



Qa^caaa) A^E^8aQÍ Á^ÁHÍ DA) ÁSO/OÖYÁHÁHÍ DÍEconocida por el DICE, incorporada a la base de datos bibliográfica ISOC, en RePec, resumida en DIALNET y encuadrada en el Grupo C de la Clasificación Integrada de Revistas Científicas de España.  
Vol 12. Nº 35  
Diciembre 2019  
<https://www.eumed.net/rev/delos/35/index.html>

## LOS AGUJEROS NEGROS: EQUILIBRIO DE LOS MULTIVERSOS

José Alberto Acosta Guzmán<sup>1</sup>  
Fundación, Educación, Investigación y Ecoturismo  
fuedinec@hotmail.com

### Contenido

Resumen.....	1
Abstract .....	2
1- Introducción .....	2
2- Agujeros Negros .....	3
3- Origen del universo .....	7
4- Génesis de los agujeros negros estelares .....	9
5- Conclusiones.....	11
6- Bibliografía .....	12

### RESUMEN

Los agujeros negros desempeñan un papel muy importante en la ciencia de la astrofísica. Existe una fuerte evidencia de que las galaxias albergan agujeros negros supermasivos en su centro y que la acreción de materia hacia un agujero negro puede ser la fuente de energía de los núcleos galácticos activos. Además, las estrellas muy masivas finalizaran su existencia como tales en agujeros negros, debido a su colapso gravitatorio. Finalmente, se estudiará en sentido general a los agujeros negros, el origen del universo y la génesis de los agujeros negros. Con esta investigación, se inicia una nueva era del estudio de la astrofísica en la República Dominicana por parte del Centro de Astronomía de "FUEDINE".

**Palabras clave:** Agujero negros, equilibrio y cosmo.

---

<sup>1</sup> Doctor en Administración de Empresas y Economía por la Universidad de Sevilla (España). Ph.D, en Economics, en Atlantic International University, United States of America. Coordinador Investigaciones "FUEDINEC".

## **ABSTRACT**

Black holes play a very important role in the science of astrophysics. There is strong evidence that galaxies harbor supermassive black holes at their center and that the accretion of matter into a black hole can be the energy source of active galactic nuclei. In addition, very massive stars will end their existence as such in black holes, due to their gravitational collapse. Finally, black holes, the origin of the universe and the genesis of black holes will be studied in a general sense. With this research, a new era of the study of astrophysics in the Dominican Republic begins by the Astronomy Center of "FUEDINE".

**Key words:** Black hole, balance and cosmo.

## **1- INTRODUCCIÓN**

Se puede expresar, los agujeros negros son una de las predicciones más enigmáticas y sorprendentes de la relatividad general, que es la teoría de la gravedad propuesta por el Baviere Albert Einstein en 1915 para ampliar y perfeccionar la ley de gravitación de Newton. Desde 1916, cuando surgió el primer indicio teórico de la existencia de los agujeros negros, hasta la década de 1964-1974, cuando se produjo la denominada edad de oro en el estudio de estos objetos, la investigación en el campo estuvo bajo la hegemonía de la relatividad general. Sin embargo, en 1974 un joven y prometedor físico británico, el Oxoniense Stephen Hawking, combinó con éxito la relatividad general y la teoría cuántica, y descubrió que los agujeros negros no son tan negros, contradiciendo el conocimiento acumulado desde 1915.

En síntesis, Hawking expuso que los agujeros negros emiten una clase de radiación térmica denominada desde ese momento como radiación de Hawking, dicha presencia tiene tres implicancias físicas: los agujeros negros tienen una temperatura no nula, tienen entropía, y reducen su masa en forma gradual en un proceso denominado evaporación. Estos tres importantes resultados han permitido trazar una línea divisoria entre lo que ahora se puede denominar agujeros negros clásicos, cuya descripción se basa únicamente en la relatividad general, y los agujeros negros cuánticos, cuya investigación combina la relatividad general y la teoría de la mecánica cuántica.

