



Índice.

- **Un Universo en Expansión. Pag 1.**
- **La radiación cósmica de fondo. Pag 1.**
- **Modelos estáticos y de expansión del universo. Pag 2.**
- **La teoría del universo estacionario. Pag 3.**
- **La teoría del big bang o la gran explosión. Pag 4.**
- **Evolución del universo. Pag 5.**
- **Materia oscura. Pag 6.**
- **Evolución del universo. Pag 7.**
- **Distancias interestelares. Pag 8.**
- **¿Podría darse un universo oscilante? Pag 9.**
- **Más allá de la ciencia. Pag 10.**
- **Bibliografía. Pag 10.**

Un universo en expansión

El primer indicio de que el universo podía estar expandiéndose vino de un descubrimiento fortuito realizado en 1914. Mientras realizaba otras observaciones, el astrónomo Vesto Slipher notó que ciertas nebulosas espirales se alejaban de nuestro planeta y del sol a enorme velocidad. Captando la importancia de dicha observación, Edwin Hubble y Milton Humason enfocaron el telescopio gigante del Monte Wilson hacia otras nebulosas, ahora denominadas galaxias. Entre 1925 y 1930 Hubble y Humason midieron las velocidades y distancias recesionales de un número de galaxias suficiente para demostrar que se alejan de nosotros a velocidades proporcionales a su distancia de nuestra galaxia.

Si todas las galaxias se alejan de nosotros, y unas respecto de otras, es que el universo en su totalidad debe estar expandiéndose. Podemos visualizar dicho efecto de manera algo imperfecta observando lo que sucede al hinchar un globo en cuya superficie hemos dibujado una serie de manchas. (Con mayor precisión, los astrofísicos hablan de que nuestro universo se expande en un espacio-tiempo de cuatro dimensiones.)

Si imaginamos que retrocedemos en el tiempo descubriremos que las galaxias se hallaban más próximas entre sí que ahora. Cuanto más atrás en el tiempo, más cerca estarán unas de otras, de manera que es posible imaginar un instante en cual todas las galaxias se encontraban comprimidas en un volumen muy pequeño. Las ecuaciones de la teoría de la relatividad se han verificado experimentalmente con suficiente precisión para describir el comportamiento del universo y establecen que la compresión podría hacerse tan grande que el universo se convertiría en un punto sin dimensiones y en consecuencia de densidad infinita. La materia y la energía tal como las conocemos no existirían, y las nociones de espacio y tiempo no tendrían sentido.

La idea de un universo confinado en un punto supera casi la imaginación humana; los científicos lo denominan singularidad, un acontecimiento absolutamente único. Correspondería al principio del universo, o al menos a un momento antes del cual no es posible obtener información que tenga sentido. De manera que la evidencia científica de un universo en expansión apunta a un universo con un principio.

La radiación cósmica de fondo

En 1965, dos científicos de los Bell Laboratories que trataban de poner en funcionamiento un potente nuevo radio receptor de microondas veían obstaculizados sus esfuerzos por un molesto parásito. Arno Penzias y Robert Wilson pensaron que habían encontrado la clave del problema cuando descubrieron un nido de palomas en la enorme antena, pero la expulsión de las aves no solucionó el problema del parásito. Continuaron investigando su origen hasta encontrarlo, un hallazgo que les valió el Premio Nobel de Física de 1978.

Penzias y Wilson observaron que la misteriosa radiación de microondas procedía de más allá de su receptor, de más allá de la tierra e incluso de más allá de nuestra galaxia. Parecía como si todo el universo emitiese un leve fulgor de radiación de microondas en cualquier dirección hacia la cual apuntasen su antena. Su descubrimiento, actualmente denominado radiación cósmica de fondo, parece ser el remanente diluido del intenso calor y luz desprendidos en los momentos iniciales de la explosión primordial.

La radiación de fondo cósmico puede compararse al calor y la luz que desprende el rescoldo de un fuego. Esa radiación ya no se halla en la región visible del espectro electromagnético sino en la infrarroja. Podría decirse que el rescoldo de la bola de fuego original del universo se encuentra a estas alturas muy frío y no emite ya ni tan solo radiación infrarroja. En su lugar se desprende radiación de microondas, de longitud de onda mayor y menor energía, detectable solamente mediante receptores de alta sensibilidad. Como cualquier radiación, las microondas existen en forma de partículas de luz, llamadas fotones; los fotones de la radiación de fondo cósmico corresponden a una temperatura tremendamente baja, de tres grados por encima del cero absoluto.

