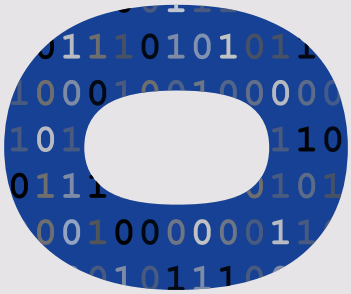
EL Correo DE LA UNESCO

enero-marzo 2023



Un mundo matemático

- El monzón **indio** analizado minuciosamente por los científicos
- COVID-19: el modelo **noruego**
- **Metaverso:** entrevista con Liu Jianya y Guo Liang
- La complicada ecuación de la enseñanza de las matemáticas en **Sudáfrica**

NUESTRA INVITADA

Vinciane Despret, filósofa: "La lucha contra la extinción de las especies debería movilizar pasiones alegres"

ISSN 2220-2307 12023

unesco

Reciba cada trimestre un ejemplar impreso del último número o suscríbase a la versión digital 100% gratuita.

Descubra nuestras ofertas

https://courier.unesco.org/es/subscribe

Siga las últimas actualidades de *El Correo*

@unescocourier

Facebook Twitter Instagram

¡Lea y comparta!

Participe en el éxito de *El Correo de la UNESCO* fomentando su difusión y su utilización según la política de libre acceso de la Organización.

2023 • nº 1 • Publicado desde 1948

El Correo de la UNESCO es una publicación trimestral de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Promueve los ideales de la Organización, difundiendo intercambios de ideas sobre temas de alcance internacional relacionados con su mandato.

Director: Matthieu Guével

Jefa de redacción: Agnès Bardon

Secretaria de redacción: Katerina Markelova

Redactora: Chen Xiaorong

Edición en:
- **Árabe:** Fathi Ben Haj Yahia
- **Chino:** Chen Xiaorong y China Translation & Publishing House
- **Español:** Laura Berdejo
- **Francés:** Christine Herme (correctora)
- **Inglés:** Anuliina Savolainen
- **Ruso:** Marina Yartseva

Edición digital: Mila Ibrahimova

Iconografía: Danica Bijeljac

Coordinación de traducciones y de maquetación: Marie-Thérèse Vidiani

Asistencia administrativa y editorial: Carolina Rollán Ortega

Producción y promoción: Ian Denison, jefe de la unidad de publicaciones
Eric Frogé, asistente principal de producción

Responsable de comunicación: Laetitia Kaci

Traducción: Miguel Sales, Luisa Futoransky y Olga Martín

Maqueta: Jacqueline Gensollen-Bloch

Ilustración de cubierta: © Agnieszka Ziemiszewska

Impresión: UNESCO

Coedición en:
Catalán: Jean-Michel Armengol
Esperanto: Chen Ji

El Correo de la UNESCO se publica gracias a la contribución financiera de la República Popular de China, que en 2022 ha renovado su apoyo a la publicación para los próximos cuatro años.

Información y derechos de reproducción:
courier@unesco.org
7, place de Fontenoy, 75352 París 07 SP, Francia

© UNESCO 2023

ISSN 2220-2307 • e-ISSN 2220-2315

Esta publicación está disponible en acceso abierto bajo la licencia Attribution-ShareAlike 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO) (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/). Al utilizar el contenido de la presente publicación, los usuarios aceptan las condiciones de utilización del Repositorio UNESCO de acceso abierto (https://es.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-sp). Esta licencia se aplica exclusivamente al texto de la presente publicación. Para utilizar cualquier material que aparezca en ella y que no pertenezca a la UNESCO, será necesario pedir autorización previa.

Los términos empleados en esta publicación y la presentación de los datos que en ella aparecen no implican toma alguna de posición de parte de la UNESCO en cuanto al estatuto jurídico de los países, territorios, ciudades o regiones ni respecto de sus autoridades, fronteras o límites. Los artículos expresan la opinión de sus autores, que no es necesariamente la de la UNESCO y no comprometen en modo alguno a la Organización.

Sumario

4 **GRAN ANGULAR**

Un mundo matemático

Una herramienta esencial para comprender el mundo 4
Christiane Rousseau

El monzón indio analizado minuciosamente por los científicos 8
Gayathri Vaidyanathan

El *big data* ayuda a combatir la pobreza en Senegal 10
Clémence Cluzel

COVID-19: el modelo noruego 12
Lisbet Jære

"Es posible reducir la huella de carbono del metaverso" 14
Entrevista con Liu Jianya y Guo Liang

"Las matemáticas tienen un obvio problema de percepción en los alumnos" 17
Entrevista con Dan Meyer

En Singapur, las mujeres se mantienen alejadas de las carreras científicas 19
Rachel Genevieve Chia

La complicada ecuación de la enseñanza de las matemáticas en Sudáfrica 22
Nick Dall

24 **ZOOM**

Oasis de Marruecos: el otro lado del espejo 24

34 **IDEAS**

La actividad al aire libre, un juego de niños 34
Hayley Christian

38 **NUESTRA INVITADA**

"La lucha contra la extinción de las especies debería movilizar pasiones alegres" 38
Entrevista con Vinciane Despret

42 **CIRCUNNAVEGACIÓN**

Los glaciares, en la vanguardia del cambio climático 42

EL Correo DE LA UNESCO

Editorial

Consideradas abstractas, intimidantes e incluso traumatizantes, no suelen gozar del aprecio de los alumnos ni del público en general, que las reducen a una materia puramente teórica desvinculada de la realidad. Sin embargo, omnipresentes en nuestro cotidiano, las matemáticas son todo lo contrario.

Los algoritmos, en el núcleo de la inteligencia artificial, han hecho posible la creación de motores de búsqueda o del diagnóstico por imagen, y los modelos matemáticos desempeñan una función esencial en diversos ámbitos, tanto para optimizar las redes de transporte como para prever la trayectoria de un ciclón, controlar la propagación de una epidemia o calcular el impacto de una campaña de vacunación.

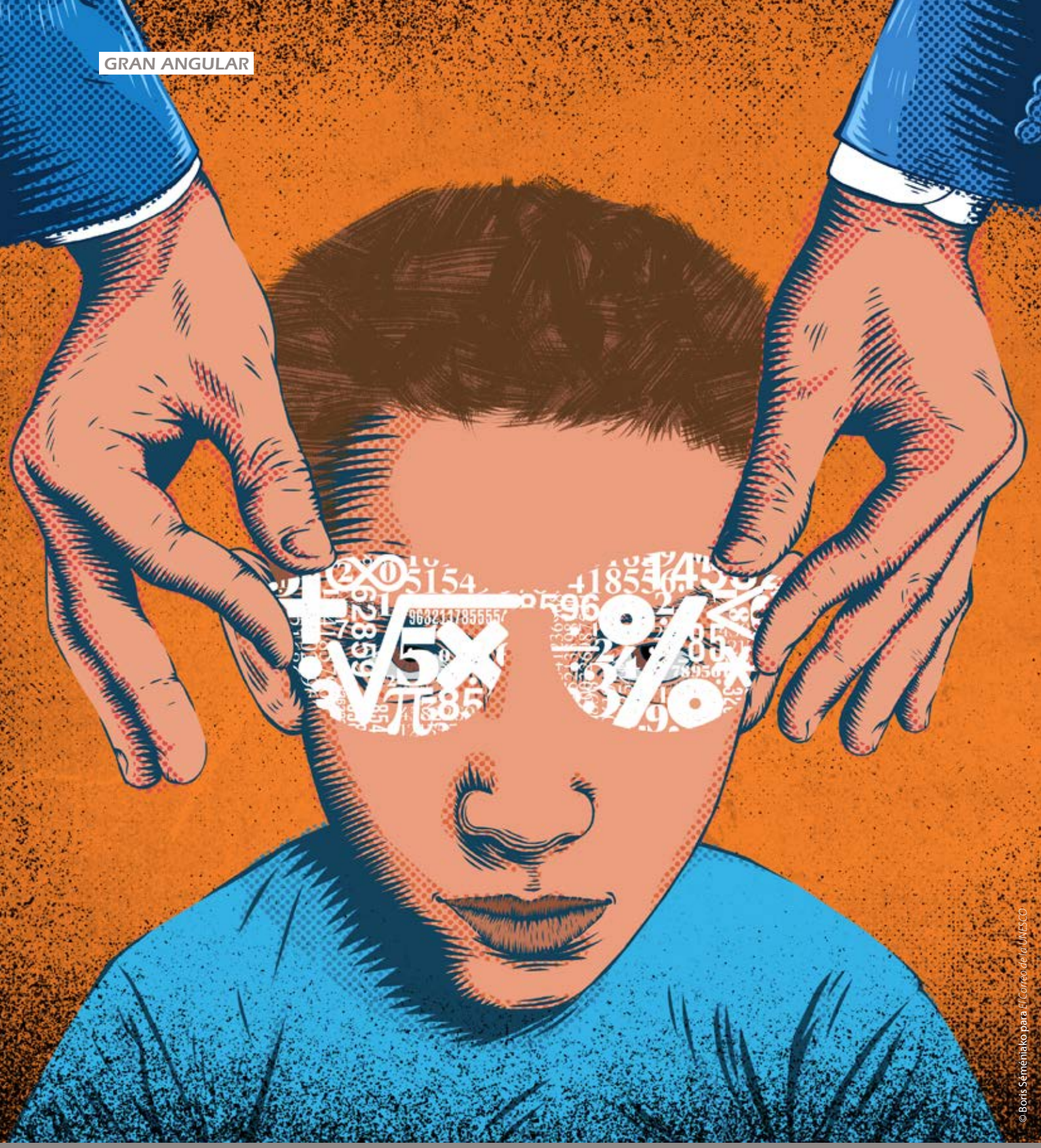
Las matemáticas cuentan también parte de la historia del mundo que se ha ido enriqueciendo a lo largo de los siglos gracias a las tabletas sumerias, los cálculos astronómicos del antiguo Egipto y la Grecia clásica, los conocimientos del imperio maya o de China, la aritmética india o el álgebra de los árabes.

Tal vez más que ninguna otra, esta ciencia abstracta propicia el diálogo entre las culturas y la cooperación científica internacional. La UNESCO reconoció muy pronto su importancia y en 1962 creó el Centro de Matemáticas para América Latina, con sede en Buenos Aires (Argentina). La Organización, que acaba de proclamar el 14 de marzo Día internacional de las matemáticas, reflexiona actualmente sobre cuestiones relacionadas con la inteligencia artificial y desarrolla programas de acceso a las ciencias exactas, donde esta disciplina constituye un pilar fundamental.

Porque, a pesar de que las matemáticas son omnipresentes, son muchos los excluidos. Los obstáculos siguen siendo numerosos, empezando por la desigualdad de género. Hubo que esperar hasta 2014 para que una mujer, la iraní Maryam Mirzhakani, obtuviera la prestigiosa medalla Fields. Aunque hoy las niñas llegan a subsanar su retraso en matemáticas a partir de los últimos años de primaria, los niños de primaria y secundaria siguen estando sobrerrepresentados entre los mejores alumnos de esta asignatura, teniendo en cuenta la población escolar de todos los países, según una publicación del Informe de seguimiento de la educación en el mundo de abril de 2022. Hay muchas jóvenes que, aún graduadas de bachillerato, se abstienen de cursar carreras científicas.

Además, resulta difícil encontrar candidatos para enseñar la materia. Aunque las necesidades del sector son más agudas que nunca, la escasez de profesores competentes de matemáticas en todo el mundo constituye una amenaza para el futuro. Y su ámbito de aplicación sigue siendo limitado. Los modelos matemáticos, tan útiles para comprender el clima, la diversidad biológica o la investigación sanitaria, siguen estando restringidos a los ámbitos de las finanzas o la economía. En un momento en que el mundo se enfrenta a desafíos sociales, climáticos o tecnológicos, es fundamental que el poder de las matemáticas sea mucho más explorado y, sobre todo, compartido más ampliamente.

Agnès Bardon
Jefa de redacción



© Boris Séménako para *El Correo de la UNESCO*

“Las matemáticas son omnipresentes en la comprensión de nuestro planeta y la organización de nuestra civilización

Christiane Rousseau

Profesora del Departamento de Matemáticas y Estadística de la Universidad de Montreal, Canadá, participó en el estudio de la UNESCO Matemáticas para la Acción.

Un mundo matemático

Las matemáticas son omnipresentes en nuestras vidas ya sea en nuestros teléfonos móviles, nuestras tarjetas de crédito o nuestros coches. Modelos matemáticos y algoritmos desempeñan hoy en día un papel clave en ámbitos tan variados como las previsiones meteorológicas, la gestión de los horarios de tren o la circulación de los virus. Un estudio reciente de la UNESCO, *Matemáticas para la Acción*, da una idea de la extensión de su aplicación y explica por qué son cruciales para hacer frente a desafíos como la lucha contra la pobreza, el retroceso de la biodiversidad o el cambio climático, siempre y cuando podamos contratar suficientes matemáticos y profesores cualificados.

A menudo oímos decir que las matemáticas están en todo. Y así es. Un receptor GPS calcula su posición midiendo el tiempo que tardan en llegarle las señales de los satélites. Las comunicaciones cifradas se codifican para que sólo resulten comprensibles a sus destinatarios. El formato JPEG de las fotografías tomadas con un teléfono consiste en una comprensión matemática de la información contenida en la foto: sin esta ingeniosa tecnología, los ficheros fotográficos serían enormes.

Y como toda transmisión de información, comporta errores, los códigos correctores están presentes en todas las redes de comunicación, incluídas las de televisión y telefonía móvil. Sin esos sistemas, los robots que exploran la superficie de Marte, manejados por control remoto, no podrían ejecutar las órdenes que reciben desde la Tierra. Esta omnipresencia de la disciplina explica el hecho de que el primer Día Internacional de las Matemáticas, celebrado en 2020, tuviera por tema "Las matemáticas están en todas partes".

Las matemáticas son, en efecto, omnipresentes tanto en la comprensión de nuestro planeta como en la organización de nuestra civilización. Ya en 1623, Galileo escribió : "El libro del universo está escrito en lenguaje matemático". Cuatro siglos después, los desafíos medioambientales se imponen como una de las prioridades de la humanidad. Según las proyecciones de las Naciones Unidas, la población mundial, que ha alcanzado 8.000 millones en noviembre de 2022, podría estabilizarse en torno a los 11.000 millones al mismo tiempo que el cambio climático afecta a los rendimientos agrícolas.

El denominado "Día de la Sobrecapacidad de la Tierra", la fecha en que la demanda anual de recursos naturales sobrepasa lo que los ecosistemas del planeta pueden regenerar en ese año, se adelanta cada vez más. Si en 1970 se alcanzaba a finales del mes de diciembre, en 2021 sobrevino el 29 de julio. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, son la respuesta de la comunidad internacional a estos retos, y las ciencias matemáticas desempeñan un papel fundamental en su consecución.

Algoritmos eficaces

La modelización del clima consiste en formular en ecuaciones las interacciones entre los diversos agentes climáticos: el sol, la atmósfera -incluidos los gases de efecto invernadero-, los océanos, los suelos, los glaciares, los sistemas vegetales, etc. El acopio de datos es fundamental para alcanzar a prever la evolución de los sistemas climáticos, y esta previsión depende de las matemáticas. Para crear una simulación de dichos sistemas y determinar las grandes tendencias, es preciso disponer de una enorme capacidad de cálculo, algoritmos cada vez más eficaces y un óptimo manejo de los datos. La tarea se lleva a cabo en varios frentes ya que se trata de discernir las grandes tendencias a largo plazo y también poner de manifiesto las tendencias regionales.

Además, es importante cuantificar la parte de incertidumbre. En meteorología →

existen técnicas para mejorar las previsiones y anticipar las tendencias estacionales, métodos que resultan muy útiles, sobre todo si se tiene en cuenta que los cambios climáticos incrementan la frecuencia y la amplitud de los fenómenos extremos.

La previsión de la trayectoria de los ciclones es un ámbito en el que se han logrado avances espectaculares: ahora podemos predecir su ruta con casi siete días de antelación. Un mejor conocimiento de los riesgos permitirá anticiparlos y prepararse contra sus efectos en las próximas décadas. ¿A qué altura hay que construir un dique?, ¿hay que reconstruir un barrio, o hay que trasladar a los vecinos tras una inundación?, ¿con qué frecuencia se producirán las sequías que amenazan la disponibilidad de agua?, ¿cómo modificar las ciudades para reducir el impacto de las olas de calor?

La modelización de la realidad

Esas previsiones se basan en una modelización matemática, esto es, en una simplificación drástica de la realidad. Un buen modelo permite ver un esquema global que ha podido quedar oculto por el exceso de detalles. Veamos el caso de una epidemia. El modelo más sencillo, denominado modelo SIR, cataloga a las personas en tres categorías: los susceptibles, los infectados y los recuperados (curados o fallecidos).

