

*Laudatio del Prof. Dr. Vicente Muñoz Velázquez con  
motivo de la investidura como Doctor “Honoris Causa” del*

*Excmo. Sr. Simon Kirwan Donaldson*

*20 de enero de 2017*

Rector Magnífico, autoridades académicas, profesores, estudiantes, personal de administración y servicios, invitados y amigos; profesor Sir Simon Kirwan Donaldson.

Es para mí todo un honor tener la oportunidad de realizar la introducción al Prof. Simon Donaldson, en este acto de investidura de Doctor Honoris Causa por la Universidad Complutense de Madrid. El Prof. Donaldson fue mi director de tesis durante los años 1993 a 1996, que pasé en la Universidad de Oxford. No puedo más que estar agradecido por todo lo que aprendí de él, por toda su ayuda durante mi doctorado y posteriormente, y por el mundo de matemáticas en el que me introdujo y del que llevo disfrutando desde hace más de veinte años. Por ello, desde el punto de vista personal, es una alegría indescriptible ser testigo directo y promotor de la incorporación del Prof. Simon Donaldson al claustro de la Universidad Complutense de Madrid.

Simon Donaldson nació en 1957. De hecho, el presente año se celebra su 60 cumpleaños en una conferencia en agosto en la Universidad de Cambridge, en la que se graduó en 1979. Comenzó su doctorado en la Universidad de Oxford, primero bajo la supervisión del Prof. Nigel Hitchin y posteriormente también del Prof. Sir Michael Atiyah. Siendo aún alumno doctoral, probó en 1982, con 25 años, el impresionante resultado que le haría recibir la Medalla Fields. Tras obtener su doctorado por la Universidad de Oxford en 1983, fue Junior Research Fellow en All Souls College de Oxford. Durante el año académico 1983-84, fue miembro del prestigioso Institute for Advanced Study de Princeton, USA. Al regresar a Inglaterra, ocupó la Cátedra “Wallis Professor of Mathematics” en la Universidad de Oxford desde 1985 hasta 1997. En el curso 1997-98, fue Visiting Professor en la Universidad de Stanford, USA. Regresó al Imperial College de Londres, donde es Professor en Pure Mathematics desde 1998. Desde 2014, es también miembro permanente del Simons Center for Geometry and Physics en la Universidad de Stony Brook en New York, USA.

El Prof. Donaldson ha obtenido numerosos premios y distinciones. Recibió el Junior Whitehead Prize de la London Mathematical Society en 1985. El año siguiente 1986 fue elegido Fellow de la Royal Society del Reino Unido. Recibió la Medalla Fields en el Congreso Internacional de Matemáticos en Berkeley, USA, en 1986. La Medalla

Fields (que en realidad se llama “Medalla Internacional para Descubrimientos Sobresalientes en Matemáticas”) no es muy conocida entre el público en general, pero es considerada entre los matemáticos como la más alta distinción que se puede recibir, aunque su remuneración económica sea pequeña. Ante la carencia del Premio Nobel de matemáticas, se instauró este premio que se otorga cada 4 años desde 1936 en los Congresos Internacionales de Matemáticos, a uno o varios matemáticos que hayan realizado contribuciones espectaculares en ese período de tiempo. Tiene la característica singular que solo se concede a matemáticos con edades no superiores a los 40 años. La medalla tiene en su anverso la cabeza del matemático griego Arquímedes y la inscripción *Transire suum pectus mundoque potir* ("Ir más allá de uno mismo y dominar el mundo").

