

LIBROS

Weather Prediction (Predicción del tiempo)

ROBERTO BUIZZA, 2023, OXFORD UNIVERSITY PRESS, (COLECCIÓN: WHAT EVERYONE NEEDS TO KNOW), 304 PÁGINAS, PRECIO: 28,15 €, ISBN-10: 0197652123, ISBN-13: 978-0197652121

El autor, Roberto Buizza, es actualmente catedrático de Física en la Scuola Superiore Sant'Anna (Pisa, Italia) e investigador honorario del Grantham Institute para Cambio Climático y Medio Ambiente del Imperial College (Londres, Reino Unido). Entre 1991 y 2018 trabajó en el Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (ECMWF, por sus siglas en inglés) como científico principal y posteriormente como jefe de la División de Predictibilidad contribuyendo en el desarrollo de sus sistemas de predicción. Desde su experiencia de 27 años en el desarrollo del sistema de predicción por conjuntos del ECMWF, que permite estimar las incertidumbres de las predicciones y realizar predicciones probabilísticas, conoce de primera mano la materia sobre la que trata este libro.

Aunque el título del libro puede inducir a creer que trata sobre el pronóstico del tiempo en general, este libro describe básicamente los principios de la predicción numérica del tiempo (PNT). Esta confusión proviene del diferente sentido que tienen en inglés los términos *prediction* y *forecast*. El primero (*weather prediction*) se refiere al proceso numérico involucrado en la estimación de las condiciones meteorológicas futuras y que abarca el uso de modelos matemáticos y algoritmos para simular el comportamiento de la atmósfera a lo largo del tiempo. El segundo (*weather forecast*), por otro lado, es el proceso general que incluye métodos automatizados y manuales para predecir el tiempo futuro. También incluye la interpretación de estas predicciones por parte de los meteorólogos. Puede incorporar información adicional, incluidos datos meteorológicos históricos, observaciones actuales y la experiencia de los predictores, para refinar y comunicar las predicciones al público y a usuarios específicos.

El autor ha hecho un gran esfuerzo para hacer comprensible la ciencia y la práctica de la PNT, a pesar de la complejidad del tema, a un público muy amplio. El libro pertenece a una colección (llamada en el original en inglés *what everyone needs to*

know) de monografías de Oxford University Press que presenta un tema seleccionado de forma muy sencilla, directa y organizada. El actual libro está muy bien estructurado en 10 capítulos que tratan los aspectos básicos de la ciencia que hay tras la predicción numérica del tiempo incluyendo su relación



con la modelización climática. Entre estos capítulos, los hay dedicados a cuestiones básicas generales (p. ej., tiempo y clima, el sistema Tierra, observando el sistema Tierra), cuestiones específicas de PNT (p. ej., modelizando el sistema Tierra, predicción numérica del tiempo, caos y predicción del tiempo, incertidumbres y la predicción probabilística, horizonte de la pericia de la predicción), cuestiones sobre el cambio cli-

mático (p. ej., cambio climático y PNT) y un capítulo final sobre la posible evolución futura de la PNT. Por otra parte, cada capítulo está organizado en subcapítulos en forma de preguntas (aproximadamente 10) y respuestas no muy extensas (aproximadamente 2-3 páginas). Además, cada capítulo tiene un subcapítulo final con los puntos clave desarrollados en las preguntas y respuestas del correspondiente capítulo.

Aunque el libro está dirigido a legos en la materia, los especialistas y profesionales de la meteorología también pueden obtener información valiosa sobre ciertos aspectos no suficientemente conocidos de la PNT. Con esta estructura del libro en forma de preguntas y respuestas, el autor plantea cuestiones tan fundamentales como, por ejemplo, alguna de las siguientes: ¿cómo comunicamos la incertidumbre en las predicciones?, ¿cómo tomamos decisiones utilizando predicciones probabilísticas?, ¿cuál es la mínima resolución espacial que los modelos pueden simular de forma realista?, ¿cómo se puede extender la predictibilidad?, ¿cómo afecta el cambio climático a la predicción del tiempo?, ¿qué aspectos del cambio climático somos capaces de predecir?, ¿puede la inteligencia artificial mejorar las predicciones del tiempo?, ¿a medida que aumenta la resolución de los modelos globales necesitaremos todavía los modelos de área limitada?, etc.