En este modelo, la regla básica explica los desplazamientos diarios entre categorías. Eso permite calcular cómo evolucionan los grupos de cada categoría a lo largo del tiempo.

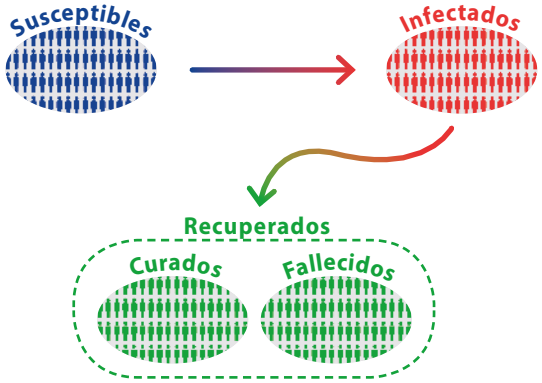
Por simple que sea, este modelo pone de manifiesto las grandes leyes que rigen una epidemia: *el crecimiento exponencial, el pico de la epidemia y el fenómeno de la inmunidad de rebaño,* que hace que la epidemia se extinga antes de que toda la población se haya infectado, *la nivelación* de la curva, que representa los casos acumulados (de color naranja) y *el número de reproducciones de base,* que mide la cifra media de infecciones causadas por una infección primaria que caracteriza la contagiosidad de una enfermedad.

Esas grandes leyes proporcionan a los responsables la información que necesitan sobre la evolución de la epidemia. El modelo puede ir perfeccionándose para lograr previsiones más exactas. Por ejemplo, se puede ajustar la regla de base que rige los movimientos de un día

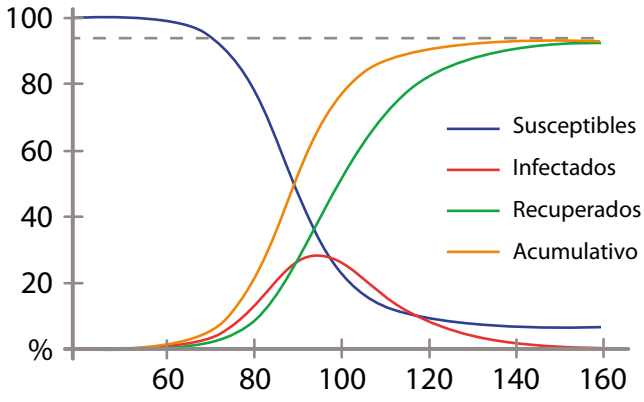
En la UNESCO, las matemáticas cuentan

Aunque la UNESCO proclamó el 14 de marzo el Día Internacional de las Matemáticas en 2019 – en alusión a la constante π, que se puede redondear a 3,14 –, el interés de la Organización por esta disciplina es mucho más antiguo. En 1962, con el objetivo de promover el conocimiento matemático en el mundo en desarrollo, fundó el Centro Latinoamericano de Matemáticas (CLAM) en Buenos Aires, Argentina.

Desde su creación, el CLAM, que desempeñó un papel decisivo en la proclamación del Año Mundial de las Matemáticas en el año 2000, tiene por objetivo reforzar la enseñanza de las matemáticas y promover el acceso a la disciplina y a sus salidas profesionales para todos. Lo hace a través de sus programas educativos y sus centros regionales de matemáticas en Hanoi (Viet Nam) y Santoe (Ghana), sus cátedras en Benín, Chile, Nigeria, Palestina y Zambia, así como los programas que el Centro Internacional de Matemáticas puras y aplicadas de Niza (Francia) tiene en Asia, África y América.



El modelo matemático SIR
(susceptibles, infectados y recuperados) se utiliza para prever la evolución de una epidemia en una población determinada.



Evolución de las diferentes categorías del modelo SIR
a lo largo de los días.

para otro de forma que tenga en cuenta las medidas sanitarias o la aparición de nuevas variantes más contagiosas. Las categorías también pueden subdividirse en compartimientos menores (grupos de edad, capa social, género, recuperados y fallecidos), etc.

Planificar los horarios del ferrocarril

Otro ámbito de acción de las matemáticas es el de la *optimización*. ¿Cómo organizar el transporte y la distribución de correo o de mercancías? ¿Cómo programar los horarios de los trenes para facilitar las conexiones, reducir al mínimo el número de ramales y optimizar los horarios de trabajo del personal? Las mismas cuestiones se plantean para los transportes públicos urbanos y las empresas de aviación. Esos problemas, que forman parte de la denominada *investigación operativa*, son fáciles de enunciar, pero el número de posibilidades es demasiado vasto como para poder encontrar una solución óptima mediante el método de ensayo y error.

Para hallar las mejores soluciones es preciso elaborar algoritmos ingeniosos y eficientes. Y esas mismas técnicas sirven para determinar la transición ecológica, que tiene que pasar del consumo excesivo de recursos a la optimización de su utilización. ¿Cómo economizar energía o agua, reducir el desperdicio de alimentos y sacar el mejor partido de los recursos limitados a través de un uso más equitativo? En todos esos ámbitos las matemáticas desempeñan una función esencial.

La inteligencia artificial es el nuevo campo de acción de las matemáticas y la estadística. Su eclosión viene del hecho de que sabemos programar los ordenadores y los robots para enseñarles a aprender. Por ejemplo: un ser humano puede reconocer un gato, y se puede enseñar a un ordenador a hacer lo mismo. Para eso, se le entrena con centenares de miles de imágenes y se le corrige cuando comete algún error. El ordenador mejora su programa continuamente y aprende a reconocer un gato, incluso cuando éste se encuentra en una postura que la máquina no había visto nunca. En lo relativo al reconocimiento de imágenes y sonidos, los resultados de la inteligencia artificial son espectaculares y no tienen nada que envidiar a la capacidad humana.

> **“La inteligencia artificial es el nuevo campo de acción de las matemáticas**

Los programas informáticos se multiplican. Se puede usar la inteligencia artificial para trazar a bajo costo mapas de la pobreza usando, por ejemplo, imágenes satelitales que son de dominio público. Al comparar imágenes diurnas y nocturnas, se detectan las zonas habitadas que por la noche no están iluminadas, un indicio vinculado a la pobreza. La inteligencia artificial se utiliza también, por ejemplo, en las regiones semiáridas del norte de Kenya para garantizar el acceso al agua, ya que los datos permiten prever en qué zonas podría producirse una sequía y elaborar estrategias de mitigación.

Las matemáticas constituyen por tanto una caja de herramientas excepcional, cuyas aplicaciones son innumerables y variadas. No es casualidad que estén por todas partes a nuestro alrededor. ■

Se buscan matemáticos desesperadamente

Predecir la trayectoria de un ciclón tropical con una semana de antelación ahora es posible gracias a los nuevos modelos matemáticos, lo que además permite evacuar a tiempo a la población. Los modelos matemáticos también han demostrado su eficacia en la gestión de la pandemia de COVID-19. Los datos relativos a la pobreza se pueden cartografiar mediante algoritmos de aprendizaje automático, lo que permite definir las áreas más necesitadas de inversiones públicas.

Con ejemplos como éstos, *Mathematics for Action: supporting science-based decision-making (Matemáticas para la acción: Apoyar la toma de decisiones con base científica)*, una obra publicada por la UNESCO en marzo de 2022, muestra cómo las matemáticas pueden contribuir al desarrollo sostenible en diversos ámbitos, en particular la seguridad alimentaria, la confidencialidad de los datos, la diversidad biológica, los sistemas informáticos resilientes y la gestión de los recursos hídricos.

Dirigido a quienes toman las decisiones, este informe explica mediante historias e investigaciones cómo se utilizan las matemáticas para solucionar los complejos desafíos a los que nos enfrentamos, desde el cambio climático hasta la pobreza, pasando por las pandemias. Además, describe cómo los modelos matemáticos permiten examinar múltiples hipótesis para orientar el proceso de toma de decisiones. Los científicos emplean modelos climáticos asociados a diversas situaciones para generar escenarios preventivos alternativos y plausibles.

Pero existe un problema: aunque las posibles aplicaciones de las matemáticas nunca habían sido tan variadas y numerosas, no disponemos de un número suficiente de expertos en la disciplina. Este déficit podría impedirnos solucionar los complejos retos a los que nos enfrentamos. Así lo explica la publicación, que hace hincapié en una insuficiencia de profesores de matemáticas competentes que afecta al mundo entero.

Gayathri Vaidyanathan
Periodista india

El monzón indio analizado minuciosamente por los científicos

Esenciales para los agricultores indios, las previsiones meteorológicas sobre el monzón determinan en parte el rendimiento de las cosechas. Para afinar sus previsiones, los científicos utilizan modelos informáticos que simulan los sistemas atmosféricos.

Pocos eventos meteorológicos son esperados con tanta impaciencia como el monzón del verano, cuando oscuros nubarrones hacen descender las temperaturas tórridas que reinan en gran parte del subcontinente indio. Para los campesinos, que representan casi la mitad de la población y utilizan poco el riego, cada aspecto del monzón es importante: qué estados recibirán la lluvia, cuándo lloverá y en qué cantidad caerán las precipitaciones. Por eso cada año las previsiones de la temporada figuran en la primera página de los periódicos.

Por esa misma razón, los científicos se han lanzado a una carrera para comprender más a fondo el fenómeno y mejorar los modelos de previsión. "El desarrollo de modelos matemáticos es el único medio del que disponemos para comprender el sistema", afirma Amit Apte, especialista en matemáticas aplicadas del Instituto Indio de Enseñanza e Investigación Científica.

Variaciones mínimas, incidencias enormes

El monzón es un cambio estacional de la circulación atmosférica y de las precipitaciones que se produce una vez que el sol ha recalentado la Tierra. Ese cambio se genera, por lo general, en verano. Aunque el fenómeno existe también en América del Norte y del Sur, en África occidental, en Asia oriental y en Australia, el monzón de Asia meridional, que suele denominarse monzón del verano indio, es sin duda el más conocido. Sus características específicas las determina el marco geográfico en el que tiene lugar, formado por importantes sistemas montañosos como el Himalaya, los Ghats occidentales indios, la cadena de Arakan Yoma en Myanmar, y las aguas del océano Índico.

El monzón indio comienza después del periodo más cálido del año, cuando las tierras ya están recalentadas y el océano todavía permanece fresco. La diferencia de temperatura genera la inversión de los vientos en el norte del océano Índico, empuja las nubes oceánicas en dirección al subcontinente y provoca lluvias en el Estado de Kerala, al suroeste del país. Con precisión cronométrica, el monzón empieza hacia el 1 de junio y concluye el 15 de octubre, tras haber dejado caer unos 850 milímetros de lluvia en todo el país. Esa cantidad de agua representa más del 75% del total de las precipitaciones anuales en India.

> **"Los científicos experimentan con redes neuronales capaces de detectar modelos a partir de datos**

A veces, el monzón llega con una semana de retraso o sus precipitaciones son un 10 % inferiores a la media. Esas variaciones pueden parecer mínimas y, sin embargo, afectan considerablemente a la economía del país. En 2020, el servicio meteorológico nacional (IMD por sus siglas en inglés) previó con exactitud el inicio de las lluvias, pero no anticipó el aumento del volumen de las precipitaciones. Según la oficina de estudios Crisil Research, los beneficios de los agricultores crecieron entre el 3 y el 5 % por hectárea, pero si el IMD hubiera pronosticado la intensidad de las lluvias, los campesinos hubiesen podido sembrar mayores extensiones de terreno.

Lagunas de conocimiento

Todavía queda mucho por descubrir sobre el monzón indio. Para Amit Apte, las lagunas de conocimiento se producen, en parte, porque el fenómeno ocurre en los trópicos, y la investigación se concentra mayormente en las zonas templadas. Esto se debe a que a mediados del siglo XIX la mayoría de los científicos expertos en meteorología estaban radicados en Europa y Estados Unidos. Además, la comprensión de los sistemas meteorológicos es más difícil en el trópico que en las regiones templadas, donde los fenómenos están determinados fundamentalmente por la rotación de la Tierra. No en vano, elaborar modelos del monzón requiere la incorporación de numerosas variables.

Los científicos, sin embargo, tienen un dominio insuficiente de muchas de esas variables, como, por ejemplo, la formación de las nubes. "En realidad, se trata probablemente de una de las grandes incógnitas de los modelos climáticos actuales, a pesar de que tiene efectos considerables

en la zona tropical". Las masas oceánicas que rodean el subcontinente -el golfo de Bengala, el mar de Omán y el océano Índico- también plantean dificultades a los meteorólogos. Amit Apte explica que actualmente se están realizando estudios para tratar de comprender los efectos que puede tener, en las corrientes oceánicas, la mezcla del agua dulce del Ganges con el agua salada del golfo de Bengala.

Además, las lluvias del monzón no caen de manera regular durante cuatro meses. Más bien al contrario: al principio llueve en abundancia durante algunos días y luego las precipitaciones continúan a intervalos irregulares. Para que las previsiones resulten útiles a los agricultores, es preciso que los expertos puedan vaticinar las fases de mayor y menor actividad.

Durante mucho tiempo, las predicciones meteorológicas se realizaron en la India con ayuda de modelos estadísticos basados en ecuaciones, con los que los expertos indios lograron resultados más bien mediocres: en 23 años, las previsiones relativas al monzón apenas acertaron en nueve ocasiones.

Desde 2012, los servicios meteorológicos emplean modelos informáticos en 3D, que simulan el funcionamiento de los sistemas atmosféricos causantes del monzón. Los datos históricos se introducen en el modelo y, tras algunas verificaciones, se realizan las simulaciones. Este es el tipo de dispositivo usado en la mayoría de los servicios meteorológicos del mundo.

Estos modelos parecen acertar en determinados puntos y errar en otros debido a las lagunas existentes en el conocimiento de los mecanismos monzónicos. Las previsiones suelen ir acompañadas de cierto grado de incertidumbre o de una gama de posibilidades, y los datos detallados que ofrecen pueden resultar útiles a los agricultores, a las compañías de seguros y a la planificación y utilización de los recursos hídricos.

Lluvias más intensas

Se trata de los mismos métodos que emplean los climatólogos para prever cuál será la repercusión del cambio climático sobre el monzón dentro de 30 años. Según los modelos climáticos globales del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas, el monzón de Asia meridional se debilitó en la segunda mitad del siglo XX, pero está previsto que a partir de ahora aumente a largo plazo.

Recientemente, algunos científicos han experimentado con las redes neuronales, que son algoritmos informáticos capaces de detectar modelos a partir de un conjunto de datos, igual que hace el cerebro humano.

Esos modelos son capaces de clasificar y seleccionar una enorme cantidad de datos procedentes de observaciones satelitales e inferir tendencias a partir de esa información. Sin embargo, estas previsiones no son mucho más exactas que los antiguos modelos estadísticos, señala Amit Apte. Incluso aunque un ordenador ofrezca previsiones certeras, eso no ahorra a los científicos la tarea de determinar la naturaleza de los fenómenos físicos. "Aunque el código sea eficaz", estima el experto, "necesitamos comprender cómo se forman las nubes". ■



© Prashant Rana

◥ *Nueva Delhi después de dos días de lluvia ininterrumpida*

Clémence Cluzel
Periodista afincada en Dakar

El big data ayuda a combatir la pobreza en Senegal

Para reducir la pobreza, es necesario medirla con exactitud. En Senegal, gracias a un innovador enfoque matemático, se ha podido establecer una cartografía precisa de los niveles socioeconómicos del país.

En Senegal, más de siete personas de cada diez son pobres. Esta estimación se basa en datos recogidos por encuestas sobre el ingreso y el consumo de los hogares, combinados con el censo de población. El problema es que este método resulta muy costoso ya que necesita recursos humanos considerables. Muchos países en desarrollo solo realizan este tipo de encuestas de vez en cuando, lo que limita el seguimiento de la pobreza. Y hay una dificultad añadida: el enfoque clásico ofrece una imagen imprecisa de la situación.

"En Senegal, el método empleado para medir la pobreza consiste en un enfoque monetario que se basa en el ingreso y el consumo. Esta estrategia no permite captar las carencias que padece la gente en ámbitos como la salud, la educación, etc. Sin embargo, los instrumentos de medición deberían permitir que los poderes públicos comprendieran el fenómeno en sus diversas facetas", explica Mamadou Amouzou, demógrafo del Organismo Nacional de Estadística y Demografía (ANSD).

