

Entrevista a Joaquim Serra, Premio José Luis Rubio de Francia 2018

por

Xavier Ros-Oton

Joaquim Serra ha sido galardonado con el premio José Luis Rubio de Francia para jóvenes investigadores en su edición de 2018. Joaquim nació en Barcelona en 1986, obtuvo la licenciatura de matemáticas en la Facultat de Matemàtiques i Estadística de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), y realizó el doctorado en la misma universidad bajo la dirección de Xavier Cabré. Gracias a su tesis recibió el premio Josep Teixidor de la Societat Catalana de Matemàtiques, y actualmente es investigador en la ETH Zürich tras obtener una «Ambizione Fellowship» de la Swiss National Foundation.

El campo de investigación de Joaquim es el de las ecuaciones en derivadas parciales (EDP). Ha obtenido numerosos resultados muy notables en problemas de frontera libre y de transiciones de fase, y el jurado del premio Rubio de Francia ha destacado, en particular, sus recientes resultados con Alessio Figalli (Medalla Fields 2018) sobre la estructura fina de las singularidades para el problema de obstáculo.



Conocí a Joaquim Serra hace 15 años, en las clases de preparación para la Olimpiada Matemática que el profesor Grané organizaba en la UPC. Unos años más tarde, ya terminada la licenciatura en matemáticas en la UPC, ambos fuimos estudiantes de doctorado de Xavier Cabré, y fue entonces cuando empezamos a colaborar y hablar de matemáticas frecuentemente. Desde entonces, hemos seguido discutiendo sobre matemáticas, ya sea en colaboraciones conjuntas o simplemente hablando de proyectos en los que trabajábamos independientemente.

Joaquim ha obtenido varios resultados importantísimos en el campo de las EDP elípticas y parabólicas, tanto en solitario como en colaboración con Alessio Figalli u otros coautores, entre los que tengo el placer de contarme. Algunos de estos resultados se han publicado en la revista *Inventiones Mathematicae* (donde tiene tres artículos), y uno de ellos fue presentado en la conferencia plenaria que dio Alessio Figalli en el International Congress of Mathematicians 2018 después de recibir la Medalla Fields.

En esta entrevista le pido a Joaquim que nos describa de forma somera algunas de sus principales aportaciones matemáticas, así como su punto de vista sobre varios temas relacionados con las matemáticas y su investigación.

Xavier Ros: ¡Enhorabuena, Joaquim, por el premio José Luis Rubio de Francia, y también por todos tus éxitos matemáticos!

Joaquim Serra: ¡Muchas gracias! Pocas veces en el ejercicio de nuestro oficio tenemos ocasiones de celebrar los frutos del trabajo al que tanto esfuerzo dedicamos, ¿verdad? Pasamos meses intentando demostrar aquel teorema que tanto se resiste y cuando nos sale, si nos sale, pasamos inmediatamente a otra cosa con la que nos podamos encallar otra vez. Es muy bonito poder celebrar este premio y compartirlo con amigos y colaboradores. Y además es un estímulo muy importante para seguir trabajando intensamente y atreverse a enfrentarse a nuevos retos matemáticos.

XR: Tu ámbito de trabajo son las EDP elípticas y parabólicas, con especial énfasis en problemas de frontera libre y/o transiciones de fase. ¿Podrías explicarnos en qué consisten, de forma asequible para un matemático no especializado en estos temas?

JS: Bueno, se podría decir que EDP elípticas y parabólicas son aquellas ecuaciones en derivadas parciales (o, por extensión, otras ecuaciones funcionales de tipo integro-diferencial) que se parecen, respectivamente, a la ecuación de Laplace y a la ecuación del calor. Este parecido puede desdibujarse bastante cuando se trata de ecuaciones no lineales, que son las que estudiamos casi siempre. Un denominador común en todas las que yo he estudiado es que cumplen un «principio del máximo», parecido al que se estudia en la carrera para funciones armónicas. Más en concreto, como decías, he trabajado en problemas de transiciones de fase o de frontera libre. Estos se caracterizan por que lo más relevante en ellos es entender la geometría de ciertas curvas o superficies de nivel de las soluciones. Lo bonito de estos problemas es que tienen una componente geométrica muy importante.

Déjame poner dos ejemplos más concretos en los que he trabajado. El primero es el problema de Stefan, que describe cómo se funde un bloque de hielo en el agua.

