

Entrevista al matemático y oceanógrafo Jordi Salat

Jordi Salat es matemático por la Universidad de Barcelona (1973), y oceanógrafo del Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona desde 1974. Trabaja en oceanografía física descriptiva; interacciones físico-biológicas en ecosistemas marinos naturales y dinámica de poblaciones marinas. Ha sido también profesor a tiempo parcial en la Universidad Pompeu Fabra, Barcelona (1993-2010). Tiene una amplia experiencia investigadora, con artículos publicados en revistas científicas y comunicaciones en congresos internacionales. Ha participado en unos 50 proyectos científicos y en más de 40 expediciones oceanográficas. Ha colaborado también con agencias de Naciones Unidas y otras organizaciones internacionales, así como con organismos nacionales, administraciones y fundaciones, como experto en oceanografía, medio ambiente marino, pesquerías y clima.

Salvador López Arnal (SLA): Estudiaste matemáticas en la Universidad de Barcelona (UB), pero poco después te convertiste en un oceanógrafo del Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona. ¿Por qué ese cambio? ¿Te dejaron de interesar las ciencias matemáticas?

Jordi Salat (JS): Dedicarse a la oceanografía, era un cambio, claro. Pero no creo que estuviera relacionado con una falta de interés por la ciencia matemática, sino más bien con un interés más amplio. O, por lo menos, es la impresión que ahora tengo. Ciertamente, un interés más amplio puede tener desventajas, especial-

mente en la situación competitiva que el mercado ha ido imponiendo por doquier. Tal como dice el saber popular, «quien mucho abarca, poco aprieta». Claro que en aquel momento no era consciente –si la había– de la necesidad de “apretar”. Y ya puestos..., ¿por qué la oceanografía?

SLA: Eso, ¿por qué la oceanografía?

JS: Aquí tenemos un nuevo protagonista, el azar. Es este personaje que casi siempre aparece en los momentos más trascendentales de nuestra existencia, y al que no siempre hacemos caso. Seguramente cuando no

Salvador López Arnal es miembro de CEMS (Centro de Estudios de los Movimientos Sociales) de la Universidad Pompeu Fabra

nos interesa lo que ofrece. No fue este el caso, obviamente. Pero tampoco creo que pueda decir que fuera «lo que siempre había estado esperando» o «el descubrimiento que daba sentido a mi vida». No. Para nada. Cuando se presentó la situación y acepté es, seguramente, porque debía tener una predisposición a caer en los encantos del azar. Visto desde el presente, con la perspectiva de los años, creo que el principal motivo era que me ofrecía la posibilidad de no seguir el camino marcado, pues si ha habido alguna constante en mi vida, esta ha sido la de evitar el camino marcado. En plan pretencioso, podría asimilarse a ser un “espíritu rebelde”.

SLA: ¿Y es el caso?

JS: Sinceramente, no lo creo. Además, en los tiempos que corren, acabaría saliendo mal parado si lo asumiera. El caso es que, volviendo a la oceanografía, la propuesta ofrecía algunos alicientes extra para quien tenía (y tiene) cierta aversión a estar encerrado, algo de espíritu aventurero y bastante curiosidad hacia el territorio en sentido amplio. Un concepto geográfico, que con permiso de los geógrafos (y de la etimología de territorio), trasciende la parte emergida del Planeta (*Gea*). Es uno de los problemas de las lenguas latinas, que confunden todo el planeta con la parte que podemos pisar, pero da juego cuando muestras imágenes de la Tierra, vista desde el espacio, en las que solo se ve agua, en forma líquida: océanos y nubes, o sólida.

SLA: Aunque sea una pregunta muy básica y algo hayas dicho ya antes: ¿qué es un oceanógrafo? ¿Qué tipo de cien-

cias son las Ciencias del Mar? ¿Qué investigan?

JS: Un oceanógrafo sería un geógrafo especializado en la capa del planeta que se encuentra mayoritariamente en estado líquido y que recibe el nombre genérico de océano. Aquí, en esta definición que me acabo de sacar de la manga, se puede ver como a veces me sale la vena de matemático.

SLA: Está muy bien esa vena matemática.

JS: Desde mi punto de vista, las Ciencias del Mar son el nombre publicitario que se usa para “vender” la Oceanografía. En algunas lenguas –las eslavas, por ejemplo– se habla de Oceanología, pero en la práctica son sinónimos, a pesar de la diferencia etimológica. Yo creo que, en el fondo, tratamos de lo mismo. No obstante, por algún motivo, parece que el concepto de oceanógrafo no acaba de satisfacer a los que estudian algo que va más allá del agua. Por ejemplo, los seres vivos que pueblan esas aguas o los sedimentos del fondo del mar. Así, si hablamos de Ciencias del Mar, podemos incluir a todos los que estudian “cosas que pasan” en el mar sin que nadie se sienta incómodo. Últimamente, también se habla de Ciencias de la Tierra, para incluir a los geólogos. ¿Son distintos de los geógrafos? Pues parece que sí, aunque por la etimología, la diferencia sería la misma que entre oceanógrafos y oceanólogos... Mejor no seguir por aquí o acabaremos perdiéndonos.

SLA: De acuerdo, no nos perdamos. He leído que trabajas en, copio la descripción, «oceanografía física descriptiva:

dinámica oceánica y de masas de agua; oceanografía operacional; análisis de datos oceanográficos a largo plazo; interacciones físico-biológicas en ecosistemas marinos naturales y desarrollo de herramientas metodológicas para el procesamiento de datos oceanográficos y biológicos», así como «dinámica de poblaciones, análisis morfométricos y modelos bioeconómicos». ¡¡Uff, uff!! ¿Nos haces una traducción al román paladino, una definición asequible de este conjunto de investigaciones?