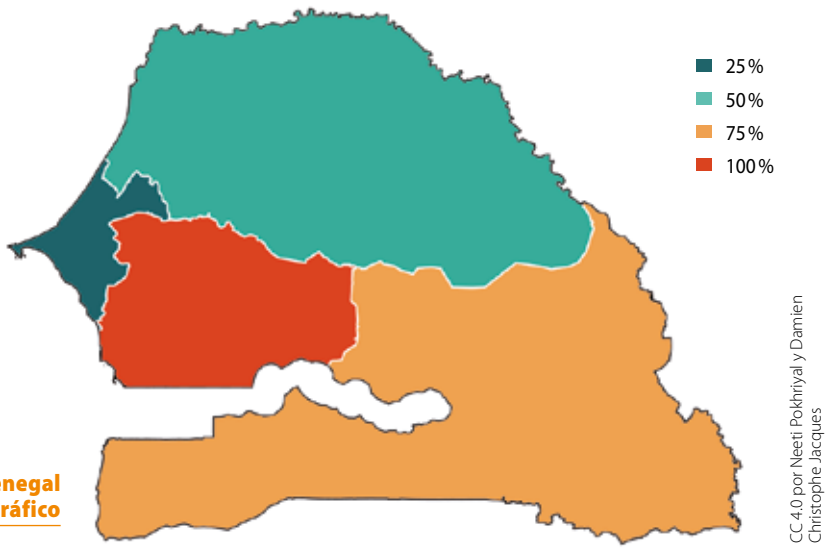
El enfoque matemático basado en la inteligencia de datos, o *big data*, constituye una buena forma de colmar esas lagunas. La encuesta "Combinar diversas fuentes de datos para mejorar la predicción y la cartografía de la pobreza", realizada por Neeti Pokhriyal y Damien Christophe Jacques (2017), es un ejemplo de ese método. En el estudio se combinan datos tradicionales como el censo, los ingresos o el consumo, con datos no tradicionales, como los que proporcionan los teléfonos móviles.

Huellas digitales

Los registros de datos de llamadas de teléfonos móviles proporcionan información sobre los hábitos en gran parte del territorio. Esos datos, que se generan cada vez que se realiza una llamada o se envía un mensaje, indican en qué momento, dónde o con quién se comunican los usuarios. Esas huellas digitales proporcionan indicios sobre el grado de alfabetización, la movilidad o incluso el acceso a la red eléctrica, en correlación con la distribución regional de la riqueza.

En dicha encuesta realizada en Senegal, los datos transmitidos por el operador de telefonía Sonatel procedían de 11.000 millones de llamadas o envíos de textos, que efectuaron nueve millones de usuarios de teléfonos móviles. A estas informaciones, los investigadores añadieron imágenes satelitales que indicaban parámetros como la iluminación nocturna, las carreteras asfaltadas, la densidad de infraestructuras o el tipo de tejado de las viviendas.

Esos elementos, combinados con los datos del censo, permiten trazar un panorama más completo y exacto del nivel de vida de los habitantes. "La pobreza está inscrita en muchos de nuestros



Mapa de la pobreza en Senegal (2016) por sector geográfico

CC 4.0 por Neeti Pokhriyal y Damien Christophe Jacques

gestos. La inteligencia artificial nos permite aprovechar los datos procedentes de encuestas tradicionales para elaborar algoritmos de aprendizaje automático e identificar los esquemas de la pobreza. El objetivo es enseñar a los datos a que expresen la pobreza, aunque no sea su propósito inicial. Este método es mucho más barato, preciso y fácil de actualizar", explica Christiane Rousseau, profesora del Departamento de Matemáticas y Estadística de la Universidad de Montreal.

Esos datos mejorados nos han permitido elaborar mapas de pobreza que ofrecen una perspectiva más dinámica. Estos mapas, realizados a escala de las comunas, reflejan una distribución espacial y temporal de las privaciones socioeconómicas. También muestran, por ejemplo, que las comunas del interior del país presentan niveles de pobreza más altos que la capital, Dakar, y que las regiones del litoral.

Una mina de oro para proyectos de desarrollo

Esos mapas son una herramienta útil para los responsables políticos, ya que pueden orientar las ayudas hacia los más desfavorecidos. "La cartografía tiene un papel que desempeñar en la ordenación del territorio. Mediante el uso de los datos telefónicos, es posible definir quién es elegible para recibir ayuda humanitaria. Es lo que ha hecho en Togo la organización *Give Directly*, que promueve las transferencias directas en efectivo", señala Damien Christophe Jacques, investigador y doctorando en geomática, coautor de la investigación sobre Senegal. "Las matemáticas permiten hacer un uso óptimo de los recursos limitados", afirma por su parte Christiane Rousseau.

Sin embargo, por prometedoras que parezcan, las oportunidades que ofrece la inteligencia de datos no dejan de suscitar interrogantes. Los datos telefónicos pertenecen a los operadores de telefonía móvil, que no tienen mucho interés en comunicarlos y no siempre se prestan a compartirlos. Además, esos datos, que en la mayoría de los casos proceden de un solo operador, no reflejan la situación del conjunto de la población. "Algunas personas disponen de varias tarjetas SIM, mientras otras, como los más pobres, los ancianos o los niños, no tienen teléfono", explica Damien Christophe Jacques, antes de añadir que "aunque las informaciones que proporcionan son muy ricas, esos sesgos podrían llegar a cuestionarse en el marco de estudios más estrictos".

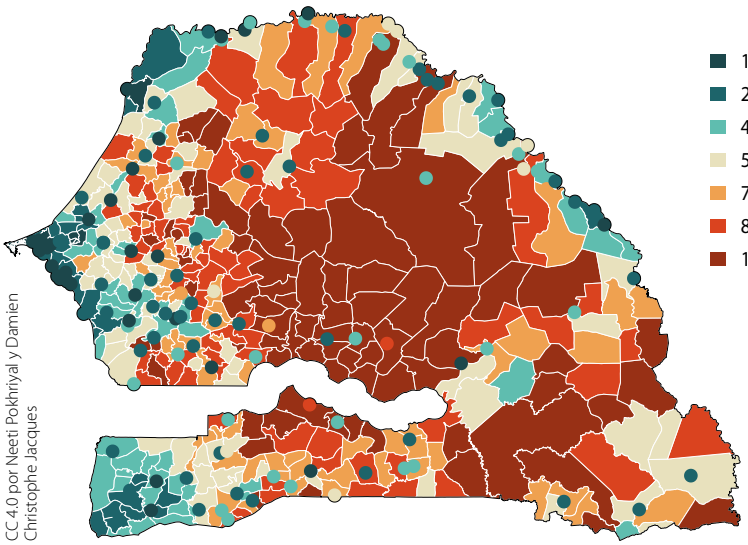
Otra dificultad es la explotación de datos personales: aunque se combinen por zonas, es decir, aunque sean estudiados por grupos, y no individualmente, plantean interrogantes éticos. "Esas informaciones delicadas, que son una mina de oro para los proyectos de desarrollo, plantean también un peligro para la vida privada. Es preciso hallar un equilibrio entre la protección de los intereses individuales y los beneficios que aportan al interés público", resume Damien Christophe Jacques.

"Los datos no tradicionales son un complemento de información. Se trata de un modelo de sustitución, cuando faltan datos del censo, o de un modelo de incremento de la información, cuando ya tenemos los datos. El método proporciona señales fidedignas, pero no es una solución milagrosa", insiste el experto. Una opinión que comparte Emmanuel Letouzé, director de la ONG Data-Pop Alliance y fundador de OPAL (Open Algorithms), un programa que se propone facilitar el acceso y la utilización, con fines sociales, de los datos de telefonía móvil en los países de bajos ingresos.

"En términos generales, ya se conocen las zonas y las razones de la pobreza. La cuestión es qué hacemos con esas informaciones", se pregunta Letouzé. Por el momento, los resultados del estudio realizado en Senegal no se han traducido todavía en un cambio de las políticas que se aplican sobre el terreno. "Sin embargo, no son inútiles, porque contribuyen a sensibilizar a los responsables políticos", afirma. "El cambio de hábitos y percepciones lleva tiempo". ■

> "El big data permite colmar las lagunas de los métodos tradicionales del censo

> "Las oportunidades que ofrece el big data también plantean algunos interrogantes



CC 4.0 por Neeti Pokhriyal y Damien Christophe Jacques

Mapa de la pobreza en Senegal de 2016 actualizado con las 552 comunas, elaborado con *big data*

Fuente: "Combinar diversas fuentes de datos para mejorar la predicción y la cartografía de la pobreza", 2017.

Lisbet Jære
Periodista afincada en Oslo

COVID-19: el modelo noruego

Durante la crisis sanitaria vinculada al COVID-19, las autoridades noruegas fueron de las primeras en establecer modelos matemáticos a partir de la explotación de datos de telefonía móvil. Al proporcionar información precisa sobre los desplazamientos de la población, pudieron cartografiar con exactitud la propagación del virus.

Entre marzo de 2020 y junio de 2022, Arnoldo Frigessi no tuvo ni un minuto libre. Profesor de Estadística de la Universidad de Oslo (UiO) y del Hospital Universitario de la misma ciudad, este científico fue contratado por el Instituto Noruego de Salud Pública (NIPH) para colaborar con el equipo de modelización de la pandemia. Día y noche.

Las autoridades sanitarias necesitaban conocer posibles consecuencias de la pandemia, tales como la progresión en la población y el número previsible de hospitalizaciones y muertes. Y el equipo de modelización se consagró a esta tarea.

"A veces hacíamos jornadas laborales de 17 horas. Mi sueldo lo pagan los contribuyentes, lo que implica una gran responsabilidad de cara al público", afirma el experto. "Los modelos matemáticos permiten explicar o representar situaciones complejas como una pandemia. Así que nos dedicamos a elaborar modelos que permitieran explicar las complejas relaciones existentes entre la conducta de las personas, la difusión del virus y las medidas adoptadas por las autoridades sanitarias del país".

Interdependencias complejas

"Noruega fue uno de los primeros países que dispuso de un modelo eficaz basado en datos de los teléfonos móviles", apunta Frigessi. "Ya teníamos sólidos datos demográficos del número de admisiones hospitalarias y de las tasas de positividad". Sin embargo, explica, aunque un modelo matemático permite el seguimiento de un gran número de individuos y de los factores que influyen en el curso de la enfermedad, nunca ofrece una imagen exacta de la realidad.

Como muchos otros países, Noruega utilizó un SEIR, un modelo epidemiológico que permite prever la dinámica de las enfermedades infecciosas mediante la clasificación de las personas en cuatro categorías posibles: susceptibles [S], expuestos [E], infectados [I] o recuperados [R]. El equipo adaptó este modelo al COVID-19, basándose en datos demográficos, epidemiológicos y de movilidad.

Los modelos más sencillos, como los que se aplican al cáncer, se basan en la hipótesis de que los factores de riesgo permanecen constantes en el tiempo y el espacio. La dificultad, al tratarse de una pandemia, es que un individuo puede infectar a otro, lo que genera interdependencias complejas.

> "Un modelo matemático permite el seguimiento de gran número de factores que influyen en el curso de la enfermedad

Arnoldo Frigessi tiene una vasta experiencia en materia de modelización de enfermedades infecciosas, habiendo trabajado sobre la propagación del VIH a principios de los años noventa. "Una de las mayores diferencias es que el VIH se difundió lentamente, mientras el COVID-19 se propagó como fuego sobre un reguero de pólvora. Pero ambas infecciones tienen un punto en común: se puede ser portador del virus sin mostrar síntomas, rasgo que complicó mucho la elaboración del modelo".

"La cazadora del Corona"

Fue el aprovechamiento de los datos procedentes de los teléfonos móviles lo que permitió que el modelo noruego destacara de los demás. Al proporcionar información sobre la movilidad de la gente, esos datos permiten predecir con exactitud la propagación del virus.

En 2020, Solveig Engebretsen fue identificada por el periódico *Norwegian Business* como una de las estrellas ascendentes de la juventud noruega. El tema central de su tesis doctoral fue la utilización de los datos de telefonía móvil en la elaboración de modelos matemáticos sobre la gripe. Frigessi había sido su director. A principios de 2020, Engebretsen se incorporó al equipo de modelización, donde recibió el apodo de "la cazadora del Corona".

El equipo recibió autorización para utilizar los datos de telefonía móvil de la empresa de telecomunicaciones Telenor,



© Itziar Barrios para *El Correo de la UNESCO*

que brinda servicio a la mitad de la población del país. "Cada seis horas", explica la joven, "recibíamos los datos de los móviles sobre los desplazamientos dentro del perímetro municipal. Cartografiando los movimientos, creamos modelos de propagación de la infección dentro de los municipios noruegos".

Gestionar lo desconocido

La rapidez de trasmisión del virus se midió por el número R, o tasa de reproducción del virus, que cuenta todos los casos de COVID-19 generados por una persona infectada. Se consideró que la progresión se detenía cuando el valor de R era inferior a 1. En el modelo en cuestión, el valor de R estaba determinado por los datos hospitalarios y los resultados de los tests. Puesto que los tests ya no son obligatorios, ahora ese valor se basa únicamente en el número de hospitalizaciones.

"Teníamos miedo de equivocarnos constantemente", recuerda Frigessi. Por lo general, los proyectos de investigación prevén que los resultados se verifiquen dos o tres veces, lo que resultaba imposible en el contexto de urgencia de la pandemia. Pero la falta de tiempo no era el único reto al que tuvieron que enfrentarse. El equipo tuvo que estar pendiente de los incesantes cambios de estrategia, las conductas, las modalidades de detección y las variantes del virus. En cada mutación, era preciso adaptar el modelo.

> **"Los datos de los teléfonos móviles permitieron afinar los modelos de propagación de la infección**

"A los seres humanos no nos resulta fácil gestionar lo desconocido y las grandes cifras. Los modelos matemáticos y las estadísticas son una herramienta sistemática para reunir las informaciones disponibles sobre el virus", explica Engebretsen, señalando que el NIPH también ha utilizado otros modelos.

Otro desafío radica en cómo transmitir al público esta complejidad. "A veces nos han acusado de ser demasiado pesimistas, especialmente en lo relativo a las hospitalizaciones. En ese ámbito, se adoptaron medidas suplementarias, pero nuestras previsiones no tomaban en cuenta la repercusión de esas nuevas medidas", precisa la experta.

"Los científicos deben aprender a explicar mejor los temas más complejos, pero los responsables políticos y los ciudadanos también tienen que entender que se trata de informaciones complicadas, que exigen algunos esfuerzos de su parte. No todo se puede simplificar", insiste Frigessi, y recuerda que la gestión de una pandemia no es solo un asunto de cifras y estadísticas. "Cuando hay que tomar decisiones, las dimensiones éticas, sociales y económicas también pesan en la balanza". ■

Entrevista realizada por
Chen Xiaorong
UNESCO

Liu Jianya y Guo Liang : “Es posible reducir la huella de carbono del metaverso”

El metaverso se basa en modelos de inteligencia artificial y servicios en la nube que consumen mucha energía. Los trabajos de los investigadores Liu Jianya y Guo Liang muestran cómo se pueden utilizar las matemáticas para reducir su impacto medioambiental.

¿Qué relación tiene el metaverso con las matemáticas?

Hace casi un año, Facebook anunció que cambiaba de marca para convertirse en Meta y que iba a concentrar sus esfuerzos en el “metaverso” del futuro. Desde entonces, el significado del concepto no ha llegado a aclararse del todo.

En términos matemáticos, definimos el metaverso como una función representada por dos conjuntos de objetos cuya relación se materializa con flechas. Un primer conjunto representa objetos de la vida real como, por ejemplo, el palacio de Versalles. El segundo conjunto hace referencia a modelos informáticos de objetos del mundo real como, por ejemplo, un palacio de Versalles digital, que puede visualizarse y manipularse sobre una pantalla.

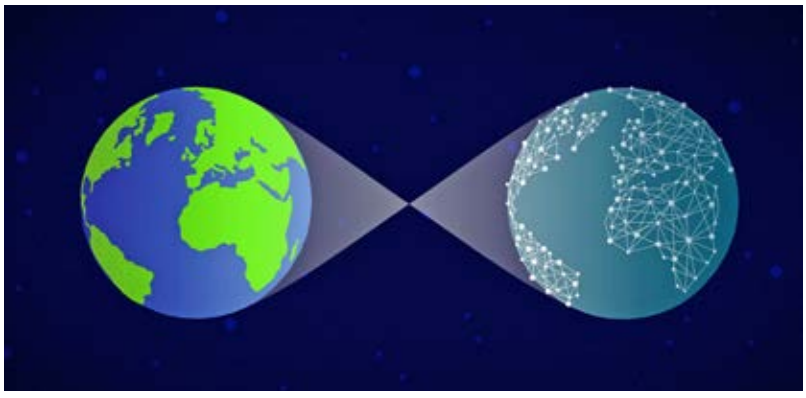
En resumen, el metaverso puede considerarse como la operación matemática que vincula cada elemento del mundo real con uno o más elementos de un mundo digital o virtual.