Entendiendo la importancia de los descubrimientos del investigador físico Oxoniense, a través del transcurrir de los años se ha acumulado una enriquecida literatura sobre esta temática. Aun así, son contadas las excepciones, los textos que examinan las contribuciones del investigador británico Hawking al estudio de los agujeros negros pueden dividirse en dos categorías, cuyos niveles de dificultad son diametralmente opuestos. Por una parte está la

literatura técnica, destinada a personas con un gran dominio de la física y las matemáticas. Por otra parte está la divulgación, destinada a personas sin formación científica. Por tanto, existe un evidente vacío de literatura de nivel intermedio, cuya dificultad se encuentre a medio camino entre la divulgación y la literatura técnica. El propósito del presente trabajo es presentar una introducción accesible y actualizada a los tres grandes descubrimientos del recientemente fallecido genio británico.

Finalmente, esta investigación se encuentra destinada fundamentalmente a aquellos estudiosos cuya formación en física y matemáticas los sitúa entre el especialista y el iniciado en esta rama de la astrofísica. Desde esta perspectiva, el artículo puede resultar provechoso como material de análisis para los estudiantes de Licenciatura y Maestría de astronomía o física moderna, siendo realizado de manera muy especial para los estudiantes de la República Dominicana, donde existe una gran esterilidad en esta área del conocimiento.

## **2- AGUJEROS NEGROS**

Guillén (2012) ha indicado como consecuencia de la teoría corpuscular de la luz de Newton, sus ecuaciones sobre: la gravedad, el movimiento, y la velocidad de escape, en el año 1783, John Michell manifestó la presencia de estrellas, bastantes masivas, que no pueden ser vista a causa de que la luz, la cual, no podría escapar de la gravedad de ellas. En 1915, Albert Einstein señaló que la luz en efecto está sometida a la gravedad y Karl Schwarzschild, en la aplicación para un cuerpo esférico, que hizo de las ecuaciones de la Relatividad General, confirmó que una estrella con una gran masa y un determinado radio, llamado horizonte de eventos, su gravedad atraparía la luz. En 1930, Subrahmanyan Chandrasekhar determinó la masa crítica en 1,5 veces la del Sol y, en 1939, Robert Oppenheimer descubrió que por encima se podría producir el colapso gravitatorio de la estrella. En 1967, Stephen Hawking y Roger Penrose probaron que cualquier solución de las ecuaciones de la Relatividad General para una estrella colapsada genera una singularidad. En 1969, John Wheeler llamó, a la singularidad, agujero negro.

Según los resultados de la relatividad general conocido como teorema de no pelo, existen solamente tres variables fundamentales observables externamente que definen un agujero negro: masa, carga eléctrica y momentum angular. Por consiguiente, el agujero negro más simple es el que carece de rotación y es eléctricamente neutro. Además, cuando se presenta este escenario, a esta entidad se le conoce como agujero negro estático, y su descripción desde el campo matemático solo depende de la masa (Pinochet 2019)

Sendra (2015) ha indicado, los agujeros negros son entidades que pueden ser denominadas relativistas, ya que son descritos por medio de la teoría de la Relatividad General. Estas se constituyen cuando una estrella colapsa en un cuerpo con dimensiones tales que su radio es menor que el radio de Schwarzschild, situación esta en el cual la geometría del espacio-tiempo esta tan distorsionada que ni siquiera la luz puede escapar de ellos.

Se tiene por entendido, en el centro de las galaxias se encuentra un agujero negro, el cual se forma cuando se produce una alta concentración de masa, o su equivalente en energía, en una región esférica cerrada del espacio denominada horizonte. La relatividad general reafirma que el campo gravitacional dentro del horizonte es tan intenso, que la luz no puede escapar de su interior y queda atrapada para siempre. Según las últimas investigaciones, los neutrinos son los únicos que pueden escapar a esta dinámica. Pero como según la física relativista nada en el universo puede desplazarse más rápido que la luz, se concluye que ninguna forma de materia o energía encerrada en el horizonte puede atravesarlo y escapar hacia lo externo.

León (2013) se ha descubierto de manera experimental, la velocidad  $> c$  del neutrino carece de toda cabida en la Relatividad. Esto hace que se vuelva a la mecánica de Newton. Donde si aplicamos el concepto de velocidad de escape para un agujero negro se puede lograr que el neutrino deba escapar del horizonte de eventos.

Según la relatividad general, cuando una comprobada cantidad de masa, o su equivalente en energía, se comprime en lo interno del horizonte, exactamente en este punto se presenta el génesis de un colapso gravitatorio que no puede ser detenido. Además, este colapso gravitatorio finaliza cuando la masa-energía queda reducida a un punto matemático de densidad infinita designado singularidad, localizado en el centro del horizonte. Se debe tener presente, aunque el horizonte no es una superficie física de localización, puede visualizarse como una membrana unidireccional que solo permite el flujo de materia o energía hacia el interior.

