

## MATEMATICOS ACTUALES

# Charles Luis Fefferman, análisis de Fourier, integrales singulares, espacios de Hardy ...

Los padres de Charles Fefferman fueron Arthur S Fefferman y Liselott Stern. Arthur Fefferman había nacido en Brooklyn, Nueva York, obteniendo una Maestría en Economía por la Universidad de Columbia en 1941. Obtuvo plaza en el Departamento del Tesoro en Washington DC en 1945, y fue precisamente en Washington DC donde nació su hijo Charles en 1949. Arthur Fefferman logró también un doctorado en economía en 1950, en la Nueva Escuela de Investigación Social (ahora New School University). En cuanto a su madre, Liselott Stern, se había criado en Alemania, donde las escuelas a las que asistía estaban muy interesadas en el mantenimiento de la mas estricta disciplina, pero con muy deficiente enseñanza de las matemáticas. Como consecuencia, odiaba las matemáticas. Arthur Fefferman había disfrutado y destacado en matemáticas en la educación secundaria, pero se le había dicho que las matemáticas no eran necesarias para un economista y ni siquiera había hecho un curso de cálculo en la universidad. Sin embargo, fue un gran apoyo para sus dos hijos, ya que les inculcó el entusiasmo en el estudio de estos temas. Charles tiene un hermano, Robert Fefferman, que obtuvo su licenciatura en matemáticas por la Universidad de Maryland en 1972 y su doctorado en la Universidad de Princeton en 1975.

Charles Fefferman, conocido por sus amigos y colegas como Charlie, fue realmente un niño prodigio. Dijo [11]:

*Cuando era un niño pequeño estaba interesado en la ciencia que despertaba curiosidad en los niños: cómo funcionan los cohetes y cosas por el estilo, pero no estaba satisfecho con las explicaciones simples, así que me registré en la biblioteca pública para obtener un libro de física. No podía entender nada. Yo tenía nueve años de edad, y mi padre me dijo: "Por supuesto que no se puede entender ese libro, ya que no hay matemáticas en él". Así que le pregunté si podía estudiar Matemáticas. Yo estaba ya en el cuarto grado, y adquirí entonces un libro de texto de matemáticas de 4º grado. Ese fue el comienzo.*

De hecho, había dominado el cálculo antes de la edad de doce años. Él mismo nos explica cómo había llegado tan rápidamente a ese nivel [11]:

*Leí el libro de texto de matemáticas de cuarto grado en uno o dos días. Mi padre no me creyó, por lo que me hizo algunas preguntas y se dio cuenta de que lo entendía. Entonces me compró otro libro de texto, ahora de quinto*

*grado, y lo leí también en un par de días, y así sucesivamente hasta que estudié un curso de cálculo - aquí demoré más de un par de días-. Sin embargo, yo comprendía que era un niño pequeño estudiante de cálculo, así que era obvio que tenía talento.*

La familia Fefferman estaban viviendo en Silver Spring, condado de Montgomery, Maryland, un suburbio residencial del norte de Washington DC. Los padres de Fefferman, al darse cuenta de que su hijo, de doce años de edad, tenía un gran talento para las matemáticas, le llevaron a la Universidad de Maryland, que estaba relativamente cerca de su hogar, para una tutoría. Esta historia se relata en [4]:

*Jim Hummel, una autoridad en variable compleja, estaba sentado en su pequeña oficina una mañana de julio de 1961. Recibió una llamada telefónica de los Fefferman. Tenían un ávido hijo en 6º grado que estaba consumiendo libros de texto de matemáticas como si fueran dulces. ¿Sería posible, profesor Hummel, que hablara con él?. Y el profesor Hummel lo hizo. Así que la señora Fefferman condujo a Charlie desde Silver Spring en College Park en su viejo Dodge. "No tenía miedo," recuerda Charlie, "pero estaba muy emocionado." Se reunirían ya una vez a la semana durante el resto del verano, para hablar de matemática. Charlie era brillante, de hecho, Hummel lo invitó de nuevo para el siguiente verano. En un determinado momento durante este segundo verano, Hummel observa que Charlie era realmente un matemático genuino, que ya podía "pensar como un matemático." El punto clave fue cuando Charlie hizo una pregunta en busca de los axiomas de Peano para los números naturales.*

