios vacíos entre ellas.

La teoría del *Big-Bang* en los años ochenta, aunque estaba aceptada por la élite investigadora, no terminaba de ser ratificada. Existían discrepancias cada vez mayores; además, no se encajaban bien dos aspectos. Si la radiación fósil nos llega a 3° K de manera uniforme, y ésta pertenece al nacimiento del Universo, ¿cómo es posible que las galaxias no estén repartidas también de manera uniforme? ¿por qué las galaxias están agrupadas tan irregularmente en el espacio en grandes conglomerados, con grandes zonas vacías entre ellas?

Estos interrogantes creaban dudas en torno a la teoría del Big-Bang. De ser cierta ésta, la radiación fósil tendría que mostrar ciertas irregularidades, fluctuaciones, dentro de la banda de los 3° K.

El experimento de 1977, del avión espía U-2 ya mencionado, equipado con un radiómetro diferencial de microondas (DMR), capaz de detectar diferencias de una milésima de grado, no había logrado detectar fluctuaciones.

Entonces, George Smoot, director de este equipo de investigación, instaló un DMR, 10 veces más sensible, en un satélite explorador del fondo cósmico, COBE (Cosmic Background Explorer) que la NASA puso en órbita en 1992.

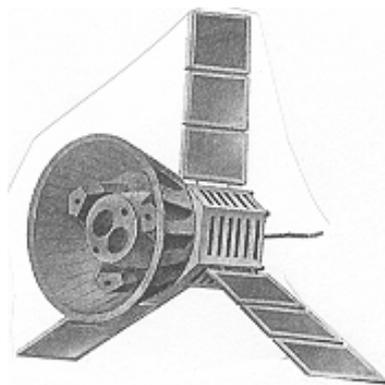


Fig. 15. Satélite COBE (Enciclopedia del Espacio, Espasa)

Y este satélite sí encontró diferencias en la radiación de fondo. Tal como debería ser, para ajustarse a los postulados teóricos; esto es, encontraron fluctuaciones de la radiación de fondo en los 3° K, lo que significaba que la materia, a los 300.000 años del

Big-Bang, presentaba ciertas irregularidades que coincidían con la posterior distribución de las galaxias. Y esto encajaba en los postulados teóricos.

Con estos resultados se plasmó una imagen que era una auténtica fotografía de los comienzos del Universo. Era un mapa real de cómo estaba distribuida la materia en los primeros instantes después de hacerse la luz.

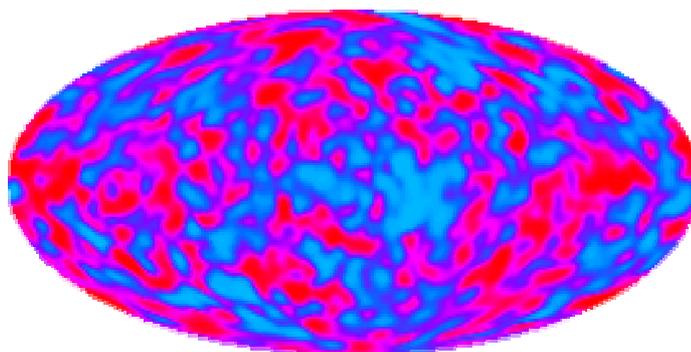


Fig. 16. Mapa obtenido por el satélite COBE basado en las fluctuaciones de la radiación fósil (Tomada de <http://lambda.gsfc.nasa.gov>)

Con la captación de estas fluctuaciones de la radiación de fondo, La teoría del *Big-Bang* estaba salvada. El cosmólogo **Stephen Hawking** (n. 1942) llevado por su entusiasmo, calificó este descubrimiento como “el más importante del siglo”. Posiblemente tenga que competir con otros de gran trascendencia como la recesión de las galaxias, realizado por Hubble y con el hallazgo de la radiación de fondo de microondas; no cabe duda, pues, de que esta nueva aportación supuso uno de los hitos más importantes entre todos los descubrimientos cosmológicos del siglo XX.

El español **Rafael Rebolo**, científico del Instituto Astrofísico de Canarias, midió posteriormente la radiación de fondo y logró una mayor resolución en esta variación, gracias a los últimos progresos informáticos. Otros astrofísicos también han utilizado aparatos más sensibles que el COBE en fechas recientes, como el proyecto Boomerang, y han ratificado completamente los descubrimientos del experimento de George Smoot en 1992.