JS: Esto pasa cuando te piden que pongas lo que has estado haciendo a lo largo de tu vida profesional en un párrafo. Porque sabes que lo van a usar para decidir si los miembros del equipo en el que trabajas “merecen” que se financie su proyecto de investigación –normalmente por la mitad de lo que cuesta. Lo que dice la parrafada de mi CV es que he colaborado en sacar adelante proyectos sobre toda esta tira de temas, con diversos niveles de participación. Algunos de los proyectos son quizás muy especializados y no merece la pena detallarlos en el contexto de una entrevista. Lo que sí me parece que sería útil aquí es comentar que la lista incluye algunos aspectos necesarios para mejorar el conocimiento que tenemos del mar y que seguramente irán saliendo a lo largo de la entrevista, como por ejemplo: interacciones físico-biológicas, ecosistemas marinos, análisis de datos o dinámica oceánica y de masas de agua. La poca relación de los humanos con el mar nos lleva a la típica frase que dice, más o menos, «conocemos mejor la Luna que el océano, a pesar de que lo tenemos aquí mismo». Pues en esto

andamos. Como dices son muchas cosas pero no hay que abrumarse.

SLA: ¿Y por qué esa poca relación de los humanos con el mar? A nuestros antepasados griegos o fenicios no les era desconocido. Tampoco a aquellos que emprendieron la vuelta al mundo.

JS: Yo creo que se debe a cuestiones biológicas. Nuestra especie es terrestre. Está adaptada a vivir en un medio terrestre: anda sobre el suelo, respira a través de pulmones, tiene la vista adaptada al medio aéreo, etc. Es decir, se mueve en el agua con dificultades, no puede respirar el oxígeno disuelto y prácticamente no ve nada allá dentro. ¿Qué interés puede tener en el océano? Pues aprovechar algunos alimentos o utilizarlo para trasladarse. Lo que los fenicios o griegos empezaron aquí en el Mediterráneo y siguieron otros, que llegaron a dar la vuelta al mundo. Desde mi punto de vista, sin embargo, los que me parece que estaban mejor adaptados al mar y lo conocían mejor eran los polinesios. Por necesidad, sin duda. Necesidad que lamentablemente volverá al inundarse los arrecifes de coral de los llamados Mares del Sur, debido a la inevitable subida de nivel del mar a causa del cambio climático.

SLA: He leído que has participado en 40 expediciones oceanográficas, en 14 de ellas como científico responsable. ¿Qué es una expedición oceanográfica? ¿Qué se pretende con ellas?

JS: Es lo que en la mayoría de disciplinas se llama trabajo de campo. Si quieres saber lo que pasa, tienes que ir a verlo. En nuestro caso, esto significa ir al mar. Muy a

menudo hay que meterse en un barco y pasar una temporadita navegando mientras sacas muestras y haces –o por lo menos, lo intentas– todo tipo de observaciones. Para ello, siempre se trabaja en equipo. Por regla general, cada expedición tiene unos objetivos marcados por uno o varios proyectos de investigación. A veces los objetivos se consiguen y otras no. El mar pone sus condiciones y hay que respetarlas. Hay que tener muy claro que tú eres el invitado y él –el mar– es quien manda en su casa. Esto lo sabe muy bien la gente de mar.

SLA: ¿En quiénes piensas cuando hablas de la gente de mar?

JS: Esta es una expresión bastante genuina, por lo menos en catalán, aunque creo que también lo es en español. Se trata de gente cuya vida está muy relacionada con el mar: marineros y pescadores, en general. En catalán hay un cuento que narra el origen de «Cal Mariner» en Sant Pau de Seguries, un pueblo cerca del Pirineo. Dice la leyenda que la casa fue fundada por un marinero a quien el mar dejó sin nada y quiso alejarse de la costa hasta dónde el mar fuera algo desconocido. Se fue tierra adentro con un remo a cuestas recorriendo el territorio hasta que llegó a Sant Pau y allí se instaló, al comprobar que nadie sabía qué era el remo que llevaba.

SLA: Decías que en las campañas había que pasar una temporadita navegando. ¿Cuánto tiempo sería en estos casos?

JS: Es muy variable. Depende del alcance, el recorrido y el trabajo a realizar. Digamos que va desde unos pocos días a uno o dos meses. Normalmente si las expediciones

son más largas hay cambios de equipo de trabajo.

SLA: ¿Nos cuentas alguna campaña en las que hayas participado en estos últimos años?

JS: Voy a comentar dos de ellas. Una de escala oceánica y otra de escala local.

SLA: Adelante con ellas. Hablamos de 2017

JS: Una de ellas se desarrolló en aguas del Atlántico Suroccidental, entre Tierra de Fuego y el sur de Brasil. El principal objetivo de la expedición era la interacción entre las aguas frías de la corriente de Malvinas, desde el Sur, y las cálidas de la corriente de Brasil, desde el Norte. Se trata de un proyecto sobre «dinámica oceánica y de masas de agua», de aquellos de la lista interminable de más arriba.

SLA: Me acuerdo de esa lista interminable.

JS: Las dos corrientes se encuentran en una zona situada a la altura del Río de la Plata, en mar abierto, muy lejos de la costa. En esta zona de encuentro se observa un cambio de temperatura muy brusco. En menos de 5 millas náuticas (~9 km) el agua de superficie pasa de 12 a 20 °C. Un contraste muy fuerte. Es como pasar de invierno a verano en media hora de navegación. Esta zona, que denominamos frontal porque pone dos “mundos” distintos en contacto, es muy dinámica. La forma del frente y su posición varían constantemente. Estos movimientos y la interacción entre estas masas de agua comportan grandes intercambios de energía. Hay que tener en cuenta que hablamos de corrientes que

transportan entre 40 y 60 Hm³ de agua por segundo. Es una cifra difícil de asimilar desde nuestra experiencia cotidiana pues estamos hablando de flujos de agua que llenarían todos los pantanos de Cataluña en menos de un minuto. En general, las corrientes marinas y sus interacciones son los responsables de la distribución del calor en la superficie terrestre (de Tierra) desde las latitudes bajas a las altas. Es, entre otros aspectos, nuestro “sistema de calefacción” a escala planetaria.

