



Septiembre de 2017 y marzo de 2018

## MATERIA OSCURA

El artículo «Agujeros negros primordiales y materia oscura» [por Juan García-Bellido y Sébastien Clesse; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, septiembre de 2017] analiza la interesante posibilidad de que los agujeros negros primordiales sean los constituyentes de la materia oscura. Sin embargo, los autores parecen atribuirse el mérito de una idea que ha estado presente en la bibliografía desde hace más de 40 años: véase «Cosmological effects of primordial black holes», publicado por uno de nosotros (Chapline) en *Nature* en 1975. En lo que se refiere a que la materia oscura se componga de agujeros negros primordiales de muchas masas solares, la idea ya existía antes de que el observatorio LIGO anunciase su primera detección de ondas gravitacionales en 2016; al respecto, véase <https://arxiv.org/abs/1510.00400>, publicado por uno de nosotros (Frampton) en septiembre de 2015.

GEORGE F. CHAPLINE  
Laboratorio Nacional Lawrence  
Livermore

PAUL H. FRAMPTON  
Universidad de Salento

Supongamos que los agujeros negros primordiales tuviesen una distribución de masas ancha. Con el tiempo, aquellos de menor masa se habrían ido evaporando debido a la emisión de radiación de Hawking. Si la masa total implicada en el proceso fuese considerable, la masa gravitativo

ria del universo se habría ido reduciendo poco a poco, lo que habría causado que el frenado de la expansión cósmica debido a la gravedad disminuyese. En otras palabras: ¿podría la evaporación de agujeros negros primordiales imitar el efecto de la energía oscura?

FRANCIS X. HART  
Universidad del Sur  
Tennessee

RESPONDEN LOS AUTORES: *En respuesta a Chapline y Frampton, en nuestro artículo ya aclarábamos que la idea de los agujeros negros primordiales se remonta a los años setenta del pasado siglo. Lo mismo ocurre con la posibilidad de que dichos agujeros negros den cuenta de la materia oscura, una idea que Chapline fue uno de los primeros en proponer. Sin embargo, los agujeros negros considerados por él tenían masas inferiores a los  $10^{19}$  kilogramos, y estos han sido descartados por las observaciones de microlentes.*

*La novedad de nuestra propuesta reside en postular que los agujeros negros primordiales que componen la materia oscura deberían ser de masa estelar y, además, presentar una distribución de masas ancha. Esta idea fue presentada en <https://arxiv.org/abs/1501.07565> en enero de 2015 y publicada en julio de ese año. En otro trabajo, aparecido inmediatamente después de que LIGO anunciase sus primeros resultados (<https://arxiv.org/abs/1603.05234>) y posteriormente publicado en marzo de 2017, señalábamos la posibilidad de que el experimento hubiese detectado la fusión de dos agujeros negros primordiales de ese tipo y estimábamos la tasa esperada de eventos en nuestro modelo, la cual parece concordar con observaciones posteriores.*

*En cuanto a la pregunta de Hart, el ritmo de evaporación de un agujero negro por emisión de Hawking es muy lento. Los agujeros negros considerados en nuestro trabajo abundan en una región de masas distribuida en torno a una masa solar: uno de ellos tardaría cuatrillones de cuatrillones de veces la edad del universo en evaporarse. En nuestro modelo, la fracción de agujeros negros que se evaporan puede desprejarse por completo. Pero incluso si la evaporación de agujeros negros hubiese desempeñado un papel relevante en el universo temprano, la menor cantidad de materia oscura en forma de agujeros negros se vería compensada por un aumento de la radiación. En cualquier*

*caso, dicho proceso podría dar lugar a «radiación oscura», no a energía oscura, la cual es muy diferente. En un universo en expansión, la densidad de radiación se desplaza al rojo mucho más rápido que la materia, por lo que pronto se tornaría irrelevante. Por el contrario, la densidad de energía oscura se mantiene constante en el tiempo, lo que acelera la expansión cósmica.*

## INTENCIONALIDAD Y CASUALIDAD

En relación con el artículo «La senda hacia la reptación» [por Hongyu Yi; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, marzo de 2018], me gustaría hacer el siguiente comentario.

En el texto aparecen frases como «Los cetáceos adquirieron las aletas para impulsarse en el líquido elemento» o «Las aves desarrollaron gradualmente las alas en su empeño por dominar el aire». Creo que tales afirmaciones deberían expresarse de otra forma, más acorde con el concepto de evolución; por ejemplo: «Dado que algunos mamíferos adquirieron aletas, los actuales cetáceos son capaces de impulsarse en el líquido elemento y utilizan esas aletas para nadar» o «Gracias al desarrollo gradual de las alas, hoy las aves dominan el aire». No creo que haya un ser con intencionalidad que dote a los cetáceos de aletas y a las aves de alas. Es como decir que el ojo es «para ver» y la mano «para asir», cuando lo que ocurre es que gracias al ojo podemos ver y, gracias a la mano, asir objetos. Una cámara fotográfica sí está hecha para captar imágenes, pero el uso de *para* solo tiene sentido cuando un ser humano, y quizá algunos animales, idean algo con una finalidad. Un puente está hecho para atravesar un río, y unos troncos caídos pueden servir para el mismo fin. Pero en el primer caso hay una intencionalidad, y en el segundo, una casualidad.

ANTONIO DEL CAMPO  
San Sebastián

### CARTAS DE LOS LECTORES

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA agradece la opinión de los lectores. Le animamos a enviar sus comentarios a:

PRENSA CIENTÍFICA, S. A.  
Muntaner 339, pral. 1.º, 08021 BARCELONA  
o a la dirección de correo electrónico:  
[redaccion@investigacionyciencia.es](mailto:redaccion@investigacionyciencia.es)

La longitud de las cartas no deberá exceder los 2000 caracteres, espacios incluidos. INVESTIGACIÓN Y CIENCIA se reserva el derecho a resumirlas por cuestiones de espacio o claridad. No se garantiza la respuesta a todas las cartas publicadas.