EL Correo DE LA UNESCO

enero-marzo 2022

ISSN 2220-2307





¿Quién teme a la neurociencia?

NUESTRO INVITADO

"El deshielo del permafrost amenaza directamente el clima" • Entrevista con Sergey Zimov

ZOOM

La Amazonia al desnudo de Sebastião Salgado

- **África en el segundo plano de la competición científica internacional**
- **Criminalidad: ¿las imágenes del cerebro sirven de prueba?**
- **Chile, pionero en la protección de los "neuroderechos"**
- **Las neurociencias en el colegio: ¿milagro o espejismo?**

unesco

Reciba cada trimestre un ejemplar impreso del último número

1 año (4 números): 27€

2 años (8 números): 54€

Esta publicación es sin ánimo de lucro. Estos precios comprenden exclusivamente los gastos de impresión.

Suscripción a la versión digital

100% GRATUITA

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

Descubra las últimas actualidades de *El Correo*

@unescocourier

Facebook Twitter Instagram

¡Descubra 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.

2022 • n° 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

Consultora editorial: Jenny Dare

Edición en:
- **Árabe:** Fathi Ben Haj Yahia
- **Chino:** Sun Min y China Translation & Publishing House
- **Español:** Laura Berdejo
- **Francés:** Christine Herme (correctora)
- **Inglés:** Shiraz Sidhva
- **Ruso:** Marina Yartseva

Edición digital: Mila Ibrahimova y Linda Klaassen

Iconografía: Danica Bijeljac

Coordinación de traducciones y de maquetación: Marie-Thérèse Vidiani

Asistencia administrativa y de redacción: Carolina Rollán Ortega

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

Producción digital: Denis Pitzalis, montaje de la web/programador

Responsable de comunicación: Laetitia Kaci

Traducción: Miguel Sales y Francisco Vicente-Sandoval

Maqueta: Jacqueline Gensollen-Bloch

Ilustración de cubierta: © Falcó

Impresión: UNESCO

Pasantes: Zhu Manqing, Li Yihong (China)

Coedición en:
Catalán: Jean-Michel Armengol
Coreano: Soon Mi Kim
Esperanto: Chen Ji
Portugués: Ivan Sousa Rocha

El Correo de la UNESCO se publica gracias al apoyo de la República Popular de China.

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

© UNESCO 2022

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.

EL Correo DE LA UNESCO

Sumario

4 **GRAN ANGULAR**

¿Quién teme a la neurociencia?

Proteger nuestra materia gris de la codicia 5
Hervé Chneiweiss

Piratear el cerebro: una quimera más que una realidad 8
R. Douglas Fields

"Es preciso actuar antes de que sea demasiado tarde" 10
Entrevista con Rafael Yuste

Chile, pionero en la protección de los "neuroderechos" 13
Lorena Guzmán H.

Neurociencias en África: buscando diversidad desesperadamente 15
Mahmud Bukar Maina

Criminalidad: ¿las imágenes del cerebro sirven de prueba? 17
Alla Katsnelson

Las neurociencias en el colegio: ¿milagro o espejismo? 20
Florian Bayer

En China, renace la esperanza para los "niños de las estrellas" 22
Zhang Rong y Han Ji-sheng

24 **ZOOM**

La Amazonia al desnudo de Sebastião Salgado 24

36 **IDEAS**

La moda ética: ¿tendencia superficial o cambio profundo? 36
Olivia Pinnock

40 **NUESTRO INVITADO**

"El deshielo del permafrost amenaza directamente el clima" 40
Entrevista con Sergey Zimov

46 **CIRCUNNAVEGACIÓN**

El cine africano, una industria cultural en pleno auge 46

Editorial

En el ámbito de la neurociencia, la realidad ya supera la ficción.

¿Quién hubiera imaginado que un día sería posible implantar recuerdos falsos en el cerebro de un animal o dictar un texto a un ordenador con el pensamiento? Hoy en día, eso ya es realidad y esta revolución tecnológica no ha hecho más que empezar.