Sorprendentemente, casi veinte años antes de su descubrimiento, el científico George Gamow había predicho la existencia de dicha radiación de fondo cósmico como resultado de su modelo caliente del universo. Utilizando el modelo de otros astrofísicos que predijeron en 1948 que el enfriamiento gradual del universo desde su fase incandescente inicial debería conducir, en el momento presente, a una radiación de fondo correspondiente a una temperatura cinco grados por encima del cero absoluto. Hoy en día, la presencia universal de ese fondo de radiación de microondas convence a la mayoría de científicos de que el universo no sólo tuvo un principio sino que dicho principio tuvo lugar en forma de una gigantesca explosión o Big Bang.

Modelos estáticos y de expansión del Universo

En 1917 Albert Einstein propuso un modelo del Universo basado en su nueva teoría de la relatividad general. Consideraba el tiempo como una cuarta dimensión y demostró que la gravitación era equivalente a una curvatura espacio-tiempo cuatridimensional resultante. Su teoría indicaba que el Universo no era estático, sino que debía expandirse o contraerse. La expansión del Universo todavía no había sido descubierta, por lo que Einstein planteó la existencia de una fuerza de repulsión entre las galaxias que compensaba la fuerza gravitatoria de atracción. Esto le llevó a introducir una 'constante cosmológica' en sus ecuaciones; el resultado era un universo estático. Sin embargo, desaprovechó la oportunidad de predecir la expansión del Universo, lo que Einstein calificaría como el mayor error de mi vida.

El astrónomo holandés Willem de Sitter desarrolló en 1917 modelos no estáticos del Universo. En 1922 lo hizo el matemático ruso Alexander Friedmann y en 1927 el sacerdote belga Georges Lemaître. El universo de De Sitter resolvió las ecuaciones relativistas de Einstein para un universo vacío, de modo que las fuerzas gravitatorias no eran importantes. La solución de Friedmann depende de la densidad de la materia en el Universo y es el modelo de universo generalmente aceptado. Lemaître también dio una solución a la ecuación

de Einstein, pero es más conocido por haber introducido la idea del 'núcleo primordial'. Afirmaba que las galaxias son fragmentos despedidos por la explosión de este núcleo, dando como resultado la expansión del Universo. Éste fue el comienzo de la teoría de la Gran Explosión sobre el origen del Universo.

El destino del universo de Friedmann está determinado por la densidad media de la materia en el Universo. Si hay relativamente poca materia, la atracción gravitatoria mutua entre las galaxias disminuirá las velocidades de recesión sólo un poco y el Universo se expandirá indefinidamente. Esto dará como resultado un llamado 'universo abierto', infinito en extensión. Sin embargo, si la densidad de la materia está por encima de un valor crítico estimado actualmente en mucho menos de un gramo, la expansión descenderá hasta detenerse y llegar a la contracción, finalizando en el colapso gravitatorio total del Universo entero. Éste sería un 'universo cerrado', finito en extensión. El destino de este universo colapsado es incierto, pero hay una teoría según la cual explotaría de nuevo, originando un nuevo universo en expansión, que se volvería a colapsar, y así hasta el infinito. A este modelo se le llama universo oscilante o pulsante.

La teoría del universo estacionario

En 1948, los astrónomos británicos Hermann Bondi, Thomas Gold y Fred Hoyle presentaron un modelo completamente distinto de universo, conocido como la teoría del universo estacionario. Consideraban insatisfactoria, desde el punto de vista filosófico, la idea de un repentino comienzo del Universo. Su modelo se derivaba de una extensión del 'principio cosmológico', que sostiene teorías anteriores como el modelo de Friedmann. En su forma previa, más restringida, el principio afirmaba que el Universo parece el mismo en su conjunto, en un momento determinado desde cualquier posición. El 'principio cosmológico perfecto' de Bondi, Gold y Hoyle añade el postulado de que el Universo parece el mismo siempre. Plantean que la disminución de la densidad del Universo provocada por su expansión se compensa con la creación continua de materia, que se condensa en galaxias que ocupan el lugar de las galaxias que se han separado de la Vía Láctea y así se mantiene la apariencia actual del Universo (es la teoría de creación continua). La teoría del universo estacionario, al menos en esta forma, no la aceptan la mayoría de los cosmólogos, en especial después del descubrimiento aparentemente incompatible de la radiación de fondo de microondas en 1965.