16. EL FUTURO DEL UNIVERSO

En los años setenta se empezó a plantear otra cuestión. Hubble, con su descubrimiento de la recesión de las galaxias, había suscitado el debate. Mirar a las profundidades del espacio es mirar al pasado; cuanto más lejos llega nuestra mirada, más atrás llegamos en el tiempo. Si tenemos en cuenta que las galaxias, cuanto más

alejadas están más rápido se desplazan, podríamos decir que cuanto más cercanas estén más lentamente lo harán. Como a las galaxias más cercanas las vemos en un tiempo posterior de su existencia, ello significa que se están frenando.

16.1. El destino del Universo

¿Cuál será, pues, el destino del Universo? Los cosmólogos se planteaban dos posibilidades: *a*, que no hubiera materia suficiente para detener la expansión y las galaxias se alejasen eternamente; *b*, que sí hubiese materia suficiente para frenarlas, con lo cual llegaría un tiempo en el que las galaxias terminarían su recesión y regresarían. Se invertiría la flecha del tiempo de Hawking (1988).

Esta segunda posibilidad resultaba bastante inquietante, pues llegaría un tiempo en el que volverían a juntarse las galaxias y chocarían en un gran crujido: el *Big-Crunch*. Algunos teóricos especularon con que, en este regreso, al cambiar la flecha del tiempo, toda la existencia se repetiría pero a la inversa; un vaso roto al caerse, reagruparía sus trozos en ese instante, y volvería a la mesa íntegro; moriríamos antes de nacer...

¿Universo abierto o Universo cerrado? Este es el interrogante que los cosmólogos se hacían en los años 80 y 90. Que sea uno u otro dependerá de la materia total que tenga el Universo; si existe suficiente materia, irá frenando la expansión hasta que se pare y regrese al *Big-Crunch*; de no ser así, se expandirá infinitamente.

Según las últimas apreciaciones de los cosmólogos, la materia visible no es suficiente para frenar la expansión; representa sólo un 3% de la materia total del Universo. Esta expansión dependerá, por tanto de la materia invisible.

La materia visible —estrellas, nubes de gas, galaxias— es sólo una pequeña fracción de la materia total del Universo. La materia invisible (oscura) tiene una masa 30 veces mayor, aunque los telescopios más potentes no son capaces de percibirla.

Los astrónomos han detectado y calculado esta *masa oscura* por los efectos gravitatorios sobre estrellas y galaxias, y por la curvatura que sufren los rayos de luz al atravesar objetos invisibles pero de gran poder atractivo como galaxias, estrellas o agujeros negros: son las *lentes gravitatorias*. Estos objetos contendrían el 20% de la masa total del Universo. Las partículas subatómicas como los *neutrinos* supondrían el 80% de la masa del Universo, aunque hasta hace poco creían que estas partículas no tenían masa. Los neutrinos se generaron en el Big-Bang, y se siguen generando en los procesos nucleares de las estrellas.

16.2. ¿Universo Plano?

Einstein, en su teoría de la relatividad general (1915), había establecido que el espacio-tiempo puede curvarse por efecto de intensos campos gravitatorios. **Arthur Eddington** (1882-1944), británico, director del Observatorio Astronómico de Cambridge, realizó un estudio sobre un eclipse de Sol en 1919 para comprobar si esa teoría era cierta; al observar estrellas situadas detrás del Sol durante su ocultación, comprobó que la luz se curvaba y las estrellas seguían viéndose; es el principio de la lente gravitatoria ya mencionada. La publicación de estas observaciones por Eddington, lanzó a la fama al hasta entonces desconocido Einstein.

El Universo, en su conjunto, puede presentar una curvatura promedio más o menos pronunciada dependiendo de la cantidad de materia que exista. Cuanta más haya, mayor será su curvatura; cuanta menos materia exista, el Universo presentará una curvatura menor, con tendencia a ser “plano”. El término *Universo plano* no significa que éste sea una superficie o que esté aplanado; significa que responde a los principios de la geometría euclidiana, basada en la geometría de **Euclides** (matemático griego del siglo III a. C.) según la cual, dos líneas paralelas jamás se cruzarán en él.

El Universo presenta una forma esférica con un radio de unos 14.000 millones de años-luz, según las más recientes apreciaciones: año 2000.

La variante al Universo plano sería el *Universo riemanniano*; en éste el espacio tridimensional se curva en todas direcciones con una curvatura constante. Un rayo de luz que viajase a través del Universo riemanniano se curvaría y regresaría a su punto de partida. Este principio fue establecido en 1854 por el matemático alemán **Friedrich B. Riemann** (1826-1866).

Estos planteamientos podrían tener relación con un Universo abierto o cerrado, respectivamente. Como la clave está en la materia oscura total que contenga el Universo, las líneas de investigación en este campo se encauzaron hacia la búsqueda de dicha materia.