Se puede afirmar, Hawking (1987) el concepto agujero negro tiene un génesis muy reciente. Este vocablo, fue grabado en 1969 por el científico Estadounidense John Wheeler como la descripción gráfica de una idea que se remonta hacia atrás en un tiempo mínimo de aproximadamente doscientos años, a un período en que había dos teorías sobre la luz: una, preferida por Newton, que suponía que la luz estaba compuesta por partículas, y la otra que asumía que estaba formada por ondas. En la actualidad, se ha demostrado que ambas teorías son correctas.

Ahora bien, se debe tener presente, según la teoría de que la luz estaba formada por ondas, no quedaba bastante claro como respondería ésta ante la presencia de la gravedad. Pero si la luz estaba compuesta por partículas, se podría esperar que éstas fueran afectadas por la gravedad del mismo modo que lo son las balas, los cohetes y los planetas. En el génesis, se tenía pensado que las partículas de luz se transportaban con infinita rapidez, de forma que la gravedad no hubiera sido capaz de frenar, pero la revelación de Roemer de que la luz viaja a una velocidad finita, esto significa el que la gravedad pudiera tener un efecto relevante sobre la luz Hawking (1987)

Hawking (1987) indicó, bajo esta hipótesis, un investigador de Cambridge, John Michell, subrayó en 1783 una investigación realizada en una revista de Londres, en el que indicaba que una estrella que fuera suficientemente masiva y compacta tendría un campo

gravitatorio tan intenso que la luz no podría escapar: aclaró, que la luz emitida desde la superficie de la estrella sería empujada de vuelta hacia el centro por la fuerza de atracción gravitatoria de la estrella, antes de que logran llegar muy lejos. Michell propuso que podría haber un gran número de estrellas de esta clase. Además, a pesar de que no se puede ser capaz de lograr verlas porque su luz no lograría alcanzarnos, de luego, sí podríamos lograr su atracción gravitatoria.

Estas entidades son los que hoy en día se ha denominado agujeros negros, dicho concepto se puede afirmar hasta este momento es un "constructo", debido a su dimensión de lo no cuantificable, ya que esto es precisamente lo que son: huecos negros en el espacio. Una sugerencia similar fue realizada unos pocos años después por el científico francés marqués de Laplace, parece ser que independientemente de Michell. Resulta bastante interesante que Laplace sólo incluyera esta idea en sus ediciones de su libro "El sistema del mundo".

En realidad, para lograr entender cómo se podría formar un agujero negro, se tiene que tener conocimientos básicos sobre el ciclo vital de una estrella. Las estrellas se forman cuando una gran cantidad de gas, principalmente hidrógeno, comienza a colapsar sobre sí mismo debido a su atracción gravitatoria. Proporcionalmente se contrae, sus átomos empiezan a colisionar entre sí, cada vez con mayor frecuencia y a mayores velocidades: el gas se calienta Hawking (1987)

Transcurrido el tiempo, el gas estará con una temperatura tan elevada que cuando los átomos de hidrógeno choquen ya no saldrán rebotados, sino que llegará el momento en el cual se fundirán formando helio. Entonces, el calor desprendido por la reacción, que es como una explosión controlada de una bomba de hidrógeno, lo cual logra que la estrella brille. Este calor adicional también aumenta la presión del gas hasta que ésta es suficiente para equilibrar la atracción gravitatoria, y el gas deja de contraerse. Se puede afirmar, parece en cierta medida a un globo ha indicado Hawking (1987)

Se ha demostrado, existe un equilibrio entre la presión del aire desde dentro, que trata de hacer que el globo se expanda en tamaño, y la tensión de la goma, que trata de disminuir el tamaño del globo. Se puede indicar, las estrellas logran permanecer estables en esta forma por un largo período de tiempo, con el calor de las reacciones nucleares equilibrando la atracción gravitatoria. Las investigaciones han demostrado, los antecedentes del universo en el tiempo real, sin embargo, tendría un aspecto muy diferente.

