

# MAPAS DEL UNIVERSO

## Entrevista con Carlos S. Frenk

CARLOS CHIMAL\*

Es uno de los más destacados astrofísicos en el mundo. Atraído en un principio por la física de partículas subatómicas, Frenk decidió dar un golpe de timón en su vida luego de haber sostenido una charla con el ilustre cosmólogo de Cambridge, lord Martin J. Rees. Afincado en la ciudad vecina de Durham, Frenk ha hecho aportaciones importantes al conocimiento del origen y estructura del universo, así como de los objetos galácticos que lo componen. Es artífice del Instituto de Cosmología Computacional de la Universidad de Durham, parte de DESI (por sus siglas en inglés, Dark Energy Spectroscopic Instrument), ingenio multinacional que busca dilucidar la naturaleza de la energía oscura.



La primera vez que platicué con él le pregunté qué le había dejado la investigación en este campo. “Enormes satisfacciones y desafíos, pues se trata de la disciplina científica donde ha habido progresos espectaculares”, contestó, “en particular la subdisciplina conocida como cosmología, es decir, el estudio del universo, el nacimiento y evolución de las galaxias”. Enseguida agregó: “La mayor parte de lo que sabemos acerca del cosmos lo hemos descubierto en los últimos treinta años; incluso puedo afirmar que desde inicios del siglo XXI hemos duplicado nuestro conocimiento sobre el origen los cúmulos galácticos”.

*“Si el universo tuviera diez años, estas galaxias habrían emitido su luz cuando el universo tenía un año, por lo que les ha llevado nueve años llegar hasta nosotros. Estas galaxias las vemos no como son hoy, sino como eran cuando el universo era muy joven. De esta forma podemos estudiar galaxias bebés, embrionarias, en las primeras fases de su formación”.*

¿De dónde vienen estas galaxias?, ¿por qué la materia visible del universo está organizada en estructuras de este tipo? “Es una pregunta que ha despertado el interés de los pensadores desde hace siglos”, me dijo. “Por ejemplo, en el siglo XVIII filósofos como Immanuel Kant hablaron de los universos ‘isla’. Lo que es realmente sugestivo, ‘espectacular’ (esa es la palabra adecuada, acotó Frenk) es que el origen de las galaxias tiene que ver con procesos y fenómenos que ocurrieron justo en el momento del Gran estallido, o Big bang. En el momento de la creación de nuestro universo fenómenos que ocurrieron en nivel sub-atómico generaron las semillas que al cabo del tiempo se convirtieron en galaxias”.

Esta es una proposición literalmente grandiosa, comenté. “En efecto”, respondió él, “cada vez es más claro que las galaxias vienen desde el origen mismo del universo y que los procesos que dan lugar a su formación están relacionados con el mundo de las partículas elementales. Esa es la hipótesis en la que la mayor parte de los físicos y astrónomos están trabajando en este momento. Es el resultado de una combinación única de nuevos desarrollos empíricos y tecnológicos, por una parte; e ideas teóricas por la otra”.

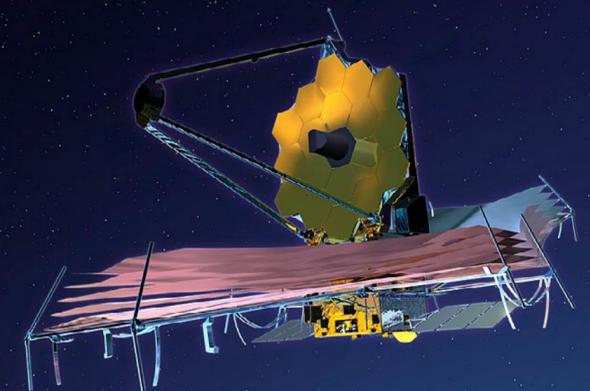
¿Cuáles son tales avances tecnológicos? “Nuevos instrumentos para mirar, en particular, el telescopio espacial ‘Hubble’, que nos ha permitido capturar imágenes de galaxias tan distantes cuya la luz ha estado propagándose en aproximadamente 90% de la edad del universo, antes de llegar a este telescopio. Si el universo tuviera diez años, estas galaxias habrían emitido su luz cuando el universo tenía un año, por lo que les ha llevado nueve años llegar hasta nosotros. Estas galaxias las vemos no como son hoy, sino como eran cuando el universo era muy joven. De esta forma podemos estudiar galaxias bebés, embrionarias, en las primeras fases de su formación”.