El libro de Buizza deja muy claro el papel central e insustituible que actualmente tienen los modelos numéricos en la predicción del tiempo en los diferentes ámbitos bien sea por parte de los servicios meteorológicos que normalmente desarrollan y operan los modelos numéricos o por los

¿puede la inteligencia artificial mejorar las predicciones del tiempo? ¿a medida que aumenta la resolución de los modelos globales necesitaremos todavía los modelos de área limitada?

→ profesionales que trabajan en los diferentes medios y canales de comunicación que habitualmente traducen, interpretan y explican los resultados que proporcionan los modelos a un público general. Para esta labor de comunicación, utilizando bien sea un lenguaje fácilmente comprensible o la ayuda de medios gráficos, es esencial que los profesionales involucrados conozcan perfectamente los principios, el funcionamiento, las limitaciones y las capacidades de los modelos numéricos de predicción del tiempo. Este libro es para este fin una herramienta muy valiosa. Tal y como explica Buizza, la predicción numérica operativa

incorporará seguramente en los próximos años, en parte ya lo ha hecho, algoritmos basados en aprendizaje automático (*machine learning*), utilización de asimilación y predicción basados en conjuntos (*ensembles*) con ciclos de asimilación y predicción cada vez más cortos –casi de manera continua– para el corto plazo (hasta 3 días), dos veces al día para el medio plazo (de 3 a 15 días), una vez al día para las predicciones mensuales y una vez a la semana para la predicción estacional. También augura que a medida que mejoren los modelos de predicción del tiempo habrá una transición operativa hacia modelos de predicción am-

biental capaces de monitorizar y predecir la evolución de especies químicas y aerosoles.

En conclusión, el libro de Buizza es una obra muy recomendable tanto para público general como para estudiantes universitarios e incluso para profesionales de la meteorología no especializados en modelos, ya que ofrece una panorámica muy general de los modelos numéricos para la predicción del tiempo. Cualquier usuario de las predicciones generadas con modelos debería al menos poseer los conocimientos sobre las capacidades y limitaciones de los mismos tal y como se explican en este texto.

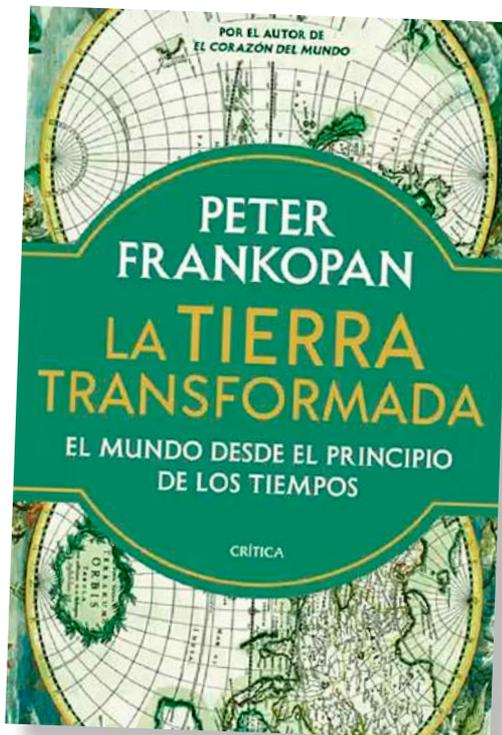
ERNESTO RODRÍGUEZ CAMINO

La Tierra transformada: el mundo desde el principio de los tiempos

PETER FRANKOPAN, 2024. EDITORIAL: CRÍTICA, 880 PÁGINAS, PRECIO: 33,15 €, ISBN-10: 8491996230, ISBN-13: 978-8491996231

Peter Frankopan (1971) es un historiador, escritor y, curiosamente, también hotelero británico con origen familiar croata. Es catedrático de historia global en el Worcester College de Oxford y director del Oxford Centre for Byzantine Research, además de miembro de la Royal Asiatic Society. Sus áreas de interés e investigación son la historia del imperio bizantino, el Mediterráneo, los Balcanes, el Cáucaso y Rusia, así como la interdependencia del islam y el cristianismo. También se ha especializado en la literatura griega de la Edad Media.

