

LIBROS

Science, Music and Mathematics: the Deepest Connections

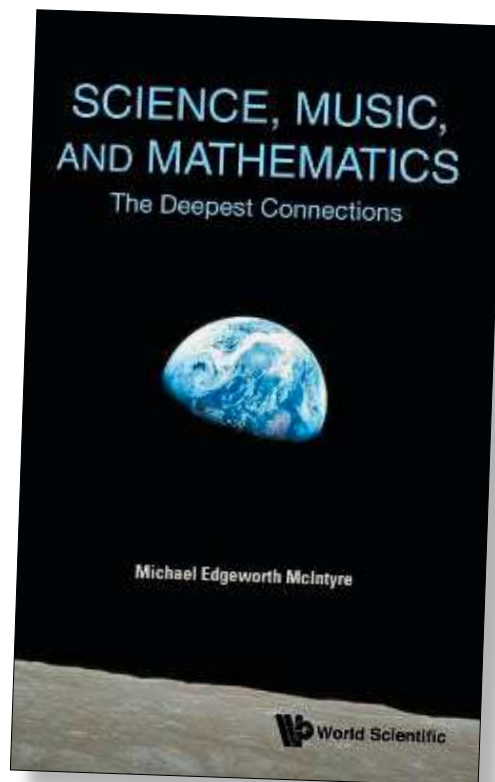
(Ciencia, música y matemáticas: las conexiones más profundas)

MICHAEL EDGEWORTH MCINTYRE, 2022

228 PÁGINAS, PRECIO: 18,26€. ISBN-10: 981124183X, ISBN-13: 978-9811241833

Michael Edgeworth McIntyre procede de una larga saga de científicos. Su padre, Archie McIntyre, fue un destacado neurofisiólogo con una brillante carrera desarrollada en Australia y Nueva Zelanda donde Michael nació y pasó su juventud. Por otra parte, su madre fue una artista visual. Un abuelo de Archie, Sir Edgeworth David, fue un geólogo que participó en diversas expediciones antárticas, incluida la denominada expedición Nimrod (1907-09) con Shackleton. Aunque no pudieron alcanzar el polo Sur en esa expedición, como era su objetivo, consiguieron llegar al punto de más latitud sur (a menos de 180 kilómetros del polo) alcanzado hasta la fecha. En el transcurso de la expedición, un grupo dirigido por David alcanzó el lugar aproximado del polo sur magnético. Michael E. McIntyre asistió a la universidad en Nueva Zelanda graduándose en matemáticas en 1963. Se trasladó a continuación a la universidad de Cambridge para realizar el doctorado en el departamento de Matemáticas Aplicadas y Física Teórica bajo la supervisión de Francis Bretherton -bien conocido años después por conceptualizar la idea de la modelización del sistema climático con el diagrama que lleva su nombre-, coincidiendo allí entre otros con Brian Hoskins. Posteriormente se trasladó al Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) para realizar una estancia postdoctoral con Jule Charney y Norman Phillips, regresando en 1969 a Cambridge donde desarrolló toda su carrera profesional posterior. De entre sus muchos trabajos teóricos en dinámica de fluidos y dinámica atmosférica, destacan la sucesión de artículos realizados en los años 1980 con Hoskins, Palmer, Robertson, etc. que introdujeron, desarrollaron y ampliaron conceptos que han perdurado en las ciencias atmosféricas. Contribuyó a expandir el uso de la vorticidad potencial conjuntamente con el principio de invertibilidad para mejor conocer e interpretar la dinámica atmosférica en escalas grandes y sinópticas. Fue uno de los principales

investigadores que trabajaron en desvelar las causas del agujero de ozono lo que le permitió situarse en medio de las polémicas con los negacionistas de este fenómeno. Ha trabajado también en problemas de magnetohidrodinámica solar.



Con su gran bagaje investigador siempre caracterizado por la innovación de sus trabajos y desde la atalaya de su experiencia, McIntyre nos ofrece un peculiar libro de reflexiones sobre la ciencia, las matemáticas y la música. Él mismo fue en su momento un más que sobresaliente músico llegando a compatibilizar el ejercicio de la ciencia y de la música durante unos cuantos años, decantándose finalmente por la ciencia. En la actualidad sigue tocando de forma no profesional el violín y la viola. El libro es fruto de sus muchas lecturas y discusiones con expertos en temas no solo de su campo de actividad y temas adyacentes sino también

de campos como la psicología, la filosofía, la neurociencia, etc. Este texto tiene un marcado carácter provocador, polémico y libre. Habiendo ya llegado al cenit de su carrera, nos presenta una colección de ideas e hipótesis sin las limitaciones de rigor que impone la literatura científica, pero que posiblemente influirán en los autores que en el futuro desarrollen trabajos sobre los paralelismos entre ciencia y arte y su relación con la percepción humana y con la neurología. La obra está organizada en seis capítulos y un epílogo en el que aplica la mayor parte de los conceptos e ideas desarrollados a lo largo del libro al caso particular del problema del cambio climático.

Ya desde el principio el autor plantea preguntas de gran trascendencia que intentará desvelar desde su punto de vista a lo largo de la obra. ¿Qué es la ciencia? ¿Existen conexiones entre la música y las matemáticas más allá de los habituales juegos numéricos? ¿Qué entendemos por comprensión en ciencia? ¿Cómo podemos transitar por la comunicación científica moviéndonos por el terreno minado que nos impone el lenguaje? ¿De dónde procede nuestro sentido de la belleza, de la verdad, de la trascendencia? ¿Por qué tendemos a ser hipercrédulos? ¿Por qué instintivamente tendemos a dicotomizar o polarizar las ideas y debates? ¿Qué es la memoria genética? ¿Cómo podemos comprender mejor los poderes y limitaciones de la ciencia? Éstas y otras muchas cuestiones las lanza el autor desde las primeras páginas para ir desvelando sus propuestas de soluciones a lo largo de todo el libro.

El primer capítulo nos introduce en el concepto de la evolución entendido como una retroalimentación permanente entre la evolución genómica, dirigida por la competencia entre individuos, y la evolución cultural, estimulada por las conductas cooperativas. Esta evolución ha permitido desarrollar



LIBROS

→ el lenguaje y otras características y funciones del cerebro humano incluidas las inconscientes. La percepción del mundo externo, y cómo funciona, condiciona igualmente la ciencia, las matemáticas y las artes. Por lo tanto, el funcionamiento de la percepción nos proporcionará los elementos comunes de los que disponemos para desarrollar tanto artes como ciencias.

Introduce en el segundo capítulo algunas ideas sobre la percepción basadas en lo que denomina "principio del cambio orgánico" que afecta a patrones, presentes tanto en ciencia como en música. Los patrones cambian a la vez que mantienen ciertos elementos invariantes. Esto sucede con las armonías en música y con los invariantes -o magnitudes conservadas- en matemáticas. Menciona el famoso teorema de Noether que relaciona invariantes con simetrías como la piedra angular de toda la física teórica. En ambos casos -matemáticas y música- los invariantes reducen el extraordinario número de posibilidades combinatorias en nuestra percepción a un número menor de posibilidades que puede manejar la parte inconsciente de nuestro cerebro. Desarrollando estas ideas sobre la percepción, propone una colección de recomendaciones para mejorar la claridad de los mensajes en la comunicación tanto dentro del mundo de la ciencia como entre los científicos y el mundo externo.

El capítulo tercero desarrolla ideas sobre los procesos mentales, la evolución y el lenguaje. Presenta la idea de que el producto final, bien sea en música o en ciencia, se genera a partir de unos elementos simples o ladrillos de naturaleza fundamentalmente heredada y por lo tanto impresa en nuestro ADN que permiten luego producir obras de gran complejidad en las que la cultura y la cooperación juegan un papel fundamental. Estos elementos básicos grabados en el ADN son comunes para toda nuestra percepción del mundo y la posterior elaboración en forma de ciencia, de matemáticas o de música.

El concepto de ciencia, que se aborda en el siguiente capítulo, se presenta como una extensión de la percepción ordinaria del mundo externo. Aquí, naturalmente, parte de las distintas escuelas filosóficas que han tratado sobre la realidad del mundo externo frente a nuestra percepción del mismo. La ciencia, al igual que la percepción, funciona según el autor ajustando modelos a

los datos del mundo externo. Esta idea de ciencia relacionada con el mecanismo de ajustar modelos incluye, cuando lo aplicamos al mundo físico, los enfoques basados en teorías -con las correspondientes ecuaciones- y enfoques basados en la digestión de ingentes cantidades de datos como en el caso de las técnicas de aprendizaje automático (*machine learning*). McIntyre hace una distinción entre ciencia y percepción ordinaria que reside principalmente en el rango de modelos utilizados, en los datos que deberán ser ajustados y en la estimación explícita -sólo en el caso de la ciencia- de las incertidumbres. También desarrolla e insiste sobre la multiplicidad de niveles de la descripción que se aplica tanto en ciencias como en la percepción ordinaria.