Cabe aclarar que esta primera charla con Frenk sucedió antes de que se lanzara al espacio el telescopio James Webb. Aun así, los datos que el Hubble proporcionó a él y su equipo fueron muy valiosos. Sin duda en los próximos años se beneficiarán de las subyugantes imágenes que ya está enviando este nuevo telescopio en el espacio.

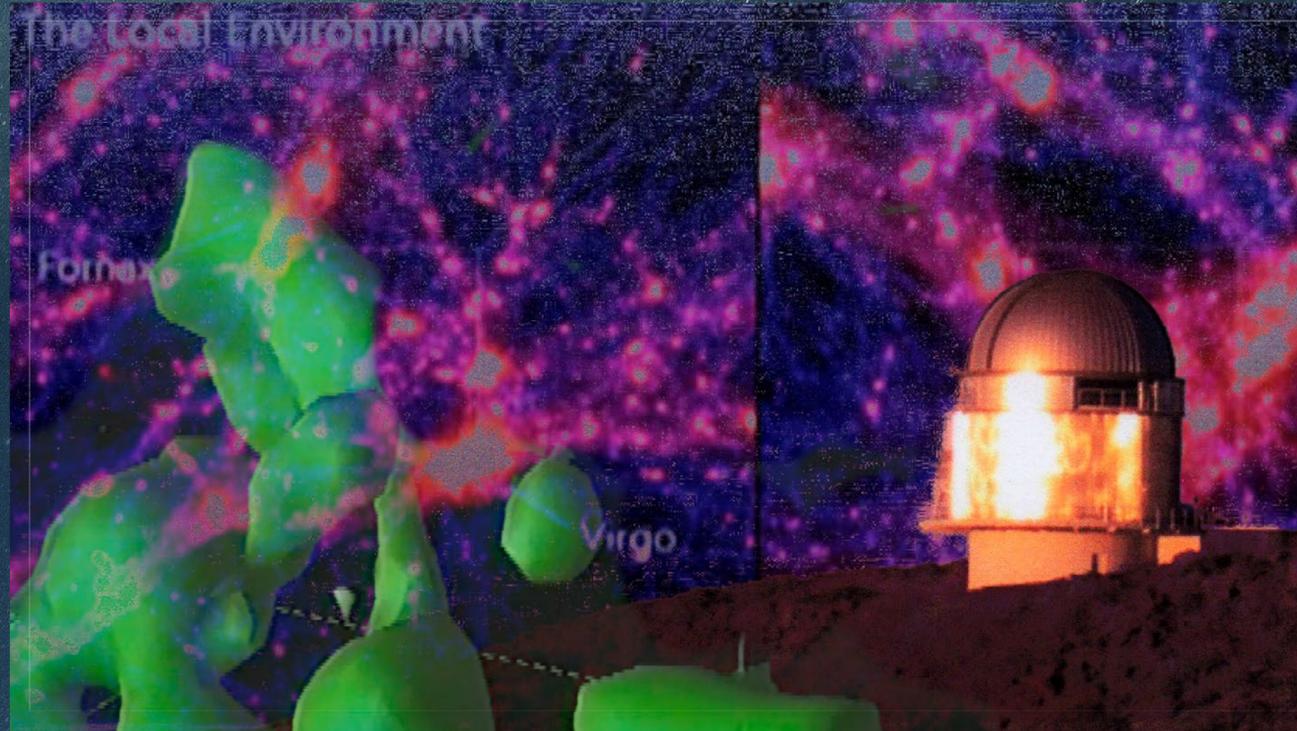
“El otro desarrollo tecnológico crucial fue la construcción de telescopios terrestres de 10 metros, mucho más grandes que los que existían hasta hace unas cuantas décadas. Esto nos ha permitido estudiar procesos del universo en formación. Tales desarrollos empíricos coincidieron, precisamente, con nuevas ideas teóricas, propuestas en los primeros años de la década de 1980. Hubo dos aspectos particularmente importantes: el primero fue la invención de un concepto, que tiene un nombre medio extraño, pero que es muy profundo. Se llama ‘inflación cósmica’”.