***Entonces, ¿los metaversos pueden crear un doble de nuestra* realidad?**

Quizá sí, pero ¿con qué propósito y a qué precio? En general, en la base de todo metaverso operan dos tipos de tecnologías: las tecnologías de adquisición de datos y las tecnologías de realidad virtual. La adquisición de datos es la técnica de captar (mediante fotos digitales o un escáner de láser) la forma y el aspecto de las cosas naturales para ofrecer una imagen generada por ordenador. La realidad virtual (o su gemelo digital) consiste en generar objetos digitales para reproducir el mundo físico. Ambas técnicas consumen un gran volumen de tiempo en términos de cálculo informático. Las dos se apoyan mucho en modelos de inteligencia artificial y en servicios en la nube, que son grandes consumidores de energía.

Según un estudio realizado recientemente por investigadores de la universidad de Massachusetts, el entrenamiento que requiere un solo modelo de inteligencia artificial podría generar alrededor de 284 toneladas de dióxido de carbono, es decir, cinco veces la cantidad de gas de efecto invernadero que emite un automóvil a lo largo de toda su vida útil. La informática en la nube, indispensable para la realidad virtual, así como los juegos en línea y las imágenes de alta resolución, también podrían aumentar considerablemente las emisiones de carbono.

Por lo tanto, los promotores del metaverso deberían tener una responsabilidad medioambiental. Una modelización en tres dimensiones del palacio de Versalles es útil, porque un sitio de visita virtual permite a personas del mundo entero sumergirse en los frescos interactivos y



© Falcó para *El Correo de la UNESCO*

> **“El entrenamiento que requiere un solo modelo de inteligencia artificial genera alrededor de 284 toneladas de CO_2**

Guo Liang

Profesor de Ciencia de Datos en la Universidad de Shandong, en China, Guo Liang obtuvo su doctorado en la Universidad de Cambridge, en Reino Unido. Antes de incorporarse a la Universidad de Shandong, fue director adjunto de la Cátedra BNP-KPMG para la Innovación en la escuela de negocios NEOMA, en Francia.

Liu Jianya

Corredactor jefe de la publicación Mathematical Culture, *Liu Jianya es profesor emérito de matemáticas en la Universidad de Shandong. En 2003 fue designado titular de la cátedra de investigación del Ministerio de Educación de China, y en 2014 recibió el Premio Nacional de Ciencias de ese país.*

El metaverso, un universo paralelo

Nacido de la síntesis de la raíz "meta", más allá, y la palabra "universo", el concepto de metaverso designa un mundo paralelo al nuestro. El término fue acuñado por el autor de ciencia-ficción Neal Stephenson en su novela *Snow Crash*. En esa obra premonitoria publicada en 1992, los ciudadanos utilizan avatares digitales para explorar un mundo virtual.

En la actualidad, el término metaverso designa los sucesos que acontecen en universos virtuales tridimensionales e inmersivos, a los cuales el usuario accede en forma de avatar, y en los que puede desplazarse e interactuar socialmente, y a veces económicamente, con otros usuarios. Ese espacio cibernético puede simular el mundo real o no. Puede reproducir las leyes físicas del mundo real, tales como la gravedad, el tiempo, el clima o la geografía o, por el contrario, emanciparse de esas limitaciones físicas.

Las modalidades de inmersión son múltiples (realidad aumentada o realidad virtual, con o sin casco de visión, encarnación en un avatar) y la simulación la comparten todos los usuarios que están conectados y prosigue aún en ausencia de los participantes. Cada cual es libre de incorporarse o de abandonar la experiencia.

Hay diversos tipos de metaversos: hiperrealistas, proyectados sobre una pantalla o tridimensionales (inmersión mediante casco de visión), así como posibilidades de interacción más o menos elaboradas. Los metaversos se apoyan en tecnologías diversas, entre las más avanzadas de las cuales figuran los cascos de visión y las cadenas de bloques *(blockchain)*.

El concepto ha sido adoptado masivamente por los creadores de videojuegos y las grandes empresas de redes sociales. Pero sus aplicaciones no se limitan al campo del entretenimiento; también abarcan ámbitos tan diversos como el teletrabajo, el turismo, la educación, la sanidad o el sector inmobiliario.

descubrir pinturas, esculturas y grabados de una forma novedosa. Por el contrario, es inútil desperdiciar energía para crear el gemelo digital de un ayuntamiento sin interés arquitectónico, porque no es necesario que un ciudadano utilice un dispositivo de realidad virtual para "pasearse" por la maqueta digital de un edificio ordinario de hormigón con el fin acceder a los servicios públicos.

¿Qué repercusiones medioambientales tienen los metaversos ?

Hoy en día los metaversos constituyen uno de los asuntos tecnológicos y socioeconómicos más importantes. Son muchas las empresas que trabajan ya en la creación de servicios destinados a ese nuevo mundo digital. Pero las aplicaciones tecnológicas vinculadas al metaverso, como la inteligencia artificial, la realidad virtual, la animación tridimensional, la cadena de bloques (*blockchain)* y muchos otros, se centran siempre en el ser humano: las decisiones que se adoptan dan prioridad a la actividad humana en detrimento del medio ambiente.

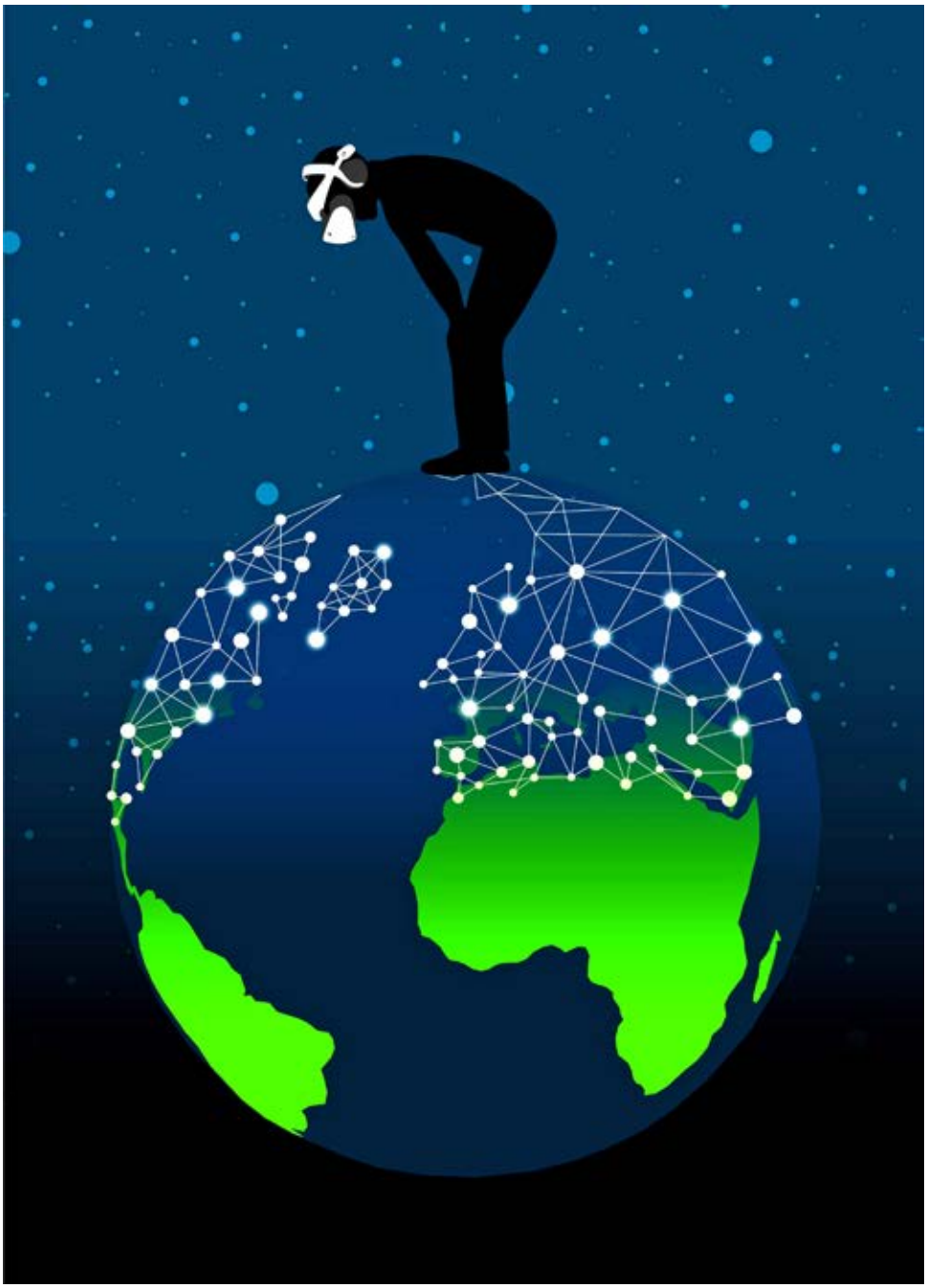
Sin embargo, la inteligencia artificial y los dispositivos que la soportan acarrean un aumento de los costos medioambientales. La preparación de los modelos de aprendizaje profundo que utilizan redes neuronales artificiales para tratar grandes conjuntos de datos consume cada vez más energía y recursos de cálculo, lo que hace que las preocupaciones financieras y medioambientales sean cada vez mayores.

La creciente complejidad de los metaversos va acompañada de una inflación de datos. Y ese es su aspecto más nocivo: los bancos de datos consumen una cantidad de energía considerable. Se desconoce la cantidad de energía que se necesita para almacenar los datos generados por y para los metaversos, pero probablemente la suma sea desorbitada. Además, el edificio y los sistemas de climatización de un centro de datos también producen altas cantidades de CO_2.

En resumen, los metaversos requieren mucha energía y mientras más se usan, tanto ellos como las tecnologías asociadas, más energía gastamos. El sector tecnológico y los investigadores tienen la responsabilidad de extraer las lecciones de su impacto en el medio ambiente. Cualquier decisión tecnológica debe tener en cuenta la dimensión medioambiental.

***¿Cómo pueden contribuir las matemáticas a reducir su huella* medioambiental?**

Las matemáticas pueden contribuir de diversas maneras a reducir el consumo de energía de los metaversos. Por ejemplo, el método de los investigadores de la universidad tecnológica de Nanyang, en Singapur, se basa en el escaneo selectivo para crear contextos virtuales. Así, en vez de transmitir toda la imagen captada, la máquina selecciona primero automáticamente los objetos de interés y los transmite a los servidores de metaversos. Para transmitir datos relativos a una escena de transporte público, por ejemplo, los peatones y los vehículos serán escaneados mediante la aplicación de un cálculo innovador, mientras los demás objetos del lugar necesitarán menos cálculos y energía.



© Falcó para *El Correo de la UNESCO*

> **Los métodos de cálculo innovadores facilitan la reducción del consumo de energía en las tecnologías del metaverso**

Para reducir el consumo de energía de las tecnologías del metaverso, nuestro equipo de la universidad de Shandong trabaja sobre un método de muestreo derivado de la teoría analítica de los números. Nos centramos en el escaneo láser, que es el medio más eficaz de generar representaciones digitales de modelos digitales tridimensionales para los metaversos.

Un escáner láser emite un haz de luz infrarroja hacia un espejo rotativo, que a su vez dirige la luz sobre el entorno. Los objetos que están en la trayectoria del láser reflejan el haz de luz hacia el escáner, proporcionando datos geométricos que se traducen en datos tridimensionales. Al mismo tiempo, la cabeza del escáner gira y desplaza el láser sobre la superficie del objeto, creando multitud de puntos. El registro, la visualización y el tratamiento de esa gran masa de puntos exigen cálculos muy prolongados.

Por ejemplo, para generar en el metaverso la imagen del obelisco de la Plaza de la Concordia de París, el escaneo de láser tendría que producir un millón de puntos de referencia con el fin de obtener los parámetros exactos del monumento y crear su gemelo digital. Pero gracias a nuestro método, el escáner puede obtener un gemelo digital con el 40% menos de puntos de medición. Este método permite reducir considerablemente el tiempo y la energía necesarios para la creación de un metaverso. La reducción del tiempo de cálculo informático se traduce así en una disminución de las emisiones de carbono. ■

Entrevista realizada
por **Linda Klaassen**

UNESCO

Dan Meyer:
"Las matemáticas tienen un obvio problema de percepción en los alumnos"

Dan Meyer

Dan Meyer fue profesor de matemáticas en la enseñanza secundaria antes de obtener un doctorado en pedagogía en la Universidad de Stanford, en Estados Unidos. Actualmente es director de investigación en Desmos, una empresa que elabora instrumentos y programas matemáticos gratuitos para docentes de todo el mundo.

¿Las matemáticas son abstractas, demasiado difíciles o están reservadas a una minoría selecta? Experto en pedagogía, Dan Meyer cuestiona estos tópicos. Meyer culpa a los métodos tradicionales de enseñanza e invita a adoptar programas que estimulen el intercambio de ideas y de conocimientos entre los alumnos, en vez de exigirles que adquieran un saber puramente académico.

¿De dónde procede su interés por las matemáticas?

En la escuela siempre me gustaron las matemáticas, aunque también tuve mi cuota de decepción y desaliento. De hecho, fueron precisamente esas experiencias negativas las que me ayudaron a comprender a los estudiantes que tropiezan con dificultades. Pero también tuve la suerte de coincidir con docentes excepcionales, que mostraban interés por los alumnos y que supieron apreciar mis ideas, aunque estas no tuvieran nada de nuevo.

Además, viví momentos muy interesantes al usar las matemáticas para conseguir objetivos concretos o dar respuestas a preguntas que se me planteaban. No era algo que hacía exclusivamente para lograr buenas notas o para conseguir un diploma. Por ejemplo, en el supermercado, sentía curiosidad por saber cuál era la caja más rápida: ¿la cola exprés, en la que hay muchas personas con pocos artículos, o la que atiende a pocos clientes con carritos repletos de mercancías? Es apasionante tomar una experiencia de la vida cotidiana y aplicar las matemáticas para tratar de hallar una respuesta.

¿Por qué hay tantos alumnos "traumatizados" por esta asignatura?

En Google, la pregunta "¿Por qué soy nulo en mates?" presenta un número de consultas muy superior a la misma pregunta aplicada a materias como las lenguas, las ciencias o la historia. Es evidente que las matemáticas tienen un problema de percepción entre los alumnos. Se trata de un tema cultural y de contexto familiar, pero los docentes también tienen parte de responsabilidad.

En las demás asignaturas, generalmente nos esforzamos por saber qué conocimientos previos tienen los estudiantes, pero en matemáticas, se parte del principio de que tienen poco conocimiento. Para conseguir buenas notas se les exige que hagan abstracción de todo lo que saben sobre números, formas y modelos, y que asimilen todo un conjunto de saberes académicos. No habría que plantearles problemas de, por ejemplo, cómo correr diez kilómetros a velocidad constante, si los alumnos saben que esa posibilidad no existe en la vida real. Y, sin embargo, ¡es lo que hacemos todo el rato! Así, ellos terminan por creer que las matemáticas son una disciplina etérea, que les obliga a renunciar a su idea de sí mismos y del mundo.

Además, existe la tendencia a creer que el mundo se divide entre los superdotados y los nulos para las matemáticas. En general, eso no ocurre en las humanidades, en las que la verdad suele derivarse de un consenso que permite que tanto los no especialistas como los expertos puedan expresar sus ideas. En matemáticas, sin embargo, es preciso complacer a historiadores fallecidos hace siglos, que crearon el canon matemático. ¡Eso puede ser una experiencia traumatizante! No estoy seguro de querer asistir, día tras día, durante doce años de mi vida, a una clase en la que tengo que esforzarme para complacer a un elenco de cadáveres.

¿Cómo habría que enseñar las matemáticas para que fueran atractivas a los alumnos?

Es preciso que hagamos un esfuerzo para ofrecer a los estudiantes experiencias que despierten sus sentidos y les ayuden a recordar conocimientos que ya poseen. Es importante que se interesen por las actividades que se les proponen y que comprendan su utilidad. Es frecuente que muchos alumnos terminen el curso con una sensación de incomodidad, sintiéndose menos competentes y menos provechosos que antes de empezar a estudiar.



© Boris Séméniako para *El Correo de la UNESCO*

¡Es una vergüenza! Deberíamos consagrar toda nuestra energía a la forma de enseñar las matemáticas.

Últimamente, dedico mucho tiempo a tratar de comprender cómo hacer justicia al increíble valor de las vidas humanas de las que los profesores formamos parte por un breve instante. Si los alumnos no se sienten apreciados por su entorno, eso debería empujarnos a hacer algo para cambiarlo.

¿Cómo motivar a los docentes para que cambien sus métodos de enseñanza?