Los otros profesores de la universidad empezaron a interesarse por el joven talento. Se inscribió en la Escuela Secundaria de Takoma Park en 1962, aunque nunca asistió a la misma, pues ingresó directamente en la Universidad de Maryland en 1963, cuando tenía catorce años de edad. Se requería romper la normativa universitaria para que alguien tan joven pudiera entrar, pero aún con bastante dificultad, los profesores lograron convencer a las autoridades para saltarse la regla y que el jovencísimo estudiante pudiera asistir a la universidad. Fue en el mismo año en que su padre dejó la oficina del gobierno de Análisis Fiscal para ser director de Análisis Económico, pasando al American Council of Life Insurance. Charles mientras tanto causaría pronto una notable impresión en la Universidad de Maryland. Después de permanecer dos semanas en la clase de cálculo de John Horvath estaba claro que el material era demasiado elemental para Fefferman y se le pasó al curso de cálculo honorario de John Brace. A la edad de 15 años, cuando se encuentra en su segundo año de estudios en la Universidad de Maryland, escribe su primer artículo sobre matemáticas [11]:

*En ese momento yo tenía un maravilloso profesor de lógica matemática: Carol Karp, que estaba interesado en lo que se podría decir si pudiera hablarse con oraciones infinitamente largas. Hubo una pregunta acerca de cuántas cosas diferentes pueden distinguirse en función de qué tipo de borde infinito se establezca en una infinitamente larga cadena. Se suponía que debía presentar una solución muy complicada en la clase y yo no podía entender que fuera una prueba muy complicada, así que pensé en mi propia prueba y resultó que podría generalizarse. Mi profesor fue un gran apoyo y dijo: "¿Por qué no trabajas esto y vas más allá?", y luego: "¿Por qué no lo escribes?". Finalmente me dijo: "Vamos a enviarlo a una revista, y ver qué pasa". Y fue aceptado.*

Se trata del artículo *Cardinally maximal sets of non-equivalent order types* (1967).

En la Universidad de Maryland Fefferman asistió a buen número de cursos de Matemática y Física. Sin embargo sus profesores querían desarrollar las habilidades del joven estudiante, y ciertamente, los cursos estándar no estaban haciéndolo, por lo que se le plantearon varios proyectos y problemas abiertos que ampliaban el trabajo normal de la clase. Fefferman se daba cuenta de que estaba recibiendo un trato muy especial de muchos de los profesores, que le daban las clases en forma personalizada. Decía en [4]:

*Creo que tuve el privilegio de ir allí y que siempre estaré agradecido al departamento de matemáticas por hacer tan bien un trabajo desde luego, muy delicado. La parte delicada se refiere a que los miembros del departamento podrían haberme empujado demasiado rápido o, por el contrario, impedirme ir con la rapidez que yo necesitaba. No hicieron ninguna de ambas cosas. Creo que encontraron exactamente el ritmo adecuado para mi desarrollo.*



Fotografía realizada por Paul Halmos

En 1966, a la edad de 17 años, se graduó con la más alta distinción, con especialización en Matemática y Física. Se le concedió una beca de 3 años de la National Science Foundation Fellowship para llevar a cabo su investigación. La Escuela Secundaria a la que habría asistido de no ser porque fue directamente a la Universidad era Montgomery Blair y, en esta etapa, la escuela le hizo entrega de un diploma de honor.