● Telescopio Hubble. Imagen: De Ruffnax (Crew of STS-125) - [http://catalog.archives.gov/OpaAPI/media/23486741/content/stillpix/255-sts/STS125/STS125\\_ESC\\_JPG/255-STs-s125e011848.jpg](http://catalog.archives.gov/OpaAPI/media/23486741/content/stillpix/255-sts/STS125/STS125_ESC_JPG/255-STs-s125e011848.jpg), Dominio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6826183>



● Telescopio James Webb. Imagen: Dominio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=56728>



Le pedí que explicara. “La inflación cósmica es un proceso inventado por físicos de partículas elementales que tenían otras preocupaciones, pero es probable que haya existido. En este proceso el universo empezó la vida en un estado un poco anormal, por lo cual se expandió enormemente, muy rápido, durante un intervalo de tiempo muy pequeño, de tal forma que después de su ‘nacimiento’ creció de ser del tamaño de un átomo al tamaño de una naranja en una fracción infinitesimalmente pequeña. Luego se expandió en forma súbita, violenta. Durante esta expansión surgieron pequeñas irregularidades, microscópicas, las cuales quedaron ‘sembradas’ en el Big bang; ahí estuvieron ‘germinando’. Diez millones de años más tarde aparecieron estas ‘semillas’ en forma de galaxias, como la Vía Láctea”.

Frenk se refirió a la radiación de microondas de fondo, predicha en 1948 por George Gamow, Ralph Alpher y Robert Hermann, como una reliquia de la evolución del universo primitivo. En 1965, Arno Penzias y Robert Wilson, que estaban intentando usar el radiotelescopio de Holmdel para fines astronómicos, no entendían el exceso de ruido que a veces se presentaba en el instrumento. Durante un encuentro con investigadores de Princeton llegaron a la conclusión de que provenía del espacio. Dado que el exceso de ruido era isotrópico, esto es, que no dependía de la dirección en la que la antena fuera apuntada, semejante medida fue interpretada por el grupo de teóricos de Princeton como una detección directa de la radiación mencionada.



*Frenk se refirió a la radiación de microondas de fondo, predicha en 1948 por George Gamow, Ralph Alpher y Robert Hermann, como una reliquia de la evolución del universo primitivo.*



© ACL

*“Puesto que contamos con una computadora muy potente, podemos programarla a fin de que nos muestre de qué manera se dieron las condiciones iniciales, es decir, cómo estas pequeñas fluctuaciones implantadas en el universo (las ‘semillas’) evolucionaron. Además, introdujimos parámetros físicos universales, es decir, las leyes de la gravitación, la teoría de la relatividad general, las leyes de la dinámica de fluidos y dejamos que la máquina hiciera su trabajo”.*

“Resulta que esta radiación tiene pequeñas irregularidades” añadió Frenk, “y estas irregularidades son, precisamente, el fenómeno que los físicos habían especulado que fue implantado en el universo durante el Big bang”.  
 ¿Y cómo sabemos que estas pequeñas fluctuaciones descubiertas en la radiación de fondo se convierten en galaxias?, insistió. “Lo que quisiéramos es ver la ‘película’, replicó, “creemos que tal película está archivada, no sabemos dónde, así que no tenemos acceso a lo que sucedió en el universo en los últimos 10 millones de años, pero al menos tenemos la posibilidad de conocer una copia”.

¿Cómo? “Reconstruyéndola por computadora”, contestó Frenk. Ese fue el trabajo en el que estuvieron ocupados él y sus colaboradores desde hace varios años. Añadió: “Puesto que contamos con una computadora muy potente, podemos programarla a fin de que nos muestre de qué manera se dieron las condiciones iniciales, es decir, cómo estas pequeñas fluctuaciones implantadas en el universo (las ‘semillas’) evolucionaron. Además, intro-

dujimos parámetros físicos universales, es decir, las leyes de la gravitación, la teoría de la relatividad general, las leyes de la dinámica de fluidos y dejamos que la máquina hiciera su trabajo. Lo que resultó al final fue algo realmente espectacular. Encontramos que los universos artificiales creados de esta forma son indistinguibles del universo real”.

Frenk siguió diciéndome: “Así que uno de los principales resultados de este trabajo fue darnos cuenta de que la formación de galaxias es un proceso que continúa incluso ahora. Nuestra galaxia es en realidad un fragmento de una galaxia futura. Tenemos una vecina, que se llama Andrómeda; en unos 10 mil millones de años, ésta y la Vía Láctea experimentarán una colisión, tal como sucedió con estos fragmentos pre-galácticos. El resultado será la formación de una súper galaxia más grande que nuestra Vía Láctea, y cuando esto ocurra va a ser un momento alucinante, con explosiones inimaginables, habrá ‘luces artificiales’ de magnitud considerable”.