El capítulo final, previo al epílogo, trata sobre las matemáticas, la música y el mundo de los objetos platónicos ideales. El cálculo, p.ej., lo define como la matemática de los cambios continuos que se aplican sobre objetos platónicos ideales como curvas y superficies suaves. Desarrolla el autor la idea de que la selección natural a lo largo de un

específico. Insiste especialmente en la conveniencia de disponer de diferentes enfoques alternativos. En el caso de las proyecciones de cambio climático considera que los modelos constituyen una herramienta útil -si bien por su diseño y resolución tienden en general a subestimar ciertos impactos- pero no la única por lo que recomienda prestar particular atención a la reconstrucción de los climas pasados para estimar el clima futuro. Los puntos de inflexión (*tipping points*) del sistema climático son una de las principales fuentes de incertidumbre ya que los actuales modelos no están preparados ni diseñados para su correcta simulación. McIntyre se muestra especialmente preocupado por la capacidad de amplificación (o sensibilidad) del sistema climático. Cree que hay al menos cinco razones por las que se puede esperar un aumento de la sensibilidad del sistema climático respecto a las actuales estimaciones: el complejo comportamiento de los flujos de hielo, la retroalimentación hielo-albedo, la aparición de un punto de inflexión similar a los calentamientos en los eventos Dansgaard-Oeschger durante la última glaciación, la acidificación del océano

Con su gran bagaje investigador siempre caracterizado por la innovación de sus trabajos y desde la atalaya de su experiencia, McIntyre nos ofrece un peculiar libro de reflexiones sobre la ciencia, las matemáticas y la música

largo periodo temporal ha ejercido presión sobre la parte inconsciente de nuestro cerebro para poder realizar los procesos de ajuste a los datos de la forma más simple posible que permitan los mismos datos utilizando modelos basados en objetos ideales. El ajuste a los datos siempre es parcial -y por lo tanto aproximado- y depende del nivel de complejidad en la descripción en la que nos situemos. Desarrolla adicionalmente ideas sobre el cálculo variacional como fuente de muchas leyes físicas volviendo al tema de los invariantes tanto en física como en la armonía musical. El libro incluye enlaces a piezas musicales donde ilustra estas ideas.

En el epílogo sobre cambio climático el autor aplica muchas de las ideas desarrolladas en los capítulos anteriores a este campo

superficial -con la consiguiente reducción del plancton y del almacenamiento de carbono en el océano profundo vía el plancton muerto- y finalmente el posible punto de inflexión de los hidratos de metano congelados. Su personal visión del problema del cambio climático y sus incertidumbres ha sido también desarrollada en otros textos recientes¹.

El libro es en definitiva un texto muy recomendable que nos induce a reflexionar sobre la percepción humana, las ciencias, las artes y el complejo problema del cambio climático. Concluye con un positivo mensaje principalmente dirigido a los jóvenes científicos y en general a los jóvenes preocupados por un mundo futuro civilizado.

ERNESTO RODRÍGUEZ CAMINO

¹ McIntyre, M.E. Climate Uncertainties: A Personal View. *Meteorology* 2022, 1, 162–170. <https://doi.org/10.3390/meteorology1020011>

Biología cuántica

SALVADOR MIRET ARTÉS. CSIC CATARATA. COLECCIÓN “¿QUÉ SABEMOS?”, 2019

141 PÁGINAS, 11,40 EUROS. ISBN: 9788490977231

En el libro *Biología cuántica*, número 105 de la colección de divulgación ‘¿Qué sabemos de?’, editada por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y Los Libros de la Catarata, el investigador del CSIC Salvador Miret Artés describe los efectos cuánticos que podrían explicar procesos vitales tan diversos como la fotosíntesis, la respiración, la genética y la epigenética, la migración aviar o el olfato. “Aunque los mecanismos cuánticos que subyacen a estos procesos vitales están aún sujetos a debate, parece que no hay ninguna duda de que la mecánica cuántica está detrás de todos ellos y de muchos más. Si logramos entender mejor estos mecanismos, podremos diseñar computadores cuánticos a imagen y semejanza de los organismos vivos, prevenir y curar enfermedades mediante nuevas terapias cada vez más sofisticadas y mejorar nuestra calidad de vida a nivel energético y tecnológico”, afirma el autor.

La biología molecular y, más específicamente, la biología cuántica, surge de la unión de la física, de la química y la biología. El tema que trata es la propia vida. El lenguaje que se requiere para su comprensión es cada vez más especializado como resultado de la continua investigación. Un estudio completo sobre la vida necesita de una auténtica investigación multidisciplinar con la consiguiente acumulación de conocimientos para, después, interpretarlos y comprenderlos en su conjunto, tarea harto compleja.

Como puede leerse en la contraportada, en 1943 Pascual Jordan acuñó el término de biología cuántica y en 1944 Erwin Schrödinger, con su libro *What’s life?*, fue uno de los primeros científicos en relacionar la biología con la mecánica cuántica. Desde entonces, se ha hablado mucho de las consecuencias de describir la vida en términos o conceptos cuánticos. Más recientemente en 2007, se produjo la primera confirmación experimental de que la mecánica cuántica podría estar detrás de procesos vitales como la propia fotosíntesis y se empezó a hablar de efectos no triviales cuánticos, tales como entrelazamiento, efecto túnel, coherencia y latidos cuánticos, decoherencia, quiralidad, etc. Sin ningún género de dudas, toda la investigación básica llevada a cabo en la biología cuántica tendrá aplicaciones futuras directas en nuestra sociedad que conllevarán el cambio de muchos paradigmas.

El autor es Salvador Miret Artés, profesor de investigación del CSIC y actual director del

Instituto de Física Fundamental en Madrid. Su interés científico se centra actualmente en el estudio de procesos estocásticos en física, química, biología y economía y en los fundamentos de la mecánica cuántica. Ha publicado más de 225 artículos científicos nacionales e internacionales y es coautor de 8 libros. En aras de una mejor comprensión de los temas que va a desarrollar en este libro, lo ha estructurado en cuatro capítulos. El propósito de los dos primeros es proporcionar el lenguaje mínimo indispensable para poder seguir sin dificultad los siguientes capítulos. Los capítulos 3 y 4 son los temas centrales del libro. Es sorprendente que los electrones (su movimiento) jueguen un papel esencial para la vida, al igual que lo hacen en el funcionamiento de cualquier dispositivo tecnológico actual.

medida fuerte y de coherencia, el efecto Zenón y la resonancia estocástica.

Según S. Miret, la mayor dificultad de esta nueva área de investigación es “comprender cómo la coherencia cuántica puede mantenerse en un medio o entorno caliente, húmedo y turbulento como el que está presente en cualquier organismo vivo”. La interpretación estándar de la mecánica cuántica establece que la interacción de un sistema cuántico con un aparato de medida o con el entorno hace que aparezca la decoherencia que es cuando un sistema físico, bajo ciertas condiciones específicas, deja de exhibir efectos cuánticos y pasa a exhibir un comportamiento típicamente clásico, sin los efectos contraintuitivos típicos de la mecánica cuántica. “Lo sorprendente es que [en los experimentos sobre la fotosíntesis] la duración de la coherencia cuántica ha llegado a medirse

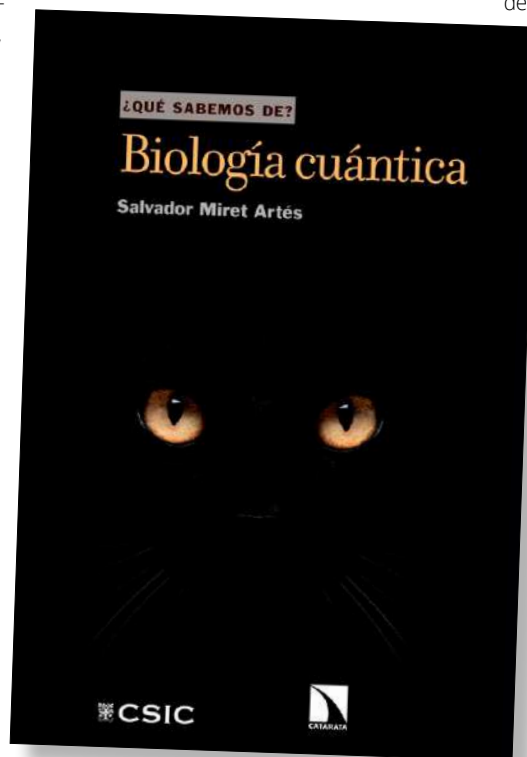
incluso en el rango de los picosegundos (1 picosegundo = 10^{-12} segundos)”, enfatiza. Además, el investigador del CSIC repasa algunos conceptos básicos de la mecánica cuántica, como los latidos cuánticos, el entrelazamiento o la resonancia estocástica.