Esos adelantos son prometedores cuando permiten hallar nuevos tratamientos para patologías mentales o neurológicas, o cuando proporcionan a un paciente parapléjico la posibilidad de comunicarse y recuperar cierto grado de movilidad.

Pero los interrogantes éticos que plantean las neurociencias son tan importantes como las esperanzas que suscitan. Y esto resulta aún más evidente cuando su ámbito de aplicación va más allá del ámbito sanitario para aplicarse al marketing, a la educación o a los juegos de vídeo.

En la medida en la que es posible la lectura y la transmisión de los datos cerebrales, se plantea la cuestión de la explotación de esos datos con fines comerciales o malintencionados. Existe, en efecto, el riesgo de que esas tecnologías sirvan para vigilar, manipular o modificar hasta nuestros pensamientos más íntimos.

Porque las neurociencias tienen la particularidad de interactuar directamente con el cerebro, esto es, con la parte de nosotros donde radica el fundamento de la identidad humana, la libertad de pensamiento, el libre albedrío y la vida privada.

Ahora bien, aunque hay un gran número de leyes orientadas a proteger la intimidad y los derechos de los consumidores, determinadas amenazas específicas vinculadas a las neurociencias no han sido previstas en la legislación. En cuanto a los tratados y convenios que amparan los derechos humanos, no abarcan ámbitos específicos como la protección del libre albedrío o la intimidad mental. A excepción de países como Chile y algunos otros, son pocos los que han comenzado a reforzar su arsenal jurídico para proteger los "neuroderechos" de sus ciudadanos.

Por lo tanto, es urgente implementar mecanismos para colmar esas lagunas y garantizar una protección eficaz de los individuos contra la posible utilización de sus datos cerebrales. Eso es lo que promueve el Comité Internacional de Bioética de la UNESCO en su último informe. Ese es también el significado del debate coordinado por la UNESCO en el sistema de las Naciones Unidas, con miras a elaborar un marco mundial para la gobernanza de las neurotecnologías.

Agnès Bardon

¿Quién teme a la neurociencia?



© Inria - PARIETAL / Foto Kaksonen

Visualización de fibras cerebrales

Hervé Chneiweiss

"Director de investigaciones del Centro Nacional de Investigación Científica, en Francia, y Presidente del Comité Internacional de Bioética de la UNESCO.

Proteger nuestra materia gris de la codicia

Dictar un texto con el pensamiento, aumentar la memoria gracias a implantes cerebrales, introducir recuerdos en el cerebro de un ratón: esos adelantos, que todavía son experimentales, ya no pertenecen a la ciencia ficción. Los progresos del conocimiento de los mecanismos cerebrales ahora hacen posible lo que ayer parecía impensable. Muy prometedores para el tratamiento de determinadas patologías, estos progresos plantean también importantes cuestiones éticas. En su último informe, el Comité Internacional de Bioética de la UNESCO alerta sobre las posibles vulneraciones de los derechos humanos que acarrea el uso de estas nuevas tecnologías.

Las trazas de trepanación halladas en cráneos fósiles prueban que, desde la prehistoria, nuestros ancestros sabían que el cerebro es esencial para nuestra supervivencia del ser humano. En muchos países, la muerte se define hoy en día por el cese irreversible de la actividad cerebral. Esta actividad es la base de nuestros estados cognitivos y, aunque puede ser diferente en cada persona, sus principios son comunes. Su análisis permite recopilar informaciones inherentes a todos, más allá de las diferencias de sexo, nacionalidad, lengua o religión.

La actividad cerebral ocupa un lugar decisivo en los conceptos de identidad humana, libertad de pensamiento, autonomía, vida privada y realización del ser humano. Por consiguiente, la grabación (la 'lectura') y/o la modulación (la 'escritura') de dicha actividad mediante el uso de las neurotecnologías revisten una dimensión ética, jurídica y social.