El descubrimiento de cuásares también aportó pruebas que contradicen la teoría del universo estacionario. Los cuásares son sistemas extragalácticos muy pequeños pero muy luminosos que solamente se encuentran a grandes distancias. Su luz ha tardado en llegar a la Tierra varios cientos de miles de años. Por lo tanto, los cuásares son objetos del pasado remoto, lo que indica que hace unos pocos de cientos de miles de años la constitución del Universo fue muy distinta de lo que es hoy en día.

La teoría del Big Bang o de la Gran Explosión

En 1948 el físico ruso nacionalizado estadounidense George Gamow modificó la teoría de Lemaître del núcleo primordial. Gamow planteó que el Universo se creó en una explosión gigantesca y que los diversos elementos que hoy se observan se produjeron durante los primeros minutos después de la Gran Explosión (*Big Bang*), cuando la temperatura extremadamente alta y la densidad del Universo fusionaron partículas subatómicas en los elementos químicos. Cálculos más recientes indican que el hidrógeno y el helio habrían sido los productos primarios de la Gran Explosión, y los elementos más pesados se produjeron más tarde, dentro de las estrellas. Sin embargo, la teoría de Gamow proporciona una base para la comprensión de los primeros estadios del Universo y su posterior evolución. A causa de su elevadísima densidad, la materia existente en los primeros momentos del Universo se expandió con rapidez. Al expandirse, el helio y el hidrógeno se enfriaron y se condensaron en estrellas y en galaxias. Esto explica la expansión del Universo y la base física de la ley de Hubble.

Según se expandía el Universo, la radiación residual de la Gran Explosión continuó enfriándose, hasta llegar a una temperatura de unos -270°C . Estos vestigios de radiación de fondo de microondas fueron detectados por los radioastrónomos en 1965, proporcionando así lo que la mayoría de los astrónomos consideran la

confirmación de la teoría de la Gran Explosión.

Evolución del Universo

LA TEORÍA DEL BIG BANG. Todos los hechos expuestos hasta ahora dan soporte a la hipótesis de que el universo comenzó súbitamente, a partir de un estado inicial a muy altas temperatura y densidad, y que comenzó a expandirse hace entre 10 y 20 mil millones de años. Es lo que se denomina Teoría del Big Bang. Normalmente, se considera que la historia del universo, desde sus principios, ha pasado por cuatro fases de duraciones muy diferentes y progresivamente más largas.

La era hadrónica: Se denomina así a causa de que, durante su transcurso, las partículas gobernadas por la interacción fuerte (protones, neutrones y otras partículas pesadas) eran las protagonistas principales. Esta era se subdivide en diversas partes. El tiempo de Plank, de una duración de 10^{-43} s, para el cual no tenemos todavía una teoría física que explique el comportamiento. La temperatura durante este tiempo era del orden de 1309°C . El tiempo de Gran Unificación, durante el cual las interacciones fuerte, débil y electromagnética no se podían distinguir. Sólo la gravedad estaba separada de las otras fuerzas. Esta fase acaba cuando la temperatura llega a 1300°C , a un tiempo del orden de 10^{-32} s. Al final de este período la fuerza fuerte se separa de las otras y aparecen los quarks y otras partículas relacionadas con ellos. Igualmente, el final de la etapa viene señalada por la bariogénesis, es decir, la formación de los protones y de los neutrones y la aniquilación de sus antipartículas. El tiempo de la interacción electrodébil, que se acaba cuando las fuerzas débil y electromagnética se separan, a un tiempo del orden de 10^{-7} s y a una temperatura alrededor de 1288°C .

La era leptónica: Durante esta era las partículas protagonistas son los leptones, especialmente los electrones y los positrones, que están en equilibrio térmico con la radiación. Esta era se acabó cuando el universo tenía una edad de unos 10 segundos, una temperatura de 10784°C y una densidad 104 veces la del agua.

