

MATEMÁTICOS ACTUALES

Luis Ángel Caffarelli, Ecuaciones diferenciales parciales no lineales, singularidades, límite libre

Los padres de Luis Caffarelli fueron Luis Caffarelli y Hilda Delia Cespi. Después de la educación media en Buenos Aires, Caffarelli ingresó a la Universidad de Buenos Aires y obtuvo su Maestría en Ciencias en 1968. Continuaría investigando a fin de obtener un doctorado en la licenciatura. Escribió [Referencia 3]:

Me formé en la escuela de análisis real de Calderón y escribí allí mi disertación para el doctorado y algunos otros artículos sobre sumabilidad y conjugación de series de polinomios especiales.

Debemos mencionar algo sobre la "Escuela de análisis real de Calderón". Se trataba de dos medios hermanos llamados Calixto Pedro Calderón y su hermanastro mucho mayor, Alberto Pedro Calderón. Ambos tenían el mismo padre, Pedro Calderón, pero al fallecer la madre de Alberto, Pedro se volvió a casar con Matilde García, que era la madre de Calixto. Calixto, nacido en diciembre de 1939, era 20 años menor que Alberto Pedro. Obtuvo su doctorado en 1969 en la Universidad de Buenos Aires, solo dos años antes que Luis Caffarelli, quien fue su primer estudiante de doctorado. En 1974, Calixto Calderón fue a la Universidad de Illinois en Chicago, donde trabajó hasta que se retiró en 2000.

En 1971, Caffarelli presentó su tesis *Sobre conjugación y sumabilidad de series de Jacobi* a la Universidad de Buenos Aires, obteniendo el doctorado en 1972. Realizó una investigación conjunta con su asesor de tesis Calixto Pedro Calderón y escribieron dos artículos conjuntos: *Weak type estimates for the Hardy-Littlewood maximal functions* (1974-74), y *On Abel summability of multiple Jacobi series* (1974).

Mientras estuvo en Buenos Aires, se casó con Irene Martínez Gamba, que es también una matemática excepcional; el matrimonio tiene tres hijos: Alejandro Caffarelli, Nicolas Caffarelli y Mauro Caffarelli.

Escribió [Referencia 3] cómo se desarrolló su carrera:

En 1973 fui con una beca postdoctoral a la Universidad de Minnesota, donde permanecería hasta 1983.

En 2009, Caffarelli contaría aspectos [Referencia 7] sobre su llegada a la Universidad de Minnesota:

Vine a los Estados Unidos a la Universidad de Minnesota en enero de 1973. No había correo electrónico, ni fax, e incluso el teléfono era muy caro. Pero encontré en Minnesota y en el medio oeste un grupo extraordinario de personas. Mis colegas fueron extremadamente generosos,

dedicados y amigables, y me enseñaron mucho de lo que sé. Compartieron sus ideas y me orientaron cuando comencé mi programa de investigación.

Después de la beca postdoctoral que tuvo para la Universidad de Minnesota en 1973-74, fue nombrado profesor asistente en 1975, profesor asociado en 1977 y profesor titular en 1979. Escribiría sobre la investigación que desarrolló en la Universidad de Minnesota, intentando explicar sus potentes resultados a una audiencia general [Referencia 3]:

Poco después de mi llegada, asistí a una fascinante serie de conferencias de Hans Lewy y me interesé en las ecuaciones diferenciales parciales no lineales, las desigualdades de las variaciones y los problemas de frontera libre. Un ejemplo elemental de este tipo de problema sería un globo dentro de una caja (o una gota dentro de una cavidad). Si el globo se suspendiera libremente en el aire, una primera aproximación a su forma estaría dada por una ecuación de curvatura media prescrita (una ecuación levemente no lineal) que podríamos deducir del hecho de que el globo intenta minimizar la energía de configuración (un problema variacional sin restricciones). Si se le obliga a permanecer dentro de la caja, la superficie del globo se comportaría de manera diferente cuando está libre que cuando presiona contra la pared (una ecuación diferencial fuertemente no lineal) creando una curva de separación (el límite libre) entre ambas regiones. En esta área, investigué ampliamente los problemas matemáticos asociados con las interfases sólido-líquido, los flujos de chorro y cavitación, y el flujo de gas y líquido en un medio poroso.



El artículo de Caffarelli *Las superficies de capacidad mínima para un nudo* (*Surfaces of minimum capacity for a knot*) se publicó en 1975, pero fueron los años siguientes los que demostraron ser notables para Caffarelli en términos de publicaciones pues se publicaron seis de sus artículos: *Certain multiple valued harmonic function*; *On the Hölder continuity of multiple valued harmonic functions*; *The regularity of elliptic and parabolic free boundaries*; (con Néstor M. Rivière) *On the rectifiability of domains with finite perimeter*; (con Néstor M Rivière) *Smoothness and analyticity of free boundaries in variational inequalities*; y *he smoothness of the free surface in a filtration problem*. Continuó su notable registro de publicación con tres artículos en

1977, dos de los cuales fueron escritos conjuntamente con Néstor M Rivière, y cinco artículos en 1978, cuatro de los cuales fueron escritos conjuntamente con Avner Friedman.