El nacimiento de una tecnología capaz de registrar la actividad cerebral data de 1929, cuando el neurólogo alemán Hans Berger demostró que era posible grabar los cambios de potencial eléctrico del cerebro humano con la ayuda de un aparato de electroencefalografía (EEG). Este descubrimiento propició adelantos importantes, entre otros el diagnóstico preciso y el tratamiento de diversas formas de epilepsia. A partir de la década de 1950, esas técnicas se desarrollaron y permitieron el registro de la actividad eléctrica de regiones específicas del cerebro, así como su estimulación.

Descifrar el código del cerebro

Las neurotecnolgías pueden usarse para identificar las propiedades de la actividad del sistema nervioso, comprender el funcionamiento del cerebro, diagnosticar enfermedades, reemplazar un circuito neuronal defectuoso o controlar la actividad cerebral. En la actualidad, ya es posible, mediante el uso de implantes, interactuar con el sistema nervioso para modificar su actividad, por ejemplo, para restaurar la audición. Otro adelanto: la estimulación cerebral profunda puede contribuir a curar determinadas formas de la enfermedad de Parkinson.

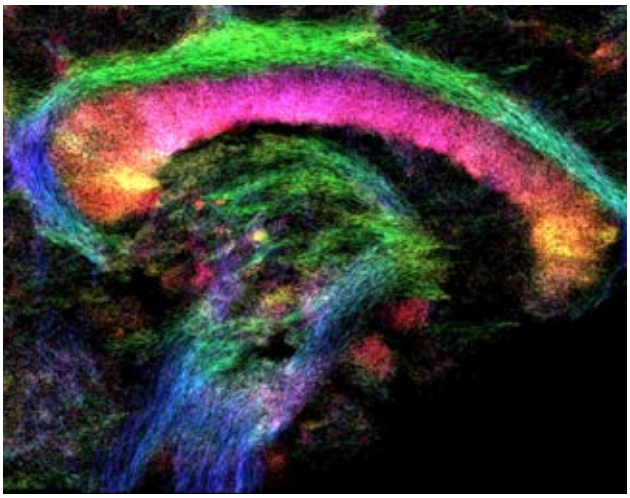
Pero las innovaciones más espectaculares son las relativas a la interfaz cerebro-máquina (ICM), destinadas a registrar las señales cerebrales y a "traducirlas" en órdenes de control técnicas. Por ejemplo, un hombre que era incapaz de hablar debido a un accidente vascular cerebral ocurrido hace diez años, pudo emitir frases gracias a un sistema que lee las señales eléctricas de las zonas de su cerebro que componen las palabras. Los dispositivos de este tipo combinan elementos físicos (electrodos) con algoritmos de inteligencia artificial.

La inversión en las investigaciones sobre el cerebro ha aumentado considerablemente en los últimos años. En 2013, Estados Unidos lanzó la *Brain Initiative* [Iniciativa de neurología] mientras la Unión Europea desarrollaba el *Human Brain Project* [Proyecto Cerebro Humano]. Australia, Canadá, China, la República de Corea y Japón también han puesto en marcha vastos programas para "descifrar el código del cerebro". Se trata de comprender →

mejor la estructura del cerebro y los procesos mentales, y de crear nuevas tecnologías que permitan tratar determinadas patologías y compensar ciertas formas de discapacidad.

Un mercado prometedor

Lo que está en juego es muy importante. Las enfermedades del sistema nervioso, neurológicas y mentales, representan una fracción considerable de nuestros gastos de salud. Las necesidades, que en 2014, estimadas en más de 800.000 millones de euros anuales en la Unión Europea, son inmensas. Se estima que tan solo el costo mundial de la enfermedad de Alzheimer alcanzará en 2030 los dos billones de euros. La esclerosis múltiple es la primera causa de discapacidad en los jóvenes y el 13% de la población padece migrañas. En cuanto a los accidentes vasculares cerebrales, están a punto de convertirse en la primera causa de mortalidad. No obstante, las neurotecnologías pueden aportar algunas soluciones para tratar estas patologías.