En un segmento del tiempo, aproximadamente de diez o veinte mil millones de años tendría un tamaño mínimo, que sería igual al radio máximo de la historia en tiempo imaginario. En tiempos reales posteriores, el universo se expandiría como en el modelo inflacionario caótico propuesto por Linde (pero no se tendría que suponer ahora que el universo fue creado en el tipo de estado correcto). Así mismo, el universo se expandiría hasta alcanzar un tamaño muy grande y finalmente se colapsaría de nuevo en lo que parecería una singularidad en el tiempo real. Así, en cierto sentido, continuamos, siendo todos condenados, incluso aunque nos mantengamos lejos de los agujeros negros Hawking (1987)

Vicente (2019) ha indicado, los agujeros negros supermasivos suelen hallarse en el centro de las galaxias y se cree que son responsables de algunos de los fenómenos más energéticos del Universo conocido. En la actualidad, se cree que la materia en los alrededores de estas entidades cae sobre ellos formando un disco. En ese mismo orden, parte de la materia escapa en chorros de plasma a lo largo del eje del disco a velocidades cercanas a la de la luz. Como consecuencia, tanto el disco como los chorros de plasma producen grandes cantidades de emisión radio. Como resultado de esto, de puede indicar, los agujeros negros representan un equilibrio para los diferentes Multiversos.

Martí (2019) ha indicado, el agujero negro supermasivo más cercano a la Tierra (llamado SgrA\*) este se encuentra localizado en el centro de nuestra galaxia, la "Vía Láctea", y se ha calculado pesa 4 millones de soles aproximadamente. Aún representando el más cercano, su tamaño aparente en el cielo es menor que una cienmillonésima de grado, similar al tamaño de una pelota de tenis en la superficie de la Luna, vista desde la Tierra. Además, este tamaño está determinado por el llamado "radio de Schwarzschild". Justo en el radio de Schwarzschild, la luz no logra escapar de la atracción gravitatoria del agujero negro, por lo que éste toma el aspecto de un «agujero oscuro» en el firmamento.

Se debe tener presente, que las observaciones que se han realizado de los centros de galaxias que se encuentran activas, así mismo, del centro de nuestra propia galaxia, la Vía Láctea, proveen demostración adicional en favor de la existencia de los agujeros negros. Además, los movimientos realizados de las estrellas próximas al centro de la Vía Láctea y la intensa emisión de radiación desde algunos núcleos galácticos indican la presencia de entidades muy compactas en el centro de las galaxias. Se tiene estimaciones de masas en estos casos, los cuales oscilan entre  $10^6$  y  $10^{10}$   $M_{\odot}$ . Se considera que existe uno de estos agujeros negros en el centro de cada galaxia, incluida la nuestra. En virtud de los últimos hallazgos se considera que existen también agujeros negros de masa intermedia en el centro de los cluster globulares (Gerssen et al, 2002. Gebhardt et al., (2002).

Las investigaciones han demostrado, los agujeros negros surgen del colapso nuclear de una hipernova, un tipo de supernova con masa mayor a 20 masas solares, y los de tipo supermasivo, de la colisión de galaxias, algo muy común en el universo primitivo. Ahora bien, se debe partir con el origen estelar. Así mismo, se tienen evidencias, que indican cuando las capas externas de la hipernova caen hacia el núcleo de la protoestrella de neutrones durante el colapso final, y el "huracán" de neutrinos expulsados por el núcleo en violenta contracción no es capaz de detenerlas, estas capas incrementan la masa del núcleo más allá de su límite de equilibrio, produciendo un objeto enormemente masivo contenido en un volumen reducido, teniendo como evidencias, que ni siquiera la luz puede escapar de su atracción gravitacional, causa por la que los agujeros negros se consideran invisibles. En este mismo orden, se puede afirmar, los agujeros negros constituyen lo que se conoce como una singularidad, un punto donde la densidad es infinita, y el volumen es 0...

### **3- ORIGEN DEL UNIVERSO**

Hawking (1987) se puede indicar, la teoría de la relatividad general de Einstein, por sí sola, predijo que el espacio tiempo inició en la singularidad del big bang y que iría hacia un final, bien en la singularidad del big crunch 'gran crujido', 'implosión' si todo el universo colapsase ahora o bien en una singularidad dentro de un agujero negro, si una región local, como una estrella, fuese a colapsarse. Cualquier elemento de materia que cayese en el agujero sería destruida en la singularidad, y solamente el efecto gravitatorio de su masa continuaría sintiéndose afuera. En otro orden de ideas, se debe tener presente, los efectos cuánticos parece que la masa o energía de la materia tendría que ser devuelta finalmente al resto del universo, y que el agujero negro, junto con cualquier singularidad dentro de él, se evaporaría y por último desaparecería.