La tendencia de las últimas observaciones indica que el Universo está mínimamente curvado, aunque falta por descubrir más del 90% de la materia oscura necesaria para entender por qué el Universo responde a ese modelo (Juan Pérez Mercader, 1996).

El proyecto *Boomerang* se concibió para esta búsqueda. En el año 2000 se lanzó un globo aerostático sobre la Antártica —lugar idóneo por las condiciones de frío, aire

seco, ausencia de polución y baja presión atmosférica—, con sofisticado instrumental para captar la radiación de fondo de microondas; alcanzó una altura de unos 40 kilómetros. El proyecto lo componían 36 miembros de 16 universidades de varias naciones: Reino Unido, EEUU, Canadá e Italia.



Fig. 17. Telescopio del proyecto Boomerang en la Antártida (Tomada de www.physics.ucsb.edu)

En los detalles de esta radiación fósil, se encuentra impresa la historia temprana de las propiedades más básicas del Universo (Cayetano López, 2000). Los resultados de estas observaciones —que llegaron a captar hasta fluctuaciones de una diezmilésima de grado en la temperatura de los 3°K —, confirmaron los modelos euclidianos de la geometría del Universo: dos rayos de luz paralelos jamás llegarán a encontrarse (“Universo plano”). Los científicos de este proyecto llegaron a la conclusión de que no existe suficiente materia para contrarrestar su expansión; el Universo, por tanto, continuará expandiéndose eternamente.

La permanente expansión y enfriamiento del Universo —y tendencia al desorden— al que está avocado su destino se conoce en cosmología como *entropía*; término obtenido de la segunda ley de la termodinámica.

Ya desde los años 80 se tiene claro cómo será el final del Universo, en el caso de que éste sea abierto: se irá apagando a medida que se vaya consumiendo el hidrógeno de las estrellas y sus respectivos residuos. Sólo quedarán enanas negras y agujeros negros. Con la expansión, bajará la temperatura de la radiación cósmica hasta una diezmilésima de grado por encima del cero absoluto. Entonces surgirá una cierta iluminación producida por la evaporación de los agujeros negros —*la radiación de*

Hawking— que se mantendrá durante un largo periodo de tiempo cósmico, hasta que desaparezca en un destello de radiación (Paul Davis, 1985).

Cuando se haya terminado este proceso no quedará nada, excepto la radiación, extremadamente tenue. El Universo será entonces un espacio negro, frío, vacío y en expansión. Se habrán agotado las últimas reservas cósmicas de energía libre y la entropía se habrá cobrado sus últimas víctimas al alcanzar su punto máximo.

17. LA GRAVEDAD REPULSIVA

Desde el descubrimiento de la gravedad en el siglo XVII por Isaac Newton hasta la actualidad, la fuerza de gravedad tuvo poder atractivo; y esa es la realidad de nuestro entorno.

Por ello causan extrañeza y estupor los últimos descubrimientos cosmológicos según los cuales, las galaxias se están acelerando en su expansión. En 1929, Edwin Hubble descubrió la expansión del Universo, al advertir que las galaxias se alejaban unas de otras, como ya quedó expuesto. Las galaxias más distantes se alejaban a mayor velocidad que las más cercanas, expresado en la ley de Hubble. Esta forma de expansión es consecuencia de la dilatación que experimenta el Universo, según postula la teoría de la relatividad general; aunque esta teoría admite también que pueda haber formas de energía, con propiedades extrañas, que pudieran producir *gravitación repulsiva*.

Y esto es lo que sucede actualmente. Las galaxias en vez de frenar su expansión, la están acelerando. Este descubrimiento fue presentado por **Adam C. Riess**, astrónomo del Instituto Científico del Telescopio Espacial (EEUU), en 1998. Se basa en la observación muy detallada de supernovas situadas en galaxias remotas, muy alejadas. Las *supernovas* son enormes explosiones de estrellas muy masivas cuyo fulgor supera al de toda una galaxia durante un cierto tiempo. Según los parámetros establecidos, Riess dedujo que deberían brillar más si la expansión estuviera frenándose.

Fue un descubrimiento radical, impresionante, que creó muchas dudas entre los cosmólogos. Pero las pruebas eran concluyentes y su planteamiento fue aceptado por la comunidad astronómica.