Aunque Caffarelli continuó ejerciendo su cátedra en la Universidad de Minnesota hasta 1983, pasó los dos años 1980-82 como profesor en el Instituto Courant. Esto provocó un cambio en sus intereses de investigación, como explicaría después [Referencia 3]:

En 1980 me invitaron a unirme a la facultad en el Instituto Courant, donde desarrollé nuevos intereses: dinámica fluida y ecuaciones totalmente no

lineales bajo el consejo y en colaboración con Louis Nirenberg. Una de las áreas de investigación que continuamos fue el flujo tridimensional de Navier-Stokes (un modelo para la evolución de flujos de fluidos viscosos e incompresibles) donde mostramos que la velocidad del flujo podría llegar a ser infinita a lo sumo en un conjunto de cero. Medida dimensional (que es menos que una curva) en el espacio y en el tiempo. (Un resultado casi óptimo, según los ejemplos recientes de Shefer). También investigamos exhaustivamente las propiedades de las hipersuperficies en el espacio euclídeo n -dimensional para las cuales se prescriben las relaciones elípticas entre sus curvaturas principales (es decir, ecuación de curvatura media, ecuación de Monge-Ampere en el espacio real o complejo, etc.) .

En 1982, Caffarelli recibió el Premio Guido Stampacchia por la Scuola Normale Superiore di Pisa. En 1983 fue nombrado profesor en la Universidad de Chicago, cargo que ocupó durante tres años. Durante estos años continuó recibiendo importantes premios por sus destacadas contribuciones. En 1984 recibió el Premio Bôcher de la American Mathematical Society :

... por su trabajo profundo y fundamental en ecuaciones diferenciales parciales no lineales, en particular su trabajo sobre problemas de límites libres, teoría del vórtice y teoría de la regularidad.



En 1986, Caffarelli abandonó Chicago cuando fue nombrado profesor en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton. El 31 de octubre de 1988, el Papa Juan Pablo II le entregó a Caffarelli la Medalla de Oro Pío XI de la **Academia Pontificia de las Ciencias** . Hemos citado varias veces arriba del discurso que pronunció Caffarelli en esa ocasión. Citemos aquí lo que dijo sobre sus intereses de investigación actuales (en 1988) [Referencia 3]:

Mis intereses actuales incluyen estimaciones uniformes sobre perturbaciones singulares al aproximarse a un límite singular, por ejemplo, para las superficies de nivel que se aproximan a una superficie de discontinuidad y sus implicaciones sobre la estabilidad tanto de la superficie de discontinuidad como de los métodos numéricos empleados para simular el problema limitante.

Durante diez años, Caffarelli trabajó en el Instituto de Estudios Avanzados, y en 1994 regresó al Instituto Courant donde pasaría tres años. En 1997 se trasladó a la Universidad de Texas en Austin, donde fue designado para ocupar la presidencia de Regentes de la Fundación Sid W. Richardson. Los premios continuaron reconociendo la calidad extremadamente alta de sus contribuciones de investigación. En 2003 recibió el premio Primio Konex, Platino y Brillantes, Argentina: -

... como el científico más importante de su país en la última década.

La Academia de Ciencias de Suecia le otorgó el Premio Rolf Schock en 2005:

... por sus importantes aportes a la teoría de las ecuaciones diferenciales parciales no lineales.

La American Mathematical Society le otorgó el Premio Leroy P Steele al logro de toda una vida en matemáticas en 2009 y, en 2012, fue nombrado miembro de esta reconocida institución. En 2012, Caffarelli obtendría el prestigioso Premio Wolf en Matemáticas: -

... por su trabajo en ecuaciones diferenciales parciales.

Su trabajo que le lleva al Premio Wolf se describe en [Referencia 4]:

Caffarelli en repetidas ocasiones ha hecho avances muy profundos. Su trabajo inicial en problemas de límites libres fue el primer campo donde su extraordinario talento e intuición comenzaron a mostrarse. Los problemas de límites libres tienen que ver con encontrar la solución a una ecuación y con la región donde se sostiene la ecuación. En una serie de artículos pioneros, Caffarelli presentó una metodología novedosa que finalmente conduce, después de varias estimaciones técnicas realmente sorprendentes que mejoran paso a paso la regularidad de las soluciones y el límite, hasta la regularidad total bajo suposiciones muy moderadas. Aunque la teoría es complicada, los argumentos son elementales y están llenos de bella intuición geométrica y dominio de la técnica analítica. Una segunda contribución fundamental de Caffarelli es el estudio de ecuaciones diferenciales parciales elípticas totalmente no lineales (incluyendo la famosa ecuación de Monge-Ampère), la cual revolucionó. El resultado es que, aunque las ecuaciones no son lineales, se comportan con el propósito de regularidad como si fueran lineales. ... Otra contribución fundamental de Caffarelli es su trabajo conjunto con Kohn y Nirenberg sobre la regularidad parcial de las soluciones de la incompresible ecuación de Navier-Stokes en 3 dimensiones. Aunque la regularidad completa de las soluciones es aún desconocida y probablemente muy difícil, Caffarelli-Kohn-Nirenberg demostraron que el conjunto singular debe tener una dimensión de Hausdorff parabólica estrictamente menor que uno. En particular, las fibras singulares no pueden ocurrir. ... Caffarelli también ha desarrollado un trabajo profundo en la homogeneización y en las ecuaciones con disipación no local. Y la lista podría continuar. Caffarelli es el principal experto mundial en regularidad de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales.