El eminente investigador de los agujeros negros Hawking, ha indicado, que en la década de los setenta se dedicó a estudiar los agujeros negros, pero en 1981 su interés por cuestiones acerca del origen y el destino del universo se despertó de nuevo cuando participó a una conferencia sobre cosmología, organizada por la congregación de los jesuitas en el Vaticano de Roma. Y continua indicando "La Iglesia católica" había cometido un grave error con Galileo, cuando trató de sentar cátedra en una cuestión de ciencia, al declarar que el Sol se movía alrededor de la Tierra. En la actualidad, había decidido invitar a un grupo de expertos para que la asesorasen sobre cosmología Hawking (1987)

Continúa afirmando Hawking, que al culminar la conferencia, a los participantes de la actividad, se les concedió una audiencia con el Papa. Y se les dijo, que estaba bien estudiar la evolución del universo después del big bang, pero que no se debía indagar en el big bang mismo, porque se trataba del momento de la Creación y por lo tanto de la obra de Dios. Hawking, se alegró entonces de que no conociese el tema de la charla que yo acababa de dar en la conferencia: la posibilidad de que el espacio-tiempo fuese finito pero no tuviese ninguna frontera, lo que significaría que no hubo ningún principio, ningún momento de Creación Hawking (1987)

Para explicar las ideas de los investigadores alrededor de los agujeros negros, sobre lo que se ha tenido acerca de cómo la mecánica cuántica puede afectar al origen y al destino del universo, es necesario comprender primero la historia generalmente aceptada del universo, de acuerdo con lo se conoce como «modelo del big bang caliente». Este modelo plantea que el universo se describe mediante un modelo de Friedmann, justo desde el mismo big bang. Hawking (1987). Estos modelos han demostrado, conforme el universo se expande, toda materia o radiación existente en él se enfría. Finalmente, se puede expresar: Cuando el universo duplica su tamaño, su temperatura logrará reducirse al 50%.

Afirma Hawking (1987) debido que la temperatura representa una medida de energía, o de la velocidad promedio de las partículas, ese enfriamiento del universo tendría un efecto de la mayor importancia sobre la materia existente dentro de él. Entonces se pueden tener los



siguientes resultados: a temperaturas muy altas, las partículas se estarían moviendo tan rápido que podrían vencer cualquier atracción entre ellas debida a fuerzas nucleares o electromagnéticas, pero a medida que se produjese el enfriamiento se esperaría que las partículas se atrajesen unas a otras hasta comenzar a agruparse juntas.

En este mismo orden, inclusive los tipos de partículas que existiesen en el universo dependerían de la temperatura. Es decir, a temperaturas suficientemente altas, las partículas tendrían tanta energía que cada vez que colisionasen se producirían muchos pares partícula/antipartícula diferentes, y aunque algunas de estas partículas se aniquilarían al chocar con antipartículas, se producirían más rápidamente de lo que podrían aniquilarse. Además, a temperaturas más bajas, sin embargo, cuando las partículas que colisionasen tuvieran menos energía, los pares partícula/antipartícula se producirían menos rápidamente, y la aniquilación sería más rápida que la producción.

En este sentido, se ha planteado que Justo en el mismo big bang, se piensa que el universo tuvo un tamaño nulo, y por tanto que estuvo con una temperatura infinita. Así mismo, y conforme el universo se expandía, la temperatura de la radiación disminuía. Además, un segundo después del big bang, la temperatura habría descendido alrededor de diez mil millones de grados Hawking (1987) Para este caso, eso simboliza unas mil veces la temperatura en el centro del Sol, pero temperaturas tan altas como ésta se alcanzan en las explosiones de las bombas atómicas que fueron planeadas con la denominación "Del Proyecto Manhattan". Se puede expresar: exactamente en ese momento, el universo habría contenido fundamentalmente fotones, electrones, neutrinos y sus antipartículas, junto con algunos protones y neutrones.