Le pedí que me hablara de su trabajo más reciente. "Acabamos de construir un mapa, la culminación de diez años de trabajo", replicó. "Este no es un mapa virtual, realizado por computadora, sino un mapa real. Si bien la imagen misma fue construida en computadora, hicimos una reconstrucción tridimensional de la distribución real de galaxias en nuestro contorno cósmico. Nos llevó una década obtener estos datos emanados de varios telescopios del mundo".

Emocionado, Frenk recordó: "Cuando vimos a la computadora construir de manera gradual esta imagen en perspectiva del universo fue uno de esos momentos gloriosos de la ciencia. Entonces supimos que todo el esfuerzo que habíamos hecho valió la pena. Durante fracciones de segundo, cuando vimos que se estaba generando algo nuevo, entendimos lo que realmente es único. Fue un momento muy emocionante no solamente para mí, sino también para mis estudiantes y colegas que estaban en el mismo cuarto. Hubo un silencio cuando comenzó a emerger por primera vez este mapa".

¿Qué momento fue más trascendental, este último o la generación del universo simulado?, pregunté. "Cuando terminamos una simulación de todo el universo fue algo peculiar. Hasta ese momento habíamos hecho pedacitos de universo, pero cuando por primera vez logramos simular prácticamente todo el universo visible resultó ser un momento muy emocionante". Hizo una pausa, caviló y siguió diciendo: "Pensándolo bien, quizás no tanto porque se trataba de un universo matemático, construido por computadora; en cambio ver cómo aparecía el

universo real, aunque hubiera una gran similitud entre ambos, fue otro de los momentos clave, sublime, pues la realidad siempre es mejor que la imaginación. La realidad tiene más imaginación, creo yo".

Frenk puso énfasis en que para poder delinear estos mapas de la geometría del universo hay que descubrir objetos muy distantes, brillantes como las supernovas, estrellas masivas en las últimas fases de su vida. Desaparecen en una forma exuberante, con una gran explosión, y se vuelven brillantísimas, tanto como toda una galaxia.

"Es posible hacer un mapa de la geometría del universo viendo cómo la luz de estas supernovas se propaga la historia del universo", afirmó Frenk. "Sabemos que en el universo hay una constante cosmológica, concepto muy profundo que implica la existencia de una nueva fuerza, en cierto modo una fuerza anti-gravedad. Los humanos siempre hemos estado fascinados por la anti-gravedad. Pero tal vez exista, es anti-gravedad en el sentido de que se opone a la fuerza de la gravitación y no porque sea su imagen especular".

¿Así que la expansión del universo es un equilibrio entre la fuerza de la gravitación y la constante cosmológica?, pregunté. "Desde luego", respondió Frenk, "se trata de una fuerza natural que influye en la dinámica del universo y su conjunto. En mi opinión hay dos problemas fundamentales que no han sido resueltos al final del milenio en la ciencia. Uno es el origen de la vida y otro es el problema de lo que llamamos la materia oscura en el universo".