Los docentes son absolutamente indispensables. Aunque soy muy crítico con su enfoque pedagógico, también siento un respeto inmenso por su trabajo. Algo que pueden hacer mejor que la tecnología es proporcionar a los alumnos ocasiones para compartir el contenido de sus mentes e intercambiar sus conocimientos sobre matemáticas. Por ejemplo, pueden dibujar en la pizarra varias formas similares, pero diferentes, y preguntarles: "¿En qué se parecen y en qué se diferencian estas formas? ¿Cuál de ellas es ajena al conjunto?" El docente genera así un contexto de confianza y permite que expresen sus ideas, y esa actitud facilita el aprendizaje y permite que los alumnos disfruten de estudiar.

Cuando era profesor, dedicaba mucho tiempo a modificar y perfeccionar los cursos. En esa tarea, los docentes necesitan de un acompañamiento particular. La mayoría de los programas escolares se limitan a decir a los alumnos: "Nos importa poco lo que ustedes ya saben. ¡Aquí tienen lo que nosotros sabemos y se lo vamos a imponer!" Hay que proponer a los docentes otros métodos pedagógicos. Hay que ayudarles a escuchar eficazmente, a conectar entre sí diferentes ideas. La tarea es titánica. Cualquiera que haya practicado la docencia comprende la complejidad de este trabajo, que exige a la vez ser sociólogo y psicólogo, y además dominar plenamente la asignatura que uno imparte. Es un cometido sumamente difícil, que requiere múltiples apoyos.

***¿Cómo debería ser el manual escolar de matemáticas del* futuro?**

El manual del futuro debería conceder tanto espacio al desarrollo de las ideas de los alumnos como a las teorías del pasado. Ese libro debería preguntarse en cada página: "¿Por qué se inventaron las nuevas matemáticas? ¿Qué problema se supone que han de solucionar? ¿Por qué las teorías anteriores han resultado inoperantes?" El manual del futuro debería explicar por qué necesitamos esas matemáticas innovadoras, y ayudar a los alumnos a examinar esa necesidad. Debemos ocuparnos de las necesidades reales que tienen los seres humanos durante su proceso de aprendizaje. ■

Rachel Genevieve Chia

Periodista afincada en Singapur

En Singapur, las mujeres se mantienen alejadas de las carreras científicas

Aunque las estudiantes de Singapur logran buenos resultados en matemáticas, y a veces incluso superan a sus condiscípulos, las jóvenes son minoría en los puestos científicos o tecnológicos. La razón: la falta de confianza, que a menudo les hace evitar carreras tradicionalmente masculinas.

Cuando tropieza con alguna dificultad en su trabajo, Joelle Lim, criptógrafa de 27 años, a veces duda de sí misma. En esos momentos siente sobre ella el peso de algunos comentarios masculinos poco corteses, que a veces insinúan que el éxito profesional de las mujeres se debe más a la discriminación positiva que a sus méritos propios. Joelle, que trabaja de investigadora en los servicios de defensa de ese país insular de casi seis millones de habitantes, forma parte del grupo cada vez más numeroso de mujeres contratadas en el sector de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por su siglas en inglés).

Para atraer el talento femenino a esos ámbitos, la ciudad-Estado intensifica sus esfuerzos con el fin de mantener a las mujeres en esas carreras, abordando causas de ese desinterés como el techo de cristal – las barreras invisibles que dificultan que las mujeres que lo deseen alcancen puestos de mayor responsabilidad – o el cuidado de los hijos. Pero existe otro obstáculo menos visible y más insidioso que aleja a las mujeres de las carreras científicas: la falta de confianza.

> **“La mitad de las mujeres que ha recibido formación en STEM trabaja en profesiones que no guardan ninguna conexión con los estudios cursados**

Cifras elocuentes

Un estudio reciente de la Universidad de Tecnología de Nanyang (NTU) indica que las mujeres de Singapur confían mucho menos en sus capacidades matemáticas que sus homólogos masculinos. Esta conclusión resulta aún más sorprendente si se tiene en cuenta que los resultados académicos de las chicas en matemáticas están en plano de igualdad con los de los muchachos.

Los estudiantes del país, sin distinción de sexo, figuran entre los mejor clasificados en las evaluaciones mundiales del tipo PISA (Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos) y, según explica un portavoz del Ministerio de Educación, los manuales y las ayudas didácticas en matemáticas se revisan cuidadosamente para evitar cualquier estereotipo sexista.

En Singapur, las jóvenes logran resultados incluso mejores que los de sus condiscípulos. Según revelan las estadísticas del gobierno, entre 2005 y 2020, las alumnas que alcanzaron un título en ciencias naturales, física o matemáticas fueron más numerosas que los hombres: en promedio, ellas ocuparon el 62 % de las plazas en las ceremonias de graduación.

Pero a la hora de ingresar en el mercado de trabajo, las mujeres parecen perder esta ventaja. Según Sierin Lim, profesora adjunta de bioingeniería y autora del estudio de la NTU, el porcentaje de mujeres que trabajan en carreras científicas y tecnológicas es sorprendentemente reducido. El estudio indica que casi la mitad de las titulares de un diploma trabajan en profesiones que no guardan ninguna conexión con los estudios cursados. Según datos del Ministerio de Trabajo, en 2020 las mujeres solo representaban un tercio de las personas empleadas en el sector STEM.

Un déficit de confianza

Cheng Chi-Ying, profesora de la Universidad de Administración de Singapur (SMU), estudia los niveles de confianza de las alumnas del primer ciclo de informática y sistemas de información. Los resultados preliminares de su investi-

gación son alarmantes. Desde el primer semestre, las jóvenes muestran un déficit de confianza en comparación con los hombres. Y ese déficit aumenta a medida que avanza el curso escolar.

Chi-Ying lo atribuye a los estereotipos de género. "La industria conserva una imagen ideal de masculinidad del profesional en el sector STEM", señala, "hasta el punto de que las mujeres deben redoblar sus esfuerzos para integrarse en ese ámbito".

Esas presiones se manifiestan de diversas maneras, que van desde la afirmación excesiva de sí misma hasta el disimulo de toda emotividad. Según Cheng, "las alumnas tienen dificultad para conciliar su identidad profesional con su identidad de género, y muchas de ellas no lo consiguen".

Por su parte, Georgette Tan, presidenta de la organización no lucrativa United Women Singapore, que defiende la igualdad de género, considera que esa contradicción se impone durante la adolescencia. "Las chicas nos dicen que en el hogar sus padres les animan menos que a sus hermanos a que busquen trabajo en el sector STEM. Algunos piensan todavía que esos empleos no son adecuados para las mujeres", añade. "Los clichés son tenaces".



© Sylvie Serprix para *El Correo de la UNESCO*

Para remediar esta situación, United Women coordina desde 2014 un programa que ya ha acogido a unas 26.000 adolescentes, de edades comprendidas entre los 10 y los 16 años. "Albergamos la esperanza de que los padres comprendan que su hija puede ser excelente en STEM, conseguir un buen empleo y ganarse la vida holgadamente", afirma Tan.

Modelos que sirvan de inspiración

Luchar contra las ideas tradicionales es un primer paso. Pero también hay que proponer modelos que muestren a las mujeres que pueden dar la talla en las carreras que quieran. "Las jóvenes necesitan personas que les inspiren", declara Tan.

En este contexto, su organización añadió al programa un curso de tutoría el año pasado. Su equipo coordina también pasantías en las empresas y prepara a las alumnas para el mundo laboral, brindándoles formación en competencias como la organización de reuniones. "Cuando esas mujeres se incorporan al mercado de trabajo, deben estar ya en condiciones de rendir", explica Tan. "Por eso es fundamental que se preparen bien para su primer empleo".

Con el fin de "reforzar la resiliencia", la Universidad de Tecnología de Nanyang ha previsto también poner a las estudiantes de STEM en contacto con los mentores de la industria, y organizar talleres para la enseñanza de competencias no técnicas, como la comunicación y la autogestión.

Por su parte, el Ministerio de Educación de Singapur se dispone a iniciar un programa de becas para estudios de ingeniería y tecnología, que ofrecerá a las graduadas de secundaria que dispongan de una formación sólida en ciencias y matemáticas un acceso precoz a una experiencia laboral en una empresa.

Las niñas ya igualan a los niños en la escuela, según un informe de la UNESCO

Al principio de su escolaridad, los niños obtienen mejores resultados que las niñas en matemáticas, pero después la diferencia se reduce, incluso en los países más pobres. Así lo muestra una publicación del Informe de Seguimiento de la Educación en el Mundo de la UNESCO, presentado en abril de 2022, en el que se examinan los datos de escuelas primarias y secundarias de 120 países.

La tendencia es la misma en todas partes: tras unos años en las aulas, las chicas recuperan el terreno perdido. En algunos países, la tendencia incluso se invierte. En Camboya, Congo, Malasia o Filipinas, en el octavo año de escolaridad las chicas están por delante de los chicos en matemáticas.

Sin embargo, los estereotipos perduran y, a pesar de estos buenos resultados, aún no se han eliminado los obstáculos que impiden la igualdad de acceso de las niñas a las oportunidades científicas. De hecho, aunque ellas se pongan al día al acabar la primaria y la secundaria, en todos los países los chicos siguen estando sobrerrepresentados entre los mejores estudiantes de esta asignatura. Además, en los países de ingresos medios y altos, las chicas obtienen mejores resultados en la enseñanza secundaria, pero son menos susceptibles de optar por carreras científicas.

Maryam Mirzakhani, primera ganadora de la Medalla Fields

Un techo de cristal se rompió en 2014 cuando la matemática iraní Maryam Mirzakhani ganó la Medalla Fields, convirtiéndose así en la primera mujer y la primera iraní en obtener este prestigioso premio de matemáticas.

La recompensa reconocía las "destacadas contribuciones de Maryam Mirzakhani a los campos de la geometría y los sistemas dinámicos, especialmente en la comprensión de la simetría de superficies curvas como las esferas, los toroides y los objetos hiperbólicos".

Nacida en Teherán, en Irán, en 1977, Maryam Mirzakhani se sintió inicialmente atraída por la escritura, pero finalmente se rindió a otra de sus pasiones: las matemáticas. Durante sus estudios secundarios, fue una de las primeras iraníes en clasificarse para la Olimpíada Internacional de Matemática, donde ganó dos medallas de oro. Tras cursar un máster en la Universidad Tecnológica Sharif de Teherán, en 2004 se trasladó a la Universidad de Harvard, en Estados Unidos, donde se doctoró, y en 2009 pasó a ser profesora de matemáticas en la Universidad de Stanford, en el estado de California.

Maryam Mirzakhani es ahora un icono para las investigadoras de todo el mundo. "Estoy segura de que muchas otras mujeres recibirán estos premios en los próximos años", dijo en 2014. Sin embargo, no estuvo ahí para ver la segunda Medalla Fields concedida a una mujer, la ucraniana Maryna Viazovska, en 2022. Mirzakhani murió de cáncer de mama en 2017, a los 40 años de edad.

Descrita como una de las mayores matemáticas de su generación, dio su. nombre a varios premios, como el Premio Maryam Mirzakhani New Frontiers y el Premio Maryam Mirzakhani de Matemáticas. La fecha de su cumpleaños, el 12 de mayo, también fue elegida en 2019 para lanzar una iniciativa mundial anual en favor de las mujeres matemáticas.

Un abanico de posibilidades

La falta de perspectivas profesionales para las mujeres que sienten la vocación de estudiar matemáticas puras – no aplicadas – es otro desafío al que las alumnas tienen que enfrentarse. "Antes la actitud era: 'consigue primero el diploma, y luego, ya veremos'", recuerda Charmaine Sia, Catedrática de Matemáticas de la Universidad de Nueva York.

En 2006, esta ciudadana de Singapur, de 35 años, descubrió que ninguna beca permitía preparar un doctorado en matemáticas puras en el extranjero y luego hacer carrera en su país. En cambio, agrega esta titular del Premio de Matemáticas Alice T. Schafer, "¿Quién hubiera imaginado que las empresas de Wall Street iban a rivalizar entre sí para contratar a todas las graduadas universitarias en matemáticas e informática?"

Los estudios de esta disciplina ofrecen numerosas posibilidades profesionales a las diplomadas, especialmente en el ámbito de las finanzas. Jaya Dass, directora general de Ranstad Singapur, señala que en los seis últimos meses su agencia de empleo ha colocado en el sector financiero a la mitad de las candidatas con esta titulación. "Ahora que ya poseen un diploma de matemáticas", explica Dass, "las mujeres empiezan a comprender que hay formas más interesantes de utilizarlo".

> **"En los últimos años, se han multiplicado las iniciativas orientadas a facilitar la transición de las mujeres hacia el sector STEM**

Esas transformaciones vienen ocurriendo desde hace décadas. Angeline Tan, de 54 años, Directora de Servicios Financieros de una sociedad de consultores de Singapur, es buen ejemplo de lo anterior. Titular de un doble diploma en Física y Matemáticas, Angeline dejó la docencia en 1995 debido a las exigencias horarias. No fue un problema de confianza, asegura, "por el contrario, mi facilidad para el manejo de los números me daba mucha seguridad". Pero hoy en día, es el sector tecnológico, con empleos vinculados a los datos, los sistemas informáticos y la inteligencia artificial, el que avanza viento en popa.

Por su parte, la estudiante Jamie Lim se propone escoger la especialidad de informática cuando acceda a la universidad, dentro de dos años. "Las salidas profesionales son más evidentes y podría seguir estudiando matemáticas", afirma esta adolescente de 17 años, alumna del Instituto NUS de Matemáticas y Ciencias, que representó a su país en las olimpiadas regionales de matemáticas e informática. Segura de sus propias capacidades, Jamie lamenta que las mujeres cualificadas abandonen las profesiones vinculadas a las matemáticas. "Si yo estudio una materia que realmente me gusta, no la abandonaré con tanta facilidad. Pero", reconoce, "es difícil afirmarlo rotundamente, porque todavía no estoy en esa situación". ■

Nick Dall

Periodista afincado en Ciudad del Cabo, Sudáfrica

La complicada ecuación de la enseñanza de las matemáticas en Sudáfrica

Los alumnos sudafricanos tienen dificultades con las matemáticas. Estas deficiencias en un país que cuenta, sin embargo, con universidades de prestigio mundial, se explican sobre todo por la escasez de profesores competentes y por los efectos nocivos de las antiguas políticas de discriminación. Los expertos afirman que, para invertir la tendencia, es preciso reforzar la enseñanza de esta asignatura desde los primeros años de escolaridad.

Las estadísticas confirman algo quienes trabajan en el terreno saben desde hace décadas: a los estudiantes sudafricanos no se les dan bien las matemáticas. Es la conclusión del estudio Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) [Tendencias internacionales relativas al estudio de las matemáticas y las ciencias], realizado en 2019. Según el informe, en la enseñanza primaria, Sudáfrica ocupa uno de los últimos lugares de la clasificación, que refleja resultados de 64 países. La situación no mejora en secundaria, donde los alumnos de noveno curso (16-17 años) terminaron los penúltimos de 39 países. Y un dato aún más inquietante: menos de la tercera parte de los estudiantes de último año de secundaria toma cursos de matemáticas y solo la mitad de ellos logran aprobar los exámenes, según indica el Instituto Sudafricano de Expertos en Contabilidad, con sede en Midrand.

Esos malos resultados son, en primer lugar, fruto de la historia, afirma Jonathan Jansen, profesor emérito de la Universidad de Stellenbosch, situada a unos 50 kilómetros de Ciudad del Cabo. Durante el Apartheid, la Ley de Educación de los Bantúes de 1953 se tradujo por una infraeducación de las personas de color. Hendrik Verwoerd, que fue primer ministro de 1958 a 1966, afirmaba entonces: "¿De qué sirve enseñar matemáticas a los niños bantúes, si luego no las pueden usar en la vida diaria ? Es completamente absurdo. La educación debe formar a las personas en función de las posibilidades que la vida les ofrece y de la esfera en la que evolucionan".

Casi 70 años más tarde esa política, que se abandonó al terminar el régimen del Apartheid, sigue ejerciendo efectos nefastos sobre el sistema educativo. Los estudiantes que asisten a las escuelas antaño reservadas exclusivamente a los negros, siguen obteniendo malas notas en matemáticas, mientras los alumnos de las antiguas escuelas de blancos logran resultados iguales o superiores a sus homólogos europeos o estadounidenses. Pero la política de segregación que se aplicó durante años no alcanza a explicarlo todo. "La historia de los demás países de África meridional es similar", afirma el profesor Jansen. "Pero cuando se trata de matemáticas, estamos mucho más rezagados".