Las investigaciones sobre el génesis del universo ha indicado, que a medida que el universo continuaba expandiéndose y la temperatura descendiendo, el ritmo al que los pares electrón/antielectrón estaban siendo producidos en las colisiones habría descendido por debajo del ritmo al que estaban siendo destruidos por aniquilación. Se tiene comprendido, la mayor cantidad de los electrones y los antielectrones se habrían destruidos mutuamente para producir más fotones, quedando solamente unos pocos electrones. Hawking (1987) Además, los neutrinos y los antineutrinos, sin embargo, no se habrían aniquilado entre ellos, porque estas partículas interactúan entre ellas y con otras partículas muy débilmente.

Herrera (2013), haciendo referencia al génesis de los agujeros negros, estos nacen del colapso nuclear de una hipernova, un tipo desupernova con masa mayor a 20 masas solares, y los de tipo supermasivo, de la colisión de galaxias, se puede inferir, algo bastante común en el universo inicial. En otro orden, si iniciamos con los de origen estelar. Cuando las capas externas de la hipernova caen hacia el núcleo de la proto estrella de neutrones durante el colapso final, y el "huracán" de neutrinos expulsados por el núcleo en violenta contracción no es capaz de detenerlas, estas capas incrementan la masa del núcleo más allá de su límite de equilibrio, produciendo un objeto enormemente masivo contenido en un volumen reducido, del que ni siquiera la luz puede escapar de su atracción gravitacional, razón por la que los agujeros



negros son invisibles. Finalmente, se tiene entendido, los agujeros negros representan lo que se conoce como una singularidad, un punto donde la densidad es infinita, y el volumen es 0.

Continuando y siendo más preciso, alrededor de cien segundos después del big bang, la temperatura habría descendido a mil millones de grados, que es la temperatura en el interior de las estrellas más calientes. Hawking (1987) Se ha determinado que a esta temperatura protones y neutrones no tendrían ya bastante energía para someter la atracción de la interacción nuclear fuerte, y habrían comenzado a combinarse juntos para producir los núcleos de átomos de deuterio (hidrógeno pesado), que contienen un protón y un neutrón. Así mismo, los núcleos de deuterio se habrían combinado entonces con más protones y neutrones para formar núcleos de helio, que contienen dos protones y dos neutrones, y también pequeñas cantidades de un par de elementos más pesados, litio y berilio. Se ha calculado que en el modelo de big bang caliente, entorno de una cuarta parte de los protones y los neutrones se habría convertido en núcleos de helio, junto con una pequeña cantidad de hidrógeno pesado y de otros elementos. Se puede indicar, se tendría como resultado final, los restantes neutrones se habrían desintegrado en protones, que son los núcleos de los átomos de hidrógeno ordinarios.

Finalmente, continuando el orden concatenado del génesis del universo, los estudios han demostrado, que tan sólo unas horas después del big bang la producción del gas noble "el helio" y de otros elementos se habría quedado constante en el tiempo, es decir se detuvieron. Después, durante el siguiente millón de años, aproximadamente, el universo habría continuado expandiéndose, sin que ocurriese mucho más. Hawking (1987) Entonces, una vez que la temperatura hubiese descendido a unos pocos miles de grados y los electrones y los núcleos no tuviesen ya suficiente energía para vencer la atracción electromagnética entre ellos, éstos habrían comenzado a combinarse para formar los átomos. El universo en su conjunto habría continuado con su expansión y proporcionalmente enfriándose, pero en regiones que fuesen ligeramente más densas que la media la expansión habría sido retardada por la atracción gravitatoria extra.

#### **4- GÉNESIS DE LOS AGUJEROS NEGROS ESTELARES**

Se ha indicado, los agujeros negros estelares representan el resultado final de la evolución de algunas de las estrellas de la secuencia principal. Cuando se logra ordenar las estrellas en un esquema de luminosidad versus temperaturas superficiales se logra observar que la distribución no se presenta de forma uniforme sino que las estrellas tienden a concentrarse en ciertas áreas. Además, la secuencia principal es la tendencia central de esta distribución. Así mismo, las estrellas de la secuencia principal logran su energía y luminosidad transformando el hidrógeno en helio mediante reacciones nucleares de fusión. Finalmente, las estrellas de la secuencia principal expiran de diferente manera según cual sea su masa. En la

medida que la estrella se mantiene en la secuencia principal sigue brillando gracias a las reacciones nucleares de fusión que se verifican en su núcleo.