Después de graduarse de la Universidad de Maryland, Fefferman realizó estudios de posgrado en la Universidad de Princeton bajo la supervisión de Elias Stein. Fefferman tendría palabras de elogio por su asesor de tesis [11]:

*Mi director de tesis, Elias Stein, ha tenido una enorme influencia en mí. Creo que era probablemente el mejor profesor de matemáticas avanzadas del mundo. Él me ha influido sobre lo que he aprendido y formó mi gusto, enseñándome a tener espíritu de optimismo cuando nos enfrentamos a problemas difíciles.*

Obtiene el doctorado en 1969 por la tesis titulada *Desigualdades para operadores de convolución fuertemente regulares (Inequalities for Strongly Regular Convolution Operators)*, publicando después dos documentos basados en el material de esta tesis, *Algunos operadores singulares de convolución (On some singular convolution operators, 1969)* y *Desigualdades en los operadores de convolución fuertemente singulares (Inequalities for strongly singular convolution operators, 1970)*. En ambos documentos Fefferman incluye el siguiente reconocimiento:

*Estoy profundamente agradecido a mi consejero y maestro, E M Stein, por traer estos problemas a mi atención, y por sus valiosas sugerencias y críticas.*

Estos documentos no fueron sus primeras publicaciones pues, además de los trabajos mencionados anteriormente, ya había publicado *A Radon-Nikodym theorem for finitely additive set functions* (1967) y  *$L_p$  spaces over finitely additive measures* (1968). Ambos documentos aparecieron en el *Pacific Journal of Mathematics*.

Mientras era estudiante graduado en Princeton, Fefferman tenía intereses fuera de las matemáticas. En particular estaba interesado en la política y, cuando el senador Eugene McCarthy anunció en noviembre de 1967 que iba a desafiar Lyndon B Johnson en las primarias demócratas, Fefferman entró en su campaña. Observemos que McCarthy se opuso a la participación estadounidense en la guerra de Vietnam. Señalemos también que Fefferman apoyó asimismo la campaña de George McGovern como el candidato demócrata para la elección presidencial de 1972.

Fefferman dio conferencias en Princeton en los años 1969-70. Se trasladó a la Universidad de Chicago en 1970 como profesor asistente y, un año más tarde, en 1971, sería ascendido allí a profesor titular, lo que le valió convertirse en el más joven profesor de tiempo completo nombrado en los Estados Unidos. Obtuvo un reconocimiento de la Fundación Alfred P. Sloan Fellowship en 1970 y una beca OTAN posdoctoral en 1971. En este año de 1971 había publicado cinco trabajos, a saber: *On the divergence of multiple Fourier series*; *Characterizations of bounded mean oscillation*; *Some maximal inequalities*; *The multiplier problem for the ball*; y *On the convergence of multiple Fourier series*. También en 1971 fue galardonado con el Premio Salem de 5.000 francos franceses. Este premio fue establecido por los herederos de Rafael Salem, banquero francés y famoso matemático, para ser otorgado a jóvenes matemáticos que se destacaran por su labor relacionada con la teoría de las series de Fourier y los problemas relacionados.

En 1973 regresó Fefferman a Princeton y, en octubre de 1974, fue presentado a Julie Anne Albert. Ella, al igual que Charlie Fefferman, había sido una niña prodigio, pero Julie era un prodigio en el campo musical, no en el matemático. Había estudiado violín en la Escuela Juilliard cuando tenía sólo 9 años de edad y, cuando Fefferman la conoció, era profesora de música en una escuela secundaria de Nueva York. Se casaron en 1975 y desde ese momento Julie dejó su carrera en la enseñanza. Tuvieron dos hijas, Nina Heidi Fefferman y Lainie Fefferman. Nina se hizo bióloga computacional que aplica las matemáticas para modelar sistemas biológicos complejos. Lainie estudió música, fue galardonado con un doctorado por Princeton, y es una compositora muy conocida a nivel nacional en Estados Unidos.



