

Los agujeros negros de la ilustración

Gaston Giribet

Department of Physics, New York University
726 Broadway, 1036, New York, NY10003, USA
gaston.giribet@nyu.edu

Los agujeros negros, esos astros oscuros cuyo campo gravitacional le impide a la luz escapar de su interior sumiéndolos así en la más absoluta invisibilidad, son una férrea predicción de la teoría de la relatividad. Así lo advertía el físico alemán Karl Schwarzschild en la navidad de 1915. La teoría general de la relatividad, formulada por Albert Einstein en noviembre de 1915, nos lleva a repensar la interacción gravitatoria, ya no como una fuerza en el sentido newtoniano, sino en términos de la curvatura del espacio-tiempo mismo. Esta manera de entender la gravedad y el espacio-tiempo es la única en que nos es posible explicar la física que acaece en las inmediaciones de los agujeros negros, astros cuya existencia hemos confirmado en las últimas décadas de avances en la astrofísica. Aun así, hubo quienes, siglos antes de Einstein, tan solo asistidos por una intuición genial, habían ya especulado acerca de la existencia de enormes astros invisibles en el universo. La historia de esta oscura conjetura se remonta al siglo XVIII.

John Michell, filósofo natural nacido en Inglaterra en la navidad de 1724, fue un físico notable. Hizo aportes en geofísica, geología, óptica, física experimental y astronomía. Entre otras cosas, fue la primera persona en proponer la existencia de los agujeros negros, incluso antes de que lo hiciera su joven colega francés, el celeberrimo marqués Pierre-Simon Laplace.¹

Michell imaginó esos astros oscuros ya en 1783, el mismo año en el que se le atribuye haber

diseñado la balanza de torsión que luego, en 1797, desembocaría en el famoso experimento llevado a cabo por Cavendish para medir con precisión la fuerza gravitatoria. El trabajo de Michell² sobre la existencia de las estrellas negras –que no recibieron el nombre de agujeros negros sino hasta que Ann Ewing³ así los bautizara en 1964– se publicaría al año siguiente, en 1784, en las *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. Su trabajo, sin embargo, fue tristemente ignorado hasta no hace tanto tiempo. Aun así, y sin mucho reparo, se reconoce a John Michell como el precursor de la idea de esos astros masivos y oscuros que hoy nos fascinan y cuyo estudio nos ocupa.

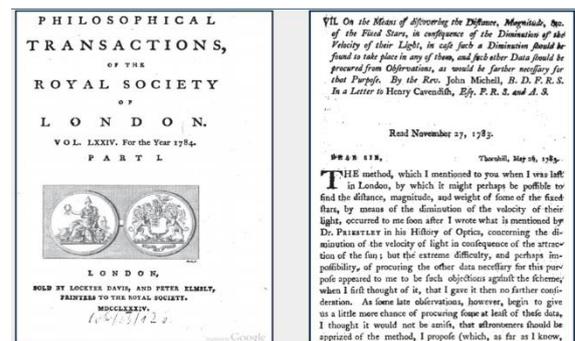


Imagen: El trabajo publicado por Michell en 1784.

En 1783, Michell especulaba ya sobre la posibilidad de que existieran en el cosmos astros con masas enormes, capaces de generar cerca de ellos un campo gravitacional tan intenso que

¹ Laplace P-S., *Exposition du Système du Monde*, II (1796). [\[link\]](#)

² Michell J., *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 74 (1784) pp. 35-57. [\[link\]](#)

³ Ewing A., "Black holes" in space, *Science News Letter* 85 (1964) p. 39. [\[link\]](#)

imposibilitara incluso a la luz de escapar de su superficie. En palabras de Michell,

De existir en la naturaleza algún cuerpo de densidad no menor a la del Sol y cuyo diámetro sea mayor que 500 veces el diámetro del Sol, dado que su luz no podría alcanzarnos, [...] no podríamos tener información luminosa de ellos.

En 1783 Michel no tenía a su disposición la teoría de la gravitación de Einstein; por lo tanto, realizó su trabajo valiéndose de la imperfecta teoría de la gravitación de Newton. Esto fue suficiente: resulta que, debido a una afortunada casualidad numérica, la teoría de Newton arroja resultados similares a la de Einstein cuando se trata de calcular ciertos parámetros de un agujero negro, parámetros tales como el cociente entre su masa y su diámetro. –Aun cuando la explicación física de los fenómenos es substancialmente distinta en ambas teorías–. Esto le permitió a Michell obtener resultados cuantitativamente acertados. Calculó la masa y el radio que debería tener una estrella para que la velocidad que un objeto necesitaría para escapar de su influjo gravitatorio fuera la velocidad de la luz. Sus cálculos arrojaron como resultado valores de masa descomunales; pero, eso no detuvo sus especulaciones: Después de todo, ¿por qué no habría uno de especular con astros de tal suerte en un cosmos tan vasto?