¿A qué es debida esta gravitación opuesta? Parece que la clave está en la “energía oscura”. Actualmente, el término materia oscura se ha sustituido por el de *energía oscura*; lo estableció **Michael S. Turner** en 1995. Ésta energía oscura tiene su explicación a través de la energía del vacío, que es igual a la constante cosmológica

concebida por Einstein en 1917 para compensar la atracción gravitatoria de un Universo que entonces él creía que era estático; posteriormente lo desechó por innecesario al descubrirse que el Universo estaba en expansión.

La ralentización o aceleración de la expansión de las galaxias es el resultado de la lucha entre dos colosos: la atracción gravitatoria de la materia y el empuje gravitatorio de la energía oscura. Se estima que la densidad de la energía oscura es, actualmente, mayor que la densidad de la materia. En un pasado remoto debió ser al revés, y por ello las galaxias se frenaban.

Hace unos 5.000 millones de años, las fuerzas se invirtieron, y la aceleración cósmica cambió de signo. Las galaxias pasaron de frenarse a aumentar su velocidad de expansión.

Estos descubrimientos han revolucionado las teorías actuales. Los cosmólogos están sumergidos en estados de disonancia cognitiva que les induce a efectuar procesos de búsqueda de nuevas fórmulas para encontrar explicaciones válidas a los nuevos retos que se les plantean.

Las leyes habituales de la física parece ser que fracasan a escalas muy grandes, Se está abriendo paso una nueva teoría de la que se podría obtenerse una nueva ley de gravedad: la *teoría de cuerdas*. Predice ésta que el Universo posee unas dimensiones adicionales hacia donde podría fugarse la gravedad y aceleraría la expansión cósmica.

18. CONCLUSIÓN

La ciencia de la astronomía no está acabada. A cada nueva aportación, a cada nuevo descubrimiento, le surgen nuevos interrogantes que le plantean nuevos retos a la comunidad científica. El destino del Universo, según establecen todas las investigaciones realizadas hasta ahora por científicos muy solventes, continuará la expansión indefinidamente con tendencia a enfriarse. ¿Es definitiva esta conclusión? ¿Hasta dónde llegará el conocimiento del Cosmos por el hombre?, ¿qué percepción del Universo tendremos dentro de cien años?

La investigación astronómica está actualmente acelerada. Personas con alta preparación científica, creando y utilizando nuevos instrumentos cada vez más sofisticados, precisos y potentes, dan como resultado aportaciones insospechadas unos años antes.

La evolución de los descubrimientos astronómicos podría considerarse un indicador de la evolución de los descubrimientos científicos en general. La astronomía

es una ciencia interdisciplinaria basada en conocimientos muy diversos. Integra más de cien especialidades.

El conocimiento que pueda tener cualquier persona en la actualidad, medianamente informada en esta disciplina, hubiera dejado helados a los astrónomos más eminentes de hace un siglo.

Durante el siglo XX, con tantos avances como se han producido, podría parecer que se está en los límites del conocimiento; pero a nuevos descubrimientos, nuevos horizontes. Se precisan nuevas teorías que unifiquen las actuales, si ello es posible. Lo asombroso es que el Universo en su estructura y en su funcionamiento, responde a los modelos de la física y de las matemáticas. Dichos modelos marcan las pautas de posteriores descubrimientos.

Aún no está acabada de descubrir la secuencia de la evolución del Big-Bang, del que se estudia cada milésima de segundo hasta los tres primeros minutos; en algunos casos se precisa con fracciones menores de tiempo. Los *quarks*, componentes de los protones y neutrones, y generados en el *Big-Bang*, no están suficientemente estudiados; su conocimiento podría tener influencia hasta en las energías futuras que utilice el hombre. ¿Habrá otros Universos?; de ser cierto, ¿serán como el nuestro? ¿En qué consiste la gravedad repulsiva? Estos son algunos de los interrogantes que tiene planteados la comunidad científica. ¿Qué tiene que decir la filosofía actual ante este panorama?

Como dijo **Carl Sagan** (1934-1996), refiriéndose a los conocimientos del Cosmos “estamos ante un gran océano y sólo hemos metido los pies en el agua”.

NOTAS

⁽¹⁾ Las Cefeidas se utilizan como patrón para medir distancia; son estrellas variables que presentan una fase de agrandamiento con otra de reducción y con una relación fija entre la variación del periodo y su *magnitud absoluta* (brillo a 10 *parsec* o 32,6 años luz); la comparación de su brillo con ésta magnitud, permite establecer la distancia a la que se encuentran.

Este ciclo fue descubierto en 1912 por **Henrietta Leavitt** (1868-1921), astrónoma estadounidense, quien halló la existencia de una proporción matemática entre estos dos factores al revisar cefeidas en las Nubes de Magallanes, galaxias satélites de la nuestra. Toman el nombre de la constelación de Cefeo, donde por primera vez se estudiaron estrellas que responden a este modelo.