Posteriormente, en 1991, el Prof. Donaldson recibió el Premio William Hopkins de la Cambridge Philosophical Society, y el año siguiente la Royal Medal de la Royal Society del Reino Unido. En 1994, recibió el Premio Crafoord junto con Shing-Tung Yau. El Premio Crafoord es otorgado por la Real Academia Sueca de Ciencias a eminentes científicos cuyos campos de estudio no se corresponden con las categorías clásicas del premio Nobel, y en las que se incluye las matemáticas. En 1999, recibió el Premio Polya de la London Mathematical Society. En el año 2000, fue elegido miembro de la US National Academy of Sciences. Más recientemente, en 2006, el Prof. Donaldson recibió el King Faisal International Prize for Science, y en 2008 el Premio Nemmers in Mathematics de la Northwestern University. El año siguiente 2009, se le otorgó el prestigioso Premio Shaw en Matemáticas, conjuntamente con Clifford Taubes, “por sus contribuciones a la geometría de 3 y 4 dimensiones”. En 2010 fue elegido miembro extranjero de la Real Academia Sueca de Ciencias. Ha sido nombrado "Sir" inglés en el año 2012 “por servicios a las matemáticas”. En 2012 fue nombrado Fellow de la American Mathematical Society, y en marzo de 2014 se le otorgó el “Doctorado Honoris Causa” por la Universidad Joseph Fourier, Grenoble. En 2014 ha obtenido el Breakthrough Prize in Mathematics, dotado con tres millones de dólares.

La lista de galardones mencionada es impresionante. Pero más aún lo son los resultados matemáticos que el Prof. Simon Donaldson ha obtenido durante su carrera. Me gustaría hacer un breve resumen de algunos de los más destacables, que difícilmente harán honor al impresionante legado que el Prof. Donaldson está dejando en las matemáticas.

En 1982, siendo estudiante de doctorado de segundo año, probó el resultado que le otorgaría la Medalla Fields en 1986. Conocido como teorema de diagonalización de 4-variedades, establece que para una variedad de dimensión 4 diferenciable, compacta y simplemente conexa con forma de intersección definida positiva, dicha forma de intersección es diagonalizable. Esto produce restricciones severas a la topología de las 4-variedades diferenciables. En particular, combinado con los resultados de Robert Freedman de la misma época (también galardonado con la

Medalla Fields) clasificando las 4-variedades topológicas, se obtienen los primeros ejemplos de 4-variedades topológicas compactas que no admiten estructuras diferenciables. Otra sorprendente consecuencia es que el espacio Euclídeo estándar 4-dimensional admite infinitas estructuras diferenciables, siendo en dimensión 4 el único caso en que se da este hecho. Lo más remarcable del resultado del Prof. Donaldson son las técnicas que introdujo. Estudió el espacio de instantones, las soluciones a las ecuaciones de Yang-Mills (ecuaciones ampliamente estudiadas por los físicos teóricos, y que tienen su origen en el electromagnetismo y en la teoría cuántica de campos). El espacio de soluciones a este tipo de ecuaciones en derivadas parciales en una 4-variedad diferenciable es una variedad en sí misma, y sus propiedades topológicas dan información de la estructura diferenciable de la 4-variedad. El Prof. Sir Michael Atiyah describe la contribución de Simon Donaldson como:

*Cuando Donaldson produjo sus primeros resultados en 4-variedades, las ideas eran tan nuevas y extrañas a los géometras y topólogos que simplemente eran observadas con tremenda admiración. Lentamente el mensaje ha calado y ahora las ideas de Donaldson están comenzando a ser utilizadas de múltiples formas... Donaldson ha abierto completamente un área nueva; se han descubierto fenómenos inesperados y misteriosos sobre la geometría de 4-dimensiones. Los métodos son nuevos y extremadamente sutiles, usando difíciles ecuaciones en derivadas parciales no-lineales. Por otro lado, esta teoría está firmemente situada en la corriente principal de las matemáticas, al tener lazos estrechos con ideas anteriores, incorporar ideas de física teórica y enlazar de una forma maravillosa con la geometría algebraica.*

La tesis doctoral del Prof. Donaldson es una verdadera joya. No sólo aparece este resultado, sino que además Donaldson completó el problema que su supervisor Prof. Nigel Hitchin le propuso: demostrar la equivalencia entre fibrados holomorfos estables sobre una superficie algebraica con las conexiones de Hermite-Einstein (que de nuevo son instantones). Esto da una profunda relación entre geometría algebraica y geometría diferencial, que de nuevo Donaldson ataca con técnicas analíticas, abriendo una nueva vía de estudio en las teorías de Yang-Mills.