La era radiativa: Al principio de esta era empieza la nucleosíntesis cosmológica que llevará a las abundancias de helio, deuterio y litio que actualmente encontramos en el universo. Durante esta era, los leptones dejan de estar en equilibrio con la radiación. Esto comporta que los neutrones, que hasta entonces estaban en equilibrio con los protones, dejan de estarlo, ya que se desintegran dando protones, electrones y antineutrinos, mientras que el proceso inverso ya no se puede dar. Esto explica que actualmente en el universo haya muchos más protones que neutrones. Durante esta era, el universo estaba dominado por la radiación. La energía contenida en la radiación era superior a la contenida en la materia, a causa de la alta temperatura. Podemos decir que el universo era «brillante», dominado por la luz, y la materia estaba completamente ionizada. Esta era duró del orden de un millón de años y se acabó cuando la temperatura había bajado hasta unos 10.000°C y la densidad hasta unos 10^{-21}g/cm^3 .

La era estelar: Al final de la era radiativa, la materia deja de estar ionizada. Es decir, los protones y los electrones se combinan para dar átomos de hidrógeno. El universo se vuelve neutro y oscuro. La luz deja de interactuar con la materia y empieza a viajar libremente por el universo. Estos fotones son los que hoy día podemos detectar, después de haberse enfriado hasta 276°C , en forma de radiación de fondo de microondas. Este es el momento más antiguo del cual podemos tener datos observacionales, gracias a esta radiación de fondo. Cualquier cosa que existiera anteriormente desapareció a causa de la interacción permanente entre materia y energía. A partir de ahora cada una evolucionará por su lado. Los astros actuales todavía no existían. Sólo una nube de hidrógeno y helio. Al principio de esta época tuvo que haber grandes fluctuaciones que conducirían a la fragmentación del gas y, a la larga, a la formación de los cúmulos de galaxias y de las zonas vacías entre ellas. Después se formarían las galaxias y, más tarde, a partir de unos 1.000 millones de años desde el principio, las primeras estrellas. La luz volvía al universo y comenzaban a ser visibles las estructuras actuales.

Materia oscura

Hay otro componente del Universo, además de la materia nuclear y la radiación, que surgió del *Big Bang* y desempeñó un importante papel en la formación de galaxias. Al igual que las teorías de la gran unificación predicen la inflación, que es lo que los cosmólogos necesitan para que el Universo 'arranque', estas teorías también predicen la existencia de otras formas de materia, que resultan ser precisamente lo que necesitan los cosmólogos para explicar la existencia de estructura en el Universo. Los astrónomos saben desde hace décadas que hay mucha más materia en el Universo de la que podemos ver. La existencia de esta materia se manifiesta a través de la atracción gravitatoria que ejerce sobre las galaxias y cúmulos de galaxias visibles, lo que afecta a la forma en que se mueven. Al menos hay 10 veces más materia oscura en el Universo que materia luminosa, y puede que haya hasta 100 veces más. No es posible que toda esta materia se halle en la forma de la materia que conocemos (a veces llamada materia bariónica), porque en ese caso no funcionaría el modelo del *Big Bang* resumido aquí. En particular, la cantidad de helio producida en el *Big Bang* no coincidiría con la cantidad observada en las estrellas más antiguas, que se formaron poco después.

Las teorías de la gran unificación predicen que en la primera fracción de segundo de la existencia del Universo también debería haberse producido a partir de la energía una gran cantidad de materia de otro tipo (llamada materia oscura). Esta materia tendría la forma de partículas que no participan en interacciones electromagnéticas ni en ninguna de las dos interacciones nucleares, y sólo se ven afectadas por la cuarta fuerza fundamental, la gravedad. Estas partículas se conocen como WIMP, acrónimo inglés de 'partículas masivas de interacción débil'.

La única forma en que las WIMP afectan al tipo de materia de la que estamos formados (materia bariónica) es a través de la gravedad. La consecuencia más importante de ello es que, cuando el Universo surgió del *Big Bang* y la materia ordinaria y la radiación se desacoplaron, las irregularidades en la distribución de las WIMP en el espacio crearon enormes 'baches' gravitatorios que frenaron el movimiento de las partículas de materia bariónica. Esto habría posibilitado la formación de estrellas, galaxias y cúmulos de galaxias, y explicaría la distribución actual de los cúmulos de galaxias en el Universo, en una estructura esponjosa formada por hojas y filamentos arrollados alrededor de 'burbujas' oscuras carentes de galaxias.

