

Recordando a Sir Michael Atiyah (22-IV-1929, 11-I-2019)

J. Adolfo de Azcárraga

Atiyah fue una figura esencial de las matemáticas que no desdeñó analizar aspectos fundamentales de la física y preocuparse por la sorprendente y profunda relación entre las dos.

En la mañana del pasado once de enero falleció Sir Michael Atiyah¹ en su casa de Edimburgo, de cuya universidad era profesor honorario desde 1997; tenía 89 años. Con él desaparece una figura esencial de las matemáticas y no sólo de ellas: Atiyah realizó contribuciones fundamentales a la geometría, la topología y el análisis y, además, influyó de forma decisiva en muchos desarrollos modernos de la física teórica. Su carrera científica está repleta de galardones: recibió la medalla Fields en el Congreso Internacional de Matemáticos de Moscú (1966), la medalla Copley (1988) de la Royal Society, la medalla Benjamin Franklin (1993) de la American Philosophical Society, el premio Abel (2004) —junto con Isadore Singer— de las manos del Rey de Noruega, y muchas otras distinciones. Era, además, miembro de la Orden del Mérito británica, a la que sólo pueden pertenecer 24 personas en un momento dado, y Caballero de la Legión de Honor francesa (2011). Fue Presidente de la Royal Society (1990–1995) y de la Royal Society de Edimburgo (2005–2008); también lo fue (1997–2002) de las famosas *Pugwash Conferences on Science and World Affairs* en favor del desarme nuclear y de la paz.

Hijo de libanés y escocesa, nacido en Londres y, como él decía, concebido en Florencia por lo que estuvo a punto de llamarse Michelangelo, el joven Michael fue al colegio en Jartum (Sudán), donde su padre era oficial diplomático de enlace de las autoridades coloniales británicas y, después, a una *boarding school* en El Cairo. Pese a su componente árabe, en su casa se hablaba inglés; el padre de Atiyah, Edward, había estudiado en Oxford —donde conoció a su esposa— y la familia se consideraba británica culturalmente. Michael Atiyah, sin embargo, usaba el árabe con otros miembros de su familia paterna; yo mismo tuve ocasión de aprovechar su conocimiento de esa cultura. Tras trasladarse la familia al Reino Unido, Michael estudió en el Trinity College de Cambridge, donde también realizó el doctorado (*Some Applications of Topological Methods in Algebraic Geometry*, 1955) bajo la supervisión del gran matemático escocés William D. Hodge. La carrera profesional de Atiyah le llevó a numerosos centros: *Savilian professor of Geometry* en Oxford (1963–69), a menudo visitante y luego profesor (1969–72) del Instituto

de Estudios Avanzados de Princeton, etc. Finalmente regresó a Cambridge desde Oxford como Master del Trinity College (1990–97), donde permaneció hasta su marcha a Edimburgo. En Cambridge contribuyó decisivamente a la creación del *Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences*, del que fue su primer director (1990) y que hoy alberga al DAMTP y al Dpto. de Matemática Pura y Estadística Matemática.

La primera mitad de su carrera fue la de un matemático puro dedicado a enlazar entre sí partes de las matemáticas aparentemente desconexas; en la segunda mitad, se ocupó de relacionar las matemáticas con la física, influyendo en científicos como Edward Witten (el único físico que ha obtenido la Medalla Fields, en 1990) y Roger Penrose, con quienes mantuvo una estrecha relación. Sus contribuciones matemáticas más importantes han sido la teoría K topológica, iniciada en 1961 por Atiyah y Friedrich Hirzebruch, y el famoso teorema de Atiyah y Singer (*The index of elliptic operators on compact manifolds*, 1963) que relaciona ecuaciones diferenciales y topología. El teorema A-S fue la base de la concesión de la medalla Fields y del premio Abel; Atiyah comentó en 2015 que el teorema del índice parecía “magia negra, pues permite obtener información de ecuaciones diferenciales sin resolverlas”. La segunda mitad de su carrera la dedicó a la relación entre las matemáticas y la física teórica, en una época dorada en la que ambas se fertilizaron mutua y extraordinariamente (si bien algunos matemáticos tradicionales mostraron reticencias ante lo que caracterizaron como ‘*theoretical mathematics*’ por la ausencia de demostraciones más convencionales).

Para Atiyah, sin embargo, el programa más ambicioso era tratar de entender el sentido profundo de la conexión entre la física y las matemáticas. Por ejemplo, el teorema del índice ha resultado de gran interés para las teorías gauge; teorías matemáticas topológicas como los invariantes de nudos de Jones en dimensión tres y los invariantes de Donaldson en dimensión cuatro —una dimensión singular tanto en física como en geometría— han mostrado tener relación con ciertas teorías cuánticas de campos en esas dimensiones. A su vez, el propio Simon Donaldson (medalla Fields, 1986) se había inspirado en la física de forma análoga a como Hodge lo hizo en las ecuaciones de Maxwell para su teoría de las formas armónicas. Hay muchos más ejemplos de esa fertilización cruzada: supersimetría y teoría de Morse, teorías de cuerdas, geometría no conmutativa, espacios de *moduli* en las teorías de Yang-Mills, monopolos e instantones, etc. Quizá esto pueda

¹ Visitó la RSEF el pasado mayo e impartió la conferencia *Have fun with numbers and become rich or famous*; véase la *Revista Española de Física* vol. 32, nº 3, págs. 32–38 (2018).