Generalizando, podemos decir que cuando dos sistemas cuánticos interactúan, estos quedan irremediablemente unidos para siempre, incluso si se separan distancias considerables. Se habla entonces de la *no separabilidad* del mundo microscópico. El mundo microscópico es holístico, un sistema ya no es solo la suma de sus partes. Este estado de cosas es lo que llevó a D. Bohm y R. Hiley a hablar del universo indiviso.

Si nos acercamos al mundo de la genética, hay un concepto que nos puede ayudar a entender la dinámica de los sistemas abiertos, la epigenética. Este concepto fue acuñado por C. H. Waddington en 1942 para referirse al estudio de las interacciones de los genes con el entorno.

Otro ejemplo más del carácter no intuitivo y paradójico de la dinámica cuántica en sistemas abiertos se tiene con el efecto túnel en presencia de la fricción y la temperatura. Recientemente, el químico israelí E. Pollak mostró que el tiempo de recorrido medio de una partícula por efecto túnel disminuye a medida que la temperatura decrece y la longitud del túnel crece.

Veremos más adelante que los seres vivos de alguna forma se comunican internamente y la comunicación biológica tiene que, en princi-



El primer capítulo “Etología cuántica. Algunos efectos no triviales en mecánica cuántica” está centrado en el recordatorio de los conceptos básicos de la mecánica cuántica; en particular, de efectos triviales y no triviales. Los efectos triviales provienen del hecho que toda sustancia está compuesta de moléculas, átomos, electrones, protones, etc. Se ha detenido con más detalle en lo que se conoce como efectos cuánticos no triviales. Algunos de estos son: el efecto túnel, la coherencia y los latidos cuánticos, el entrelazamiento o correlación cuántica,



→ pio, realizarse a través de la ausencia de ruido. No obstante, si el ruido es inevitable -que lo es- puede ocurrir que en ciertas circunstancias mejore esa comunicación; de esta forma, el ruido puede ser constructivo. El fenómeno se ha bautizado como *resonancia estocástica* y proviene del campo de la climatología. Lo utilizaron para explicar una cierta regularidad en las glaciaciones que ha habido en la Tierra. Generalmente, este fenómeno se da en sistemas llamados biestables (solo dos estados pueden tener lugar, activo-inactivo, arriba-abajo, etc.) que se comunican a través de una señal. En la técnica de fotografía digital conocida como *posterización* se consiguen fotos de contraste controlable a partir de este fenómeno.

En el capítulo 2 "Biología molecular, la química cuántica de la vida", el autor va a dar a conocer de manera muy sucinta, el lenguaje mínimo necesario para poder entender la biología molecular o la química cuántica de la vida, en particular, el enlace químico, la reacción química, los radicales libres y las biomoléculas tales como las proteínas, las enzimas y los lípidos o grasas. Al igual que en el capítulo anterior, incluso más, se hace necesario introducir muchos tecnicismos porque a medida que nos adentramos en lo más pequeño, nuevos y necesarios conceptos van apareciendo para describir una realidad cada vez más compleja. El autor intentará en la medida de lo posible, ser claro y conciso. Como subraya, "la responsabilidad de hacerse entender es del que escribe y habla, principalmente".

Miret resalta que las propiedades que tienen ciertas asociaciones de moléculas no las muestran las moléculas que las constituyen. Eso también ocurre a nivel celular y en muchos sistemas complejos. La complejidad que surge en un sistema no puede entenderse generalmente a partir de sus componentes debido a la aparición de nuevas propiedades globales (propiedades emergentes). El conocimiento de la estructura es esencial para una mejor comprensión de la actividad o función de las moléculas, en particular, de las biomoléculas. El caso de las biomoléculas (proteínas, lípidos, glúcidos o hidratos de carbono y ácidos nucleicos) es particularmente impactante porque además se está hablando del paso de la materia inanimada a la animada. El estudio de la naturaleza del enlace químico es uno de los principales objetivos de la química cuántica. Aquí solo se describen cualitativamente los más importantes que tienen lugar dentro de la biología molecular.

En el tercer capítulo "Descripción cuántica de algunos procesos vitales", se hace hincapié en cómo la mecánica cuántica interviene en los procesos vitales. En particular, se analizarán algunos de ellos: la quiralidad, la genética

y la epigenética, la fotosíntesis, la respiración, la magnetorecepción o migración aviar y el olfato. La palabra *quiral* fue introducida por Lord Kelvin para designar objetos que no son superponibles con su imagen especular, proviene del griego y significa "mano". Su propiedad, la quiralidad, es un concepto más simple de explicar en el mundo macroscópico que en el microscópico. La quiralidad es la propiedad de un objeto de no ser superponible con su imagen especular y es característica de los asimétricos. Fenómenos meteorológicos como los tornados o ciclones son quirales pudiendo girar en uno y otro sentido. La importancia de esta propiedad de la materia es tan fundamental que en las eternas preguntas sobre el origen de la vida no se puede dejar a un lado. Empezando por el mundo macroscópico. El concepto de quiralidad se refiere a la "simetría especular" que poseen dos objetos (manos, pies, guantes, zapatos, orejas, etc.). Por el contrario, los objetos que no poseen dicha propiedad se denominan aquirales (silla, botella, etc.). Carácter dual o dicotómico de la quiralidad. También es cierto que los dos estados excluyentes son complementarios, pues cubren todas las posibilidades y no hay término intermedio. En el caso de los objetos quirales, las dos formas diferentes que son imagen especular una de otra se denominan enantiómetros. Existen solamente dos *enantiómetros* por cada objeto quiral. Fue Pasteur el primero que asoció el fenómeno de la quiralidad con la materia viva.

En la química (inorgánica, orgánica y bioquímica), esta propiedad juega un papel esencial para entender muchas reacciones químicas y bioquímicas, además de interrogarse sobre la formación de compuestos quirales. El denominador común de estos procesos vitales es analizar cómo la coherencia cuántica puede mantenerse en un medio o entorno caliente, húmedo y turbulento como el que está presente en cualquier organismo vivo. Una de las conclusiones a las que se llega es que estos procesos vitales deben ocurrir a escalas de tiempo muy cortas, tiempos siempre más cortos que el tiempo en el que el proceso de decoherencia tiene lugar. Conclusión que no deja de ser problemática porque este proceso se establece de una manera gradual, no instantánea. Otra conclusión, muy importante, es que, al entender mejor los mecanismos involucrados en los procesos vitales, podemos aprovecharnos de ellos y diseñar, por ejemplo, computadores cuánticos a imagen y semejanza de los organismos vivos.

Para cerrar el capítulo 3, el autor insiste en que hay que incrementar las investigaciones básicas acerca de los procesos vitales vistos desde un enfoque cuántico, porque tienen

un futuro muy prometedor. Actualmente, los mecanismos cuánticos que se han descrito en los procesos vitales mencionados aquí están aún sujetos a debate. Parece ser, que no hay ninguna duda al respecto de que la mecánica cuántica debe estar detrás de todos ellos y de muchos más. Pensemos que si se conocen los mecanismos cuánticos que subyacen a todos estos procesos, la medicina podría conocer nuevos avances significativos para mejorar nuestras vidas. No está de más recordar que muchas técnicas actuales en medicina (TAC, PET, etc.) se han desarrollado gracias a la mecánica cuántica.

En el cuarto y último capítulo, "Sobre la teleología y el origen cuántico de la vida" se exponen algunas preguntas planteadas por la *teleología* (campo de la metafísica que estudia los fines o propósitos de algún objetivo o ser): ¿existe una causa final de las cosas?; en particular, la existencia de la vida ¿tiene una causa final o *telos*? Se habla de *disteleología* cuando la respuesta filosófica a esta pregunta es negativa. El autor, por limitación de espacio, se ha propuesto intentar dar una visión muy resumida y, por tanto, simplificada y reduccionista de lo que la ciencia actual (bajo los dominios de la teoría de la relatividad, la mecánica cuántica, la biología, la genética, etc.) puede decir sobre la existencia del universo, de la Tierra, de la vida y, finalmente, de la aparición de la mente.

Asimismo, en las páginas finales se pregunta por tres grandes interrogantes de la ciencia, el origen del universo, de la vida y de la mente/consciencia, desde el reconocimiento de que las causas de estos hechos singulares quedan aún muy lejos de conocerse. "Es como si en el proceso evolutivo, que sugiere un proceso continuo, de repente hubiera habido tres saltos de una importancia capital", señala.