© Alfred Anwander & Robin Heidemann / Max Planck Institute, Leipzig, Alemania

◥ *Las imágenes por resonancia magnética (IRM) permiten efectuar medidas cerebrales no invasivas con alta precisión.*

Recomendaciones del Comité Internacional de Bioética de la UNESCO

Las neurotecnologías están llamadas a desempeñar un papel cada vez más importante en nuestras vidas. Para bien cuando se trata de aportar soluciones para tratar algunas patologías neurológicas o mentales, o para mal si abren paso a una explotación no consentida de los datos extraídos de nuestro cerebro.

El último informe del Comité Internacional de Bioética (CIB) de la UNESCO aborda precisamente cuestiones éticas y jurídicas inéditas suscitadas por el notable desarrollo reciente de las neurociencias, formula diversas recomendaciones al respecto y propugna el reconocimiento de nuevos derechos humanos: los "neuroderechos".

Porque las neurotecnologías, que posibilitan el registro y la transmisión de datos neuronales, también abren potencialmente el acceso a las informaciones almacenadas en el cerebro. Esto constituye un problema muy delicado ya que esas informaciones cada vez se utilizan más en el campo de la medicina, pero también en los ámbitos de la industria, el marketing y los juegos.

Ahora bien, aunque existen marcos legales para proteger la vida privada de los consumidores, en lo que respecta a los riesgos éticos que pueden entrañar las neurotecnologías el vacío jurídico es prácticamente total. El sistema existente de protección de los derechos humanos no llega a abarcar todos los aspectos propios de las neurociencias, como la confidencialidad mental o el libre albedrío. En informe hace un llamamiento a todos los países para que garanticen los "neuroderechos" de sus ciudadanos promulgando leyes que protejan su derecho a la privacidad mental y la libertad de pensamiento. EL CIB insiste en la necesidad de prestar una atención especial a los niños y adolescentes, a causa de la plasticidad de su cerebro en vías de desarrollo.

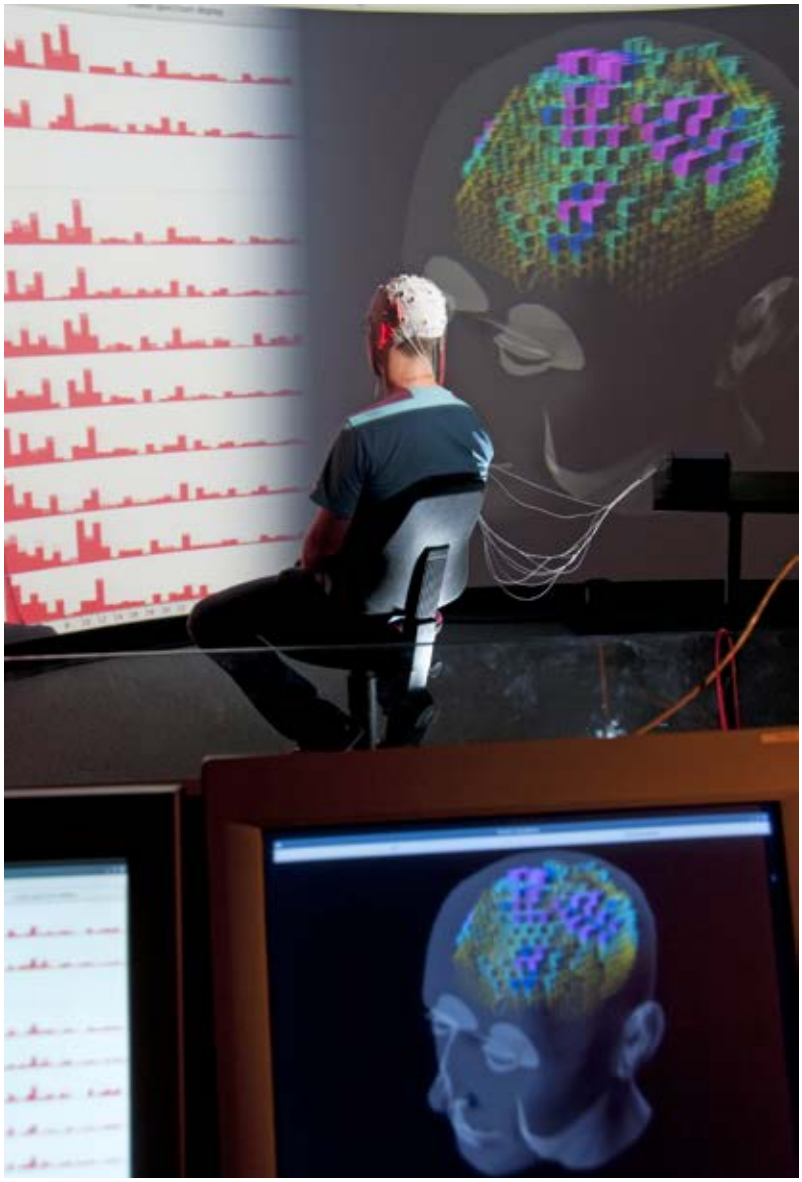
El CIB también insta a las empresas tecnológicas a adoptar un código de conducta para una investigación y una innovación responsables, y al mismo tiempo invita a los investigadores a respetar los principios de confidencialidad, seguridad y no discriminación.