Durante la década 1983-93, el Prof. Donaldson prosiguió con el estudio de los espacios de móduli, en particular definiendo invariantes asociados a la estructura diferenciable de una 4-variedad (a los que hoy en día se les conoce como invariantes de Donaldson). Las técnicas dieron lugar a todo un área de trabajo conocida como teorías gauge en dimensión baja. El impacto de las técnicas introducidas por el Prof. Donaldson ha sido tremendo. Muchos investigadores del más alto nivel se interesaron por la potencia de estas nuevas ideas y dedicaron sus esfuerzos a desarrollarlas. Se obtuvieron muchos y sorprendentes resultados sobre la topología

de variedades diferenciables y complejas de dimensión 4 (como el fallo del h-cobordismo en dimensión 4 o la invarianza de la dimensión de Kodaira por difeomorfismos). En 1994 aparecieron los invariantes de Seiberg-Witten, obtenidos por las investigaciones de Edward Witten (medalla Fields en 1990) en teorías gauge y en teorías topológicas de campos desde el punto de vista de la Física Teórica. Estos supusieron una segunda revolución en el área, que ha dado resultados en áreas tan dispares como la teoría de nudos, la geometría de 3-variedades, o la geometría simpléctica y de contacto, por citar algunas.

Simon Donaldson escribió una monografía junto con Peter Kronheimer en 1990 sobre las técnicas en dimensión 4, titulada “The geometry of four-manifolds”, una joya que todos los investigadores y estudiantes de doctorado de esta área aprecian como referencia básica, un libro profundo que se puede leer múltiples veces, siempre encontrando algo nuevo que había pasado desapercibido en las lecturas anteriores. También escribió la monografía “Floer homology groups in Yang-Mills theory” (2001), con las técnicas desarrolladas en dimensión 3.

A partir de 1994, el Prof. Donaldson comenzó una línea de investigación en topología simpléctica. Introdujo la teoría asintóticamente holomorfa para construir subvariedades y fibraciones de Lefschetz simplécticas en cualquier variedad simpléctica. De nuevo técnicas analíticas muy finas son empleadas para obtener resultados de geometría diferencial con un característico sabor a geometría algebraica. Estas técnicas supusieron un avance espectacular en geometría simpléctica que están sirviendo para profundizar en el entendimiento de la topología de tales variedades. Los resultados de Donaldson en esta área pueden ciertamente ser catalogados de un nivel tan espectacular como sus trabajos en teorías gauge.

Motivado por este área de trabajo, en el año 2000, el Prof. Ignacio Sols de nuestra Universidad Complutense, con otros investigadores españoles, fundaron el grupo “Geometría Simpléctica con Técnicas Algebraicas”, al que dio el nombre de GESTA. Este grupo ha realizado congresos anuales durante 15 años, siendo una fuente de inspiración.

Desde 1998, a su regreso al Reino Unido, el Prof. Donaldson comenzó dos nuevas líneas de investigación. Como él mismo ha dicho “*My work over the past decade has in a sense returned to my thesis problem, but extended into Riemannian geometry*”. Por un lado, comenzó a estudiar el problema de geometría compleja que conjetura una relación entre una condición de estabilidad algebro-geométrica para variedades y la existencia de métricas Kähler extremales (en general de curvatura escalar Kähler constante) en variedades proyectivas de dimensión arbitraria. Esta es un área con una larga historia, donde los problemas son muy duros, y ha habido avances espectaculares a lo largo de las últimas décadas (destacando la solución de

S-T. Yau a la conjetura de Calabi, que le dio la medalla Fields en 1982). Tras resolver el caso tórico en 2001, en un verdadero tour-de-force, el Prof. Donaldson ha resuelto, en colaboración con Xiuxiong Chen y Song Sun, el caso Kähler-Einstein en 2012, lo que ha supuesto un verdadero logro en el área. Un resultado de un nivel tan alto o mayor que sus resultados anteriores. Las técnicas están atrayendo a numerosos investigadores que están contribuyendo a su desarrollo.