⁽²⁾ Las novae son puntos brillantes que aparecen temporalmente con una duración de unas semanas. Los antiguos las denominaban estrellas nuevas: *nova*.

⁽³⁾ **Christian Johan Doppler** (1803-1853), físico austriaco, descubrió en la primera mitad del siglo XIX, las diferencias de percepción de un sonido según se aleja o se acerca la emisión del mismo a un observador. Al acercarse, el sonido se vuelve más agudo porque las ondas sonoras se juntan entre sí; al alejarse, estas ondas se separan y el sonido se hace más grave.

Poco tiempo después, el físico francés **Armand H. Luis Fizeau** (1819-1896) aplicó este efecto a las ondas electromagnéticas; podía detectarse de esta manera si una estrella o galaxia se acercaba o se alejaba de nosotros por el desplazamiento hacia el azul o hacia el rojo, respectivamente, de sus líneas espectrales en el espectroscopio, y a qué velocidad lo hacía.

⁽⁴⁾ No confundir con la *constante* cosmológica de Einstein.

⁽⁵⁾ Estrellas de neutrones, residuos de supernovas, que giran a gran velocidad emitiendo radiaciones intermitentes que nos llegan en forma de pulsaciones de radio.

⁽⁶⁾ Estrellas muy densas, con enorme poder atractivo, de las cuales no puede escapar ni la luz; es invisible, por tanto.

⁽⁷⁾ Estrellas muy masivas, que en su proceso de muerte, explotan de manera muy violenta. Producen tal fulgor que durante varios meses su luz supera al conjunto de los miles de millones de estrellas que integran su galaxia.

BIBLIOGRAFÍA

- ALTSCHULER, D. (2001): *Hijos de las Estrellas*. Madrid, Cambridge U. Press.
- ASIMOV, I. (1980): *Las Amenazas de Nuestro Mundo*. Barcelona, Plaza & Janés.
- ASIMOV, I. (1986): *El Cometa Halley*. Barcelona. Plaza & Janés.
- ASIMOV, I. (1986): *El Universo*. Madrid, Alianza Editorial.
- DAVIS, P. (1985): *El Universo Desbocado*. Barcelona, Salvat.
- DAVIS, P. (1986): *El Universo Accidental*. Barcelona, Salvat.
- DVALI, G. (2004): “Salir de la Oscuridad”, en *Investigación y Ciencia*, nº 331, abril, pp. 66-73.
- GÁMEZ, P. (2004): *Hipatia*. Barcelona, Lumen.
- GARCÍA CONEJO, J. L. (1996): *Diccionario Enciclopédico de Astronomía*. Madrid, Equipo Sirius.
- GÓMEZ ROLDÁN, A. (2002): *Historia de la Astronomía*. Madrid, Acendo.
- HAWKING, S.H. (1988): *Historia del Tiempo*. Madrid, Crítica.
- HENBEST, N y COUPER, H (2003): *Enciclopedia del Espacio*. Madrid, Espasa Calpe.
- HENBEST, N. (1982): *El Universo en Explosión*. Madrid, Debate.
- HU, W. y WHITE, M. (2004): “La Sinfonía Cósmica”, en *Investigación y Ciencia*, nº 331, abril, pp. 42-51.
- KIPPENHAHN, R. (1987): *Luz del Confín del Universo*. Barcelona, Salvat.
- LUIS, B. de (1988): *El Universo. Guía Didáctica*. Madrid, Equipo Sirius.
- NEWMAN, A. (2004): *Stephen Hawking*. Barcelona, La Tempestad.
- PÉREZ MERCADER, J.(1996): *¿Qué Sabemos del Universo?* Madrid, Temas de Debate.
- REGINALDO, R. (1992): *Atlas de Astronomía*. Barcelona, Edibook.
- RIESS, A. y TURNER, M. (2004): “Cuando la Aceleración cambió de Signo”, en *Investigación y Ciencia* nº 331, abril, pp. 60-65.
- RIPERO, J. (2001): *El Vigía del Cosmos*. Madrid, Equipo Sirius.

SAGAN, C. (1982): *Cosmos*. Barcelona, Planeta.

SMOOT, G. (1994): *Arrugas en el Tiempo*. Barcelona, Plaza & Janés.

STRAUSS, M. (2004): “Los Planos de la Creación”, en *Investigación y Ciencia* nº 331, abril, pp. 52-59.

TREFIL, J. (2002): *El Universo. Imágenes del Cosmos*. Washington, D.C., National Geographic.