Por último, el epílogo incluye una muestra muy variada de investigaciones recientes relacionadas con los temas abordados en el libro, desde la búsqueda de exoplanetas a las investigaciones sobre el envejecimiento, pasando por los últimos avances en neurociencia. "Mi intención es poner de manifiesto lo importante que son la investigación y sus aplicaciones, y concienciarnos de que la mecánica cuántica tiene mucho que decir en otros campos como, de alguna manera, ya apuntaba Schrödinger en su libro", aclara el autor.

Los Nobel de química del año 2018 han sido muy importantes para la biología cuántica. De los tres galardonados, uno de ellos estudió por primera vez la evolución de una enzima de forma dirigida, y los otros dos han desarrollado una técnica que utiliza los virus bacteriófagos, que infectan bacterias, para producir anticuer-

pos y otras proteínas. Curación de enfermedades, desarrollo de nuevos fármacos y biocombustibles están detrás de sus posibles y reales aplicaciones para la sociedad. El Nobel de Física de 2018, concedido a dos investigadores, premió invenciones en el campo de la física del láser de alta intensidad. En particular, uno de ellos mostró que el láser era capaz de capturar y manipular partículas de tamaño del nanómetro como bacterias mediante lo que se conoce como pinzas ópticas. La luz puede penetrar en el interior de las células sin romper su membrana ni perturbar su actividad.

La conclusión, quizá lo más importante, es

que queda un largo camino por andar. Este libro pretende ser también un modestísimo homenaje a Erwin Schrödinger por su excelente y clarividente ensayo cuyas bodas de brillante se celebraron precisamente en el año 2019.

El enfoque de los libros de esta colección, dirigida a un público muy amplio, está limitado a una cierta extensión y, por tanto, no puede ser muy prolijo. Como ha expresado anteriormente, la biología cuántica es un tema pluridisciplinar. Cualquier investigador profesional en física, química o biología que quiera escribir un libro de divulgación sobre este tema se enfrenta a un reto muy grande, puesto que la especialización

hoy en día en cualquier campo del conocimiento es cada vez más alta.

El objetivo final es motivar al lector a una reflexión, un poco más profunda de lo habitual, analizada desde tres componentes o dimensiones básicas: la escala macroscópica, que es nuestro medio natural de vida, y las escalas microscópica y cósmica, donde los límites de lo muy pequeño y muy grande, respectivamente, nos hacen ignorar y perder muchas veces una perspectiva complementaria y, por tanto, más completa y enriquecedora de nuestra propia existencia.

MARÍA ASUNCIÓN PASTOR SAAVEDRA

The Climate Demon: Past, Present and Future of Climate Prediction

(El demonio climático: pasado, presente y futuro de la predicción climática)

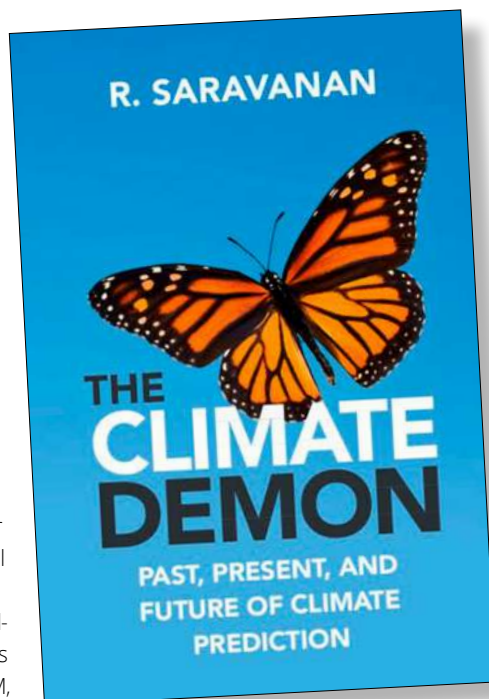
R. SARAVANAN

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS (2022). ISBN-10: 1009018043; ISBN-13: 978-1009018043; 398 PÁGINAS. PRECIO: 36,40 €.

En este libro el autor nos presenta la historia del desarrollo de los modelos climáticos y las principales claves para entender sus limitaciones, su potencia y la interpretación de sus resultados. Aunque el libro está dirigido a un público muy amplio, especialmente los profesionales del clima y sobre todo los usuarios de los productos de los modelos climáticos podrán encontrar reflexiones y consideraciones muy valiosas a la hora de interpretar adecuadamente esta herramienta tan poderosa y generalizada para estudiar el clima. El título del libro se refiere al recurrente tema filosófico de la posibilidad de alcanzar el conocimiento total del universo y para ello introduce la noción del diablo del clima, análogo al diablo de Laplace que era el hipotético ser que podía calcular la trayectoria de cada átomo del universo y que por lo tanto poseía un conocimiento total del pasado y del futuro. El diablo del clima sirve de metáfora para un modelo que pudiese calcular de forma totalmente precisa la trayectoria del clima futuro.

El autor, Ramalingam Saravanan, es actualmente director del departamento de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Texas A&M, habiendo pasado previamente por la Universidad de Princeton, New Jersey -donde obtuvo su doctorado- y por la Universidad de Cambridge, Reino Unido, donde estuvo en estancia postdoctoral. Además, estuvo trabajando una larga

temporada en el Centro Nacional para la Investigación Atmosférica de Boulder, Colorado. Saravanan es un investigador en clima con una larga trayectoria de más de 30 años en diferentes aspectos matemáticos y físicos del sistema



climático con especial atención en la dinámica atmosférica, la modelización climática y la interacción atmósfera-océano. Ha trabajado en el desarrollo y utilización de modelos climáticos

-tanto globales como regionales- que constituyen el objeto principal del presente libro.

El libro se divide en tres partes. Comienza la parte I en los años 1940 cuando empezaron a desarrollarse los modelos de tiempo y clima haciendo uso de los primeros ordenadores. De hecho, los mismos ordenadores fueron en parte inventados para hacer posible las complejas tareas asociadas con la predicción del tiempo y del clima. Nos sitúa el relato en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, donde John Von Neumann y John W. Mauchly competían por alcanzar una predicción precisa del tiempo con la ayuda de ordenadores, pero desde perspectivas opuestas. Von Neumann defendía un enfoque deductivo basado en hipótesis, es decir, en principios que se traducen en ecuaciones, mientras que Mauchly era defensor de un enfoque inductivo basado en los datos. Son los prolegómenos de la actual controversia entre modelos basados en física o modelos basados en datos. Actualmente, los modelos climáticos utilizan un enfoque híbrido en el que predominan los principios físicos que rigen la evolución, si bien los datos aportan su papel para el desarrollo de las parametrizaciones subrejilla y para la calibración de los modelos.

Para el desarrollo del primer modelo, Neumann se rodeó de meteorólogos con experiencia en dinámica atmosférica y estableció fuertes enlaces, fundamentalmente a través

→ de Jule Charney, con el grupo de la Universidad de Chicago liderado por el científico sueco Carl-Gustaf Rossby. La primera predicción numérica del tiempo se realizó en 1950 utilizando un modelo simple de evolución del tiempo de un solo nivel que se integró en el primer ordenador, el ENIAC, fundamentalmente diseñado por Von Neumann. Aunque los inicios de la predicción numérica del tiempo se sitúan en el grupo de meteorología de Princeton, es importante mencionar que el servicio meteorológico sueco en 1954 hizo la primera predicción numérica

la Tierra debido a su efecto invernadero. Los trabajos de Joseph Fourier, Eunice Foote, John Tyndall y finalmente de Svante Arrhenius fueron fundamentales para desvelar y cuantificar la importancia de este gas. Arrhenius hizo una primera estimación de la sensibilidad climática de la Tierra frente a la duplicación de la concentración de CO₂, estimación que apenas ha cambiado desde que se propuso en 1896. El tercer hito fue la deducción de las características climáticas de la circulación general de la atmósfera a partir de un modelo numérico por parte

del agujero de ozono, su aparición, su comprensión y el acuerdo de Montreal que permitió en un plazo relativamente corto trazar un camino para su solución. Finalmente, la parte I termina con la conversión del problema, inicialmente académico, del cambio climático en una de las principales prioridades políticas globales. A ello han contribuido el establecimiento en 1988 del IPCC, como órgano principal evaluador y asesor desde una perspectiva científica, y la creación de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático, que es el foro donde los diferentes países negocian las estrategias para combatir el problema. En estos últimos 30 años los modelos han aumentado en complejidad y han permitido hacer estimaciones cuantitativas de la posible evolución del clima. También han jugado un papel fundamental en los estudios de atribución tendentes a delimitar claramente la responsabilidad humana en el cambio climático observado.