En esta obra Frankopan presenta una relectura de la historia global a través del prisma del medio ambiente y del cambio climático. El autor propone que la naturaleza no ha sido solo un escenario pasivo en la evolución e historia del hombre, sino un actor fundamental que ha determinado el auge y caída de civilizaciones, el desarrollo de las sociedades y los conflictos que han dado forma a nuestra historia global. Frankopan no solo se restringe a la historia de la humanidad. De hecho, el autor comienza con el origen de la Tierra y llega hasta nuestros días y también nos presenta sus ideas sobre el futuro. Frankopan nos relata como las erupciones volcánicas, los cambios en la actividad solar, las fluctuaciones en la temperatura global y los fenómenos meteorológicos extremos, en pie de igualdad con las acciones humanas nos ayudan a explicar y entender el devenir histórico. Este libro es una obra monumental en cuanto a extensión (880 páginas + 212 pági-



nas de referencias en línea), en cuanto a cobertura temporal –no se ciñe a la historia del hombre sino que la enmarca, como hemos comentado, en la historia de la Tierra– y en cuanto al enfoque. Es un verdadero tour de force en el que además de la relación entre el medio ambiente con los hechos históricos, se analizan los orígenes de nuestra especie, la aparición de las religiones, el desarrollo del lenguaje, la evolución de las ideas, la aparición y hundimiento de imperios, las redes y los intercambios comerciales, etc.

Nos relata Frankopan como la agricultura ha transformado el planeta, como también lo han hecho el desarrollo del comercio global de especias, algodón y personas esclavizadas, e incluso el trasplante de tomates y patatas de las Américas a Europa. La humilde patata cambió el mundo, escribe el autor. Se analiza en el libro cómo la necesidad de centralizar el excedente agrícola dio origen al estado burocrático y cómo las crecientes demandas de cosechas contribuyeron al aumento del comercio de personas esclavizadas. Mientras que, en la historiografía tradicional, los relatos suelen centrarse en líderes, imperios, guerras y revoluciones tecnológicas, dejando en un segundo plano el papel de la geografía, el clima y los ecosistemas. Frankopan desafía esta perspectiva y analiza cómo los cambios en el entorno natural han sido catalizadores de grandes transformaciones históricas.

El libro plantea y subraya desde el principio que de no ser por la intensa actividad del sol, los repetidos impactos de los asteroides, las épicas erupciones volcánicas, las extraordinarias transformaciones de la atmósfera, los espectaculares movimientos tectónicos y la constante adaptación de la vida durante miles de millones de años, hoy no estaríamos aquí. Todos estos eventos han dado lugar a las cinco extinciones masivas que han tenido lugar y que han moldeado la evolución de la vida sobre la Tierra. Igualmente, la evolución de los homínidos se vio acelerada por los cambios en las pautas climáticas que dieron

lugar a unas condiciones más secas, en detrimento de los bosques, y crearon las presiones evolutivas que favorecieron el desarrollo de la postura erguida y la aparición de cerebros más grandes. También los homínidos adquirieron la capacidad de cubrir distancias más largas. Aunque estos cambios no fueron uniformes, la flexibilidad dietética en tiempos de imprevisibilidad ambiental y la habilidad para reducir los riesgos de mortalidad fueron factores clave para la resiliencia, el éxito y la expansión del género en su conjunto. El principal factor que moldeó la propagación y el asentamiento del homo sapiens fue el hallazgo de áreas benignas desde un punto de vista ecológico. Estas incluían una amplia variedad de hábitats —los bosques cálidos, los pastos de la sabana, las zonas costeras ricas en vida marina—, si bien parece que de forma deliberada el género evitó los paisajes demasiado abiertos.

Posiblemente, el principal hilo conductor de este libro consiste en contar la historia del homo sapiens y su evolución tanto como sujeto pasivo de los cambios en el medio ambiente como, a su vez, generador de estos mismos cambios en el medio natural. Los peligros derivados de la degradación del medio ambiente, el consumo excesivo de los recursos, juntamente con una carga demográfica insostenible, no pasaron desapercibidos para los pueblos que vivieron hace miles de años. Además de presentar las grandes inundaciones que ocurrieron durante el deshielo al final de la última glaciación (cuyo recuerdo ancestral inspira, sin duda, el Antiguo Testamento y otros textos sagrados) como un castigo divino, todas las historias acerca del diluvio plantean, aunque sea de forma implícita, el tema del descenso de la población y el control demográfico.