En [4], refiriéndose al periodo comprendido entre el nacimiento de Nina y el de Lainie, Carl Bode escribe:

*Ellos viven en una casa estilo rancho de tres dormitorios; un dormitorio pequeño sirve como estudio de Charlie. ... Para mantenerse en forma Charlie hace ejercicios de la fuerza aérea canadiense.*

En 1976 fue galardonado con el Premio Alan T Waterman, siendo el primero en recibir este premio. Es el más alto premio honorífico de los Estados Unidos para los científicos menores de 35 años de edad seleccionados por la Fundación Nacional de Ciencia. El premio consistió en una medalla y una donación de 50.000 dólares al año durante tres años para estudios avanzados o de investigación en una institución de EE.UU., de elección del interesado. Fefferman se mantuvo en Princeton, donde durante tres años pudo concentrarse en la investigación sin tener obligaciones docentes.

Fefferman contribuyó con varias innovaciones que revisaron el estudio de análisis complejo multidimensional mediante la búsqueda de generalizaciones correctas de resultados clásicos en pocas dimensiones. Su trabajo sobre ecuaciones diferenciales parciales, análisis de Fourier, en particular la convergencia, los multiplicadores, la divergencia, integrales singulares y espacios de Hardy, le permitieron obtener la Medalla Fields en el Congreso Internacional de Matemáticos en Helsinki, en 1978. Había sido ponente plenario en el anterior Congreso Internacional de matemáticos celebrado en Vancouver en agosto de 1974 cuando dio la conferencia *Avances recientes en el análisis de Fourier clásico (Recent Progress in Classical Fourier Analysis)*.

En 1979 Fefferman hace una breve descripción de la forma en la que le gustaba trabajar (ver [4]):

*Me gusta tumbarme en el sofá durante un tramo de varias horas pensando intensamente acerca de formas, relaciones y cambios -rara vez sobre números concretos-; exploro una idea tras otra en mi mente, desechando la mayoría. Cuando un concepto finalmente parece prometedor, estoy listo para probarlo en el papel. Aunque primero me levanto a cambiar el pañal del bebé ... Las nuevas ideas no son fáciles de encontrar. Si se tiene la suerte de estar trabajando en una idea que es en realidad correcta, puede tomar mucho tiempo antes de darnos cuenta que es efectivamente correcta. Por otra parte, si se llega a un callejón sin salida, también puede pasar un largo tiempo antes de encontrar el camino adecuado. Incluso puedes terminar diciendo "Vaya, he estado trabajando durante años en algo que no conduce a nada". Un buen matemático debe tener el valor, cuando es preciso, de tomar una gran cantidad de su trabajo y tirarlo a la basura.*

Fefferman describió dos temas que trabajó en una forma que pueda ser entendido por los no matemáticos en [2]:

*Me gustaría describir dos de mis contribuciones. La primera es una conexión entre las series Kakeya y el análisis de Fourier. Los conjuntos kakeya son extrañas formas en el plano. Se puede rotar una aguja de 1 pulgada de largo en un total de 360 grados manteniendo la aguja en su totalidad dentro de un conjunto kakeya; sin embargo, el área de un conjunto kakeya es tan pequeña como se desee. El análisis de Fourier es el estudio de cómo las vibraciones complicadas se diluyen en tramos simples. Por ejemplo, el movimiento complicado de una cuerda de violín se compone de una nota fundamental, un primer armónico, un segundo armónico, y así sucesivamente. El sonido de la cuerda de violín se degrada si se eliminan las frecuencias. En parte, esto se debe a que la cuerda de un violín es unidimensional. Una fotografía es una imagen de dos dimensiones, también construida a partir de piezas sencillas análogas a la nota y matices de una*