Los autores del informe destacan también que los medios tienen que desempeñar una función específica explicando objetivamente los problemas vinculados a las neurotecnologías que pueden plantearse, a fin de que el público pueda decidir, con conocimiento de causa, qué puede admitir y qué resulta inaceptable.

Por último, el CIB sugiere que sea la UNESCO la que encabece los esfuerzos encaminados a garantizar a todos los seres humanos una protección de sus actividades cerebrales para que los datos recogidos sólo se puedan utilizar, publicar o intercambiar con el consentimiento aclarado y explícito de las personas interesadas. La Organización ha entablado ya una serie de discusiones a nivel internacional para elaborar una hoja de ruta que sirva de base para establecer un marco mundial de gobernanza de las neurotecnologías.

Pero un mercado de esas dimensiones suscita apetitos, y no solo en el sector sanitario. Recientemente, la empresa Neuralink, propiedad de Elon Musk, recibió una inversión superior a 1.000 millones de dólares para desarrollar implantes cerebrales para aumentar la memoria. A largo plazo, el proyecto se propone lograr la hibridación del cerebro y la inteligencia artifical (IA). Por su parte, Facebook ha comprado también por 1.000 millones de dólares la empresa CRTL-labs, con el objetivo de elaborar gafas que permitan la transcripción del pensamiento a una pantalla de ordenador, sin pasar por el teclado.

De hecho, los "datos cerebrales" (*brain data*), que contienen informaciones únicas sobre la fisiología, la salud o el estado mental de determinada persona, se han convertido en una mercancía codiciada más allá del sector médico. El mercado de las neurotecnologías trata de extenderse a otros ámbitos, como la informática afectiva, cuyo objeto es interpretar, tratar y simular las diversas emociones humanas, o el *neurogaming*, una forma de juego que implica el uso de una interfaz cerebro-máquina que permita a los usuarios interactuar sin emplear el dispositivo de control tradicional. También podríamos citar el neuromarketing, que estudia los mecanismos cerebrales susceptibles de intervenir en el comportamiento del consumidor. La educación es otro campo de aplicación de las neurotecnologías.



© Inria - BUNRAKU / Foto Kaksonen

◥ *La plataforma de software de interfaces cerebro-maquina OpenViBE (INRIA-INSERM) permite manejar un ordenador con el pensamiento.*

Desafío ético

Esta explotación extraclínica cada vez mayor de los datos cerebrales plantea un desafío para la ética y los derechos humanos. En la medida en que expone a los individuos a una intromisión en los aspectos más íntimos de su vida privada, al riesgo de que pirateen sus datos, a la injerencia en la confidencialidad y a la vigilancia digital, esa actividad requiere la instauración de una gobernanza.