La otra línea de investigación que el Prof. Donaldson, junto con su ex-estudiante de doctorado Richard Thomas, ahora colaborador en el Imperial College, ha introducido en 1998 se conoce como “teorías gauge en altas dimensiones”. Es todo un programa focalizado en extender a dimensiones complejas 3 y 4 la teoría de Yang-Mills en dimensiones reales 3 y 4. Las profundas ideas se entrelazan con la geometría Riemanniana, poniendo como actores principales a las variedades  $SU(3)$  en dimensión 6 (Calabi-Yau 3-folds), variedades  $G_2$  en dimensión 7 y variedades  $Spin(7)$  en dimensión 8. Estos son sorprendentemente algunos de los grupos de holonomía riemanniana especiales, y que además tienen profundas implicaciones en las teorías de cuerdas de Física Teórica. Este es un área en verdadero auge en la que las aportaciones del Prof. Donaldson, con una visión de gran profundidad, y los trabajos de muchos de sus alumnos de doctorado, están resultando fundamentales.

Querría destacar también los aspectos más personales del Prof. Donaldson. En primer lugar, la importancia que para él tiene su familia, su esposa Nora y sus hijos. Recuerdo aún con una sonrisa alguna tutoría como estudiante doctoral que tuvimos en su coche mientras él conducía para recoger a Nora de su trabajo.

Si las cifras del Genealogy Math Project son correctas, Simon Donaldson ha sido supervisor de 44 estudiantes de doctorado y tiene 119 descendientes. Esto no solo constata el profundo legado de las ideas del Prof. Donaldson, sino también su gran labor de formación de jóvenes investigadores. Recuerdo cuando llegué a Oxford como estudiante doctoral, que Simon se encargaba ese cuatrimestre de supervisar 17 estudiantes doctorales (no solo los suyos sino también los de algunos colegas que estaban fuera de sabático). ¡Y nos dedicaba a todos al menos una sesión semanal! También debo decir que esa sesión me daba suficiente trabajo y suficientes ideas para explorar para toda la semana. Pero más me ha llamado la atención leer las palabras de Donaldson en su autobiografía para el premio Shaw: “*I was made a Professor in Oxford in 1985 and was fortunate to have many research students.*” (recalco: *fortunate*).

En este lado humano de apoyo a los estudiantes, quiero destacar un detalle con el que tropecé hace unas semanas: los galardonados con el premio Breakthrough en matemáticas de 2015 (Simon Donaldson, Maxim Kontsevich, Jacob Lurie, Terence Tao y Richard Taylor) han donado parte del premio para financiar becas de posgrado a estudiantes en países en vías de desarrollo.

También quiero mencionar la generosidad del Prof. Donaldson con sus ideas matemáticas. En múltiples ocasiones me ha contado, tanto a mí como a otros colegas, problemas interesantes e ideas de cómo atacarlos. De hecho, algunos de sus artículos más valorados son un compendio de problemas propuestos, líneas de ataque, proyectos de estudio y conjeturas. En nuestra profesión esto es un bien valiosísimo, y diferencia al matemático excelente del que “está por encima”.

La huella del Prof. Simon Donaldson en la geometría en España es profunda. Simon Donaldson ha tenido dos estudiantes de doctorado españoles, Oscar García Prada, y quien les está hablando, con 13 descendientes conjuntos. Numerosos grupos de investigación trabajan en las áreas y usando las técnicas por él introducidas. El Prof. Donaldson visitó la Universidad Complutense de Madrid en el año 2000, participando en el tribunal de tesis de Francisco Presas, impartiendo un seminario en la Facultad de Ciencias Matemáticas y realizando una estancia en Madrid de varias semanas. Desde recientemente, es miembro de un Laboratorio de investigación en el Instituto de Ciencias Matemáticas ICMAT bajo el programa Severo Ochoa, habiendo visitado Madrid el pasado mes de junio. Así mismo, tenemos el placer de contar con el Prof. Donaldson como editor de la Revista Matemática Complutense, la revista de investigación emblema de la Facultad de Ciencias Matemáticas, desde el año 2012.

Para acabar, Prof. Donaldson, permítame transmitirle la satisfacción que sentimos al admitirle al claustro de la Universidad Complutense y agradecerle en nombre de todos su generosa labor en favor de las matemáticas. Muchas gracias de corazón.