También se analiza en el libro cómo los cambios climáticos impulsaron grandes innovaciones. La Revolución Agrícola del Neolítico, por ejemplo, se debió en parte al fin de la última glaciación. Las pautas de asentamiento y las sociedades humanas habían experimentado un cambio drástico con el cultivo de la tierra. La domesticación de la cabra, la oveja y, más tarde, el ganado vacuno trajo consigo una serie de pequeñas revoluciones como consecuencia de la disponibilidad, por un lado, de fuentes de proteína estables y, por otro, de materiales como la lana y el cuero, que podían emplearse para hacer ropa y recipientes y contribuyeron al desarrollo de nuevas tecnologías. También hubo una ganancia clave de energía y tiempo —que era posible invertir en otras actividades— cuando se empezó a utilizar a los animales para traba-

jar el campo, permitiendo obtener mayores rendimientos agrícolas con una menor aportación humana en términos de esfuerzo. No menos importante que estos avances fue la domesticación del caballo que puede desplazarse a una velocidad diez veces superior a la humana y que fue esencial para la creación de los grandes imperios de la época clásica. Sin embargo, el autor enfatiza que la domesticación trajo también consigo problemas medioambientales a largo plazo, como la deforestación y la erosión del suelo, problemas que siguen afectando a la humanidad hasta nuestros días. Los alimentos no eran lo único que circulaba a través de las redes de pastores y nómadas, también lo hacían las materias primas, como el cobre y el estaño, y las tecnologías, como la cerámica y la metalurgia, como evidencia la aparición de cuchillos y hachas de bronce y otros artefactos producidos de forma similar y con estilos parecidos a lo largo y ancho de la estepa en el contexto de una red de “intercambio transeurásico”.

Las economías agrarias dependían en particular de las precipitaciones y la disponibilidad de agua, que a su vez están estrechamente vinculadas a las pautas climáticas. Cuando el agua era abundante, los grandes ríos, como el Tigris, el Éufrates, el Amarillo, el Yangtsé y el Indo y sus afluentes, hacían que la tierra pudiera cultivarse con facilidad. Cuando la precipitación escaseaba, en cambio, el resultado eran cosechas perdidas y hambre, con el riesgo asociado que representaban las enfermedades. En otros casos, los cambios climáticos, los fenómenos meteorológicos extremos o las catástrofes naturales favorecieron la aparición de enfermedades con consecuencias devastadoras. Un ejemplo de esto último nos lo ofrece la colosal erupción del volcán de la isla de Tera (hoy Santorini) hacia 1600 a. C., una de las más grandes de los últimos cinco mil años. De hecho, el efecto más importante de la explosión no sería el catastrófico y famoso tsunami que arrasó la isla de Creta, ni tampoco la reorientación de las civilizaciones mediterráneas que, básicamente, fue un resultado directo de este suceso, sino el papel que habría desempeñado en el surgimiento de nuevos patógenos y, en concreto, del virus causante de la viruela, que, según una hipótesis, apareció en la región del Nilo como consecuencia de las fuerzas evolutivas resultantes de la erupción y los cambios climáticos derivados de los residuos, gases y ácidos expulsados a la atmósfera. El cúmulo de testimonios escritos sobre la viruela que aparecen a lo largo de las rutas de la seda entre los siglos VII y XI durante una época de

intensificación de los vínculos comerciales, políticos y culturales, nos ofrece otro ejemplo de cómo el aumento de los contactos facilita la propagación de las enfermedades. La diseminación de las ideas terapéuticas, técnicas curativas y conocimientos médicos fue una característica crucial de las regiones de Asia que estaban conectadas por tierra y mar. Al igual que ocurre en el presente, en el pasado las interconexiones comerciales no solo permitían la circulación de mercancías, personas e ideas, sino que estas redes también propagaban las enfermedades y la muerte.

Frankopan también explica, entre otros muchos ejemplos que es imposible siquiera mencionar en los límites de una reseña, la hipótesis del “Antropoceno temprano”, que postula que hace unos 5.000 años las actividades y el comportamiento humanos tuvieron ya un impacto tan grande en el clima global como para ser capaz de cambiarlo evitando un nuevo período glacial.