El Comité Internacional de Bioética (CIB) de la UNESCO, subraya en su último informe los beneficios que pueden derivarse del desarrollo de las neurotecnologías. Pero también advierte de los posibles perjuicios a los derechos humanos fundamentales que esas tecnologías pueden acarrear: a la dignidad humana, a través de la amenaza a la integridad del cerebro de cada persona; a la libertad de pensamiento, si esos dispositivos interfieren en nuestra capacidad de discernimiento y decisión; a la vida privada, en caso de sesgos en los algoritmos empleados; y del riesgo de utilización abusiva, no autorizada o coercitiva con fines malintencionados, así como su incidencia sobre el consentimiento informado. El CIB plantea además la cuestión específica del interés del niño, en un periodo del desarrollo del cerebro decisivo para la vida de la persona.

> **"La explotación extraclínica de los datos cerebrales plantea un desafío a los derechos humanos**

En relación con estos desafíos, el CIB estima que los "neuroderechos" que en el futuro deberían preservar a nuestros cerebros de los peligros que entraña el desarrollo de las neurotecnologías, engloban determinados derechos humanos que ya han sido reconocidos en el derecho internacional. No obstante, habida cuenta de lo que está en juego, son derechos sensibles que conviene subrayar. Esos derechos se apoyan en el reconocimiento de los derechos fundamentales de todas las personas, que son sobre todo la integridad física y mental, la intimidad mental, la libertad de pensamiento y el libre albedrío, e incluso el derecho a beneficiarse del progreso científico. El informe señala también la necesidad de decidir libremente y de modo responsable cuestiones vinculadas a las neurotecnologías, sin forma alguna de discriminación, coerción o violencia. ■

R. Douglas Fields

Miembro de la Asociación Estadounidense para el Avance de la Ciencia, profesor adjunto de la Universidad de Maryland. Acaba de publicar *Electric Brain,* sobre las ondas cerebrales, la interfaz cerebro-ordenador y la estimulación del cerebro.

Piratear el cerebro: una quimera más que una realidad

Aunque las neurociencias han avanzado espectacularmente en las últimas décadas, las posibilidades que ofrece el desarrollo de las interfaces cerebro-máquina no son infinitas. Mecánica extremadamente compleja, el cerebro todavía está lejos de haber librado todos sus secretos.

En 2016, el Departamento de Estado anunció que el personal de la embajada de Estados Unidos en La Habana (Cuba) había sido víctima de un ataque que causó traumatismos cerebrales a miembros de su personal. Las consiguientes investigaciones no aportaron prueba alguna de la existencia de algún tipo de arma de energía dirigida. Pese a ello, se sigue conociendo a esas lesiones cerebrales como "el síndrome de La Habana".

No es nueva la idea de que se puede controlar la mente humana mediante electrodos implantados en el cerebro, o infiltrando rayos láser, electromagnéticos o sónicos en la cavidad craneal. En los decenios de 1950 y 1960, gracias a los avances de la electrónica, los neurocientíficos pudieron insertar electrodos en el cerebro de humanos y animales para estimularlo y tratar de averiguar cómo este órgano dicta nuestras conductas. Algunos neurocientíficos eminentes llegaron incluso a aconsejar el uso de la estimulación cerebral para corregir las conductas aberrantes. Durante la Guerra Fría, psicólogos y psicofarmacólogos investigaron métodos destinados a despojar a las personas de su libre albedrío. El temor a esta práctica de "lavado de cerebro" se desvaneció cuando se llegó a saber que tomar el control del cerebro era una pura quimera.

Perspectiva orwelliana

El auge de las neurociencias en los últimos años está reactivando el temor a que se pueda manipular nuestra mente. Bien es verdad que se han hecho algunos progresos espectaculares. Herramientas como el electroencefalograma o la resonancia magnética nuclear funcional del cerebro se pueden utilizar para revelar pensamientos, emociones e intenciones de una persona. Las interfaces cerebro-máquina permiten ahora controlar prótesis a partir de una lectura del cerebro. También es posible actualmente transmitir sensaciones y emociones al cerebro con el uso de electrodos, e incluso conseguir que los ciegos tengan una visión rudimentaria.