El diablo del clima sirve de metáfora para un modelo que pudiese calcular de forma totalmente precisa la trayectoria del clima futuro

operativa en Europa utilizando su propio ordenador, el BESK, construido en Suecia. Esta iniciativa estaba liderada por Rossby, al que se había unido el científico sueco Bert Bolin que había regresado de su estancia con el grupo de Princeton. Años después Bolin sería el principal impulsor de la creación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, de sus siglas en inglés). Desde entonces los modelos de predicción del tiempo fueron haciéndose cada vez más complejos hasta adquirir un carácter de herramienta esencial para las predicciones meteorológicas operativas. Por otra parte, los modelos climáticos estuvieron restringidos al ámbito de la investigación académica hasta finales de los años 1980 cuando comenzó a emerger una señal de calentamiento global. En ese momento los modelos climáticos ganaron preeminencia como herramienta para estudiar y predecir el calentamiento global. Existen modelos climáticos de diferente complejidad, aunque son los modelos climáticos más complejos los que permiten realizar estimaciones cuantitativas, si bien frecuentemente no se mencionan y analizan los diferentes tipos de incertidumbres asociados con ellos.

El resto de la parte I se centra en los grandes hitos que han cambiado nuestra visión de la modelización del sistema climático. Empezando por la teoría del caos que con los experimentos numéricos de Edward Lorenz en 1963 puso un límite al determinismo de las predicciones numéricas del tiempo, con lo que años después se iniciaría el camino de las predicciones probabilísticas basadas en una colección de simulaciones con condiciones iniciales muy próximas entre sí. El siguiente hito fue el reconocimiento del papel fundamental del CO₂ en el clima de

del equipo que dirigió Joseph Smagorinsky en el Laboratorio de Dinámica de Fluidos Geofísicos (GFDL, por sus siglas en inglés) de Princeton y que integró a científicos japoneses como Syukuro Manabe que recibiría en el año 2021 el Premio Nobel de Física (con Klaus Hasselmann y Giorgio Parisi). La cantera de científicos japoneses, como Arakawa, Kasahara, Miyakoda, Kurihara, etc., formados con el profesor Syono en la Universidad de Tokio fue fundamental en los años iniciales de la modelización del clima. Se describe en este tercer hito el largo camino desde los iniciales modelos de circulación general a los complejos modelos tridimensionales con una detallada modelización del océano y de otros componentes del sistema climático como la criosfera, superficie terrestre, etc. El cuarto hito que se describe es la medición de la creciente concentración de CO₂ en la atmósfera por parte de Charles Keeling y su estrecha relación con el calentamiento del sistema climático. Alarmada por el riesgo de desestabilización del clima, la comunidad académica liderada por Jim Hansen -responsable del grupo de modelización del clima del Instituto Goddard de Estudios Espaciales (GISS, por sus siglas en inglés) dependiente de la NASA- convenció al gobierno de EE. UU. de que encargase a la Academia de Ciencias un primer informe sobre el tema. Jule Charney presidió en 1979 el denominado "Grupo de trabajo ad hoc sobre dióxido de carbono y clima". Este primer informe generado por el grupo -que pasó a ser conocido como informe Charney- fue el punto de partida de la movilización de la comunidad científica por la modificación antropogénica del clima y que años después cristalizaría en la creación del IPCC. También se incluye en este bloque el problema

La parte II del libro analiza y discute los actuales desafíos de la modelización climática utilizando numerosas analogías. Comienza esta parte con la capacidad que poseen los modelos para facilitar la comprensión de los fenómenos climáticos especialmente cuando se utilizan versiones sencillas de los mismos que permiten simplificar los procesos. Este enfoque reduccionista se consigue siempre con un compromiso entre simplicidad y precisión. Los modelos simplificados son, por diseño, menos realistas, pero poseen mayores capacidades para facilitar la comprensión de los fenómenos climáticos. Los modelos simples parecen ser más favorables a exhibir transiciones abruptas o puntos de inflexión (*tipping points*) que los modelos complejos, ya que frecuentemente muchos procesos de retroalimentación estabilizadores pueden haberse eliminado con los diseños de los modelos simples. Aunque los modelos climáticos más complejos son difícilmente verificables en cuanto a sus predicciones, son muy útiles al menos a la hora de constreñir la evolución del clima respetando ciertas leyes de conservación como la masa y la energía. Cuando más detallado es un modelo más ligaduras se imponen a la evolución del clima, como, p.ej., el balance del carbono en los modelos actualmente más complejos denominados específicamente Modelos del Sistema Tierra.

Los modelos son representaciones aproximadas de la realidad que se calibran o afinan (*tuning*, en inglés) -término tomado de la música por la similitud del proceso de afinación en las orquestas- para acercar las simulaciones a datos observacionales de referencia. Con esta afinación se reduce la deriva que tienen los mo-

delos, por su imperfección, en las simulaciones en condiciones preindustriales. De hecho, es bien conocido el hecho de que los modelos están plagados de errores de diferente tipo que se compensan mediante este proceso. Una analogía muy visual de esta compensación de errores es la torre inclinada de Pisa que ya desde los momentos iniciales de su construcción empezó a inclinarse. Para compensar esta inclinación utilizaron los constructores toda clase de trucos como materiales diferentes, columnas de longitud variable, etc., siendo el resultado final algo así como un plátano gigante. Otros errores de los modelos son de carácter estructural y no pueden resolverse mediante calibración de parámetros. Por lo hay que recurrir a disponer de una gran diversidad de modelos en la esperanza que estos errores estructurales se compensen y cancelen entre sí. Este problema nos lleva a la utilización de simulaciones multimodelo como se hace habitualmente para estimar la evolución del clima futuro.

Se discuten en el libro muchos conceptos e ideas que son centrales en ciencia: la comprensión, la exactitud, la reproducibilidad, la replicabilidad, la falsabilidad. El autor cita al climatólogo Kerry Emanuel cuando escribe que se pone un énfasis excesivo en las simulaciones y en su exactitud y menos en la comprensión de los

Se discuten en el libro muchos conceptos e ideas que son centrales en ciencia: la comprensión, la exactitud, la reproducibilidad, la replicabilidad, la falsabilidad

fenómenos, lo que puede llegar a ser un freno en el progreso científico ("calculamos demasiado y pensamos demasiado poco"). Se discuten igualmente cuestiones que ahora mismo están muy en boga con proyectos dirigidos a la consecución de gemelos digitales de la Tierra: ¿hasta dónde tenemos que llegar con el aumento en la resolución de los modelos? El autor nos cita el relato de Jorge Luis Borges en el que el protagonista en su busca de la exactitud topográfica imaginó un mapa del mismo tamaño que el terreno que intentaba describir.

Se describen utilizando la conocida matriz de Rumsfeld las diferentes vías para la mejora de los modelos progresando desde lo que sabemos que conocemos (*known knowns*), lo que sabemos que no conocemos (*known unknowns*) y hasta lo que no sabemos que no conocemos (*unknown unknowns*). Hasta las posiciones de ciertos negacionistas están contempladas en este marco (*unknown knowns*). Esta matriz tuvo

su origen en las filigranas dialécticas que el entonces secretario de defensa de EE. UU., Donald Rumsfeld, tuvo que hacer para justificar la existencia de armas de destrucción masiva en Irak que permitiesen el inicio de una guerra. Nunca imaginó Rumsfeld hasta qué punto su aportación constituiría una gran innovación metodológica en el estudio de las incertidumbres. Se incluyen consideraciones sobre la comunicación del cambio climático y las dificultades asociadas con la traducción de los detalles de las predicciones climáticas desde el lenguaje científico al lenguaje general.

Finalmente, en la parte II del libro el autor aboga por utilizar los modelos juiciosamente pero no literalmente. La ciencia trata y se basa en números, pero también en el razonamiento sistemático. Nos recuerda que la ciencia evolucionó desde la filosofía natural, es decir, desde el pensamiento sistemático sobre la naturaleza. Hay que examinar continuamente los números, pero sin que nos impidan ver los razonamientos lógicos y suposiciones que hay tras ellos.

La parte III describe las actuales tendencias en modelización climática. En primer lugar, se discuten las perspectivas en computación con el advenimiento de la exaescala. Los ordenadores más potentes son voraces consumidores de

energía eléctrica lo que unido a unas cada vez mejores conexiones de datos y electricidad nos impulsan a llevar los centros de computación allí donde hay más disponibilidad de energía eléctrica. El comienzo de la no validez de la ley de Moore relativa a la progresión con el tiempo de la potencia de los chips de los ordenadores también es un factor que influirá en la potencia de cálculo disponible. Las nuevas unidades de procesamiento gráfico (GPU), desarrollados inicialmente para videojuegos y animaciones, que están sustituyendo a las unidades centrales de procesamiento (CPU) implican recodificación y adaptación de los algoritmos de los modelos al nuevo hardware.