> "Los malos resultados en matemáticas de los estudiantes sudafricanos son principalmente fruto de la historia

Escasez de docentes cualificados

Sudáfrica sufre también una penuria de maestros competentes. El poco atractivo de las condiciones del trabajo docente hace de la profesión un recurso de última instancia para muchos estudiantes. Para mitigar dicha escasez, se han creado ciclos de formación de un año destinados a capacitar a nuevos profesionales de magisterio. Pero esos ciclos de formación tienden a ser víctimas de su propio éxito. El doctor Jacques Verster llevó a cabo un estudio cualitativo publicado en 2020 sobre un curso de postgrado muy popular entre los futuros profesores de una universidad tecnológica del país, y la investigación constató que se había producido un crecimiento exponencial de la demanda de ese curso (el número de alumnos se duplicó entre 2014 y 2015), y que se esperaba que la Universidad "hiciera más con menos".

El otro problema radica en que, a causa de la débil movilización de estudiantes y profesores, (el curso lo imparten sobre



© Sydelle Willow Smith / Equal Education

◥ *Imagen de una escuela de la provincia de Cabo Oriental, en Sudáfrica, tomada en 2013 en el marco de una campaña del movimiento ciudadano* Equal Education *a favor de la mejora de las infraestructuras escolares.*

todo docentes que trabajan a jornada parcial), muchos alumnos terminan mal preparados tras el año de capacitación. El doctor Verster señala, además, la falta de formación continua. "Entregamos los diplomas a los estudiantes y, acto seguido, los dejamos que se las arreglen por su cuenta", lamenta.

Como consecuencia de esta política, el nivel general de los profesores de matemáticas es por lo general insuficiente. Faith Ngwenya, responsable de normativa en el Instituto Sudafricano de Expertos en Contabilidad, no tiene reparos en señalar las deficiencias: "Los docentes de esta disciplina no están bien preparados. Enseñan reglas matemáticas que ellos mismos son incapaces de demostrar".

Desarrollar el aprendizaje precoz

Para el profesor Jansen, la formación de docentes no es la única causa del problema. Junto a otros colegas experimentados, el experto deplora que, en los últimos años, los esfuerzos se hayan orientado más hacia la enseñanza secundaria, con la introducción de una asignatura facultativa titulada "cultura matemática", y no tanto hacia la educación de base. Ahora bien, los primeros años escolares son decisivos para que luego los alumnos obtengan buenas calificaciones. "En matemáticas, hay que apoyarse sobre los conocimientos adquiridos previamente", explica.

Los débiles resultados obtenidos en la enseñanza primaria tienden a penalizar a los alumnos a lo largo de todo su recorrido escolar. "Huelga decir que los niños que asistieron a la guardería suelen lograr mejores notas en matemáticas que los que no pasaron por esos parvularios. Y los alumnos que disponen en el hogar de cierto capital cultural, obtienen resultados aún mejores", afirma. "Si usted forma parte de la clase obrera pobre y ni el hogar, ni la guardería, ni la escuela primaria obran en su favor, entonces quedará marginado".

La herencia del Apartheid no será fácil de superar, pero los expertos no cejan en su empeño. Lo que está en juego es muy importante: las matemáticas son competencias cognitivas esenciales para el aprendizaje en el siglo XXI, explica la señora Ngwenya. Más allá del manejo de las cifras, se trata de aprender a pensar con sentido crítico, comunicar, colaborar y ser creativo. "Eso no tiene nada que ver con la aritmética básica. Se trata de ser capaz de interpretar, analizar y resolver problemas". Para el profesor Jansen, sería conveniente romper la espiral del fracaso escolar. "No es solo cuestión de competencias, sino también de actitud. Los alumnos se acostumbran al fracaso permanente y terminan por capitular".

Invertir desde la primaria

Todavía estamos a tiempo de actuar para evitar que esta situación se perpetúe y afecte a la generación siguiente. "Si invertimos en competencias de base y en conocimientos matemáticos desde la escuela primaria, los resultados serán mucho mejores en la enseñanza secundaria", asegura Jansen.

Determinadas universidades aportan ya su contribución, colaborando con las escuelas más pobres para mejorar los programas de matemáticas. Pero solo una colaboración a escala nacional permitiría beneficiar a las 26.000 escuelas públicas del país. "Es posible hacerlo", insiste el docente. "Namibia lo logró en la década de 1990, cuando disponía de menos recursos que nosotros. Sudáfrica tiene 26 universidades muy buenas, siete de ellas de primera categoría. ¿Cómo no vamos a poder?".

Cuando le preguntan qué política hay que aplicar, su respuesta es sorprendentemente simple: "Primero, necesitamos un plan. Y luego tenemos que poner a los docentes en el centro de ese plan". ■

Oasis de Marruecos:



Mustapha, responsable de la distribución de agua del oasis de Tighmert, en enero de 2021.

Fotos: **Seif Kousmate**

Texto: **Katerina Markelova**, UNESCO

el otro lado del espejo



Estrella en ascenso en el panorama de la fotografía marroquí, Seif Kousmate documenta en su proyecto *Waha* (oasis en árabe) la vida en los oasis de su país, tal y como es hoy en día, lejos de los tópicos y de las representaciones imaginarias vehiculadas por los relatos de ficción y las crónicas de viajes.

Para hacer ver el deterioro de esos frágiles ecosistemas, este ex ingeniero no se limita a mostrarlos. También aprovecha las posibilidades plásticas de la fotografía para hacer referencia a los males que están gangrenando esos islotes de vida. Algunas de las fotos están quemadas o corroídas por el ácido, en una impresionante metáfora visual que vincula el soporte de la imagen con el sujeto representado: los oasis, víctimas de la agricultura intensiva y el cambio climático, y amenazados por la sequía y la sedimentación.

En el plazo de una generación, los oasis han cambiado de aspecto: los palmerales han dado paso a una vegetación rala y los suelos se han agrietado por la escasez de agua poniendo en peligro su extraordinaria diversidad biológica, donde todavía viven más de dos millones de personas y la mayoría de las especies animales de Marruecos[1]. El trabajo artístico de Seif Kousmate muestra la belleza de ese mundo frágil que todavía podríamos salvar. "Mientras exista vida en esos lugares", asegura, "aún hay esperanza de conservarlos". ■

1. Desde el año 2000, los oasis del sur de Marruecos están integrados en la Red Mundial de Reservas de Biosfera de la UNESCO.

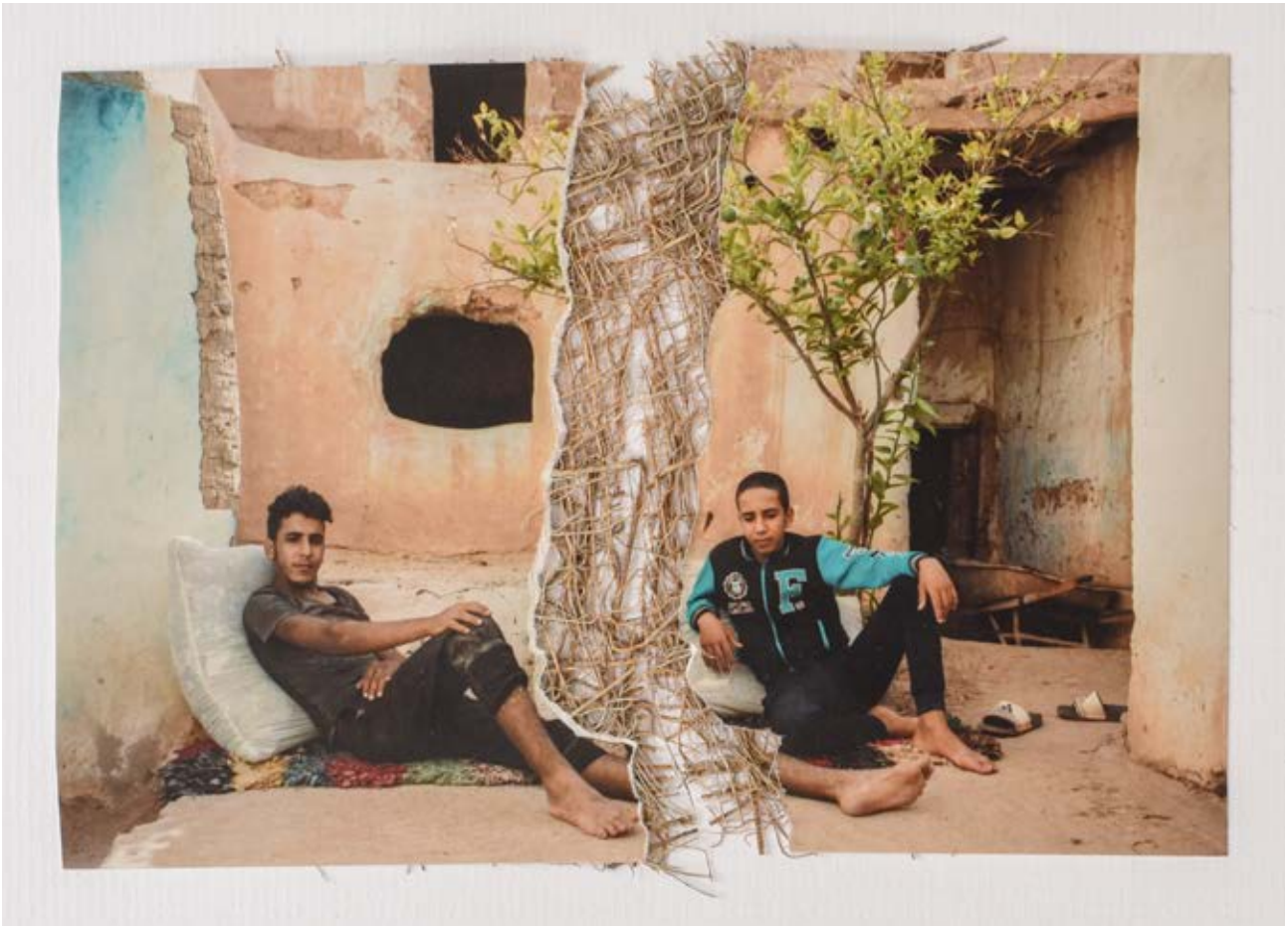
Página siguiente arriba: Ahmed retirando las algas para facilitar la llegada del agua al sistema de riego del oasis de Tighmert, en septiembre de 2020.

Oasis de Akka, en febrero de 2021.



Página siguiente abajo: Hassan (izquierda) y Abderrahman son dos hermanos que viven en el oasis de Tighmert. Tras la muerte de su padre en 2013, Hassan dejó el colegio para ocuparse de su familia y Abderrahman, el más joven, no imagina su futuro viviendo en el oasis. Foto de septiembre de 2020.







Arriba: Poema compuesto por Ibrahim Rajeaa, un habitante del oasis de Tighmert, que habla del sufrimiento de los habitantes y el deterioro del lugar. Septiembre de 2020.



Izquierda: Oasis de Akka, en febrero de 2021.

Página siguiente: Detalle de las manos de Zayna, oasis de Akka, febrero de 2021.





La técnica de regadío de los oasis implica un reparto de los recursos. En la imagen Saidia y su sobrino riegan sus cultivos en Tata, en septiembre de 2020.



Ali es uno de los últimos artesanos del oasis de Akka que sigue haciendo la construcción tradicional en adobe, febrero de 2021.



Alifal limpia un canal de riego en el oasis de Tighmert, en septiembre de 2020.





Retrato de Ilyas en el oasis de Aguinane, en febrero de 2021.











© Museum of London / Henry Grant Collection

Niños en las calles de Londres, en 1967.

Hayley Christian

Profesora asociada del instituto Telethon Kids y de la Escuela de Población y Salud Mundial de la Universidad de Australia Occidental, dirige el programa de investigación PLAYCE destinado a mejorar la actividad física, la salud y el bienestar infantil.

La actividad al aire libre, un juego de niños

Lo sabemos, las actividades en el exterior contribuyen a la salud física y mental de los niños. Sin embargo, los menores consagran cada vez menos tiempo a jugar al aire libre. El crecimiento de las ciudades y del tráfico, la omnipresencia de las pantallas y la sobreprotección parental son algunos de los factores que están detrás de este fenómeno.

Basta con echar un vistazo a las fotografías de la primera mitad del siglo XX para ver cómo los niños ocupan un espacio importante. Se les ve transportando cosas, yendo al colegio con sus mochilas en la espalda, haciendo navegar barquitos de papel en las alcantarillas de París o divirtiéndose con el agua que sale de las bocas de incendio de Nueva York. Sin ningún adulto a la vista. Hoy nos costaría encontrar estampas parecidas. La imagen de niños pequeños jugando, caminando o andando en bicicleta en espacios públicos sin supervisión de un adulto se ha vuelto inusual.

A lo largo de las últimas generaciones, el mundo ha asistido a una disminución del juego al aire libre y de la movilidad autónoma de los más pequeños. Este retroceso es el primer indicio de la disminución de los niveles de actividad física; dos aspectos inextricablemente ligados, ya que la actividad física está determinada en gran medida por la cantidad del tiempo que un niño pasa al aire libre.

Según la Organización Mundial de la Salud, los niños de 1 a 5 años tendrían que dedicar al menos tres horas al día a la actividad física, y los de 5 a 17 años tendrían que practicar al menos una hora diaria de ejercicio. Sin embargo, según un estudio reciente que abarca 29 países, los de 3 a 12 años dedican una media de 60 a 165 minutos al día a jugar al aire libre.

La conclusión es la misma en el estudio Global Matrix 4.0 publicado en octubre de 2022 por la Alianza Global de Niños Activos y Saludables (Active Healthy Kids Global Alliance), que evalúa la actividad física de niños y adolescentes en 57 países y seis continentes. Resultado: los niveles son claramente insuficientes en todas partes.

Actividades esenciales para el desarrollo

La situación resulta alarmante si tenemos en cuenta la importancia de las actividades al aire libre para el desarrollo y la salud de los pequeños. La noción del juego es tan capital para ellos, que el derecho al juego está contemplado en la Convención sobre los Derechos del Niño de las Naciones Unidas. La particularidad del juego exterior es que incluye actividades de elección libre, espontáneas, autónomas y lúdicas, lo que fomenta el desarrollo socioemocional, cognitivo y físico de los niños.

Además, es bueno para la salud. Los que practican actividades físicas en los niveles recomendados tienen menor riesgo de padecer enfermedades crónicas como obesidad, enfermedades cardiovasculares y diabetes. También tienen mejor salud mental, mejores funciones cognitivas y ejecutivas, y un bienestar general superior.

Incorporados a edad temprana, los buenos hábitos tienen más posibilidades de instalarse permanentemente. A la inversa, los hábitos sedentarios adoptados en la infancia, así como el sobrepeso y la obesidad, tienden a perdurar en la edad adulta. El juego diario al aire libre contribuye igualmente al desarrollo de habilidades motrices fundamentales como correr, saltar a la pata coja, saltar a la cuerda o brincar; esenciales para ayudarles a moverse con más seguridad a lo largo de su vida.

Son, además, una oportunidad para el niño de interactuar con su familia, compañeros y otros miembros de la colectividad. Les ayuda a desarrollar aptitudes como la sociabilidad, la gestión de riesgos, la creatividad, la independencia y la capacidad de autodeterminación, herramientas fundamentales para la vida, y los motiva a abrirse camino y descubrir sus entornos.

Las investigaciones muestran que los niños tienen mejores niveles de atención y concentración en clase después de haber jugado al aire libre. El juego activo en el

exterior aumenta el flujo sanguíneo hacia el cerebro, lo que favorece la reflexión.

Los juegos "en la naturaleza" proporcionan beneficios adicionales: estimulan la exploración, la imaginación y la interacción con la gente, las plantas y los animales, y ayudan a desarrollar conductas respetuosas con el medio ambiente.

Incluso los llamados juegos "de riesgo", que pueden incluir velocidad, usar herramientas o jugar cerca del agua o el fuego, desempeñan un papel importante en el desarrollo infantil. Les permite aprender a gestionar el riesgo y a manejarlo. Sin embargo, cada vez están más limitados por las normas sociales que exigen vigilar a los niños, y que consideran negligentes a los padres que no se ajustan a ellas. Impulsados por la percepción del "exterior" como un lugar potencialmente peligroso, los propios padres acaban incorporando estas normas.

Cerca de casa, los padres actúan como guardianes que proporcionan oportunidades o barreras al juego infantil al aire libre. A muchos les preocupa el riesgo de que puedan ser víctimas de accidentes de tráfico o secuestrados, a pesar de que datos de la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito, según los cuales las estadísticas de secuestro infantil han permanecido estables. Las redes sociales alimentan estas preocupaciones, creando sociedades adversas al riesgo. Las investigaciones han confirmado un aumento progresivo de la supervisión parental y de las conductas sobreprotectoras.

Urbanización galopante

La sociedad moderna constituye otro gran obstáculo. Cada vez agendamos más y más cosas en nuestros horarios y programamos menos tiempo para jugar con los niños al aire libre, en un contexto marcado por la omnipresencia de las pantallas.