En 2018, Caffarelli entró como miembro de la Sociedad de Matemáticas Industriales y Aplicadas (SIAM). La cita [Referencia 6] establece que:

Luis Angel Caffarelli, de la Universidad de Texas en Austin, está siendo reconocido por sus contribuciones seminales en la teoría de la regularidad de ecuaciones diferenciales parciales no lineales, problemas de límites libres, ecuaciones totalmente no lineales y difusión no local.

En este pasado año de 2018, recibió el Premio Shaw en Matemáticas, de la Fundación Shaw con sede en Hong Kong [Referencia 1]:

... por su innovador trabajo sobre ecuaciones diferenciales parciales, incluida la creación de una teoría de regularidad para ecuaciones no lineales como la ecuación de Monge-Ampère y problemas de límites libres como el llamado problema de los obstáculos, trabajo que ha influido en toda una generación de investigadores en el campo.

Este es uno de los premios de matemáticas más importantes del mundo, con un valor monetario de 1.2 millones de dólares USA.

Luis Ángel Caffarelli ha recibido muchos honores, además de los mencionados anteriormente. Ha sido elegido para la Academia Americana de Artes y Ciencias (1986), para la Academia Nacional de Ciencias (1991), para la Academia Pontificia de Ciencias; designado miembro de la Unión Matemática Argentina, para la Accademia Nazionale dei Lincei y varios otros. Fue invitado a dar las Conferencias Fermi en la Scuola Normale di Pisa (1998) y fue profesor de la Conferencia de Coloquios de la American Mathematical Society en 1993. Un resumen de su investigación, por la Academia Pontificia de las Ciencias, es el siguiente [Referencia 2]:

Luis Caffarelli trabaja en el análisis no lineal, principalmente en ecuaciones diferenciales parciales no lineales que surgen de la geometría y la mecánica. Ha llevado a cabo una extensa investigación sobre el límite libre y los problemas singulares de perturbación. Ha trabajado en problemas de límites libres que surgen naturalmente cuando una relación constitutiva o una cantidad conservada (una temperatura, una presión, una densidad) cambia discontinuamente su comportamiento a través de algún valor de las variables bajo consideración. Los ejemplos típicos son las interfases sólido-líquido, las mezclas quemadas en la propagación de la llama y el flujo en medios porosos. La comprensión de la geometría y la estabilidad de la solución y su interfase es importante para seleccionar y evaluar los métodos de simulación, así como para comprender los propios modelos. Otra área de investigación son las ecuaciones totalmente no lineales y el transporte óptimo. Surgen ecuaciones totalmente no lineales en optimización y control óptimo. También se han estudiado recientemente en relación con el transporte óptimo y el diseño óptimo de la antena. Otras áreas de interés son los flujos incompresibles, los mapas armónicos y la teoría de la superficie mínima y, más recientemente, sobre homogeneización aleatoria no lineal.



Terminemos con una cita de Caffarelli de [Referencia 7]:

A través de los años, he tenido la oportunidad de pertenecer a instituciones maravillosas y de hacerme amigo y colaborar con científicos extraordinarios

de todo el mundo. Esto dio lugar a nuevas oportunidades para guiar a jóvenes muy talentosos que han fortalecido mi investigación con nuevas ideas.

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

LISTA DE REFERENCIAS:

1. Caffarelli receives 2018 Shaw Prize in Mathematics, *UT News* (14 May 2018).
2. Luis Ángel Caffarelli, *Pontifical Academy of Sciences*.
<http://www.casinapioiv.va/content/accademia/en/academicians/ordinary/caffarelli.html>
3. Casina Pio IV, *Pontifical Academy of Sciences*.
<http://www.casinapioiv.va/content/accademia/en/about/casina.html>
4. E Kehoe, Aschbacher and Caffarelli awarded 2012 Wolf Prize, *Notices Amer. Math. Soc.* **60** (4) ((2013), 474-475.
5. Pontifical Academy of Sciences website
<http://www.casinapioiv.va>
6. SIAM announces class of 2018 Fellows, *Siam News* (29 March 018).
7. 2009 Steele Prizes, *Notices Amer. Math. Soc.* **56** (4) (2009), 488-491.