Un caso muy interesante es el análisis de la crisis ecológica en la Antigua Roma. El crecimiento del Imperio dependía en gran medida de la explotación de los recursos naturales: bosques talados para la construcción de barcos, tierras sobrecultivadas para alimentar a la creciente población urbana y minería intensiva para abastecer la demanda de metales preciosos. La sobreexplotación de estos recursos, junto con factores climáticos adversos, contribuyó al declive de Roma, un patrón que Frankopan sugiere que podríamos estar repitiendo hoy.

En otro ejemplo, el autor nos muestra cómo la Pequeña Edad de Hielo (siglos XIV-XIX) afectó de manera drástica la estabilidad política y social en Europa y Asia, contribuyendo a crisis agrícolas, revueltas populares y conflictos bélicos. Un caso llamativo es el de China durante la dinastía Yuan, donde la escasez de recursos y el descontento social terminaron facilitando la caída del gobierno mongol y el ascenso de la dinastía Ming. De manera similar, en Europa, las malas cosechas y el frío extremo aumentaron la hostilidad hacia las minorías, provocando pogromos y persecuciones.

El análisis del impacto de las pandemias en la historia constituye otro ejemplo de cómo las condiciones ecológicas influyeron en su propagación. Frankopan explica cómo la Peste Negra, que diezmo la población europea en el siglo XIV, estuvo vinculada a cambios climáticos que alteraron los hábitats de las ratas y sus pulgas, facilitando la transmisión de la enfermedad. También argumenta que el descubrimiento de América no solo cambió el mapa



→ político y económico del mundo, sino que generó una revolución ecológica: el llamado "Intercambio Colombino" llevó al Viejo Mundo productos como el maíz, la patata y el tomate, mientras que los europeos introdujeron caballos, vacas y enfermedades devastadoras que diezmaron a las poblaciones indígenas.

Uno de los aspectos más impactantes del libro es la conexión que establece entre los problemas ambientales del pasado y los desafíos actuales. Frankopan advierte que la humanidad ha alcanzado un punto crítico en su relación con el planeta. La explotación de los recursos que se aceleró en el siglo XIX no se limitó a los cultivos y las plantas. Había también asimismo una gran demanda de minerales y metales, en particular debido al desarrollo de nuevas tecnologías y al veloz crecimiento de la industria manufacturera. Un buen ejemplo es el estaño, que desempeñaba un papel clave en diversas industrias, como la producción textil, la ingeniería mecánica y el armamento militar. Se empleaba principalmente en la fabricación de latas para preservar alimentos: éstas resultaban esenciales para conservar los excedentes rurales y transportarlos a las ciudades, y por tanto cumplieron una función crucial en la urbanización, la industrialización y la globalización. El estaño se agotó rápidamente en Europa, lo que llevó a buscarlo en otros lugares, en particular en el Sureste Asiático.

Otro recurso muy apreciado era el aceite de ballena, que se obtenía de la grasa de estos animales y se empleaba principalmente como combustible para lámparas. Entre 1500 y 1800 se mataron unas 162.000 ballenas boreales o de Groenlandia. Aunque la caza de ballenas formaba parte de la economía del Ártico y el Atlántico Norte desde hacía mucho tiempo, la revolución industrial trajo consigo un aumento de la demanda porque su baja viscosidad lo convertía en un valioso lubricante para su uso en maquinaria, ya que no se secaba, ni se coagulaba ni corroía los metales.

Explica Frankopan cómo la Revolución Industrial trajo consigo un aumento sin precedentes en el consumo de combustibles fósiles, lo que nos está llevando al calentamiento global y al colapso de los ecosistemas. El autor también analiza el impacto del modelo agrícola actual, destacando cómo la producción masiva de carne y soja ha acelerado la deforestación del Amazonas y ha contribuido a la pérdida de biodiversidad.

En este sentido, Frankopan no solo nos recuerda que la crisis climática no es un fenómeno nuevo, sino que enfatiza que la escala de la transformación actual es mucho mayor que en cualquier otra época de la historia.

Nos encontramos, según el autor, en una encrucijada en la que debemos decidir entre continuar con un modelo de desarrollo insostenible o cambiar de rumbo antes de que sea demasiado tarde.