Otro factor limitante a largo plazo es la urbanización galopante. Más de mil millones de niños en el mundo entero vive en un entorno urbano, y el 70 % de la población mundial vivirá en ciudades de aquí a 2050. Este fenómeno podría acarrear un aumento del tráfico, de la polución ambiental y de los efectos de islas de calor urbano, con una disminución de los espacios verdes naturales y la biodiversidad; factores que influyen negativamente en las posibilidades de los niños de jugar al aire libre.

> "Las investigaciones muestran que la atención y la concentración de los niños en clase son mejores después de haber jugado al aire libre

Garantizar el derecho de los niños a jugar al aire libre

Los niños jugarán más en el exterior si sus padres y cuidadores tienen una actitud favorable hacia la actividad física al aire libre y en la naturaleza. Por tanto, una de las acciones más prácticas que pueden adoptar las familias es asegurarse de dedicar tiempo a jugar en familia todos los días, sobre todo los fines de semana.

Es más fácil proporcionar a los niños ocasiones de jugar al aire libre cuando el entorno social, físico y político es favorable. Necesitamos incentivar entornos que hagan del juego en el exterior una experiencia fácil, segura y accesible para los pequeños y sus familias. El fortalecimiento del rol social del vecindario y del sentido de comunidad puede ayudar a aliviar algunas preocupaciones parentales respecto a la seguridad del barrio. Una manera de enfrentar la sobreprotección parental es mostrando que ésta puede ser perjudicial para los niños, al privarlos de actividades esenciales para su desarrollo.

Los niños deben tener acceso a espacios verdes locales y seguros, así como a parques con juegos adecuados a sus edades y sus necesidades. La limitación del volumen y de la circulación de vehículos, o la existencia de infraestructuras peatonales como aceras conectadas y ciclovías son otros factores que pueden contribuir a que los niños disfruten al aire libre. Para los más pequeños, los patios de las casas y lugares seguros y accesibles desde sus hogares (como el jardín delantero y las aceras peatonales) también son lugares fundamentales para jugar fuera.

No existe una única solución para hacer frente al descenso de los niveles del juego al aire libre. Es un problema que hay que tratar a todos los niveles: de padres a hijos, pasando por los barrios y los entornos físicos y políticos, hasta la sociedad en general.

La voz que más cuenta es la de los niños, sobre todo la de los más desfavorecidos. Es nuestra responsabilidad proteger el derecho de cada pequeño de disfrutar al aire libre diariamente. Tenemos que mantenernos a la escucha de sus necesidades para eliminar las barreras que les impide salir y hacer lo que mejor saben hacer: ¡jugar!

◥ Tres jaulas, *mural del artista francés Seth en Amán, Jordania, en 2021.*

> "Es más fácil proporcionar a los niños ocasiones de jugar al aire libre cuando el entorno social, físico y político es favorable



© Julien Malland

Vinciane Despret:

“La lucha contra la extinción de las especies debería movilizar pasiones alegres”



© Valentin Bianchi / Hans Lucas

Filósofa y psicóloga, profesora de la Universidad de Lieja y de la Universidad Libre de Bruselas (Bélgica), Vinciane Despret pone en tela de juicio, de manera impertinente, nuestra relación con los animales en libros como *Quand le loup habitera avec l'agneau* [Cuando el lobo conviva con el cordero], *Penser comme un rat* [Pensar como una rata] o *Habiter en oiseau* [Vivir como un pájaro]. Mediante una observación aguda de la conducta animal, Despret se esfuerza por cambiar nuestra perspectiva de los seres vivos, incluso a través de la ficción, como hace en su último libro *Autobiographie d'un poulpe* [Autobiografía de un pulpo].

Durante siglos, la tradición filosófica occidental ha sostenido la idea de que el hombre es superior a los animales. ¿Cuándo empezó a cambiar esta perspectiva?

En la filosofía francesa predomina una concepción según la cual los animales carecen de alma, y el hombre es un ser excepcional. Esta visión ha determinado en gran medida nuestro comportamiento hacia los animales, ya sea en la forma de comerlos, encerrarlos o de obligarlos a servirnos. Esta ideología se refleja también en la propia estructura del idioma. Cuando hablamos de los animales, hay tendencia a usar fórmulas sintácticas que los convierten en seres pasivos. Se dice que están sujetos al determinismo, que actúan movidos por sus hormonas, sus pulsiones y por factores biológicos o ecológicos. En su libro *Mélodie-Chronique d'une passion*, [Melodía crónica de una pasión] el autor japonés Akira Mizubayashi se pregunta sobre las palabras que debería emplear para hablar con su perra, ya que él usa una lengua, la de Descartes, que se forjó contra los animales.



© JF Spricigo, con la amable autorización de la Galería Camera Obscura Paris

Cielo de Ostende, Bélgica, por el artista belga Jean-François Spricigo

“Hubo que esperar al inicio de la década de 1990 para que la visión del animal-máquina empezara a cuestionarse

En lo que se refiere a la tradición conductista anglosajona, esta transforma a los animales en entes mecánicos. Es particularmente evidente en los experimentos realizados con ratas. Cuando se estudia el proceso de aprendizaje de este animal, no se busca determinar sus competencias específicas, sino reproducir un tipo de aprendizaje típicamente humano. Una rata que se suelta en un laberinto reproduce el modo de pensar de un alumno que trata de memorizar una lección, porque al animal se le impide utilizar sus propios métodos, que consisten en depositar su olor en algunos lugares para disponer de puntos de referencia. La mecanización de los animales que llevó a cabo el conductismo tuvo consecuencias importantes, ya que sus métodos pueden transformar a un animal inteligente en un juguete mecánico si uno se limita a hacerle pulsar algunos botones.

Hubo que esperar al inicio de la década de 1990 para que esta perspectiva del animal-máquina empezara a cuestionarse, sobre todo gracias al trabajo del filósofo francés Jacques Derrida. →

En su libro *L'animal que donc je suis,* [El animal que soy] Derrida critica la falta de curiosidad que la filosofía ha manifestado hacia los animales. Denuncia lo que denomina el "desconocimiento interesado", que llevó a los filósofos a elaborar textos sobre los animales sin tratar realmente de conocerlos. Sin esta ausencia de conocimiento, las relaciones entre los animales y los seres humanos habrían sido muy diferentes.

Sus trabajos acerca de los animales, que ya se han granjeado un extenso reconocimiento, fueron recibidos al principio con cierto escepticismo. ¿Cómo explicar esta desconfianza de la comunidad científica?

Los animales son objetos problemáticos para las ciencias humanas. El antropólogo francés Albert Piette demostró que el estudio del fenómeno religioso y el de los animales, por distantes que parezcan, presentan las mismas dificultades para quienes los investigan. Si usted toma en serio la idea de que Dios existe, está practicando la teología. Si usted, en lugar de interesarse por Dios en sí mismo, se interesa por su representación, está practicando la sociología. El estudio de los animales plantea un problema análogo: bien usted habla de los animales en sí mismos, y en ese caso sus trabajos pertenecen al ámbito científico – la zoología o la veterinaria, por ejemplo – bien usted trata su dimensión simbólica en una perspectiva social o cultural. Algunos de mis trabajos han sido recibidos con cierto recelo, porque yo quería trabajar en el ámbito filosófico sobre animales reales, no sobre su representación. Cabe señalar que a menudo son las mujeres quienes han estudiado los temas más problemáticos, porque sus preferencias no se orientaban hacia temas más elevados, como el animalismo o la religión. Y como ellas se encontraban en una cierta situación de marginalidad, disponían de un margen de maniobra más amplio.

> **Hablar de extinciones en términos numéricos es útil, pero no es suficiente, ya que las cifras no nos conmueven**

Desde hace algunos años se ha descubierto que los animales poseen competencias que no habíamos sospechado. ¿Qué consecuencias pueden tener dichos hallazgos?

Es más interesante considerar a los animales como protagonistas, porque esa idea nos permite entrar en un cuadro conceptual diferente, que deja margen a la intencionalidad. Los fenómenos observados dan lugar así a nuevas interpretaciones. Si usted considera a los animales como seres movidos únicamente por la necesidad de sobrevivir y reproducirse, entonces hace caso omiso del conjunto de competencias sociales y cognitivas de las que disponen.

Esto resulta aún más evidente cuando se comprueba que muchos comportamientos animales son sumamente discretos. Yo he tenido la oportunidad de observar, por ejemplo, al turdoide árabe, un pájaro que vive en el desierto. Si una de estas aves – macho o hembra – decide emparejarse con otra, el grupo no debe saberlo porque, en principio, solo se reproducen el macho y la hembra alfas. Para alcanzar sus fines, el turdoide debe desplegar una estrategia muy compleja, consistente en tomar con el pico una brizna de paja y señalar levemente con ella en dirección a su futura pareja para iniciar la comunicación. Pero esta relación pasará totalmente inadvertida si usted no es capaz de imaginar que los pájaros puedan ser capaces de una conducta así.

La distinguida primatóloga británica Thelma Rowell, que cambió nuestros conocimientos sobre los babuinos, se ha planteado el interés que sentimos por los simios y por sus capacidades cognitivas. Rowell se planteó la siguiente cuestión: ¿nos hemos formulado preguntas interesantes acerca de los monos y hemos tratado de poner de relieve su inteligencia porque son nuestros parientes más cercanos? Creemos, a la inversa, que los carneros son tontos, pero tal vez sea simplemente porque no hemos tratado de indagar en su inteligencia. Los buenos científicos avanzan mediante la formulación de diversas hipótesis.

En su último libro,* Autobiographie d'un poulpe *[Autobiografía de un pulpo], usted emprende el camino de la ficción e imagina que los wómbats, las arañas y los pulpos nos envían mensajes codificados. ¿La ficción es para usted un medio de hacer avanzar la reflexión filosófica?

Yo asocio la ficción al juego. El juego libera a las cosas de su ser. Mi bolígrafo puede convertirse en una espada, mi perra puede transformarse en un caballo y un trozo de papel puede ser un avión. En la ficción, es posible emanciparse de determinadas limitaciones del mundo real y hacer las cosas de otra forma, es posible liberar posibilidades que bullían bajo la superficie y que antes no veíamos.

La ficción también nos permite llevar las cosas más lejos y examinar situaciones que todavía no se han producido. Hace unos veinte años, los científicos rechazaban completamente la idea de que existiera una cultura animal y sostenían que la cultura era una realidad exclusivamente humana. En la actualidad, mirando retrospectivamente, nos preguntamos cómo pudimos ser tan tontos.

De igual manera, nadie creía en la posibilidad de que las aves pudieran hacer un uso semántico y sintáctico del lenguaje. Se creía que los pájaros empleaban onomatopeyas emotivas y se descartaba la posibilidad de que existieran diferentes sonidos para designar a diversos tipos de depredadores. El lenguaje era un asunto exclusivamente humano. Ahora podríamos reírnos de nuestra ignorancia entonces.

Para mi, la ficción es un medio para imaginar de qué nos reiremos dentro de cincuenta años. A través de esos relatos de anticipación sobre el wómbat (un marsupial australiano) o el pulpo, he tratado de otorgar a esos animales un grado más de intencionalidad. Tal vez la ciencia no avance en esa dirección pero, en cualquier caso, es una manera de abrir nuevas posibilidades. Y es también una forma de anticiparme a la risa que provocará nuestra ignorancia actual, no para huir de ella, sino para decir que sabemos que algún día alguien se reirá de nuestros errores de hoy.

Año tras año, los informes científicos relatan la triste crónica del declive de la diversidad biológica. ¿Por qué seguimos siendo insensibles a la extinción de las especies?

Hablar de extinciones en términos numéricos es algo sumamente útil. Es preciso que se documenten las extinciones; es un requisito indispensable para que nos alarmemos de la situación, pero no es suficiente, ya que las cifras no nos conmueven. Es así. Las



© JF Spricigo, con la amable autorización de la Galería Camera Obscura Paris

◥ *Mono, Roma (Italia), por Jean-François Spricigo.*

desapariciones de especies enteras no nos afectan directamente porque hemos alcanzado un grado tan alto de urbanización que ya no tenemos mucho contacto con los demás seres vivos. Por ejemplo, desde hace algunos venimos viendo que los parabrisas de los automóviles ya no están cubiertos de insectos, pero no hemos comprendido las implicaciones de este cambio. No hemos relacionado este hecho con otros fenómenos.

Como ha explicado el filósofo y sociólogo francés Bruno Latour, la carencia esencial de la nueva clase ecológica es de tipo afectivo. Tradicionalmente, la izquierda se ha apoyado sobre las emociones vinculadas a la libertad, la justicia y el progreso, que han sido otros tantos vectores de movilización. También la derecha ha sabido cultivar emociones ligadas a los conceptos de valor y grandeza. Pero cabe preguntar: ¿cuáles son las emociones de la clase ecológica, la que debe luchar contra el antropoceno?

Algunos investigadores tratan hoy de responder a esta pregunta. Por ejemplo, el filósofo medioambiental australiano Glenn Albrecht ha creado el concepto de *solastalgia* para describir el sufrimiento que causa el hecho de no poder reconocer el lugar donde vivimos en el pasado, porque ha sido excesivamente estropeado. Es una emoción poderosa. Jóvenes investigadores como la historiadora del arte francesa Estelle Zhong o el filósofo francés Baptiste Morizot rebuscan actualmente entre nuestros instrumentos afectivos los elementos que nos permitirían estar más en sintonía con el estado actual del mundo. La dificultad radica en que es preciso trascender las pasiones negativas, que son paralizantes, y poder identificar también las pasiones alegres y positivas.

En su libro *Garder l'espoir* [Esperanza en la oscuridad], la escritora estadounidense Rebecca Solnit nos anima a recuperar el recuerdo de las luchas pasadas, para no caer en la desesperanza. Tendemos a olvidar que muchas victorias se lograron gracias a muchas luchas. Revivir la memoria de esos combates es también un modo de generar pasiones alegres. ■

Mila Ibrahimova
UNESCO

Los glaciares, en la vanguardia del cambio climático

Presentes en casi todos los continentes, los glaciares proporcionan buena parte del agua dulce que consumimos. Sin embargo, este recurso indispensable hoy se encuentra amenazado. Los glaciares de los sitios del Patrimonio Mundial de la UNESCO retroceden a un ritmo acelerado a causa del cambio climático. Según el último informe de la UNESCO, elaborado con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), titulado *World heritage glaciers: sentinels of climate change* (Los glaciares del Patrimonio Mundial: centinelas del cambio climático), estas masas heladas pierden en promedio 58.000 millones de toneladas de hielo cada año y contribuyen en un 5% a la elevación del nivel del mar.

Un tercio de los glaciares del Patrimonio Mundial de la UNESCO desaparecerá de aquí a 2050 a causa del cambio climático. Los otros dos tercios, en cambio, podrían salvarse si la subida de las temperaturas mundiales no sobrepasa 1,5 °C respecto a la era preindustrial. Es urgente actuar a fin de preservar estos lugares emblemáticos para las generaciones venideras.

LOS GLACIARES: ESENCIALES PARA GARANTIZAR EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

Más de la mitad de la humanidad depende diariamente de **los glaciares de montaña para abastecerse de agua** y satisfacer las siguientes necesidades:

- **Consumo doméstico**
- **Industria**
- **Agricultura**
- **Energía hidroeléctrica**

La causa principal de que los glaciares se derritan es el cambio climático.

El agua de los glaciares que se derriten ejerce una función de tampón **durante las sequías.**

Los glaciares y los casquetes polares **tienen una función esencial en la regulación del clima y los océanos.**

El **70 %** **de todo el agua dulce del planeta** se almacena en los glaciares.

