

Matemáticos Actuales:

Sijue Wu, en busca de las ecuaciones de las ondas de agua

Sijue Wu es una matemática de alto nivel, nacida en China en 1964. Después de sus estudios elementales pasó a estudiar a la universidad de Beijing, en donde se licenció en el año 1983, obteniendo asimismo una Maestría en el año 1986. Ya antes de conseguir la Maestría había publicado el documento "*Transformación del Hilbert para las curvas convexas en R^n* ".

Viajó a continuación a los Estados Unidos a fin de dedicarse a la investigación, realizando estudios de doctorado en la Universidad de Yale, con Ronald Raphael Coifman como su director de tesis.



Sijue Wu

El título de su tesis fué "*Integrales singulares no lineales y dependencia analítica*", trabajo que le valió el doctorado en 1990. La tesis se compone de tres partes entre sí relacionadas: 1) *Los operadores de W -Calderón-Zygmund*, 2) *Caracterizaciones ponderadas de ondas mínimas en los espacios de Hardy*, y 3) *Dependencia analítica de las superficies mínimas en sus fronteras*.

Una vez obtenido el doctorado, Wu fue nombrada instructora Courant en el Instituto Courant, de la Universidad de Nueva York, pasando en el otoño de 1992 al Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, y luego, como profesora asistente, a la Universidad del Noroeste, cargo en el que se mantuvo hasta el año 1996. En este periodo realiza varias publicaciones, como "*Caracterización ponderada de ondas mínimas en espacios de Hardy*" (con Italo Vecchi, 1992). "*La L -vorticidad para 2D-flujo no compresible*" (en 1993), "*Dependencia analítica de las asignaciones de Riemann para dominios acotados y superficies mínimas*" (también en 1993) y "*Operadores W -Calderón-Zygmund*" (en 1995). Después de pasar el año 1996-97, como miembro del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, fue nombrada profesora asistente en la Universidad de Iowa. En 1997 publicó el importante documento "*Estudio detallado en los espacios de Sobolev del problema de las olas de agua en dos dimensiones*". El profesor Shu Ming Sun, de la Universidad de Tecnológica de Virginia, realiza el siguiente análisis de este trabajo de Sijue Wu:

La gente está familiarizada con el movimiento de las ondas de agua en la experiencia de la vida cotidiana, y en general no ha habido nunca una rica variedad de fenómenos observados en el movimiento de estas ondas. Sin embargo, las ecuaciones completas que rigen el movimiento de las ondas son bastante difíciles de trabajar, debido a la libre frontera y a la no linealidad que les es inherentes, que no es estandar ni local. Aunque se han utilizado muchos tratamientos aproximados, como la teoría lineal y teoría de agua superficial, así como los cálculos numéricos, para explicar muchos fenómenos importantes, sin duda es de extrema importancia el estudio de las soluciones de las ecuaciones que incluyen los efectos abandonados por los modelos aproximados. El análisis completo del problema completamente lineal es uno de los principales problemas matemáticos en la dinámica de fluidos. Aquí se considera, el movimiento irrotacional en dos dimensiones, para ondas de agua, no viscosas y no compresibles, bajo la acción de la gravedad.

Promovida a profesora asociada en Iowa en 1998, Wu fue nombrada Profesora Asistente en la Universidad de Maryland, Collage Park, en el año 1998. La universidad anunció su llegada de la siguiente forma:

Sijue Wu nos viene de la Universidad de Iowa. Sus intereses de investigación se centran en el análisis armónico y ecuaciones diferenciales parciales. En particular, las ecuaciones no lineales de la mecánica de fluidos. Su trabajo reciente se refiere al problema completo no lineal de ondas de agua y el movimiento doble en fluidos.

Fue galardonada con el prestigioso Premio Ruth Satter Lyttle, en enero de 2001, en la 107ª Reunión Anual de la Sociedad Americana de Matemáticas:

Se otorga a Sijue Wu el Premio Ruth Satter Lyttle de Matemáticas por su trabajo en el antiguo problema de la ecuación de onda de agua, en particular por los resultados de sus publicaciones (1) –"Estudio completo en los espacios de Sobolev del problema de las ondas de agua en 2-D" (1997) y (2) –"Estudio completo en los espacios de Sobolev del problema de las ondas de agua en 3-D" (1999). Mediante la aplicación de herramientas de análisis armónico (integrales singulares y álgebra de Clifford). Se demuestra que la condición de signo de Taylor siempre se mantiene y que no existe una solución única a las ecuaciones de ondas de agua para un intervalo finito de tiempo, cuando el perfil de onda inicial es una superficie de Jordan.

Asimismo, escribe de este trabajo Emmanuel Grenier, profesor de la École Normale Supérieure de Lyon, Francia (en cuyos intereses de investigación figura también la dinámica de fluidos):

En este importante trabajo el autor investiga la interfaz de una onda de agua, en tres dimensiones, con la condición de ser incompresible, no viscoso e irrotacional, con una región aérea sobre el líquido y con nula tensión superficial.