*cadena fundamental. Debido a que una foto es de dos dimensiones, puede estar fuera de foco aunque tenga un enfoque nítido cuando se quitan sus altas frecuencias. Eso es debido a la existencia de conjuntos keakeya. Esto lo descubrí en la década de 1970. Las series Keakeya establecidas en dimensiones superiores a dos continúan presentando problemas desafiantes. Las fotografías de este libro están perfectamente enfocadas. En segundo lugar, he pasado muchos años en los problemas matemáticos sobre los átomos. Cualquier libro de texto de mecánica cuántica explica cómo un electrón y un protón se combinan para constituir un átomo de hidrógeno. El libro de texto sin embargo no le dirá por qué miles de millones y millones de protones se combinan para hacer un montón de átomos de hidrógeno. Eso es un problema mucho más difícil, lo que implica una gran cantidad de quehacer en matemáticas; la solución total aún no se conoce. Hice una contribución al reducir el problema a una estimación de la energía del sistema.*

En 1984 fue nombrado profesor Herbert Jones en Princeton. Fefferman fue galardonado con el Premio Bergman en 1992. La cita del comité de lectura (ver [3]) decía así:

*Charles Fefferman ha hecho contribuciones enormemente importantes en lo que respecta al estudio del núcleo de Bergman poniendo en marcha gran parte de la actividad en el tema. ... Cada uno de los tres artículos ... es un 'pulso de fuerza'; cada artículo contiene no sólo los resultados sobre el núcleo de Bergman y sus aplicaciones, sino que cada uno también desarrolla ideas y técnicas muy originales que son de gran relevancia ...*

En su respuesta Fefferman dijo:

*Estoy agradecido al comité de selección por haberme otorgado a mí el Premio Bergman. Las ideas de Bergman han sido una gran influencia en mi trabajo. Y continúan proporcionando profundos e importantes problemas para el análisis.*

Además de los premios mencionados anteriormente, Fefferman ha recibido muchos honores. Estos incluyen la elección para la Academia Americana de las Artes y las Ciencias (1972), la elección para la Academia Nacional de Ciencias en 1979 y la elección para la American Philosophical Society en 1989. Ha recibido títulos honoríficos de la Universidad de Maryland (1979), de la Universidad de Knox (1981), de la Universidad Bar Ilán (1985) y de la Universidad de Madrid (1990). En 2008 fue galardonado con el Premio Bôcher de la Sociedad Americana de Matemáticas:

*... Por sus muchas contribuciones fundamentales a diferentes áreas de análisis, incluyendo su reciente trabajo sobre el problema de extensión Whitney. Su trabajo importante en esta área está contenida en sus documentos de 'Una forma fuerte del Teorema de extensión de Whitney (A sharp form of Whitney's extension theorem)', Anales de Matemáticas. 161 (2005), 509-577, y 'El problema de extensión de Whitney a  $C^m$  ('Whitney's extension problem for  $C^m$ )', Anales de Matemáticas. 164 (2006), 313-359.*

En su respuesta Fefferman dijo:

*Estoy agradecido por mi selección para el Premio Bôcher y por el reconocimiento de mi trabajo sobre el problema de Whitney. Esa cuestión y sus consecuencias inmediatas me han fascinado desde hace varios años. En*

*las soluciones encontradas he tenido la ayuda crucial, en forma de hermosas y originales ideas, de varios admirados colegas.*

En 2009 Fefferman fue nombrado miembro honorario de la Sociedad Matemática de Londres. La mención dice:

*Las contribuciones e ideas del Profesor Charles Fefferman han tenido un gran impacto en el desarrollo del análisis moderno, de las ecuaciones diferenciales, de la física matemática y de la geometría, con su más reciente trabajo, que incluye su solución fuerte (computable) del problema de extensión de Whitney.*

Fefferman continúa trabajando en Princeton y de 1999 a 2002 fue Presidente del Departamento de Matemáticas de esa Universidad. En 2012, en colaboración con C Robin Graham, publicó el libro *The Ambient Metric*. La descripción que hace el editor es la siguiente:

Este libro desarrolla y aplica una teoría de la métrica ambiente en geometría conforme. Esta es una métrica de Lorentz en  $n+2$  dimensiones que codifica una clase de conformación de las métricas en  $n$  dimensiones. La métrica ambiente tiene una encarnación alternativa como métrica de Poincaré, una métrica en  $n+1$  dimensiones que tiene la variedad de conformación como su infinito conforme. En esta realización, la construcción ha jugado un papel central en la correspondencia AdS/CFT en la física.