La otra expedición se desarrolló en el Mediterráneo noroccidental, frente al litoral de Cataluña. Al lado de casa, como quien dice. Se intentaba cubrir de observaciones la zona de plataforma y talud continental, hasta fondos de 2.000 m, para estudiar la influencia de las condiciones invernales sobre el desarrollo de algunos peces comerciales, como la sardina y la *maire* (en catalán; bacaladilla en español). En este caso, pues, tratamos de «interacciones físico-biológicas y ecosistemas marinos», de la mencionada lista anterior. Este proyecto, aunque por la situación parece más de estar por casa, en realidad no es tanto así porque los resultados pueden ser comparables a otras zonas y ayudar a entender impactos sobre las poblaciones de cambios en las condiciones climáticas. Desde el punto de vista operativo, las condiciones de trabajo en invierno aquí son bastante complicadas, con fuertes vientos que levantan el mar muy rápidamente. Además, la cosa se complica al no disponer de un barco tan grande como el del caso anterior. Como he dicho, se trataba de ver como actuaban las condiciones invernales sobre unas especies, pero, a diferencia de lo que uno puede

hacer en el laboratorio, estas condiciones no se controlan. Así, resulta que el invierno del año 2017 fue un invierno muy suave, desde el punto de vista de temperaturas, por lo que las condiciones oceanográficas que encontramos eran más propias de una primavera que de invierno. Esto evidencia la diferencia entre observar y experimentar, pero, aun así, salen cosas, aunque requieran mucho esfuerzo y presentan un cierto grado de incertidumbre.

SLA: ¿Y de quiénes son los barcos que utilizáis en estas expediciones? ¿El CSIC tiene barcos de propiedad?

JS: En España hay diversas instituciones que se dedican total o parcialmente a la oceanografía, en sentido amplio. En primer lugar, está el Instituto Español de Oceanografía, con sede en Madrid, y laboratorios en la costa, en todas las Comunidades Autónomas menos en las del País Vasco, Valencia y Cataluña. Aquí, está transferido desde los años ochenta (una transferencia de BOE, pero sin contenido pues no existía ningún centro del IEO en Cataluña). En el País Vasco tampoco existían, pero ahora hay el SIO (Servicio de Investigación Oceanográfica), que depende del Gobierno Vasco y realiza una actividad muy notable en este terreno. En Cataluña, por aquellas fechas me imagino que “no tocaba”.

El IEO es una institución dedicada totalmente a la oceanografía y, fundada en 1910, es la más antigua del país. Es, además, el organismo que ostenta la representación de España en todas las organizaciones internacionales y el responsable oficial de asesorar a la Administración. El CSIC

tiene diversos institutos dedicados a la oceanografía en Galicia, Andalucía, Valencia y Cataluña. La Marina, concretamente, su Instituto Hidrográfico, lleva a cabo trabajos de prospección oceanográfica, para el levantamiento de cartas náuticas. Otras instituciones, como Puertos del Estado, el ya mencionado SIO y muchas universidades mantienen actividades relacionadas con la oceanografía.

Tanto el IEO como el CSIC y, por supuesto, la Marina, tienen barcos oceanográficos. Estos barcos están disponibles para el desarrollo de proyectos financiados por las administraciones públicas. También se pueden ofrecer a otros países europeos y recíprocamente, siempre dentro del sector público. Por ejemplo, en 2016 estuve en un barco de Polonia, trabajando en aguas de Noruega, dentro de un proyecto financiado por la UE, liderado por un centro tecnológico español. En ocasiones, los barcos también se ofrecen a empresas privadas en régimen de alquiler. Existe una comisión que organiza los calendarios de los barcos según demandas y disponibilidades a escala europea. En muchos casos, los equipos que realizan las investigaciones suelen estar formados por personal de los diversos organismos citados, por lo que es frecuente que personal del CSIC vaya en barcos del IEO o al revés, así como en barcos de otros países. Entre los barcos cuya titularidad es del CSIC, tenemos el *García del Cid*, de 37 m, con el que realizamos la expedición del Mediterráneo a la que me he referido antes. Es del año 1979, el más antiguo de la flota actual. El *Sarmiento de Gamboa* es más grande, 70 m, el más nuevo, del año 2007 creo, y el mejor equipado. El CSIC

también dispone del *Hespérides*, en servicio desde 1991 y operado por la Armada. Es el mayor barco de la flota, con 86 m de eslora y fue con el que realizamos la expedición mencionada en el Atlántico sur.

SLA: ¿A quiénes facilitáis los resultados que obtenéis en estas expediciones? ¿Son materia para futuros artículos vuestros?

JS: El procedimiento no difiere del que se utiliza en cualquier otro tipo de investigación. Los resultados, en general, sirven para dar respuesta a los objetivos planteados en los proyectos. Se debaten dentro de los equipos de investigación y se da cuenta de ellos en los correspondientes informes de justificación. Los resultados más relevantes se publican en revistas científicas especializadas y, en muchas ocasiones, se presentan públicamente o se divulgan a través de los medios una vez el proyecto ha finalizado. En la mayoría de casos los datos se ponen a disposición de la comunidad oceanográfica internacional, a través de bases de datos, una vez publicados los primeros resultados.