Se ha demostrado, la presión ejercida en estas reacciones nucleares contrarresta a la fuerza gravitacional impidiendo el colapso de la materia hacia el centro. Pero cuando la estrella ha consumido todo su combustible su núcleo se convierte en una masa de  $56\text{Fe}$  o  $62\text{Ni}$  y ya no se verifican más reacciones de fusión. Entonces cesa la presión de las reacciones nucleares y sobreviene el colapso estelar. Si la masa de la estrella es menor a  $1.4 M_{\odot}$  colapsará formando una estrella enana blanca. Este valor sea denominado como límite de Chandrasekhar.

Se puede indicar, las estrellas similares a nuestro Sol, con masas relativamente pequeñas, se extinguen como enanas blancas. En esta situación, estas estrellas la materia se comprime hacia el centro aumentando su densidad a tal punto que los electrones se encuentran muy próximos entre sí. Así mismo, se puede expresar, que debido al Principio de Exclusión de Pauli se puede verificar entre los electrones una intensa repulsión que se conoce como presión del gas degenerado de electrones. Además, presión verificada, detiene el colapso gravitacional. El tamaño final de una estrella enana blanca es aproximadamente el de nuestro globo terráqueo. Logrando una densidad siendo del orden de  $10^6 \text{ gr/cm}^3$ . En este mismo orden, se trata de cuerpos muy densos y calientes pero a pesar de sus altas temperaturas, su luminosidad es baja debido a su pequeño tamaño. Se ha demostrado, estas estrellas han llegado al final de su evolución. Es decir, ha culminado su ciclo e vida.

Estas estrellas, en este proceso de ciclo de vida útil, logran enfriarse de forma gradual hasta apagarse por completo y convertirse en cuerpos sólidos y fríos que no emiten luz. Estas estrellas de la secuencia principal cuya masa excede el límite de Chandrasekhar llegan al final de su vida útil de un modo diferente. Así mismo, cuando una estrella de estas características logra consumir todo el combustible nuclear existen en ella, la energía liberada durante el colapso gravitatorio expulsa su envoltura superficial produciendo una explosión de supernova que deja como residuos una estrella de neutrones. Debido a su gran masa la materia colapsada en el interior de estas estrellas alcanza densidades muy superiores a las de una enana blanca. Además, se podría indicar, a este nivel de densidades los neutrones, que son también fermiones, experimentan repulsiones mutuas debido al principio de Exclusión de Pauli. También, esta presión, conocida como presión del gas degenerado de neutrones, detiene el colapso gravitacional.

El universo, se encuentra en expansión, y constituido de tal forma que se pueda verificar el azar del mismo, sino más bien de una forma inteligente y equilibrada, en tal razón, los agujeros negros tienen un gran sentido de ser en la estructura celestial del mismo universo Tafalla (2014). Estos, aunque hasta el momento no ha existido la fórmula y forma de poder descifrar estos misteriosos componentes en cuanto a su relevancia "el Agujero negro en sí mismo" no deja de ser uno de los enigmas más estudiados en las últimas décadas. Desde la República Dominicana, en el Centro de Astrofísica de "FUEDINEC" se están dando los

primeros pasos para con la ayuda del gobierno dominicano, se puedan realizar aporte a este fascinante campo de la ciencias astronómicas.

Por lo general, se atribuye a Edwin Hubble (1889-1953) el desvelamiento de la expansión del universo, dada la mucha importancia y calidad de sus investigaciones de la relación velocidad-distancia de galaxias. Debido al protagonismo de este, sus aportes en este sentido, y la relación de proporcionalidad entre la velocidad y la distancia de las galaxias, la cual se ha denominado comúnmente “ley de Hubble”, y el valor de la constante que las relaciona “constante de Hubble”. Aun así, los antecedentes del desvelamiento de la expansión del universo es más compleja que la aportación genial de un individuo, ya que se puede considerar, fueron varios los astrofísicos que contribuyeron tanto o más que Hubble a lo que sin duda es uno de los resultados más importantes de la ciencia contemporánea. Se puede comprobar, décadas recientes, han surgido señales que buscan recuperar la memoria de los distintos investigadores, de esas importantes contribuciones, y que pretenden distribuir el crédito por este descubrimiento de una forma más equilibrada Nussbaumer et al. (2009).