Michael G Eastwood escribe en una revisión:

*Esta intensa monografía ha sido una anticipación de más de 25 años! La publicación de [Charles L. Fefferman y R. Graham, 'Astérisque' 1985, numero de serie Hors, 95-116] inició una revolución en la teoría de los invariantes locales en variedades de conformación, tal como [C L Fefferman, 'Adv. en matemáticas.' 31 (2) (1979), 131-262] habían hecho en variedades CR. En general, esta cuidadosa exposición nos ha mostrado que ha valido la pena el haber esperado!.*



Fefferman en 2006, Congreso Internacional de Matemáticos de Madrid

A partir de septiembre de 2015, Fefferman cuenta con cerca de 200 artículos publicados enumerados en Math.SciNet. También ha realizado importantes contribuciones a través de su trabajo editorial al formar parte de los consejos editoriales de: *Comunicaciones en ecuaciones diferenciales parciales*; *Avances en Matemáticas*; *Revista Mat. Iberoamericana*; *Revista de Análisis y Aplicaciones de Fourier*; *Procedimientos de la Academia Nacional de Ciencias y Diario de Análisis*. Ha ocupado posiciones de visitante en muchas instituciones, entre ellas: Visitante de Catedra Wilson Elkins, Universidad de Maryland; Instituto de Tecnología de California; Instituto Courant de Ciencias Matemáticas, Universidad de Nueva York; Universidad de París, Francia; Instituto Mittag-Leffter,

Estocolmo, Suecia; Instituto Weitzmann, Rehovot, Israel; Bar-Ilán, Ramat-Gan, Israel, y la Universidad de Madrid, España. Su relación con la comunidad matemática de España comenzó cuando se convirtió en asesor de su primer estudiante de doctorado, que fue Antonio Córdoba Barba. Los dos se hicieron amigos cercanos, colaboraron en varios artículos y se creó un fuerte vínculo con España.

### Referencias:

### Biografía:

1. Biografía en la Enciclopedia Británica.  
<http://www.britannica.com/biography/Charles-Louis-Fefferman>

### Libros:

2. M Cook, *Mathematicians : an outer view of an inner world* (Princeton University Press, Princeton-Oxford, 2009).

### Artículos:

3. Bergman Prize awarded to Charles Fefferman, *Notices Amer. Math. Soc.* **39** (4) (1992), 320-321.
4. C Bode, One of the Great Mathematicians of the 20th Century, *The Washington Post* (20 May, 1979).
5. L Carleson, The work of Charles Fefferman, *Proceedings of the International Congress of Mathematicians, Helsinki 1978* (Helsinki, 1980), 53-56.
6. S D Chatterji, On the mathematical work of Charles Fefferman, *Jahrbuch Überblicke Mathematik, 1979* (Mannheim, 1979), 157-164.
7. S Igari, Works of C Fefferman I (Japanese), *Sugaku* **31** (1) (1979), 34-39.
8. I Naruki, Works of C Fefferman II (Japanese), *Sugaku* **31** (1) (1979), 39-43.
9. J Moser, Fields medals III : A broad attack on analysis problems, *Science* **202** (4368) (1978), 612-613.
10. R K Rein, Like His Daughter, Nina, Princeton Math Genius Charlie Fefferman Just Eats Up Numbers, *People* **12** (16) (15 October 1979).
11. A Timón, Interview: Charles Fefferman, Fields medalist in 1978 and director of a ICMAT-Laboratory, *ICMAT newsletter* (Third quarter, 2013), 6-8.

Basado en el artículo de JJ O'Connor y EF Robertson  
<http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Fefferman.html>  
casanchi.com  
2016