SLA: También has participado en 48 proyectos científicos. ¡Nada menos! ¿Nos puedes describir alguno de estos proyectos?

JS: Son años... Acabas metido en muchos temas, como ya he comentado. Colaboras con equipos que trabajan en temas muy diversos, de otras instituciones, de otros países... Hay que decir, además, que esta cifra incluye algunas participaciones en temas más bien marginales dentro de los proyectos. En general, los objetivos de los

principales proyectos en los que he participado son oceanográficos, como los mencionados anteriormente. No obstante, también ha habido de tipo metodológico: desarrollo de modelos, software de tratamiento de datos, instrumentos autónomos, transmisión de información, etc., que hay que poner a prueba en el mar en situaciones extremas. Hoy día se ha avanzado mucho en estas técnicas.

SLA: Desarrollo de modelos... ¿De qué tipo modelos hablas?

JS: Cuando hablamos de modelos, nos referimos en general a programas informáticos que hacen cálculos según unas ecuaciones que pretenden simular la realidad. Imaginemos que deseamos saber a qué velocidad llega al suelo una piedra lanzada desde el campanario de mi pueblo. La llamada *ley de la gravedad* nos ofrece una ecuación que nos permite simular este resultado a partir de la altura del campanario sobre el suelo. Obviamente es un cálculo sencillo al alcance de cualquier alumno de ESO, pero no deja de ser un modelo y el resultado no será exactamente igual que la realidad porque el modelo es una simplificación ya que no tiene en cuenta la totalidad de factores que influyen en el proceso. Así, los modelos permiten simular resultados que se obtendrían de acuerdo con determinadas condiciones de partida. En el caso de la piedra, sería la altura, pero se podría complicar algo más para que fuera más realista, incluyendo el rozamiento con el aire, el viento, etc. Podríamos, entonces, hacer varios experimentos en condiciones diversas y comparar los cálculos con las observaciones. Si usáramos diversas piedras de

formas y pesos distintos, veríamos como los resultados serían distintos según la piedra, lo que nos sugeriría que, al incluir el viento y el rozamiento del aire, la forma y peso de la piedra también influirían en los resultados y, por tanto, habría que modificar el modelo para incluir esa información.

Resumiendo. Los modelos permiten, por un lado, comprobar y modificar las hipótesis de trabajo, y por otro, simular resultados que producirían determinadas situaciones y así hacer previsiones. Por ejemplo, las que hace el IPCC sobre la evolución del clima.

SLA: ¿Qué países o quiénes han avanzado en esas técnicas que antes comentabas?

JS: Sin sorpresas. En general quienes más han avanzado han sido quienes más recursos humanos y materiales han dedicado al tema. Si no inviertes, no avanzas. En este sentido cabe destacar, EEUU, la antigua Unión Soviética (aunque no siempre su tecnología estaba a nuestro alcance), Reino Unido, Alemania y Japón. Otros países como Francia, Italia, Países Bajos, Bélgica, Canadá, Australia o Corea también han hecho sus contribuciones relevantes. Incluso en nuestro país, a pesar de estar casi siempre bajo mínimos –especialmente estos últimos años– también hemos contribuido en algún desarrollo tecnológico.

SLA: Ser oceanógrafo, por lo que cuentas, ¿no tiene mucho de riesgo? ¿No tienes miedo en alguna ocasión?

JS: Cuando estás trabajando en el mar, muchas veces te preguntas: «¿quién me mandaría meterme en esta situación?» o

«¿qué hago yo aquí? ¡con lo bien que estaría en casa!». Ya sea porque estás incómodo, pues todo se mueve y tienes que andar agarrándote para no caerte, o porque te mojas, pasas frío o mucho calor, o no funcionan los equipos, o esperabas encontrar algo que no sale, etc. Y eso día tras día, sin posibilidad de salir de allí. No puedes decir, «¡parad! que me apeo». La verdad es que a veces se hace largo, pero no siempre. Al final, te quedas con la parte buena. Este aire limpio, estos vastos horizontes, aquel resultado que habías previsto –aunque casi nunca tal como lo habías previsto– o algo inesperado, que te hace pensar. A veces, te queda la sensación de superar algo que ya dabas por perdido....

Hay que tener en cuenta que en un barco, grande o pequeño, tienes un espacio muy limitado. No puedes irte y desconectar. Ni tan solo aislarte de los demás. Siempre hay alguien por ahí. Te encuentras con los que te caen bien y los que no tanto. Trabajas a veces de día y duermes de noche, pero otras veces va al revés. En un barco, siempre hay alguien trabajando y siempre hay alguien durmiendo. Siempre hay algo que hacer y a veces no puedes descansar. Claro que imagínate lo aburrido que podría ser en estas condiciones y sin tener nada que hacer. Por eso en los “cruceiros” se pasan todo el día haciendo todo tipo de actividades para “distraer al personal”.

Hay riesgo, efectivamente, pero en general, si no haces imprudencias, el riesgo está bastante limitado. Como en cualquier trabajo o actividad. El mar a veces impone. Te da la sensación de que se han desatado todas las furias y cuando ves que pasa una ola barriendo la cubierta y se

lleva alguna cosa que creías que estaba bien asegurada, piensas: «si caigo al agua, ya no salgo». La verdad es que hay algunas situaciones que dan miedo. Afortunadamente son pocas. La mayoría son de respeto. Hay que tener claro, como ya he comentado, que estás de invitado y es el mar quien manda.

SLA: Has comentado antes: «aquel resultado que habías previsto –aunque casi nunca tal como lo habías previsto–». Déjame hacerte una pregunta de filosofía de la ciencia, sobre hechos y teorías: ¿cómo se pueden prever esos resultados a los que aludes? ¿Desde qué teorías? ¿Los hechos, vuestras observaciones, las refutan?