Sir Michael Atiyah
(3-V-2018)



sorprender hoy pero, incluso en el s. XIX, grandes físicos y matemáticos fueron ambas cosas a la vez.

Como el Nobel (1979) S. Weinberg, Atiyah siempre insistió en la importancia de *comprender*. Y al final de su vida Atiyah atacó problemas físicos verdaderamente fundamentales, como la determinación del valor de las constantes de acoplamiento de las distintas interacciones o el maridaje de la física cuántica y la gravedad, fuerza que consideraba que no se debía ignorar aunque fuera mucho más débil que las restantes. En una ocasión, su hijo le recordó que los matemáticos hacían sus mejores contribuciones antes de los cuarenta años y que él ya tenía más de ochenta. Pero Atiyah seguía el consejo que le dio el físico y hoy pastor anglicano John Polkinghorne: “no tienes nada que perder; sigue adelante con lo que crees”. Fiel a ese principio —como él comentaba, “mi reputación ya está establecida y puedo permitirme algún error”— Atiyah dedicó su tenacidad y extraordinaria energía a obtener matemáticamente la constante de estructura fina α generalizando (nota 1) la fórmula más bella y concisa de las matemáticas, la de Euler $e^{2\pi i} = 1$, “el equivalente matemático del ser o no ser” hamletiano. Y no sólo α : como hay *cuatro* álgebras de división (reales \mathbb{R} , complejos \mathbb{C} , cuaterniones \mathbb{H} y octoniones \mathbb{O}), estaba convencido de poder obtener las constantes de acoplamiento de las *cuatro* interacciones² a partir de consideraciones matemáticas fundamentales. Este proceder me recuerda los primeros intentos de Kepler de describir las seis órbitas planetarias (de Mercurio a Saturno) por circunferencias en seis esferas inscritas y circunscritas a los cinco só-

² Quiero mencionar aquí que Luis J. Boya, medalla de la RSEF, especuló hace bastantes años sobre esa conexión en su nota *Division algebras and Symmetries of Elementary Particles*, considerando precisamente los grupos de automorfismos de las cuatro álgebras.

lidos platónicos, razonamiento geoméricamente elegante pero falso (el modelo tampoco es único, pues permite 30 posibilidades). El convencimiento no siempre basta, y las sucesivas versiones del trabajo que Atiyah me envió sobre su ‘cálculo’ de la constante de estructura fina α y que incluían sus especulaciones sobre las otras tres no permiten concluir que α se obtenga explícitamente; ignoro si la ‘última’ versión ha sido aceptada en los *Proc. Roy. Soc. A*, revista a la que pensaba enviarla.

En sus últimos meses Atiyah estuvo prácticamente recluso trabajando en su afirmación, hecha en el sexto *Heidelberg Laureate Forum* el pasado septiembre, de que había conseguido probar la Hipótesis de Riemann (1859) sobre la función $\zeta(s)$ y que afecta a la misteriosa distribución de los números primos dentro de los números naturales. La HR es uno de los *siete problemas del milenio* establecidos por el Instituto Clay³ en el año 2000 y seleccionados por un comité al que perteneció el propio Atiyah. La comunidad matemática se mantiene escéptica respecto de la prueba de Atiyah de la HR, cuyos métodos no son ajenos a los de su ‘cálculo’ de α . Sobre la HR existe un *preprint* de cinco páginas, más breve incluso que la propia descripción del problema del Instituto Clay, así como un *youtube* de la sucinta presentación de Atiyah en Heidelberg. En una ocasión, Feynman comentó que “equivocarse no es malo: siempre se puede aprender mucho”. Quizá no sea cierto en general, pero sí lo es para un científico de la talla de Sir Michael Atiyah.

Descanse en paz la prodigiosa mente matemática de un hombre afable y cordial, gran conversador y magnífico exponente de la fe de los científicos en la existencia de un mundo racional cuyas leyes pueden soñarse y quizá alcanzarse. Nada sintetiza mejor la visión de Atiyah que este texto suyo, *Dreams*, que no traduciré:

“in the broad light of day mathematicians check their equations and their proofs, leaving no stone unturned in their search for rigour. But, at night, under the full moon, they dream, they float among the stars and wonder at the mystery of the heavens: they are inspired. Without dreams there is no art, no mathematics, no life”.

J. Adolfo de Azcárraga
RSEF, Dpto. de Física Teórica UV
e IFIC (CSIC-UV)



³ De los siete problemas sólo se ha probado la conjetura de Poincaré en 2003 por el excéntrico matemático ruso Grigori Y. Perelman, quien rechazó en 2010 el premio de un millón de dólares del Instituto Clay; en 2006 tampoco aceptó la medalla Fields.