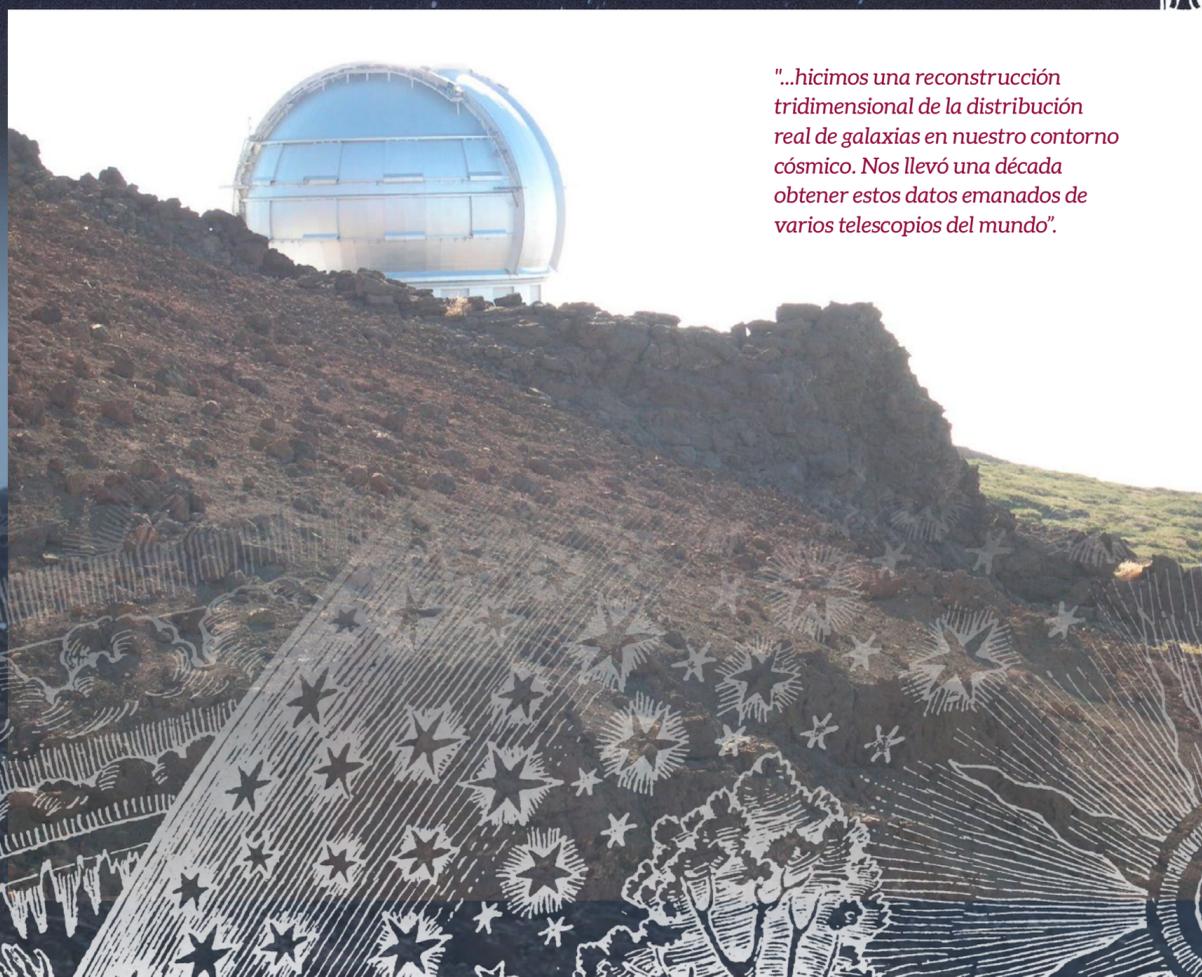
¿Qué es la materia oscura? "Sabemos que la mayor parte de la masa del universo no es luminosa, entre 90 y 95% de la masa del universo no emite luz, ni ningún tipo de radiación y, por lo tanto, es invisible. Por eso se llama oscura, así que la materia brillante, como nosotros, es la excepción. En el universo domina la materia totalmente oscura. Ese es uno de los problemas actuales en la ciencia, no sabemos de qué está hecha. Sabemos que existe, de manera indirecta, por sus efectos en la estructura de las galaxias gracias a un fenómeno fascinante que se llama las 'lentes gravitacionales', es decir, la desviación de la luz cuando pasa cerca de una masa enorme. La forma en que la luz de galaxias muy distantes se distorsiona nos permite saber de su presencia".

"La dinámica del universo, la formación de las galaxias, la expansión del universo depende de partículas elementales", siguió diciendo, "así que lo que tenemos en la física y la astrofísica es una síntesis entre las ideas del mundo de partículas sub-atómicas y el comportamiento del universo en su conjunto. Por eso la física es una actividad de síntesis. La idea de la física es empezar con principios simples, con ideas simples y construir sistemas complejos. No hay nada más simple que las partículas elementales, por lo cual se llaman elementales, y no hay nada más complejo que el universo. El ámbito de las partículas elementales y el del universo en su conjunto se han unido. Se trata de uno de los grandes triunfos de la ciencia; no solo de la física en particular, sino de la ciencia en general".

Como líder del Instituto de Cosmología Computacional de la Universidad de Durham, Frenk confía en que en las próximas décadas se descubrirá la naturaleza de la materia oscura. "La razón por la que tengo tanta confianza", dijo, "es porque los modelos de computadoras de los que hablábamos antes, estos modelos que empiezan con las propiedades del Big bang y terminan con universos imaginarios, no obstante se parecen mucho al cosmos real. Así, esos modelos de universo prosperan cuando suponemos que la materia oscura está constituida por ciertas partículas elementales. Solamente cuando introducimos eso dentro del modelo matemático podemos generar universos en el laboratorio semejantes al universo real".