JS: Cuando uno escribe un proyecto se basa en conocimientos previos y pretende elaborar o comprobar alguna teoría. A partir de este conocimiento, se hacen hipótesis y el objetivo es intentar comprobarlas para ir montando la teoría. Las observaciones se diseñan de acuerdo con lo que se prevé. Es decir, lo que se vería (o lo que no debería verse) si la hipótesis fuera válida (o lo mismo si no lo fuera). Si lo que se observa encaja “razonablemente” con las previsiones, se puede dar por buena (o rechazar) la hipótesis, y se puede seguir montando la teoría a partir de estos resultados. El problema es que (i) este encaje puede no ser “suficientemente razonable”, (ii) las observaciones fallan o no se pueden completar o (iii) salen resultados que podrían ser compatibles con la hipótesis de partida bajo unas condiciones que no se habían previsto o que requieren nuevas hipótesis. A esto último es a lo que me refería.

Por ejemplo, en 1982, en una campaña que, a bordo de un barco pesquero, pretendíamos estudiar los fondos del llamado Banco de Valdivia, situado en medio del Atlántico Sur, a más de 400 millas náuticas de Namibia. En el trayecto de vuelta hacia Namibia, en un par de puntos de muestreo observamos la presencia de especies más bien propias del Océano Índico, junto a temperaturas ligeramente más altas que en el resto de los puntos de muestreo. Hay que decir que estas observaciones eran complementarias al estudio –para “aprovechar” los trayectos– y estaban separadas más de 60 millas entre sí. Esta “anomalía” quedó sin explicación hasta que a finales de los ochenta se publicó una información basada en imágenes de satélite que mostraba cómo se desprendían anillos de la corriente de Agulhas, que recorre la costa sudafricana del Océano Índico y eran transportados a través del Océano Atlántico hacia el norte. Consultando imágenes de satélite –entonces no era tan fácil como ahora– contemporáneas de nuestra campaña, pudimos comprobar que aquellos puntos “anómalos” estaban afectados por la presencia de los anillos mencionados, cosa que permitía justificar nuestras observaciones.

Finalmente, publicamos los resultados en 1998, casi 16 años después de las observaciones. El tema nos había llevado de cabeza durante mucho tiempo. Estuvimos dudando de si había algún error. Algo que no hubiéramos hecho bien con los medios precarios de qué disponíamos a bordo de un pesquero, pero no encontrábamos ningún error. No lo entendíamos. Ahora, 30 años después, los anillos de Agulhas salen por doquier y se ha compro-

bado que pueden atravesar todo el océano Atlántico Sur hasta Brasil. Además, se considera que es uno de los mecanismos que provoca que la salinidad superficial del Atlántico sea mayor que la del Pacífico, por ejemplo.

SLA: ¿Qué papel juega la oceanografía en nuestra sociedad? ¿Se conocen suficientemente vuestros trabajos y proyectos?

JS: Ya he comentado que hay un desconocimiento muy general de lo que es el océano y de cómo influye en nuestras vidas. Nuestra relación directa con el mar es para obtener algunos alimentos, como medio para desplazar plataformas –que llamamos, barcos– de transporte o agresión (y de deporte o para la ciencia, en los últimos 100-200 años), para refrescarnos cuando hace calor, y poca cosa más, aparte del deleite que pueda ofrecernos la presencia del mar. Deleite que, dicho sea de paso, mejora cuanto más sabes sobre él.

Sobre esta base, la respuesta es: «la oceanografía tiene un papel poco más que testimonial en nuestra sociedad» y, en consecuencia, nuestros trabajos y proyectos también. Es decir, no sirve para curar el cáncer ni para crear puestos de trabajo. De todas formas, estamos haciendo bastantes esfuerzos para dar a conocer nuestros resultados a la sociedad. Hay que tener en cuenta que, si la mayor parte de la financiación para la investigación oceanográfica es pública, es razonable que la sociedad esté al corriente de lo que genera su inversión. Trabajar en el mar es caro, aunque a escala global no represente una gran cantidad de dinero. Tal como me comentaba un colega inglés, el presupuesto anual de su institu-

ción, una de las mayores del Reino Unido, es inferior a la ficha de Neymar. Será que genera menos beneficios...

SLA: Será eso, probablemente.

JS: En general hay un gran desconocimiento por parte de la sociedad sobre la mayor parte de trabajos científicos. No solo en nuestro campo. Como comentaba irónicamente más arriba, solo se salvan algunos relacionados con la salud o con tecnologías muy punteras. A pesar de todo, sí que percibo un cierto interés en algunos temas relacionados con el mar, ya sea por la belleza de algunas imágenes que nos traen los documentales, por el componente "exótico" de lo desconocido o porque se le asocia un cierto espíritu aventurero.

SLA: ¿Por ejemplo?

JS: Por ejemplo, hace casi tres años que a raíz de la *Barcelona World Race*, una regata oceánica que daba la vuelta al mundo desde Barcelona, se realizó un programa educativo para «abrir la ciudad al mar». Para dar contenido a esta frase, entre otras actividades en colaboración con diversas entidades, montamos un *MOOC (Massive Online Open Course)* –un curso abierto en Internet– titulado «Oceanografía, una clave para entender mejor nuestro mundo», que sigue todavía abierto y que ya han completado más de 450 personas. Como promotores del curso, desde la Universitat de Barcelona, comentan que está en el segundo puesto del *ranking* de los *MOOC* que promueven. También se va viendo que aparecen reportajes y noticias en los medios que hablan de temas oceanográficos. Hay interés. Ya sea porque se habla del cambio

climático o del agotamiento de los recursos pesqueros, etc. Lo que pasa es que, en general, se ven como temas aislados. La perspectiva siempre es desde tierra, desde el continente –por las razones mencionadas más arriba– y las situaciones en el mar se ven distorsionadas. Por ejemplo, cuando se trata de «proteger una playa contra los temporales» o se aplican métodos de producción a la explotación de la pesca. Daría mucho de qué hablar.