Frankopan defiende que la idea de manipular el tiempo atmosférico tiene raíces largas y profundas. Desde la antigüedad hasta nuestros días, desde el sur de Asia hasta las Américas, sabemos de sociedades que practicaban rituales con el fin de atraer las lluvias, proteger los cultivos, conseguir cosechas abundantes y garantizar condiciones climáticas benignas. En el siglo XIX, los intentos de intervenir en el clima se habían hecho bastante más resueltos en lo que respecta a sus métodos y objetivos. El interés en la materia era especialmente fuerte en Estados Unidos, donde varios pioneros realizaron experimentos para determinar si

Existe un amplio consenso entre los científicos en que estamos siendo testigos de una "aniquilación biológica", que en la actualidad es habitual describir como la "sexta extinción masiva", y que difiere de las anteriores en que en esta ocasión el culpable es el ser humano. Es muy posible que estemos a punto de convertirnos en las víctimas de nuestro propio éxito como especie, y que las tensiones y presiones a las que hemos sometido a los ecosistemas con nuestro comportamiento nos hayan empujado cerca, o incluso más allá, de un punto de inflexión con consecuencias catastróficas. Sin embargo, como explica el autor, no podemos decir que no estuviéramos advertidos.

Mirando hacia el futuro, además de los conocidos riesgos asociados al cambio climático y la degradación ambiental, Frankopan enumera los peligros a los que se enfrenta

También se analiza en el libro cómo los cambios climáticos impulsaron grandes innovaciones

era posible hacer llover. Uno de ellos fue James Espy, el primer meteorólogo financiado con fondos federales, que en la década de 1840 llevó a cabo diversas pruebas para generar precipitaciones de forma artificial prendiendo fuego a grandes extensiones de bosque con la esperanza de que la gigantesca columna de aire caliente resultante creara nubes y éstas, a su vez, hicieran llover. Aunque estos experimentos fueron un fracaso, otros científicos desarrollaron nuevas ideas a partir de la supuesta correlación entre las batallas en las que se empleaban grandes cantidades de obuses y las tormentas que, al parecer con frecuencia, se producían poco después.

El "Gran plan para la transformación de la naturaleza" anunciado el 20 de octubre de 1948 por Stalin fue un intento que pretendía crear seis millones de hectáreas de bosques nuevos, una serie de ocho cinturones forestales que además de estabilizar las arenas y los suelos sirvieran como barrera para los vientos que soplaban desde Asia central y favorecieran las lluvias en el sur de Rusia. Poco se dijo en su momento acerca del precio humano o ecológico de abrazar la modernidad a través de la construcción de grandes infraestructuras. En la India, la construcción de presas desplazó a cuarenta millones de personas, luego vinieron la salinización del suelo, la inundación de bosques y campos, el bloqueo o desvío de ríos y el impacto en el drenaje natural, efectos que en muchos casos no se hicieron evidentes hasta mucho tiempo después.

nuestra especie y que también están relacionados con o afectan al medio ambiente, tales como la amenaza de una confrontación nuclear, las tormentas solares, el riesgo de que el ciclo lunar amplifique la subida del nivel del mar para crear mareas cada vez más altas, la posibilidad de que se produzcan tsunamis en los grandes océanos del mundo, la posibilidad de que se produzca un impacto cósmico, la posibilidad de grandes y catastróficas erupciones volcánicas, etc.

La Tierra Transformada es un libro ambicioso. Frankopan nos obliga a repensar la historia desde una perspectiva ecológica, revelando cómo el medioambiente ha sido un actor clave en la evolución de nuestra civilización. Su enfoque interdisciplinario, que combina historia, geografía, biología y economía, lo convierte en una lectura muy recomendable para aquellos interesados en comprender no solo el pasado, sino también los desafíos del presente y del futuro. Más que un relato de hechos –que también lo es– esta obra es una advertencia sobre los peligros del cambio climático y la sobreexplotación de los recursos naturales. Frankopan deja claro que la humanidad ha alterado el planeta de formas que podrían volverse irreversibles, pero también sugiere que aún estamos a tiempo de cambiar el curso de la historia. La Tierra Transformada hace, en última instancia, un llamamiento a la reflexión y a la acción en un mundo que se enfrenta a una de sus crisis más graves.

ERNESTO RODRÍGUEZ CAMINO