TOP 10 - NÚMERO DE GLACIARES POR SITIO PATRIMONIO MUNDIAL DE LA UNESCO

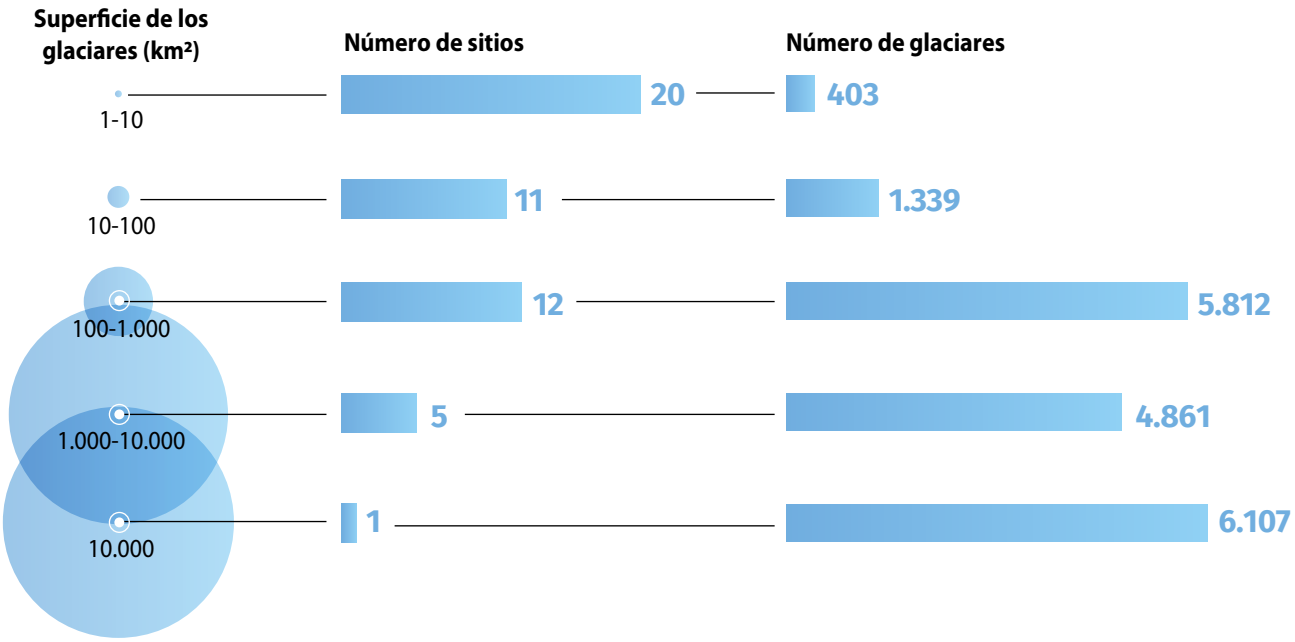
Los glaciares presentes en 50 sitios representan alrededor **del 10% de todos los glaciares** del mundo.

NÚMERO TOTAL DE GLACIARES DE TODOS LOS SITIOS:

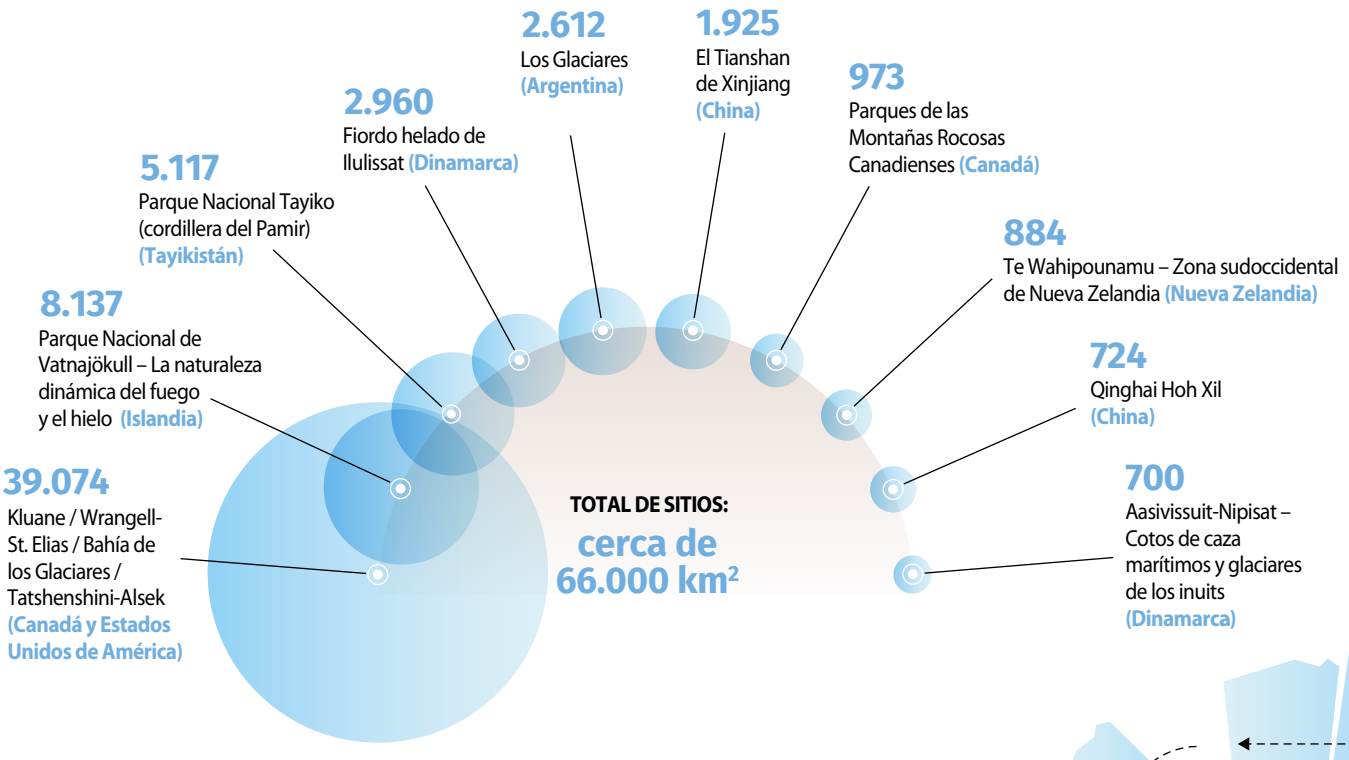
18.522

	Sitio	País
6.107	Kluane / Wrangell-St. Elias / Bahía de los Glaciares / Tatshenshini-Alsek	Canadá y Estados Unidos de América
3.934	Parque Nacional Tayiko (cordillera del Pamir)	Tayikistán
2.278	Te Wahipounamu – Zona sudoccidental de Nueva Zelandia	Nueva Zelandia
878	Parques de las Montañas Rocosas Canadienses	Canadá
563	Parque Nacional de Huascarán	Perú
467	El Tianshan de Xinjiang	China
432	Montañas Doradas del Altai	Federación de Rusia
407	Parque Internacional de la Paz Waterton-Glacier	Canadá y Estados Unidos de América
362	Qinghai Hoh Xil	China
340	Los Glaciares	Argentina

SITIOS Y GLACIARES EN FUNCIÓN DE LA SUPERFICIE



TOP 10 - SUPERFICIE DE GLACIARES POR SITIO PATRIMONIO MUNDIAL DE LA UNESCO (km²)



PÉRDIDA DE VOLUMEN EN 2000-2020

TODOS LOS SITIOS: **5,7 %**

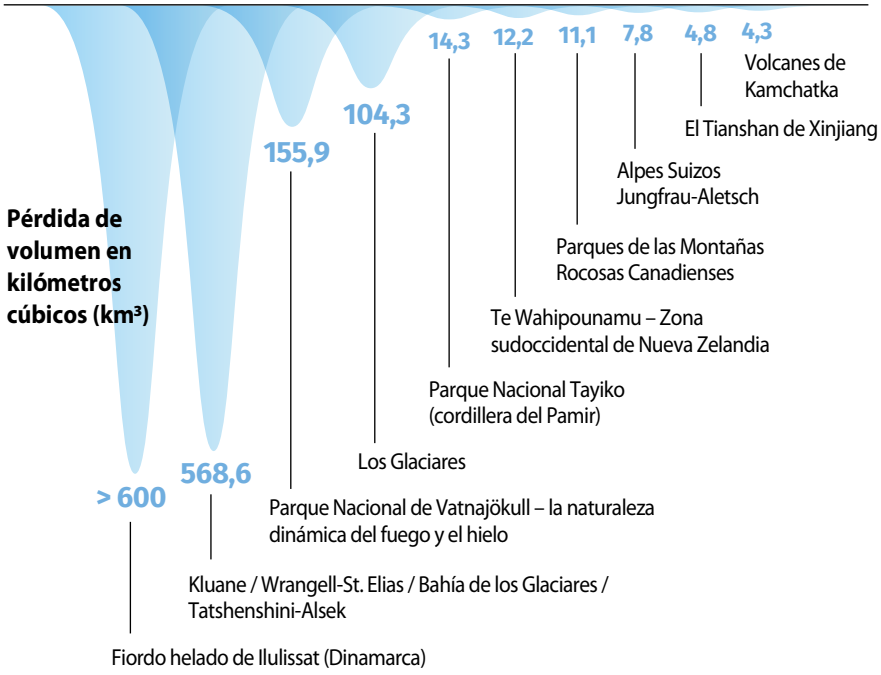
Al menos el 40 % de todos los glaciares que figuran en sitios del Patrimonio Mundial **han perdido más del 15 % de su volumen desde 2000.** Si se exceptúan algunos sitios (cuatro de ellos, que perdieron entre 1.000 y 10.000 km²) los glaciares del Patrimonio Mundial **se derriten a un ritmo acelerado.**

Sitios	Pérdida de volumen
Zonas protegidas del Parque de los Tres Ríos Paralelos de Yunnan (China)	57,2 %
Parque Nacional Los Alerces (Argentina)	45,6 %
Cuenca de Ubs Nuur (Mongolia y Federación de Rusia)	37,0 %
Santuarios del panda gigante de Sichuan (China)	35,9 %
Fiordos del oeste de Noruega – Geirangerfjord y Nærøyfjord (Noruega)*	33,2 %
Tien-Shan occidental (Kazajstán, Kirguistán y Uzbekistán)	27,1 %
Parque Nacional Olímpico (Estados Unidos de América)	26,5 %
Parque Internacional de la Paz Waterton-Glacier (Canadá y Estados Unidos de América)	26,5 %
Alpes Suizos Jungfrau-Aletsch (Suiza)	25,9 %
Región de Laponia (Suecia)	25,7 %

* No incluye el fiordo helado de Ilulissat.

TOP 10 - PÉRDIDA DE VOLUMEN 2000-2020 (km³)

Los glaciares de los sitios del Patrimonio Mundial **han perdido más de 1.500 kilómetros cúbicos en los últimos 20 años** (el equivalente a 1,5 veces el volumen del lago Titicaca, el mayor de América del Sur).



TOP 10 – CONTRIBUCIÓN A LA ELEVACIÓN DEL NIVEL DEL MAR 2000-2020 (mm)

TOTAL DE SITIOS
3,22 mm

Los glaciares del Patrimonio Mundial contribuyen aproximadamente al **5 % de la elevación del nivel del mar global.**



- **1,35 mm** Kluane / Wrangell-St. Elias / Bahía de los Glaciares / Tatshenshini-Alsek (Canadá y Estados Unidos de América)
- **0,95 mm** Fiordo helado de Ilulissat (Dinamarca)
- **0,37 mm** Parque Nacional de Vatnajökull – la naturaleza dinámica del fuego y el hielo (Islandia)
- **0,24 mm** Los Glaciares (Argentina)
- **0,11 mm** Aasivissuit-Nipisat – Cotos de caza marítimos y glaciares de los inuits (Dinamarca)
- **0,03 mm** Parque Nacional Tayiko (cordillera del Pamir) (Tayikistán)
- **0,03 mm** Te Wahipounamu – Zona sudoccidental de Nueva Zelandia (Nueva Zelandia)
- **0,03 mm** Parques de las Montañas Rocosas Canadienses (Canadá)
- **0,02 mm** Alpes Suizos Jungfrau-Aletsch (Suiza)
- **0,01 mm** El Tianshan de Xinjiang (China)

PROYECCIONES

2050

Los **glaciares más pequeños,** (1-10 km²) habrán desaparecido **en 2050.**

2100

Los glaciares que tienen de **10 a 100 km²** desaparecerán **de aquí a 2100.**

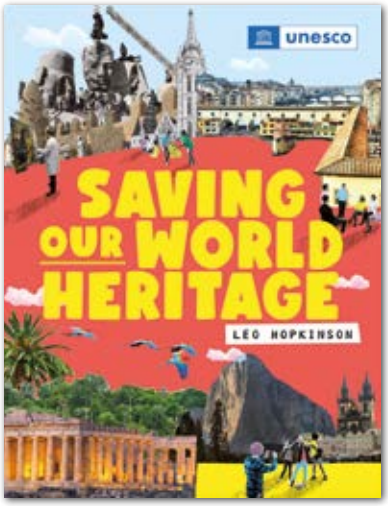
El

60 %

de los sitios **del Patrimonio Mundial** que actualmente tiene glaciares **no los tendrá en 2100**

EDICIONES UNESCO

Publicaciones recientes



Saving our World Heritage

ISBN 978-92-3-100498-8
64 páginas, 265 x 216 mm, tapa dura, 17€
Ediciones UNESCO/Hachette UK
Disponible a la venta (en inglés) :
https://en.dl-servi.com/

Nuestro mundo está repleto de maravillas. Desde las ciudades históricas, los castillos y las catedrales, hasta las magníficas montañas, las selvas tropicales y los océanos, todos los tesoros del mundo pertenecen a toda la humanidad. Es nuestro patrimonio mundial.

Pero nuestro patrimonio está constantemente amenazado por catástrofes naturales, guerras, el cambio climático, la urbanización, la contaminación o el turismo de masas. Este libro destinado a los jóvenes presenta más de 70 sitios distribuidos en 52 países. Concebido como un viaje a través del patrimonio mundial, muestra también cómo trabajan las personas que se afanan diariamente en conservar estos lugares de valor universal excepcional.



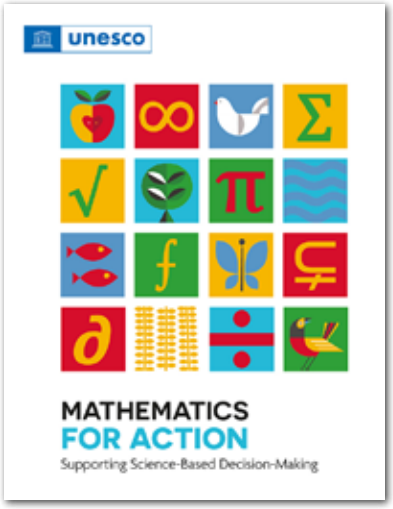
Patrimonio Mundial N°103

50º aniversario de la Convención del Patrimonio Mundial

ISSN 1020-4539
88 páginas, 220 x 280 mm, tapa blanda, 7,50 €
Ediciones UNESCO/Publishing for Development Ltd.

El 16 de noviembre de 2022, la Convención del Patrimonio Mundial celebró su 50º aniversario. En este número recorre la evolución de la Convención a lo largo de este tiempo, a través de emblemáticas historias de preservación y de las experiencias de expertos y gestores de sitios.

Aunque un aniversario es un momento para mirar al pasado, también es un periodo de reflexión ante los desafíos que plantean el cambio climático, el turismo sostenible, la transformación digital y la recuperación después del COVID-19.



Mathematics for Action

Supporting science-based decision-making

ISBN 978-92-3-100517-6 (Edición en inglés)
72 páginas, 215 x 287 mm, PDF
Ediciones UNESCO
Descargable en https://unesdoc.unesco.org

Todo lo que hacemos está basado en alguna estructura matemática y, aunque a menudo son consideradas abstractas, las matemáticas son fundamentales para comprender la naturaleza, el universo, con sus dimensiones espaciales y temporales, y una miríada de incertidumbres.

Esta guía propone cautivantes historias de matemáticas en acción. Escrito por matemáticos, presenta investigaciones fascinantes sobre cómo esta disciplina responde a los desafíos mundiales más apremiantes.

Proporciona información esclarecedora a quienes toman las decisiones y a quienes buscan evidencias para responder a cuestiones complicadas, al tiempo que presenta nuevas pistas para la investigación científica.

publishing.promotion@unesco.org

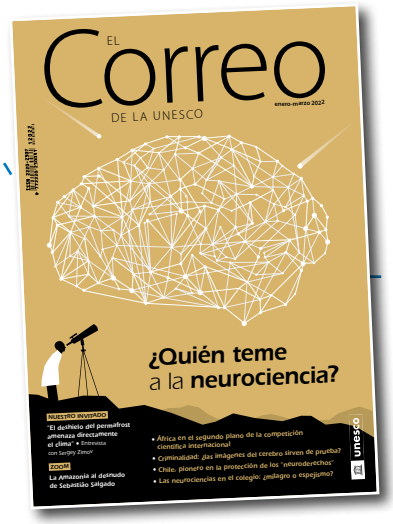
Un solo mundo, voces múltiples

El Correo de la UNESCO se publica en las seis lenguas oficiales de la Organización, así como en catalán y esperanto.













Reciba cada trimestre un ejemplar impreso del último número o suscríbase a la versión digital 100% gratuita.

Descubra nuestras ofertas

https://courier.unesco.org/es/subscribe

https://courier.unesco.org/en • https://courier.unesco.org/fr • https://courier.unesco.org/es
https://courier.unesco.org/ar • https://courier.unesco.org/ru • https://courier.unesco.org/zh

THE UNESCO ADVENTURE

El catálogo de la exposición *La aventura de la UNESCO*, presentado con ocasión del 75º aniversario de la Organización, repasa la acción de la UNESCO desde sus comienzos.

ISBN 978-92-3-000167-4
(Edición multilingüe)
332 páginas, 215 x 287 mm, tapa dura, 45 €
Ediciones UNESCO
Disponible a la venta :
https://en.dl-servi.com

unesco