SLA: ¿De qué recursos pesqueros hay agotamiento?

JS: El problema es que actuamos como si el mar fuera una factoría y los recursos que obtenemos de él solo dependieran de nuestra capacidad extractiva. Confundimos la capacidad de producción con la extractiva. En el mar, podemos controlar la capacidad extractiva, pero no la productiva. Los recursos que obtenemos del mar dependen de ambas capacidades.

Se dice que la actividad pesquera es el último reducto del Paleolítico. La diferencia es que la tecnología disponible hoy día nada tiene que ver con la de hace 8.000 años. Además, en aquella época la población humana dependía totalmente de la recolección y la caza, por lo que su crecimiento estaba controlado por la disponibilidad de alimentos que aquella actividad podía suministrar. Hoy día, salvo algunas situaciones muy locales, la pesca no es la fuente principal de alimento, por lo que esta no ejerce ningún control de crecimiento en la población humana. Así las cosas, en el mar tenemos una capacidad de captura muy superior a la de cualquier especie marina competidora y, encima, jugamos

desde fuera porque no es nuestro medio ambiente. Lo raro sería que, en estas condiciones, no estuvieran ya agotados todos los recursos pesqueros. No lo están, pero muestran síntomas claros de agotamiento. La mejor prueba de ello es que a pesar de las mejoras tecnológicas (GPS, sónar, etc.) que han incrementado mucho la capacidad extractiva en los últimos 20 años, las capturas no han aumentado, sino que han empezado a disminuir en todo el océano. No significa que el mar se muera, sino que las especies que aprovechamos nosotros escasean cada vez más.

SLA: ¿El cambio climático está relacionado con lo que ocurre en los océanos?

JS: La respuesta a la pregunta es sí. El cambio climático está relacionado con todos los componentes del sistema climático. El océano es un componente del sistema climático, luego el cambio climático está relacionado con el océano. Puro silogismo. La pregunta es: ¿por qué el océano es un componente del clima?

SLA: De acuerdo, formulémosla así, como me enseñas.

JS: La respuesta sencilla ya la he comentado antes, diciendo que el océano es el "sistema de calefacción" a escala planetaria. Quizás deberíamos decir, de climatización puesto que no solo calienta, sino que refresca, a veces. En realidad, hablar de clima es hablar de cómo se reparte la energía que el planeta recibe desde el Sol, la mayor parte de la cual se devuelve al espacio pero una fracción se queda y permite, entre otras cosas, que nosotros estemos hablando. Los cuerpos asimilan esta ener-

gía en forma de lo que llamamos calor y se "ponen" a una determinada temperatura de acuerdo con este calor. Un recipiente con agua a 80°C contiene más calor que si el agua está a 20°C. Lo que ya no es tan evidente es que si en vez de llenarlo de agua, le ponemos arena seca a 80°C contendría menos calor que con agua a 20°C. Es decir, el calor específico del agua es superior al de la arena, por lo que ésta es más fácil de enfriar o calentar que el agua. Si comparamos el calor específico del aire y el agua, la diferencia es de 1 a 5 pero, además, como el agua es mucho más densa, si comparamos la capacidad calorífica de toda la atmósfera con la de todo el océano, la diferencia es de 1 a más de 1.000. Esto se complica con la evaporación y condensación. En estos procesos, los requerimientos de energía son muy superiores a los que hacen falta para modificar la temperatura. Cuando el agua del mar se evapora, se lleva energía del mar. Es decir, este se enfría. Es lo que hacemos para enfriar la sopa, soplando sobre el plato para facilitar la evaporación de una pequeña parte del agua que contiene la sopa. Cuando este vapor condensa en forma de diminutas gotas de agua que forman una nube, el calor extraído al mar se devuelve a la atmósfera. En resumen, el océano, no solo es un componente esencial del clima, sino que es el más importante.

SLA: Remarco lo que señalas: el más importante. ¿Trata bien nuestra especie a los océanos?

JS: Yo creo que nuestra especie no trata bien ni al medio ambiente terrestre, que es el que la sustenta de manera directa. Su

propio hábitat. El medio del que forma parte como entidad biológica que es. Entonces, ¿cómo no va a maltratar un medio del que ni tan solo forma parte? Que le es ajeno y no percibe que pueda afectarle. Pero lo cierto es que el océano es donde va a parar todo lo que se lleva el agua (y el viento, a veces), y no tiene un desagüe para poderlo vaciar, limpiar y llenar de nuevo.

La única salida a la situación es concienciarse de que nuestro hábitat no es un producto de la tecnología. Aunque a veces, lo parezca, en realidad la tecnología no va más allá de hacernos la vida más confortable, pero son los ecosistemas de los que formamos parte, los que nos sustentan. La tecnología no es más que un añadido (unos *gadgets* como se dice ahora) y, además, tiene un precio (en el sentido de transacción). Lo que llamamos naturaleza pone las cosas en su sitio de vez en cuando. Supongo que los ecologistas parten de esta concienciación y, a partir de este punto, surgen posturas que podrían corregir la tendencia de ir de mal en peor. Entiendo que si hay alguna solución tiene que ser por esta vía. De momento, mientras haya combustibles fósiles, por lo menos tendremos suficiente energía externa como para “forzar” situaciones que nos hagan creer que seguimos siendo los amos de la Tierra. Después, lamentaremos no haber usado la energía que el Sol nos proporcionó durante millones de años –y que la Tierra ha guardado celosamente– para prevenir el futuro. Estas “baterías” ya no estarán disponibles para que el planeta pueda seguir manteniendo la anomalía que representa nuestra especie.