Los diferentes tipos de incertidumbres se discuten ampliamente. En particular, las incertidumbres profundas, estructurales, ligadas a procesos que ni siquiera intuimos son motivo de particular análisis y preocupación. Las incertidumbres son inherentes a cualquier predicción

científica, sin embargo, las incertidumbres que no podemos controlar deberían reforzar la única incertidumbre que sí podemos controlar y que está ligada a nuestras propias emisiones. Hemos visto que el inductivismo, basado fundamentalmente en datos, y el deductivismo, basado en hipótesis, compitieron al principio de la predicción numérica del tiempo siendo predominante la aplicación de las leyes físicas en el desarrollo de los modelos climáticos. Con el advenimiento de las altas prestaciones en computación y análisis de datos parece que las técnicas basadas en métodos de autoaprendizaje están representando una alternativa o un al menos un complemento a considerar en la formulación de los modelos.

Se tratan también los conceptos y métodos de geoingeniería que constituyen la base de lo que se ha venido llamando tecno-optimismo y que descansa fundamentalmente en la aplicación de soluciones tecnológicas para combatir el cambio climático. Las soluciones basadas en captura y almacenamiento de carbono son prohibitivamente caras mientras que las soluciones basadas en la gestión del albedo atmosférico, aunque son más accesibles económicamente hablando, parecen tener más riesgos.

Múltiples cuestiones filosóficas aparecen a lo largo de todo el libro, algunas de las cuales hemos bosquejado en esta breve nota, como, por ejemplo, la distinción entre ciencia basada en datos y ciencia basada en hipótesis; la relación entre las visiones reduccionistas y emergentes del sistema climático que se manifiesta como la tensión entre la simplicidad y complejidad de los modelos y que nos retrotrae al concepto de la navaja de Ockham; el conflicto entre la predictibilidad del determinismo y la impredecibilidad del caos, ...

Termina el libro con un llamamiento a la movilización de recursos del tamaño y la urgencia de lo que implicó la lucha contra el COVID-19. Desgraciadamente, la lentitud de la evolución del clima, sus impactos desigualmente distribuidos, la insuficiente comunicación de la magnitud y urgencia del reto constituyen actualmente un freno para la acción. Concluye el autor con una sentencia para reflexionar: desgraciadamente no tenemos un planeta B, lo que sí tenemos es una economía B.

En definitiva, se trata de un libro más que recomendable para todo aquel que tenga que utilizar, comprender y aplicar los resultados de los modelos climáticos que nos proporcionan una imagen aproximada de cómo evolucionará nuestro clima y por lo tanto en qué medida condicionará éste nuestro futuro.

ERNESTO RODRÍGUEZ CAMINO

El Ministerio del Futuro, un libro para abordar la crisis climática

KIM STANLEY ROBINSON, 2021

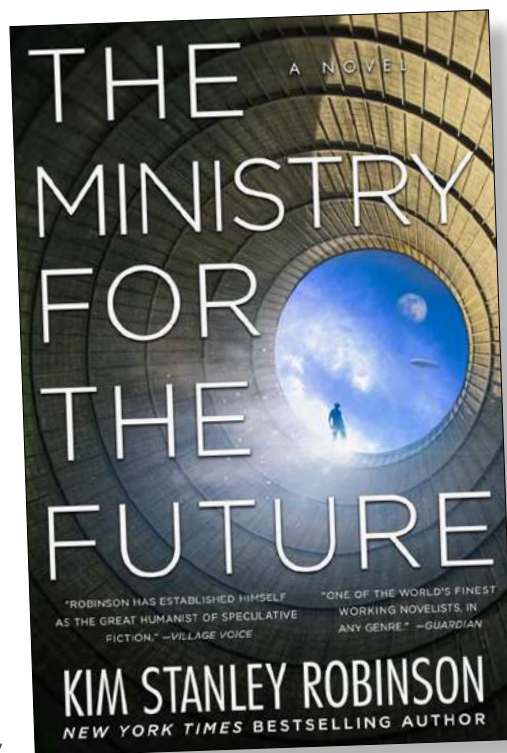
EDICIONES MINOTAURO, EDITORIAL PLANETA, BARCELONA. 576 PÁGINAS; PRECIO: 21.95€.
ISBN: 978-84-450-0983-3. TRADUCCIÓN: SIMÓN SAITO.

La construcción de edificios y su vida útil supone, acorde con el estudio que mostró Phillippe Rahm en *Estudios Climáticos*, el 39 % del CO₂ emitido a nuestra atmósfera (Rahm, 2021). Sin embargo, las escuelas de arquitectura — con significativas excepciones — siguen sin abordar la responsabilidad del arquitecto como diseñador de estos edificios respecto a la crisis climática¹. Es una situación que nos preocupa y llevamos un tiempo haciendo un esfuerzo en concienciar al estudiante que pasa por nuestra asignatura y a las y los jóvenes arquitectos que colaboran con nosotros. Varios años hemos especulado sobre cómo dejar una ciudad futura mejorada bajo la propuesta *Ciudades para nuestras nietas*. Este año la incorporación de la cuestión climática la hicimos principalmente a través de la lectura colectiva, en forma de Club de Lectura, de uno de los libros que más interés nos ha despertado: *El Ministerio del Futuro* (*The Ministry for the Future*) de Kim Stanley Robinson. Este artículo pretende mostrar el valor que esta novela de 2020 - traducida en 2021 - puede tener en el impulso de una nueva oleada de acciones que impliquen a un público cada vez más amplio en torno a la crisis climática, ya sea en su mitigación o en nuestra adaptación a ella.

Resumen del libro

Kim Stanley Robinson es un autor de ciencia ficción norteamericano que se ha especializado en la temática conocida como cli-fi o *climate fiction* (ficción climática), donde la acción se desarrolla en distopías climáticas. La trilogía sobre una especulativa terraformación (o aresformación) de Marte fue la que le dio reconocimiento en los años noventa (Stanley Robinson, 2008). Las distopías de KSR intentan tener un desarrollo preciso en el plano científico. Por ejemplo, en la

novela *Aurora*, donde especula sobre una expedición de humanos a un exoplaneta con el objeto de que la civilización pudiera escapar de un devastado planeta Tierra, basa el diseño de la nave que los aloja en los trabajos que la NASA hizo al respecto². KSR pretende hacer visible que, en caso de afrontar una empresa de este tipo, supondrá un esfuerzo de varias generaciones y que la complejidad de la vida humana se sustenta en la interacción y el equilibrio con otras muchas especies que nos componen. Esta novela supone su forma



de reivindicar que el planeta Tierra es el único entorno realmente válido para el ser humano como especie.

Aurora pertenece al mismo proceso de investigación literaria que la novela que nos ocupa. Pero esta investigación la ha recorrido

progresivamente desde una proyección a un futuro lejano (*2312, Aurora*), posteriormente a medio plazo (*Nueva York 2140*) y que ha intentado cerrar con el futuro inmediato representado en el libro que aquí comentamos³. Porque *El Ministerio del Futuro* no es una distopía al uso sino una prospección entre las múltiples realidades posibles en los próximos años y que KSR fecha en 2024 a través de un primer disparador — ojo, que empiezan los *spoilers* — en forma de ola de calor intensa en la India que acaba con millones de muertos. La devastadora combinación de altas temperaturas y alta humedad la emplaza en una de las regiones en las que con más probabilidad se pudiera dar, como es la India. Y también en una de las que más reacciones geopolíticas pudiera desatar por el peso económico y productivo en el sistema global. De esto es testigo presencial uno de los protagonistas de la novela, cuyo trauma sirve para evidenciar la inacción de nuestros dirigentes y de la sociedad en general.

La segunda protagonista en torno a la que se produce la trama es la máxima mandataria de una organización ligada a las Naciones Unidas creada tras los sucesos de la India y diseñada para defender los derechos de las generaciones futuras: el Ministerio del Futuro. Este encuadre le permite alumbrar la mirada de iniciativas de ingeniería y sociales que se están dando en torno al cuidado del planeta. Y también la compleja densidad de relaciones entre instituciones gubernamentales, entramado financiero y otros poderes fácticos que bloquean las estrategias que conlleven un cambio en el modelo actual. KSR nos hace ver que cualquier camino no será fruto de una evolución natural sino que implicará conflicto de intereses y violencia. La revolución llegará, dice uno de sus personajes, pero no será la esperada sino otra.

¹No pretende este artículo señalar únicamente a las escuelas de arquitectura. Tampoco en los grandes foros internacionales la crisis climática es el foco de atención excepto por su valor mediático. Simplemente hay que seguir el listado de Premios Pritzker (el equivalente al Nobel en arquitectura) para entender a dónde mira la arquitectura.

²En concreto hace referencia al Stanford Torus, diseñado en 1975 dentro del N ASA Ames Research Center. Fuente: <https://boingboing.net/2015/11/16/our-generation-ships-will-sink.html>.