¿Qué es la materia oscura? "Sabemos que la mayor parte de la masa del universo no es luminosa, entre 90 y 95% de la masa del universo no emite luz, ni ningún tipo de radiación y, por lo tanto, es invisible. Por eso se llama oscura, así que la materia brillante, como nosotros, es la excepción. En el universo domina la materia totalmente oscura. Ese es uno de los problemas actuales en la ciencia, no sabemos de qué está hecha".

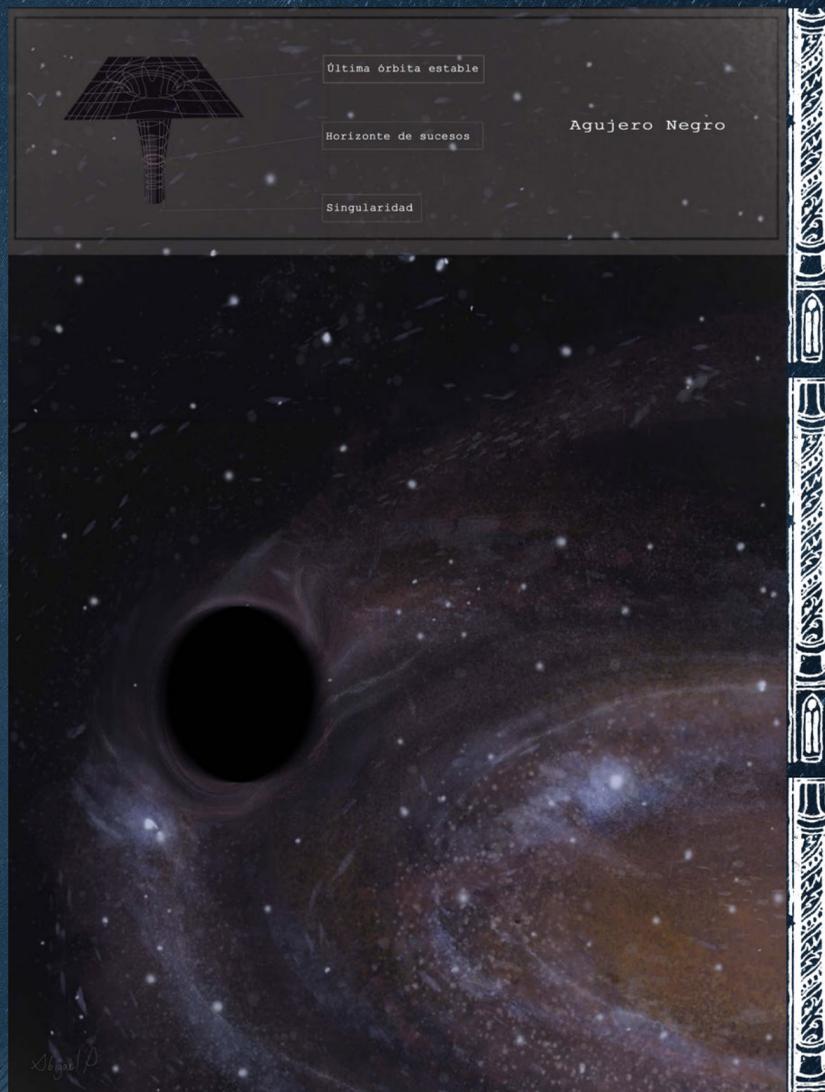
*"...hicimos una reconstrucción tridimensional de la distribución real de galaxias en nuestro contorno cósmico. Nos llevó una década obtener estos datos emanados de varios telescopios del mundo".*