De todas formas, incluso así, si se consiguiera esta conciencia (que «no está ni se

le espera”), veo difícil que lleguemos a una solución “razonable”. Es decir, a que *no prenguem mal*. No veo indicios esperanzadores, pero... ¿quién sabe?

SLA: Me pongo filósofo ahora: «Todo es agua». ¿Es un aforismo-idiotez de Tales de Mileto o este antiguo matemático, de célebre teorema, tenía razón en alguna o mucha medida?

JS: A la vista del teorema que hizo famoso a este señor, no me cabe ninguna duda de que era un buen observador, capaz de sacar conclusiones de sus observaciones. Me gustaría saber algo más de esta frase. Si es que se conserva. Las frases, por brillantes y sintéticas que sean, suelen ser incompletas. Es algo así como ¡toma frase!. Quedan bien en los calendarios, y últimamente en los *tuit*. El enunciado del Teorema de Tales, no obstante, no cabría en un *tuit*.

Volviendo a la frase, podríamos verle una faceta de visionario, con la información que tenemos hoy día porque imaginamos lo que le falta decir a nuestro favor, es decir, como si él ya lo hubiera sabido. Si era así, es una lástima que no nos lo contara en detalle (o se perdiera esta información). Si era una intuición, estamos en lo del principio. Era un gran observador, capaz de sacar conclusiones de sus observaciones. Lo repito porque creo que es la base de la intuición y creo que ésta es una gran herramienta para avanzar en ciencia (lo cual no quita que haya que seguir el procedimiento, como supuestamente hizo Tales con su teorema).

SLA: Cuando se afirma que la vida surgió en el agua, ¿qué se está afirmando exactamente?

JS: Sería bueno preguntárselo a quien lo afirma. Yo no lo he afirmado. Entre otras cosas porque lo desconozco. Mis conocimientos de biología son sobre cuestiones algo más recientes. Aunque ciertamente hay quien afirma que el origen de la vida no es algo del pasado, sino que se está continuamente generando. Por decir, que no quede. De hecho, antes de Pasteur se hablaba de generación espontánea... Como todo esto suena a escaqueo, voy a entrar en el tema y convertir tu pregunta en lo siguiente: «¿es el agua el medio más adecuado para que en ella se origine la vida?». Mi respuesta es: «de los medios que hay hoy en día, sí». Porque es un buen “disolvente” a temperaturas en las que la vida se puede desarrollar fácilmente, sin muchas complicaciones. Así pues, es un buen medio para poner en contacto diversas sustancias que podrían haber originado toda esta “movida”. Pero, insisto, no sé suficiente biología para decir más.

SLA: Una pregunta demasiado general tal vez: ¿qué es para tí la ciencia?

JS: Pregunta corta en la que cabe todo. Pregunta trampa en un examen. Si intento definir la ciencia, «la ciencia es... » No encuentro qué. No sé si esto significa que desconozco su esencia. Aquí me tendrás que ayudar.

SLA: Mi ayuda: haz lo que puedas, a tu aire.

JS: De acuerdo, pues me olvido de pretender decir lo que es y hablo de lo que yo entiendo como ciencia. Ello incluye, por lo menos, una manera de razonar para estudiar el mundo que nos rodea, intentar expli-

carlo y comprenderlo. Para mí, lo más esencial –y ¡dale con la esencia!– son las reglas del juego. Si a lo largo del proceso de estudio se cumplen, estamos dentro de la ciencia, y lo más importante, el recíproco, si no se cumplen, no estamos en ella. Es pseudociencia –que suena mejor que ciencia falsa. No se trata de descalificar a nadie por no seguir las reglas. Simplemente, no es ciencia. Y no hay que “venderla” como tal, como se observa a diario en el terreno de la publicidad (incluyendo la política). Tampoco vamos a entrar en detalles, pero habría que denunciar una clara perversidad y malas intenciones en algún tipo de pseudociencia. Por lo menos en el sentido de confundir a la sociedad. ¿Pongo ejemplos?

SLA: Por supuesto, algún ejemplo será muy ilustrativo.

JS: La mayoría de ejemplos que he encontrado se refieren a temas de salud. Seguramente porque son los que más preocupan a la gente, de manera que es fácil vender soluciones milagrosas a sus problemas. Estos anuncios suelen encontrarse en las páginas web de periódicos y revistas en general, pero a menudo también se encuentran en webs de servicios públicos que, a causa de su infrafinanciación, se ven obligados a contratar publicidad (lamentablemente sin ningún control). Aprovechando el marco de esta entrevista, pongo un ejemplo basado en el agua del mar.

En un anuncio encontramos frases como las siguientes: «... a finales del siglo XIX, un investigador francés, desarrolló una auténtica teoría científica sobre la terapia marina que estipula que las enfermedades son, en realidad, una intoxicación del medio interno a

nivel celular. Según este científico, las células para poder desarrollar sus funciones correctamente deben disfrutar de un medio interno equilibrado como método para evitar que los órganos terminen por deteriorarse. Y ese medio interno es análogo al agua del mar. Distintos médicos, expertos o periodistas de la época resaltaron sus evidentes éxitos a la hora de tratar enfermedades como tuberculosis, enfermedades de la piel o desnutrición, entre otras muchas que veremos a continuación». Aquí te venden el producto, y siguen «... otra alternativa es consumir agua de mar en botella. Eso sí, si esta va a ser tu elección, procura elegir siempre agua envasada en botella de vidrio para no perjudicar el medio ambiente» (por lo menos, anima a respetar el medio ambiente). «Una buena fórmula es tomar un taponcito de agua de mar disuelta en la botella de agua dulce de un litro que bebamos habitualmente. Aunque lo mejor es, sin duda, que si quieres utilizar el agua de mar con fines terapéuticos te pongas, como siempre, en manos de un especialista que te indique las cantidades en relación a la afección que quieras tratar, tu edad, sexo y circunstancias personales». (Por lo menos, avisa de que puede haber riesgos en tomar agua de mar, así, por las buenas).