Evolución del Universo.

Uno de los problemas sin resolver en el modelo del Universo en expansión es si el Universo es abierto o cerrado (esto es, si se expandirá indefinidamente o se volverá a contraer).

Un intento de resolver este problema es determinar si la densidad media de la materia en el Universo es mayor que el valor crítico en el modelo de Friedmann. La masa de una galaxia se puede medir observando el movimiento de sus estrellas; multiplicando la masa de cada galaxia por el número de galaxias se ve que la densidad es sólo del 5 al 10% del valor crítico. La masa de un cúmulo de galaxias se puede determinar de forma análoga, midiendo el movimiento de las galaxias que contiene. Al multiplicar esta masa por el número de cúmulos de galaxias se obtiene una densidad mucho mayor, que se aproxima al límite crítico que indicaría que el Universo está cerrado. La diferencia entre estos dos métodos sugiere la presencia de materia invisible, la llamada materia oscura, dentro de cada cúmulo pero fuera de las galaxias visibles. Hasta que se comprenda el fenómeno de la masa oculta, este método de determinar el destino del Universo será poco convincente.

Como la luz de las galaxias más alejadas ha estado viajando cientos de miles de años, el Universo se observa como aparecía en el pasado lejano. Al utilizar nuevos detectores infrarrojos conocidos como series de gran formato, los astrónomos del Observatorio Mauna Kea, en Hawaii, han registrado cientos de galaxias, las más mortecinas jamás observadas, la mayoría de ellas agrupadas a una distancia de 600.000 años luz. Una anomalía en esta visión del Universo de hace 600.000 años es que, más que una mezcla de tipos galácticos, predomina un tipo: una clase de galaxias pequeñas y compactas que contienen muchas menos estrellas que la Vía Láctea u otras de su clase. Las jóvenes galaxias espirales y elípticas que se observan en la actualidad se pueden haber formado por la fusión de fragmentos galácticos de masa baja, relativamente tarde en la historia del Universo, mucho después de la Gran Explosión, y pueden representar cada uno de los estadios en la

evolución del Universo.

Muchos de los trabajos habituales en cosmología teórica se centran en desarrollar una mejor comprensión de los procesos que deben haber dado lugar a la Gran Explosión. La teoría inflacionaria, formulada en la década de 1980, resuelve dificultades importantes en el planteamiento original de Gamow al incorporar avances recientes en la física de las partículas elementales. Estas teorías también han conducido a especulaciones tan osadas como la posibilidad de una infinitud de universos producidos de acuerdo con el modelo inflacionario. Sin embargo, la mayoría de los cosmólogos se preocupa más de localizar el paradero de la materia oscura, mientras que una minoría, encabezada por el sueco Hannes Alfvén, premio Nobel de Física, mantienen la idea de que no es la gravedad sino los fenómenos del plasma, la clave para comprender la estructura y la evolución del Universo.

Distancias interestelares

Una idea de la escala de las distancias entre las estrellas fue proporcionada a principios del siglo XIX por el astrónomo alemán Friedrich Wilhelm Bessel. Descubrió que la cercana estrella 61 Cygni estaba unas 600.000 veces más lejos de la Tierra que el Sol. En 1917 el astrónomo estadounidense Harlow Shapley calculó que la galaxia de la Tierra, la Vía Láctea, tiene un diámetro de unos 350.000 años luz; ésta fue la primera indicación del tamaño de nuestra galaxia. Por desgracia, Shapley no consideró la absorción de la luz de las estrellas por partículas de polvo en la Vía Láctea, lo que hace que los objetos parezcan más oscuros y, por tanto, más lejos de lo que están en realidad. El actual valor del diámetro de la parte visible de nuestra galaxia es de unos 30.000 parsecs (100.000 años luz). El astrónomo holandés Jan Hendrik Oort descubrió que el Sol tarda 250.000 millones de años en completar una revolución en torno al centro de nuestra galaxia y de esta forma pudo calcular que la masa de la Vía Láctea es de unas 100.000 millones de veces la masa del Sol.