³El autor ha asegurado en diferentes entrevistas que esta sería su última novela y que, a partir de entonces, se centraría en ensayos de divulgación científica.

Elementos que hacen singular este libro para hablar de la crisis climática

Una de las cosas que nos atrajo fue que el libro tuviese formato de novela en lugar de ensayo, introduciendo temas complejos en una trama mucho más sencilla de seguir. De hecho, el marco socioeconómico es un personaje fundamental de la novela. La interconexión sociotécnica de los elementos que componen nuestra vida en la Tierra lleva a que no sea posible desligar las cuestiones ecológicas o ambientales del resto de tecnologías (culturales, económicas, espirituales...). Por ello, hay que entender este libro como una puerta de entrada a una serie de ensayos sobre nuestro mundo contemporáneo entre los cuales KSR selecciona específicamente aquellos que hacen visibles las relaciones de poder entre los gobiernos, el capitalismo financiero y digital. Se pueden leer entre líneas los trabajos de Naomi Klein, Ann Pettifor o Thomas Piketty — por otro lado, son referencias que comparte con el reciente *El libro del clima* coordinado por Greta Thunberg.

Aunque la pretensión del organismo ficticio denominado el Ministerio del Futuro sea un cuestionamiento completo del sistema, el libro es capaz de poner en valor las tareas sencillas y pequeñas. Uno de los científicos caracterizados en el libro define esta sensación de incertidumbre en su trabajo: «Al principio se tenía

parezca inservible frente al problema a abordar y KSR trata de hacer visible cómo muchas pequeñas iniciativas adquieren sentido cuando se las estima en su conjunto.

La presentación de las transformaciones que nuestra civilización necesita para hacer frente a la crisis climática como un conflicto entre intereses concretos lleva al autor a situar al lector ante posiciones incómodas por la aparición de la violencia contra el *status quo*. KSR entiende que la crisis climática es una cuestión con la que no valen medias tintas y plantea que estas iniciativas no se podrían dar pacíficamente. Como dice Doctorow, esta violencia aparece en el libro siempre en un segundo plano, pero somos conscientes de que se está dando y que de alguna manera busca nuestra connivencia: «But on closer examination, MINISTRY represents the dark fears of one of our brightest, most hopeful writers, that the world can only be saved by means that are literally too terrible to contemplate up close»⁴ (Doctorow, 2020). Recientemente se han visto acciones relacionadas con el cambio climático que han contado con la desaprobación de los medios de comunicación, como las que se han dado en pinturas muy reconocibles en los grandes museos. La lectura de *El Ministerio del Futuro* ayuda a relativizar actitudes que habitualmente nos son señaladas como inconcebibles.

Frente a otras novelas distópicas esta no

so natural puesto que quienes lo manejan o gestionan siguen obteniendo ingentes beneficios. Tanto los bancos centrales como una alternativa que relacione ingresos con mejora del medioambiente («carboncoins») aparecen periódicamente en el libro. KSR viene a conceder que incluso un sistema imperfecto, como el capitalista, cuenta con una cantidad de recursos suficiente para abastecer a todas las comunidades del planeta sin perjudicar el equilibrio del planeta — otros autores como Jason W. Moore no estarán muy de acuerdo con este punto⁵. Hace convivir las historias en torno a acciones heroicas de ingenieros y activistas con transformaciones más lentas, como la económica pero también otras, insertas en nuestros comportamientos sociales⁶.

El Club de Lectura como herramienta de aprendizaje en la educación formal

Desde estas líneas no queremos establecer unos principios sobre metodologías de aprendizaje sino la lógica en que se ha insertado este ejercicio y su funcionamiento. El ejercicio era parte de la asignatura de Historia, Teoría y Composición Arquitectónicas en el primer curso de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla. Es decir, el grupo de cincuenta estudiantes⁷ estaba formado en su mayoría por personas recién ingresadas en la universidad con una edad entre los diecisiete y diecinueve años. Aunque creemos que se habla muy poco de la crisis climática, se puede afirmar que esta generación tiene unos conocimientos de base mayores que las generaciones precedentes, sobre todo aquellas anteriores a la crisis de las hipotecas de alto riesgo de 2008. Sin embargo, son conocimientos en general superficiales y muy mediados por lo que llega desde las grandes plataformas de comunicación. La lectura colectiva de *El Ministerio del Futuro* pretendía profundizar y aclarar ciertos aspectos que tienden a minusvalorar la importancia de esta crisis.

Si bien el plan inicial pretendía hacer varias sesiones durante el cuatrimestre, para tener hitos intermedios que hicieran más asequible una lectura de casi seiscientas

El Club de Lectura intentaba tener una doble intención: integrar la crisis climática en la acción presente y futura, y transferirla hacia sus entornos próximos

la impresión de que se estaba absorbiendo el océano con una pajita. ¡Una labor insignificante! ¡Resultados insuficientes! ¡Una broma pesada! Pero toda buena obra tiene que empezar por alguna parte [...] lo que vendría a continuación daba tanto miedo que todos esos esfuerzos valían la pena, por insignificantes que fueran» (p. 157). Hay cierto peligro con la crisis climática en que cualquier pequeña medida

es una ficción abiertamente anticapitalista o pos-capitalista. Hay una presencia indudable de las élites económicas y financieras a través de las distintas tramas como posible motor de cambio. Eso sí, el modelo socioeconómico sí que va realizando algunos ajustes. Es interesante cómo relata esta transformación KSR ya que, como señalamos anteriormente, no sería realista hacerlo ver como un proce-

⁴ «Pero con un examen más minucioso, *El Ministerio del Futuro* representa los más oscuros temores de uno de nuestros más brillantes y optimistas escritores: que el mundo solo puede ser salvado mediante medios que son, literalmente, demasiado terribles para contemplarlos desde cerca». Traducción del autor.

⁵ Se hace referencia al conjunto de investigaciones del pensador eco-marxista Jason W. Moore. En concreto al ensayo *El capitalismo en la trama de la vida* (2017, Traficantes de Sueños), en el que Moore expone que, además de extrayendo plusvalía a trabajadores explotados, el capitalismo necesita de la apropiación a coste cero o casi cero de bienes existentes en nuestro planeta («naturalezas baratas»), ya sea en forma de alimentos, energía, materias primas o trabajo.

⁶ De alguna manera, KSR deja ver la importancia de la cotidianidad en la revolución: «Al final no queda más remedio que reconocer que la mayoría de las cosas necesarias son aburridas, pero en el fondo, bastantes cosas son aburridas e interesantes a la vez» (p. 525).

⁷ En concreto este trabajo se hizo con los grupos 1.09 y 1.11 en la asignatura coordinada por el profesor José Pérez de Lama y a la que José María Sánchez-Laulhé asistía como asistente honorario.



Ilustración basada en la novela.

Autor Sánchez-Laulhé usando Leonardo AI; abril de 2023.

→ páginas, finalmente se concentró el Club de Lectura en una sesión única al final del cuatrimestre. El Club de Lectura pretendía tener una doble intención de asunción e integración de la crisis climática en la acción presente y trabajos futuros del estudiantado, y de abrir la posibilidad de la transferencia a través de ellas y ellos hacia sus entornos próximos. Por esta razón, la primera parte de la sesión se enfocó en la comprensión de aquellos pasajes más complicados y el sentido por el cual creíamos que el autor había introducido determinados elementos. Posteriormente se les ha preguntado cómo imaginaban que podrían transmitir a sus entornos la necesidad de acometer este tema como una emergencia y a quién creían que les podía ser útil esta lectura de cara a una mayor concienciación con la crisis climática.

En la segunda parte de la sesión se les propuso que se situaran como narradores y como posibles personajes de la novela — recordamos que el período de la misma se da entre 2024 y la década de 2040 donde tendrán su actividad profesional. Si bien KSR no incluye directamente a ningún arquitecto o arquitecta en la trama, se puede intuir su presencia en segundo plano pero no siem-

pre de forma positiva (en la construcción de refugios climáticos para ricos o en las insuficientemente aisladas viviendas de las clases bajas). Esta situación no es exclusiva de la arquitectura sino que es extrapolable a otras disciplinas. Por otro lado, el/la estudiante universitario tiene que tomar conciencia de su papel social incluso cuando aún están dentro de la universidad - aunque sea una cuestión que la propia universidad no fomenta - y también requerimos que nos contaran qué papel podían protagonizar en el contexto actual y qué podríamos hacer desde la docencia para promover ese rol.

Conclusiones extraídas a partir de los trabajos presentados y del Club de Lectura

A los dos grupos de estudiantes que tomaron parte del Club de Lectura se les pidió que además de participar en la sesión de cierre presentaran un trabajo breve (en torno a 1 200 palabras) donde pudieran plasmar de manera más ordenada aquellas cosas que les habían interesado y aquellas con las que no estaban tan de acuerdo. Para acabar tenían que plantear algunas preguntas que pudieran encaminarles a investigaciones futuras.