Quizás este investigador siguió en su momento el método científico, pero su teoría a día de hoy no creo que se mantenga, por lo menos para curar la tuberculosis, por ejemplo.

SLA: Por lo demás, perdóname que insista: ¿qué reglas del juego son esas en tu opinión?

JS: Las reglas básicas son: observaciones objetivas, es decir, que no dependan del

observador. A partir de ellas, se elabora una teoría en la que se formulan unas hipótesis que hay que comprobar, de manera objetiva, mediante nuevas observaciones. Siempre que sea posible hay que contrastar los resultados de las observaciones mediante experimentación o verificación. Si ello no es posible hay que preparar modelos adecuados para simular las posibles variaciones y estar preparado para verificarlas cuando se den las situaciones simuladas. La teoría será científicamente válida bajo estas premisas. Asimismo, cualquier teoría científica puede ser rebatida si se dan nuevos resultados, obtenidos mediante las mismas reglas del juego, que la modifiquen o incluso la contradigan.

En el mundo oceanográfico, por ejemplo, hemos pasado de “ver” las corrientes como algo más o menos fijo en el espacio: «por aquí pasa la corriente tal o cual» y el resto del mar prácticamente estático, a “ver” como el agua se mueve por todas partes, formando remolinos, filamentos, ondulaciones, etc. y las zonas donde pasan las corrientes tal o cual son donde en promedio el agua se mueve en una determinada dirección a una cierta velocidad. Se trata de una nueva interpretación basada en la información sinóptica que ofrecen los satélites. ¿Contradice las observaciones anteriores? No. Simplemente la complementa y da una nueva interpretación a aquellas observaciones.

SLA: Una información de la Coalición para la Conservación de las Aguas Profundas (DSCC en inglés): «Grupos de conservación urgen a los países participantes en la Reunión de la Autoridad Marítima Internacional a garantizar la

transparencia y proteger la diversidad biológica del mar profundo». ¿Qué pasa con la biodiversidad de los mares profundos? Se comenta en el artículo que la minería en aguas profundas para metales como cobre, cobalto, níquel, manganeso y plata está a un paso más de hacerse realidad.

JS: Los ecosistemas profundos son muy delicados, pues mantienen equilibrios muy ajustados y la diversidad biológica es un indicador de la calidad de los ecosistemas. Calidad en el sentido de que el ecosistema funciona y se puede mantener por sí mismo. No conocía la existencia de esta coalición, pero ciertamente las actividades que afecten las aguas profundas pueden tener graves consecuencias sobre los ecosistemas. La más conocida, por lo menos para mí, es el impacto de la pesca de arrastre sobre los fondos. Está muy documentado que el paso de estas redes destruye la trama biológica que se sustenta sobre el fondo –y que sirve de base de alimentación u ofrece refugio ante depredadores a las especies que pescamos. La recuperación de esta trama, cuando la hay, es muy lenta. En general, tanto más cuando más profunda. Esto ha llevado a prohibir la pesca de arrastre en profundidades superiores a los 1.000 m, creo.

En todo caso, cualquier actividad humana sobre el medio ambiente debería siempre someterse al *principio de precaución*, según fue formulado en la Declaración de Río de Janeiro en la Cumbre de la ONU de 1992 en aquella ciudad. Es decir, en caso de incertidumbre, suponer que la actividad humana causa impactos negativos sobre los ecosistemas, por lo que solo podrá ser

aceptable si se demuestra que no es así. De alguna manera, sería aplicar a estas actividades el recíproco de la presunción de inocencia. Lamentablemente, este principio sigue siendo de difícil aplicación a causa de las presiones que ejercen las grandes corporaciones y muchos gobiernos afines o que dependen de ellas.

SLA: ¿Quieres añadir algo más?

JS: Si viene a cuento, contar una pequeña gamberrada en la que participé cuando era estudiante. Por aquel entonces, aproximadamente 1970, empezaba a funcionar la nueva Universitat Autònoma de Barcelona, cuya sede provisional era el monasterio de Sant Cugat del Vallès. Un compañero de curso tenía un amigo que cursaba Filosofía y Letras en aquella universidad, donde un profesor les introducía en lo que ahora se diría la modernidad. Hablaba del fenómeno *underground* y de personajes como Andy Warhol, por ejemplo. El caso es que a nuestro amigo se le ocurrió gastar una broma y nos pidió ayuda para presentar una película de “cine matemático”, como expresión del movimiento *underground*. El título de la película era *White* y su autor sería un matemático estadounidense conocido (espero que jamás le llegara esta información...). Se trataba de una película basada en el operador blanco –un cuadrado, □, que aparecía en los libros de este autor. La película no era más que un trozo de cinta velada, de 10 minutos de duración, a la que añadimos los títulos de crédito y el *The end* correspondiente. Mi compañero de matemáticas y yo hicimos una presentación de 40 minutos sobre el operador blanco y de cómo la película encajaba dentro del movimiento *under-*

ground, y proyectamos la película ante unos 80 estudiantes en un aula del monasterio. Fue un éxito rotundo, o por lo menos, nadie se enfadó, ni puso en riesgo nuestra integridad ni la del proyector que habíamos alquilado. Eran otros tiempos y, por supuesto, ahora sería incapaz de hacerlo.

SLA: No se me ocurre mejor forma de cerrar esta conversación. Todo un honor para mí. Mil gracias por tu tiempo y tu generosidad.