Aquí la dificultad no está tanto en entender cómo va a evolucionar la temperatura dentro del bloque de hielo o en la parte ocupada por el agua, ya que esto nos lo dice perfectamente la ecuación del calor, sino comprender cómo evoluciona la interfase agua-hielo. En otras palabras, queremos entender dónde se encuentra la superficie de nivel cero grados en cada momento y qué podemos decir de su geometría: ¿será suave o puede ser una estructura irregular como un fractal? Otro ejemplo es la ecuación de Allen-Cahn, que describe, entre otras cosas, ciertas interfases fluido-fluido. En este caso, a los dos fluidos «les gusta» estar separados, y por lo tanto se generan entre ellos ciertas interfases o superficies con un espesor muy pequeño que separan las regiones ocupadas por cada fluido y en las que ambos coexisten. Estas superficies «pagan mucha energía», por lo que se va a tender a configuraciones de equilibrio parecidas a las superficies mínimas. Para entender matemáticamente este tipo de fenómenos se emplean los llamados, en inglés, *phase field models*: resolvemos una EDP no lineal (la ecuación de Allen-Cahn) y la posición de la interfase viene dada por la superficie de nivel cero de la solución (¡otra vez!).

XR: ¿Cuáles son los principales resultados por los que has recibido el premio José Luis Rubio de Francia?

JS: Nuestro trabajo con Luis Caffarelli sobre problemas del obstáculo no locales, los trabajos sobre soluciones estables para modelos de interfases parecidos a la ecuación de Allen-Cahn que mencionábamos antes, y los resultados con Alessio Figalli sobre las singularidades de la frontera libre para el problema del obstáculo clásico.

XR: ¿Qué problemas te interesan y te gustaría dedicarles tiempo en el futuro? ¿Cuáles son en tu opinión los retos más importantes que afronta en la actualidad tu campo de investigación?

JS: Un problema que me gusta mucho, sin ninguna duda por influencia de nuestro director de tesis, Xavier Cabré, consiste en clasificar las soluciones estables de la ecuación de Allen-Cahn en tres dimensiones. Para entendernos, las soluciones estables son aquellas que minimizan la energía respecto a perturbaciones muy pequeñas (el equivalente funcional de los mínimos locales para funciones de una variable). Dicho de otra manera, son aquellas que podemos observar en la naturaleza, ya que las soluciones inestables no logran persistir en el tiempo. Se conjetura que el conjunto de nivel cero de las soluciones estables de Allen-Cahn en tres dimensiones tiene que ser un plano. Es un problema fácil de enunciar, con mucho contenido geométrico e interesantes implicaciones, y cuya resolución parece requerir nuevas técnicas interesantes.

En cuanto a los retos en el campo de EDP elípticas, ya es más difícil contestar. Como disponemos de tantos resultados clásicos (del siglo XX) que son muy bonitos y potentes, esto puede dar la idea, equivocada, de que poco queda por hacer. Volviendo al ejemplo que comentábamos antes de la ecuación de Allen-Cahn y los modelos de interfases, como son problemas difíciles se empezó, como es razonable, estudiando los mínimos absolutos de la energía, y para estos tenemos hoy una teoría muy completa. Sin embargo, si cambiamos mínimos absolutos por mínimos locales ¡no sabemos hacer casi nada! En otros problemas como los de frontera libre o superficies mínimas sabemos que las soluciones pueden tener singularidades, pero en

algunos casos es muy difícil responder con la teoría existente a preguntas del tipo «en la práctica, ¿me voy a encontrar realmente con estas singularidades, o solamente las vemos en soluciones construidas expresamente por matemáticos un poco malintencionados?». En líneas parecidas se está trabajando para obtener versiones robustas o cuantitativas de algunos resultados clásicos del campo. Por ejemplo, se sabe que los mínimos de ciertos funcionales son radialmente simétricos. Pero, ¿qué pasará si añadimos un poco de energía al sistema?, ¿seguiremos cerca de una configuración simétrica o, por el contrario, podría cambiar completamente la estructura de las soluciones? Este tipo de preguntas son muy relevantes y tenemos trabajo aún para años.

XR: ¿Qué le recomendarías a un/a joven matemático/a que esté empezando el doctorado? ¿Cuál dirías que ha sido la clave para el éxito en tu carrera investigadora hasta el momento?

JS: El director de tesis tendrá un impacto enorme en tu carrera. En mi caso considero que tuve muchísima suerte de hacerla con Xavier Cabré, ya que no era demasiado consciente al terminar la licenciatura de lo crucial que era el director. Si se está considerando hacer el doctorado, merece la pena invertir tiempo en pensar qué área de las matemáticas nos gusta más y tratar de tener como director, o por lo menos cerca, a investigadores líderes en esta área. A partir de ahí, hay que trabajar y tener un poco de suerte y que salgan los teoremas. Por otro lado, pienso que es importante fijarse como objetivo problemas ambiciosos a los cuales les encontremos sentido, aunque no nos vayan a salir. Estaremos más motivados y aprenderemos más haciendo un avance modesto —puede ser, por ejemplo, un caso particular— en un problema muy interesante que resolviendo completamente un problema al que nos cuesta encontrarle sentido.