En su respuesta, Wu agradeció a sus maestros, amigos y colegas estas valoraciones, haciendo especial mención de su director de tesis, Ronald Coifman, por el constante apoyo recibido desde su llegada a los Estados Unidos, y al profesor Lihe Wang, de la Universidad de Iowa, por su amistad y ayuda.

También en este año de 2001 recibió la Medalla de Plata Morningside, en el Congreso Internacional de Matemáticos de China, que se celebró en Taiwan en el mes de diciembre:

... por el establecimiento de estudios completos de los problemas de las ondas de agua en una clase de Sobolev, en espacios de dimensiones arbitrarias.

En agosto de 2002, Wu fue uno de los oradores invitados en el Congreso Internacional de Matemáticos celebrado en Beijing, donde pronunció la conferencia *Los recientes progresos en el análisis matemático de las hojas de vórtice*. Dio el siguiente resumen de su conferencia:

Consideramos el movimiento de la interfaz que separa dos dominios del mismo líquido que se mueven con velocidades diferentes a lo largo de la dirección tangencial de la interfaz. Suponemos que los fluidos que ocupan los dos dominios son de densidad constante e iguales, que son viscosos, incompresibles, irrotacionales, y que la tensión superficial es cero. Se discuten los resultados sobre la existencia y unicidad de soluciones para los datos proporcionados, la regularidad de las soluciones, la formación de la singularidad y la naturaleza de las soluciones después del tiempo de formación de la singularidad.

Al año siguiente, para el curso 2002-2003 se le concedió a Wu una beca para el Instituto de Estudios Avanzados Radcliffe (Radcliffe Institute for Advanced Study) integrado en la Universidad de Harvard. En el anuncio de adjudicación de la beca se describía su proyecto *Análisis matemático de la dinámica de Vortex* [2] así:

Recientemente, la investigación de Wu se ha centrado en las ecuaciones no lineales de la dinámica de fluidos. Utilizando la técnica de análisis armónico, se ha establecido el proyecto de estudio completo en dos y tres dimensiones del problema de las ondas de agua. Este estudio ha resuelto un problema bastante antiguo. Como compañera en Radcliffe, Wu va a continuar su estudio de la dinámica de vórtices en hojas, un fenómeno que surge de la mezcla de líquidos, como ocurre durante los despegues de aeronaves. Una hoja de vórtice es la interfaz que separa dos dominios del mismo líquido a través del cual la componente tangencial del campo de velocidad es discontinua. Lograr una mejor comprensión del movimiento de una hoja de vórtice requiere la modelización matemática adecuada; Wu espera a largo plazo establecer un modelo exitoso. Se trabajará también sobre el problema de la capa límite, otro problema derivado de la dinámica de fluidos.

Uno de los resultados de este proyecto junto con una subvención de NFS que se le otorgó para el período 2004-2009, fue el trabajo *El análisis matemático de las hojas de vórtice* (2006). Helena Nussenzveig Lopes, con intereses de investigación en dinámica de fluidos y teoría de vórtices, investigadora del Instituto de Matemáticas, Estadística y Computación Científica de la Universidad Estatal de Campinas, Brasil, hace una revisión de este trabajo de Wu y comienza su revisión explicando qué son las hojas de vórtice:

Son las hojas de un modelo idealizado de los flujos sometidos a cortes intensos. En los planos de flujo se describen matemáticamente como curvas a lo largo de las cuales la velocidad tangencial es discontinua. Las hojas de vórtice surgen en una amplia gama de problemas físicos por lo que resulta de fundamental importancia su estudio a fin de comprender su evolución. Las ecuaciones de Birkhoff-Rott proporcionan una descripción matemática de

las hojas de vórtice. Sin embargo, se ha demostrado su mal planteamiento en varios espacios de funciones. Se trata de un problema abierto desde hace bastante tiempo, por el que se pretende determinar un espacio multifuncional en el que estas ecuaciones queden bien planteadas, o, alternativamente, el describir la formación de la singularidad, que es el problema que se aborda en este trabajo.

Wu fue requerida por Robert W. y Lynne H Browne, profesores de matemáticas de la Universidad de Michigan a fin de desarrollar la Conferencia Inaugural del Simposium *Análisis Matemático de las ondas de agua*, el 29 de octubre de 2008. La cátedra Browne reconoció las grandes contribuciones de Wu a la ciencia y a la enseñanza.

Hemos de mencionar, finalmente, su trabajo más reciente, de 2009, *Estudio cuasiglobal en dos dimensiones del problema completo de las ondas de agua*.



Foto de Toni Rinaldo

Esta comunicación se basa en el artículo de J J O'Connor y E F Robertson, que publica la Universidad de St. Andrews, Escocia, en la dirección

<http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Wu.html>

**Matemática, Física, Astronomía
casanchi.com
marzo 2010**