Hasta comienzos del siglo XX, los astrónomos no conocían con seguridad la naturaleza de lo que describían como nebulosas espirales y elípticas; no podían determinar si estaban dentro o fuera de nuestra galaxia. En 1924 el astrónomo estadounidense Edwin Hubble logró descubrir estrellas individuales en alguno de estos objetos, entre ellos, la famosa Andrómeda. Varias de estas estrellas eran estrellas pulsantes, llamadas variables cefeidas. Midiendo su periodo de pulsación, los astrónomos pueden determinar el brillo intrínseco de estas estrellas. Comparando el brillo aparente de estas cefeidas con el brillo conocido de las cefeidas cercanas, Hubble comprobó que los objetos que estudiaba estaban fuera de la galaxia. Esto significaba que las miles de 'nebulosas' espirales y elípticas eran galaxias por derecho propio, externas a la Vía Láctea, y que cada una de ellas contenía cientos de miles de millones de estrellas. Hubble calculó que la distancia a la galaxia Andrómeda era de 900.000 años luz, cifra después corregida a los 2,2 millones de años luz, cuando los astrónomos descubrieron que las cefeidas estaban más lejos de lo que pensaron en un principio.

¿Podría darse un universo oscilante?

Algunos científicos siguen tratando de encontrar evidencias de que el universo es eterno. Un modelo propuesto por Ernst Pik sugiere que la gran explosión (Big Bang) fue en realidad un gran rebote, (Big Bounce) y que el universo se contrae y expande como un acordeón. Según Opik, el universo completaría un ciclo de expansión y contracción aproximadamente cada cien mil millones de años. Entre los que se sienten atraídos por la idea de un universo oscilante, que no necesita de ningún principio, figuran divulgadores científicos como Carl Sagan e Isaac Asimov.

Recientemente, sin embargo, se ha demostrado que incluso si el universo contuviera suficiente masa como para que su gravedad detuviera a la larga la presente expansión y provocase una contracción, dicho colapso no produciría un rebote. Así pues, parece que, o bien el universo se expande indefinidamente, o sufre un único ciclo de expansión y contracción.

Más allá de la ciencia.

Si toda la evidencia de que actualmente se dispone parece indicar que nuestro universo tuvo un inicio definido, cabe hacerse multitud de preguntas: ¿De dónde procede el universo? ¿Qué existía antes de que comenzara? ¿De dónde surgió la increíble energía para la conflagración cósmica que supone el Big Bang?

Puesto que las probabilidades de obtener evidencia concreta de antes del Big Bang son escasas, la mayoría de científicos coinciden con el geólogo Preston Cloud en que tales cuestiones trascienden los límites de la ciencia.

Algunos físicos, como Allan Guth, continúan buscando una nueva teoría física que pueda explicar el origen del universo ex nihilo (esto es, de la nada) y en conformidad con los principios de la mecánica cuántica. El vacío del cual el universo teórico de Guth emerge no es, sin embargo, un verdadero vacío, ya que contiene energía. Los intentos de derivar un auténtico ex nihilo para el universo mediante lo que se denomina tunneling cuántico se han visto frustrados hasta la fecha. La mecánica cuántica impone severas restricciones a la producción de partículas virtuales, y la relatividad general coloca límites muy rigurosos al origen del tiempo y el espacio.

Incluso si resultase posible desarrollar una teoría tal, quedarían aún preguntas fundamentales por responder: ¿Por qué existe algo en vez de nada? Las fuerzas de la naturaleza, ¿son realmente autónomas o fueron preconcebidas? ¿Cómo podemos justificar la existencia de un modelo previo tan elegantemente diseñado, capaz de crear un universo tan vasto y complejo de la nada?

Cuestiones de tal envergadura no pueden abordarse desde una perspectiva científica, sino filosófica. No tenemos por qué sorprendernos ni sentirnos incómodos si los descubrimientos científicos nos conducen a preguntas de esta índole. Por otra parte, los que esperan demasiado de la ciencia no podrán evitar una cierta decepción al comprobar que ésta posee limitaciones inherentes.

En cualquier caso, es preciso aceptar que la ciencia plantea continuamente interrogantes filosóficos que trascienden su propia competencia o esfera de actuación.

Bibliografía.

- Atlas de Astronomía. Editorial Santillana.
- Libro de texto de Taller de Astronomía.
- Enciclopedia Interactiva Encarta.
- www.diomedes.com
- www.menteabierta.org

Origen y Evolución del Universo

QUÁSAR

DESARROLLO DESDE EL BIG BANG

EXPLOSIÓN DE UNA GALAXIA