Finalmente, se ha demostrado, el radio que posee una estrella de neutrones es de unos 10 km y su densidad es del orden de  $10^{15}$  gr/cm<sup>3</sup>. Pero, aunque no se puede conocer su ecuación de estado de una estrella de neutrones, se puede conocer con exactitud, que su masa no puede exceder las 3 M<sub>O</sub>. Además, por encima de este valor, conocido como límite de Oppenheimer–Volkoff, la estrella colapsará como un agujero negro. Se considera que cuando la masa de una estrella de la secuencia principal excede las 3 M<sub>O</sub> ésta colapsará formando un agujero negro en un evento extremadamente luminoso, conocido como explosión de hipernova. Así mismo, este evento se acompaña de abundante emisión de radiación gamma. Como se puede indicar, estas emisiones han sido detectadas desde hace varias décadas y recientemente se las ha asociado a la formación de agujeros negros estelares (Atteia, 2012). En presencia de un agujero negro nada puede detener el colapso gravitatorio. Entonces, la masa existente en la estrella se comprime de tal forma que alcanza volúmenes ínfimos y densidades enormes.

## **5- CONCLUSIONES**

Se ha demostrado, los agujeros negros han sido considerados durante las últimas décadas como entes matemáticos puramente abstractos y meritorios de la ciencia ficción. Sin embargo, la astrofísica actual se encuentra cada vez más convencida de su realidad física. Las últimas investigaciones han señalado prácticamente con certeza que los agujeros negros no sólo existen sino que muchos de ellos son supermasivos y rigen la dinámica de los Multiversos y el destino de todas las galaxias. Se espera, que los desarrollos teóricos y tecnológicos de los próximos años nos permitan conocer a estas extrañas entidades celestes con mayor profundidad.

Finalmente, se ha demostrado, que la combinación de los agujeros negros con la teoría sobre la mecánica cuántica ha representado un gran desafío para los recientes investigadores y una buena comprensión del espacio-tiempo. Asimismo, la teoría de cuerdas es capaz de unificar los aspectos clásicos y cuánticos de los agujeros negros y en esta formulación se puede indicar no existe la pérdida de información. Se puede verificar, las investigaciones de las últimas décadas, han corroborado la tesis, que los agujeros negros representan un equilibrio caótico de la existencia de los diferentes Multiversos. Además, para los científicos modernos les queda muy presente: que significaría un Multiversos sin estas entidades tan caóticas como son los agujeros negros.

## **6- BIBLIOGRAFÍA**

- Atteia, J. L. (2012). Gamma-Ray Bursts, witnessing the birth of stellar mass black holes. *Proceedings of Science*.
- Gebhardt, K; Rich, R. M. and Ho, L. C. (2002). A 20 thousand solar mass black hole in the stellar cluster G1. *Astrophys. J.*, 578, 41 – 46.
- Gerssen, J.; van der Marel, R. P.; Gebhardt, K.; Guhathakurta, P; Peterson, R. C. and Pryor, C. (2002). Hubble Space Telescope Evidence for an Intermediate Mass Black Hole in the Globular Cluster M15—II. Kinematical Analysis and Dynamical Modeling. *Astron. J.*, 124, 3270–3313
- Guillén Alfonso (2012): Los neutrinos escapan de los agujeros negros. Investigador científico independiente, Bogotá, Colombia.
- Hawking Stephen (1987): Historia del tiempo Del Big Bang a los Agujeros Negros.
- Herrera Rolando R (2013). El Universo Galaxias, Constelaciones, Supernovas, Púlsares, Agujeros Negros y Cuásares, universidad de Aconcagua.
- León Alfonso (2013): Los neutrinos escapan de los agujeros negros. Bogotá, Colombia.
- Martí Ivan (2019): Observatorio de Yebes. Instituto Geográfico Nacional Tel: +34 949290311 E-mail: ivan.marti-vidal@oan.es Instituto Geográfico Nacional Madrid – España
- Nussbaumer, H., Bieri, L., & Sandage, A. 2009, “Discovering the Expanding Universe”, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Pinochet Jorge. (2019): Stephen Hawking y los agujeros negros cuánticos. *Revista Mexicana de Física*.
- Sendra, Carlos (2015): Modelos cosmológicos, agujeros negros y lentes Gravitatorias) Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires.
- Tafalla Mario (2014): La expansión acelerada del universo. Observatorio Astronómico de Madrid.
- Vicente pablo (2019): Observatorio de Yebes. Instituto Geográfico Nacional Tel: +34 949290311 E-mail: p.devicente@oan.es Instituto Geográfico Nacional Madrid – España.