XR: Durante los últimos años has tenido la suerte de poder trabajar mucho con Alessio Figalli en Zurich. ¿Cómo ha sido colaborar con Alessio durante estos años?

JS: ¡Fantástico! Como sabes, es increíblemente fácil trabajar con él. He aprendido muchísimas cosas y aún sigo aprendiendo. Algunas veces te sientes un poco «pequeño», ya que cuando se pone en serio a trabajar en un problema puede obtener avances a un velocidad realmente impresionante, pero colaborar con él te permite crecer matemáticamente a un ritmo acelerado.

XR: Últimamente está muy de moda cualquier cosa relacionada con *machine learning*, *big data*, *neural networks*, etc. ¿Crees que los investigadores en análisis/EDP podemos aportar algo en estos temas?

JS: ¡Yo diría que toda la comunidad matemática va a tener mucho que aportar! Parece que avanzamos en la dirección del «todo es número» pitagórico. No solo se mide la economía y los sentimientos, sino que incluso existen algoritmos que «generan obras de arte». Sin embargo, así como las matemáticas a lo largo de la historia han tratado de hacer comprensibles a la mente humana los patrones del mundo, los algoritmos estadísticos que aprenden digiriendo cantidades ingentes de datos son cajas negras tan eficaces como inescrutables. Las matemáticas pueden contribuir a

convertirlos en cajas transparentes y de este modo podremos disfrutar (e incluso mejorar) su eficacia sin perder el control sobre sus procesos de decisión, que cada vez van a afectar a más facetas de nuestras vidas.

XR: ¿Qué profesores te han influenciado más?

JS: En la etapa preuniversitaria destacaría a Mariona Petit, que fue mi profesora de matemáticas en el instituto, y al profesor Grané de la UPC, quien organizaba unas magníficas clases abiertas para estudiantes de secundaria vinculadas a las Olimpiadas Matemáticas y que han motivado a muchísimos jóvenes de secundaria a elegir matemáticas como carrera universitaria.

XR: ¿Cuales son tus «héroes matemáticos»? Y, si tuvieras oportunidad de conversar con algún matemático del pasado, ¿cuál escogerías?

JS: ¡Qué pregunta más difícil! De los más celebres elegiría a Gauss, ya que me parece fascinante cómo pudo obtener avances tan fundamentales en campos tan distintos. Sin embargo, a un nivel más «local» me gustaría haber podido conversar alguna vez con Lluís Santaló, matemático catalán-argentino de mucho peso en el siglo XX, quien por desgracia tuvo que exiliarse durante el franquismo. Lo conozco por su obra y conecto mucho con su manera de hacer matemáticas.

XR: ¿Cómo ves la carrera académica en España, en comparación con la de otros centros extranjeros? ¿Crees que las posibilidades de desarrollo profesional para los investigadores matemáticos de nuestra generación son buenas?

JS: A pesar de que, como en el caso de Santaló del que hablábamos antes, el clima político en España durante el siglo veinte no ha contribuido precisamente a mejorar una ya de origen pobre tradición científica, la mayor interacción con el extranjero que han tenido muchos matemáticos de la generación anterior a la nuestra ha hecho que el nivel de la investigación en los últimos años sea mucho más competitivo. Nosotros somos la primera generación que hemos podido estudiar el doctorado en España con investigadores mundialmente reconocidos formados fuera. Sin embargo, y comparando por ejemplo con Suiza, los investigadores que consiguen mantener este nivel dentro de España son una minoría, y lo consiguen a pesar de, y no gracias a, unas estructuras administrativas y regulaciones que parecen diseñadas para entorpecer en vez de para incentivar y apoyar. Por suerte hay algunas excepciones, como el programa ICREA en Cataluña, que tenemos que agradecer a Andreu Mas-Colell y que ha dado resultados excelentes.

XR: Muchas gracias, Joaquim, por tu tiempo y por compartir tus opiniones, y enhorabuena una vez más por el Premio Rubio de Francia.

JS: Muchas gracias a ti, ¡y hasta pronto!

XAVIER ROS-OTON, UNIVERSITÄT ZÜRICH, INSTITUT FÜR MATHEMATIK, WINTERTHURERSTRASSE 190, 8057 ZÜRICH, SWITZERLAND

Correo electrónico: xavier.ros-oton@math.uzh.ch