Sin una teoría sobre la composición de las estrellas ni una teoría adecuada sobre la composición de la materia, a Michell no le quedó más alternativa que asumir que las otras estrellas del cosmos tenían una composición similar a la de nuestro Sol. Así, supuso que un astro de la densidad del Sol ($1,41 \text{ g/cm}^3$) pero de muchísimo más tamaño podría existir. Calculó cuánto más grande debería ser ese astro para que la luz no pudiera escapar a su propia gravitación, y obtuvo un valor enorme: cerca de 500 veces más grande que el Sol, sus cálculos decían. Esta manera de pensar asumía, ciertamente, adoptar una posición particular en el debate que se daba entonces acerca de la naturaleza de la luz. La hipótesis de una composición corpuscular de la luz sustentaba la idea de que ésta sería afectada por la gravedad. El radio del Sol es

aproximadamente 700.000 kilómetros, lo que para Michell implicaba que sus hipotéticas estrellas negras –agujeros negros–, de existir, serían gigantescas: diámetros de cientos de millones de kilómetros, estimaba. Hoy sabemos que, en efecto, en el universo existen agujeros negros de tales tamaños; e incluso los hay más grandes y más masivos; colosales astros oscuros que someten gravitacionalmente a su propia luz y ejercen su influencia también sobre los otros astros. Michell vio en esto una manera de observar el fenómeno; pensó en cómo el influjo de las estrellas negras sobre los otros astros nos permitiría saber de su existencia: aunque oscuros, aunque invisibles, esos astros enormes generarían un campo gravitacional que afectaría el movimiento orbital de los cuerpos celestes que estuvieran cerca de ellos, y si esos otros cuerpos fueran luminosos entonces podríamos inferir de su extraño comportamiento la presencia de la enorme estrella oscura⁴:

[P]odríamos tener indicio [de su existencia] si se diera que algún otro cuerpo luminoso orbitara en torno a ellos, cuyos movimientos no pudiéramos explicar mediante otras hipótesis.

Es precisamente este fenómeno predicho por Michell lo que hoy vemos, por ejemplo, en el centro de nuestra galaxia: el agujero negro del centro de la Vía Láctea, el gigantesco Sagittarius A*, es invisible a los ojos, pero el comportamiento de las estrellas cercanas a él, sometidas a su gravedad, termina por delatarlo. La paciente observación de la estrella S02 durante más de dos décadas ha mostrado que en el centro galáctico existe un agujero negro de más de 4.000.000 masas solares en torno al que, sí, S02 orbita con un período de 16 años. Este hallazgo, que confirma la existencia de un agujero negro en el centro de la Vía Láctea, les valió a los astrónomos Reinhard Genzel y Andrea Ghez el premio Nobel de física en 2020. Asimismo, esto vino a dar respuesta a una pregunta que, hacia 1755, Immanuel Kant había formulado:

Si los centros de todos los grandes sistemas mundiales son cuerpos ardientes, con mayor razón se puede suponer lo mismo del cuerpo central de aquel inmenso sistema que forman las

⁴ Op. cit.

estrellas fijas [nuestra galaxia]. Pero este cuerpo cuya masa debe estar relacionada a la magnitud de su sistema, ¿no se destacaría ante los ojos, si fuera un cuerpo de luz propia o un sol, con extraordinario brillo y tamaño? Sin embargo, no vemos lucir en el ejército celeste ninguna estrella fija que se distinga especialmente.⁵

Ahora la pregunta de Kant encontraría respuesta: el astro que, según el filósofo intuía, debe hallarse en el centro de nuestra galaxia no se ve sencillamente porque éste es invisible.

También hacia finales del siglo XVIII, de manera independiente y simultánea a Michell, Pierre-Simon Laplace imaginó la existencia de las estrellas negras.⁶ Lo hizo unos pocos años después que Michell, en las primeras ediciones de su *Exposition du Système du Monde*, aparecidas en 1796, pocos años después de la muerte de su colega inglés. Los detalles de los cálculos de Laplace aparecerían poco más tarde en un trabajo de 1799.^{7,8} A diferencia de Michell, Laplace consideraba en su *Exposition* la hipótesis de astros más densos, con densidades comparables a la de la tierra (5,5 g/cm³). Fue así como los diámetros de las estrellas negras pensadas por Laplace eran la mitad de los estimados por Michell. Escribió:

La atracción gravitatoria de una Estrella con un diámetro 250 veces más grande que el diámetro del Sol y de una densidad comparable a la de la Tierra sería tan grande que la luz no podría escapar de su superficie.

Sugirió incluso que, debido a esto,

Los cuerpos más grandes en el universo podrían, entonces, ser invisibles debido a sus propias magnitudes.

—Sus palabras fueron: “*il est donc possible que les plus grands corps lumineux de l'univers, soient par cela même, invisibles.*”—

La hipótesis de que los agujeros negros tuvieran la densidad de astros conocidos, como el Sol o la Tierra, era por supuesto piadosa. El bestiario de objetos astronómicos es rico y variado, por lo que esa hipótesis no está justificada y resultó incorrecta. También era incorrecta la idea de que la luz emitida por uno de esos astros dejaría por un lapso breve la superficie antes de volver a caer sobre sí misma: los agujeros negros no emiten luz en absoluto. Aun así, la intuición de Michell y Laplace, tan osada cuanto oscura, fue genial. Hoy tenemos evidencia incontestable de que su predicción más importante era cierta: los cuerpos más grandes en el universo son invisibles.

⁵ Kant I., *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*, (1755).

⁶ Laplace P-S., *Exposition du Système du Monde*, II (1796). [\[link\]](#)

⁷ Laplace P-S., *Allgemeine Geographische Ephemeriden*, 4 (1799) pp. 1-6.

⁸ Montgomery C., et al., *Journal of Astronomy History and Heritage* 12 (2009) pp. 90-96. [\[link\]](#)