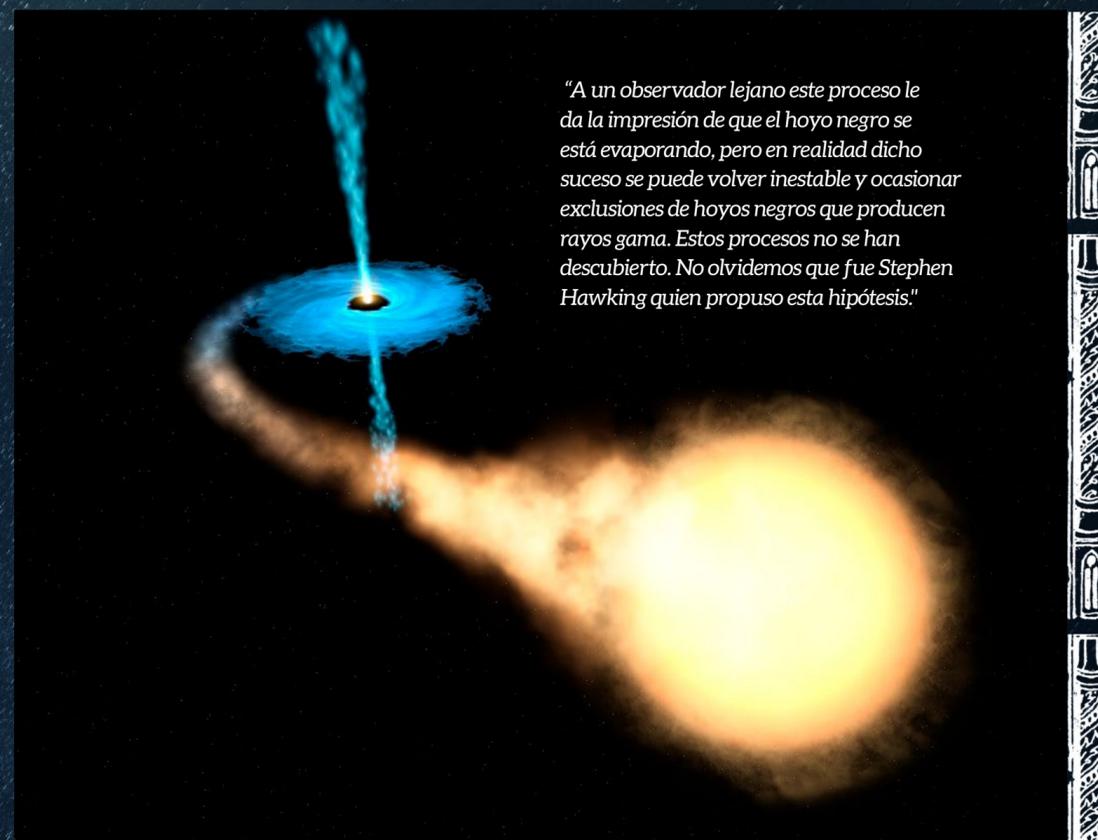
Un asunto obligado eran los hoyos negros. ¿Por qué han atraído a los físicos y al público? “Efectivamente”, replicó, “los hoyos negros son objetos que nos han fascinado a todos. Por varias razones, porque es donde todos nuestros conceptos clásicos de tiempo, espacio, causalidad, antes y después, pasado, futuro, presente, todos estos conceptos se distorsionan de manera realmente preocupante. La idea de que ahí no hay forma de distinguir el presente del pasado, cosas así, son cuestiones que le provocan a uno ansiedad. El Big bang también es un poco así. Pero en el caso de los hoyos negros resulta que, a pesar de que los consideramos negros, en realidad pueden cubrirse de ‘ropaje’, los cual los hace visibles. Hay dos formas en las que es posible localizar hoyos negros. Una es que ‘chupan’ la materia que existe alrededor de ellos. Recordemos que el universo está lleno de materia, de gases, átomos, moléculas. Entonces, donde hay un hoyo negro, hay gases. Cuando estos gases son atraídos por el hoyo negro, a medida que caen en él se calientan a temperaturas enormes y se vuelven brillantes. Simplemente porque se quema dicho gas, de la misma forma que sucede en un horno. Una forma particularmente brillante de detectar hoyos negros son los rayos X. Hay otra manera, descubierta en 1976, que tiene que ver con fenómenos sub-atómicos, los cuales permiten que los hoyos negros se evaporen. Este es un fenómeno de la física interesantísimo, relacionado con los procesos que mencioné antes, por los cuales ‘semillas’ de galaxias se ‘plantan’ en el universo”.