Un primer aspecto que tenían que trabajar era cómo titularlo, obteniendo resultados como «Indagación de un probable futuro», «Nuestra única y verdadera guerra», «¿Síndrome de Estocolmo?», «El ministerio del presente», «Retroceder al borde del precipicio», «Pensamientos y reflexiones sobre un futuro próximo muy probable» o «¿Puede ser la ficción la primera solución del cambio climático?». Estos resúmenes nos indicaban que había habido una comprensión de la intención del trabajo propuesto y del libro. Este aspecto se reforzaba cuando se les preguntó por el impacto que había tenido el libro sobre su conocimiento en torno a la crisis climática. La respuesta generalizada fue que les había llevado a sitios que no conocían, y que era uno de los valores principales que le reconocían al libro.

Entre los elementos que más les habían interesado en la novela, el grupo de estudiantes volvió a destacar su capacidad para llamar la atención sobre las consecuencias de la crisis climática. Otro aspecto que fue resaltado por el grupo fue el grado de verosimilitud que les ofrecía la historia tanto en los acontecimientos que avanzaban la trama como en el comportamiento de las élites. Existía un consenso en que los países de mayor renta per cápita no van a realizar esa transición de modelo sin contraprestaciones y que la presión para que la acometan con cierta urgencia vendrá desde fuera. También señalaron varios grupos que les había gustado las medidas para la captura del carbono de la atmósfera, especialmente el proyecto de los «carboncoin» por su capacidad de hacer frente simultáneamente a la cuestión financiera y la emergencia climática. Otros elementos señalados tienen que ver con la selección de su pareja protagonista con perfiles hasta cierto punto antagonistas, pero con una relación que a ambos les transforma; el optimismo a medio plazo que desprende el final del libro pese a mostrar con cierta crudeza todas las dificultades que ahora mismo hemos de afrontar; y la vida sin excesos y apoyada en lo colectivo que defienden la mayor parte de propuestas evolutivas que KSR expone en el libro.

Entre las críticas realizadas por el estudiantado tras la lectura destaca la extensión

y complejidad del libro, ya que no se trata de una novela al uso ni un libro comercial pensado para el consumo fácil. Las nuevas tecnologías han traído transformaciones valiosas pero somos conscientes de que han hecho menos habitual llevar a cabo una lectura extensa que requiera una atención cuidadosa y sostenida. Muchas de las referencias que KSR maneja pueden sonar familiares a investigadores especializados pero no a estudiantes recién llegados a la universidad. Siguiendo esta línea, también se criticaba la importancia de la economía y la política en la novela, ya que para varios grupos solo ralentizaba la trama. Hay un conjunto de críticas que no tiene tanto que ver con el libro sino con ciertos posicionamientos de algunos caracteres, especialmente las élites occidentales. Otros elementos señalados como dudosos o negativos han sido: que haya puesto el foco tan concentrado en la bioingeniería pero se hayan dejado en segundo plano otras transformaciones sociales también inevitables; la cuestión del uso de la violencia como medio de presión sobre las élites, siendo uno de los debates más encendidos en la sesión presencial; o el intento del Ministerio de impulsar una religión en torno al cuidado del planeta.

El Ministerio del Futuro es una prospección entre las múltiples realidades posibles en los próximos años para hacer visible la emergencia climática actual

En cuanto a los temas que les interesaría investigar a partir del libro, varios grupos coincidieron en que tenían que profundizar en cómo el ser humano interactuaba con el resto de seres vivos y el planeta - en algunos casos se concretaba este estudio en el actual modelo capitalista -. Se les preguntó en el debate, y también ellos se cuestionaban, acerca de dónde está el límite que no consideraban moralmente aceptable rebasar por el cuidado del planeta. Por último, varios grupos también se preguntaban por el papel que correría la arquitectura en los próximos años y su papel en el rediseño de esta disciplina.

Conclusiones sobre la experiencia de la lectura de *El ministerio del futuro*

Leer textos en profundidad, preguntar e investigar, y debatir sobre el contexto donde su trabajo va a tener lugar debiera de ser un

proceso indiscutiblemente necesario para el estudiante universitario. Disciplinas concretas como la arquitectura, con el peso que tienen sobre la crisis climática, debieran de asumirlo sin ningún tipo de concesiones. Pero los programas actuales de las escuelas de arquitectura no contemplan esto como una prioridad - insistimos, con excepciones -. La inclusión de este Club de Lectura se pudo hacer sorteando los márgenes del programa. Pero, para los objetivos planteados, creemos que se puede considerar un éxito por la respuesta recibida por el estudiantado. Se consiguió la participación más activa entre las distintas clases del curso, muchas respuestas hablaron con cierto orgullo de sus hallazgos en el libro - incluso investigando algunos temas en mayor profundidad -, se percibió un mejor entendimiento del concepto de emergencia climática y la necesidad de un posicionamiento contundente al respecto.

Por nuestra parte creemos que esta iniciativa suponía una continuación adecuada para el libro de KSR, escrito con una vocación divulgativa e interés por servir de acicate para hablar de la cuestión climática. Sabemos de las limitaciones que el formato libro presenta en la actualidad, por ello impulsamos un entorno colectivizado como el Club de Lectura

que ayudara a volcar el esfuerzo en esta lectura. Serán necesarios otros medios para concienciar en torno a la emergencia climática pero esperamos que este artículo sirva para aumentar el interés en este libro y que puedan surgir lecturas paralelas. Animamos también a que lo prestéis, regaléis o simplemente habléis de él. Es el momento de sumar cualquier motivo que nos lleve a hablar de tomar medidas para mejorar nuestra relación con el planeta. Creemos que este libro no dejará indiferente a nadie.

«— Hoy estamos aquí para debatir sobre si alguna de las llamadas soluciones totales a nuestros problemas actuales será la buena.

— No.
— Supongo que tengo que preguntártelo. ¿Estás diciendo que ninguna será la solución buena o que no quieres hablar sobre este tema?

— Ninguna solución será la buena. No hay

una sola solución adecuada para todos los problemas.

— Entonces, ¿qué podemos esperar?

— El fracaso.

— Pero imaginemos que sale bien, aunque solo sea para continuar con el debate, ¿qué aspecto tendría el éxito?

— El aspecto del fracaso.

— ¿Podrías desarrollar tu respuesta, por favor? ¿Un éxito a base de fracasos?

— Sí. Un revoltijo de elementos insuficientes. Una argamasa. Una obra de bricolaje. Un batiburrillo de mil demonios» (p. 516).

JOSÉ MARÍA SÁNCHEZ-LAULHÉ

SÁNCHEZ DE COS, ARQUITECTO Y ASISTENTE HONORARIO EN LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA.

JOSÉ PÉREZ DE LAMA HALCÓN,

PROFESOR TITULAR DEL DEPARTAMENTO DE HISTORIA, TEORÍA Y COMPOSICIÓN ARQUITECTÓNICAS DE LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Bibliografía

- Kim Stanley Robinson, 2021 (2020). *El Ministerio del Futuro*. Ediciones Minotauro, Editorial Planeta, Barcelona.
- Kim Stanley Robinson, 2017. Nueva York 2140. Kim Stanley Robinson. Ediciones Minotauro, Editorial Planeta, Barcelona. Traducción: Manuel Mata.
- Kim Stanley Robinson, 2015. *Aurora*. Ediciones Minotauro, Editorial Planeta, Barcelona. Traducción: Miguel Antón.
- Kim Stanley Robinson, 2008. *Trilogía marciana*. Ediciones Minotauro, Editorial Planeta, Barcelona. Traducción: Manuel Figueroa y Ana Quijada.
- Kim Stanley Robinson, 2015, *Our generation ships will sink*. Fuente: <https://boing-boing.net/2015/11/16/our-generation-ships-will-sink.html>.
- José Pérez de Lama, 2021. *Las 14 cosas que los políticos deberían saber sobre la emergencia climática*. En: <https://arquitecturacontable.wordpress.com/2021/11/24/14-cosas-que-los-politicos-deberian-saber-sobre-la-emergencia-climatica/>
- Cory Doctorow, 2020. *The Ministry for the Future* – review. En: <https://pluralistic.net/2020/12/03/ministry-for-the-future/#ksr>.
- Philippe Rahm, 2021. *Escritos climáticos*. Puente Editores, Barcelona. Traducción: Diego Galar.
- Moore, Jason W., 2017 (2015). *El capitalismo en la trama de la vida. Ecología y acumulación de capital*. Madrid: Traficantes de Sueños.
- Thunberg, Greta (2022). *El libro del clima*. Editorial Lumen, Barcelona. Traducción: Ros i Aragonès, Joandomènec.