Le pedí que abundara en semejante proceso. “Es el siguiente”, respondió, “el universo produce fluctuaciones cuánticas que no podemos ver, pero que están allí. El vacío no existe. Lo que parece vacío y simula ser un lugar tranquilo donde uno puede ir de vacaciones, en realidad no es apacible. Si pudiéramos verlo con suficiente resolución encontraríamos que está lleno de burbujitas, en actividad incesante, notaríamos que existen partículas que aparecen y desaparecen todo el tiempo. La idea del vacío es quimérica, pues está lleno de actividad sub-atómica, cuántica. Lo que llamamos ‘fluctuaciones cuánticas’ produce partículas de materia y anti-materia. Generalmente una partícula de materia y anti-materia aparecen de y desaparecen, sin que nadie se dé cuenta y el mundo continúa como si nada. Es como ir al banco y sacar del cajero dinero, reemplazándolo antes de que el director se dé cuenta. No estoy recomendando que haga uno esto. Pero es lo que hace el universo todo el tiempo: pide prestada energía y la devuelve antes de que llegue el director del banco. Ahora bien, cuando este proceso de fluctuación cuántica ocurre cerca de un hoyo negro, puede haber un desastre, porque estas fluctuaciones producen materia y anti-materia que se aniquilan en forma inmediata. Imaginemos que hay un hoyo negro y la partícula de materia cae dentro de éste, pero la de anti-materia no. Entonces la partícula de materia se la chupa el hoyo negro y la de anti-materia surge. Por tanto, parecería que el universo está produciendo anti-materia”.

*“El universo produce fluctuaciones cuánticas que no podemos ver, pero que están allí. El vacío no existe. Lo que parece vacío y simula ser un lugar tranquilo donde uno puede ir de vacaciones, en realidad no es apacible. Si pudiéramos verlo con suficiente resolución encontraríamos que está lleno de burbujitas, en actividad incesante, notaríamos que existen partículas que aparecen y desaparecen todo el tiempo. La idea del vacío es quimérica, pues está lleno de actividad sub-atómica, cuántica”.*



● **Representación artística de un hoyo negro.** Imagen: Sandra Abigail Pérez González - [http://blog.illustraciencia.cat/2015/03/agujero-negro-sandra-abigail-perez\\_5.html](http://blog.illustraciencia.cat/2015/03/agujero-negro-sandra-abigail-perez_5.html), CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=45663965>



*“A un observador lejano este proceso le da la impresión de que el hoyo negro se está evaporando, pero en realidad dicho suceso se puede volver inestable y ocasionar exclusiones de hoyos negros que producen rayos gama. Estos procesos no se han descubierto. No olvidemos que fue Stephen Hawking quien propuso esta hipótesis.”*

● **Representación artística de un hoyo negro.** Imagen: ESA/Hubble, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=78156>

Frenk, entusiasmado, continuó su exposición. “A un observador lejano este proceso le da la impresión de que el hoyo negro se está evaporando, pero en realidad dicho suceso se puede volver inestable y ocasionar exclusiones de hoyos negros que producen rayos gama. Estos procesos no se han descubierto. No olvidemos que fue Stephen Hawking quien propuso esta hipótesis. La razón por la que nunca le otorgaron el Premio Nobel fue precisamente porque nadie ha descubierto hoyos negros en explosión”.

“Estamos en un universo dinámico, es un cosmos en evolución”, concluyó Frenk aquella vez.

Años más tarde volví a visitarlo en la misma Universidad de Durham. Había realizado progresos decisivos junto con un grupo internacional de cosmólogos y astrofísicos mediante DESI. La parte construida en Durham ha permitido potenciar el campo de visión de los telescopios mediante el uso de 5 mil fibras ópticas.

“Dicha fibra separa la luz proveniente de galaxias, estrellas y cuasares, esto es, fuentes de radiación muy intensa, parecida a la que emiten los objetos galácticos, y las canaliza en bandas más estrechas de diversos colores. Esto permite conocer su composición química, cuán lejanos se encuentran tales objetos cósmicos y la velocidad de expansión del universo. Hasta ahora, DESI ha permitido más de 7.5 millones de galaxias y objetos exóticos.”

Según aseveró Frenk, esperan clasificar más de 27 millones de galaxias más hacia 2026.

“Esto nos permitirá develar aspectos hasta ahora desconocidos del cosmos en los próximos años”, afirmó, “lo cual nos acercará de manera crucial a la naturaleza de la materia y la energía oscuras. Aprenderemos más acerca del papel que desempeñaron en la formación de nuestra galaxia y la evolución del universo”.

**CARLOS CHIMAL**  
Novelista interesado en la comprensión pública de la ciencia, dirige este suplemento.