Hace poco se ha logrado incluso que dos personas jueguen a videojuegos mediante "telepatía" gracias a ordenadores capaces de detectar, transmitir y generar la actividad eléctrica cerebral que intercepta los pensamientos de los jugadores y sus respuestas.

Todos esos experimentos son reales. Sin embargo, los científicos distan aún mucho de tener a su alcance la manipulación de la mente con estímulos eléctricos. En su célebre obra *Physical Control of the Mind. Toward a Psychocivilized Society*, el neurofisiólogo José M. R. Delgado decía ya en 1969 lo siguiente: "¿Podría un dictador sin escrúpulos sentarse un día ante un radiotransmisor y estimular con sus ondas lo más recóndito de los cerebros de una masa de individuos desesperadamente sojuzgados? Esta perspectiva orwelliana sería un tema fantástico para una novela, pero afortunadamente sobrepasa los límites teóricos y prácticos de la estimulación eléctrica del cerebro". Esta afirmación sigue estando plenamente de actualidad.

En los últimos decenios, efectivamente, los científicos se han topado con la extrema complejidad del cerebro humano. Todavía hoy los especialistas no comprenden cómo las informaciones se codifican y procesan en los circuitos neuronales. Por eso es imposible, contrariamente a algunos fantasmas, "leer" el cerebro y, mucho más impensable todavía, poder implantar datos en él.

> "La manipulación de la mente sobrepasa los límites teóricos y prácticos de la ciencia

Circuitos muy complejos

Ni que decir tiene que las interfaces cerebro-máquina pueden reconocer los esquemas de impulsión neuronal relacionados con funciones específicas, a semejanza de los algoritmos de Amazon que

pueden pronosticar nuestras aficiones en materia de libros o películas mediante el tratamiento de un ingente volumen de datos. Pero el análisis de las informaciones neuronales obtenidas mediante electroencefalogramas, operaciones de resonancia magnética nuclear funcional o electrodos implantados exigen por parte de la persona examinada tolerar un sinnúmero de repeticiones y una gran colaboración para poder identificar el tipo de influjo nervioso que va asociado, por ejemplo, a la intención de mover un dedo. Estas operaciones se pueden comparar con el automatismo de cambio de velocidad de un automóvil en función del ruido del motor. Estas interfaces exigen al cerebro que aprenda a generar modelos particulares de activación neuronal para que el ordenador pueda ejecutar la función deseada.



© Ilustración: Nadia Diz Grana para *El Correo de la UNESCO*

> **Los avances de las neurociencias no son preocupantes en sí mismos, pero el uso que se haga de ellos sí plantea un problema**

De la misma manera, es imposible introducir informaciones en el cerebro, pura y simplemente porque no se sabe cómo hacerlo. Aunque se llegara a dominar la codificación de la información, no se sabría qué neurona habría que estimular entre los miles de millones que posee el cerebro humano para desencadenar la función deseada. Los científicos sí pueden determinar qué región del cerebro se debe estimular, pero no qué neurona. Además, la neurona que controla una función particular no se encuentra forzosamente en la misma zona del cerebro en todas las personas. Por último, estimular solamente una neurona no sería suficiente para controlar el comportamiento de una persona porque la función cerebral se basa en una actividad coordinada de circuitos complejos en la que intervienen centenares o miles de neuronas. Por consiguiente, es imposible estimular coordinadamente grandes redes neuronales para dictar a alguien un comportamiento determinado y controlar su mente.

Estos métodos de interfaz cerebro-máquina exigen también intensos esfuerzos de cooperación, repetición y aprendizaje por parte de la persona cuyo cerebro es estimulado. Los científicos suponen que la estimulación provoca en el cerebro una sensación artificial, y que es la asombrosa capacidad de aprendizaje y adaptación lo que permite reconocer ese evento artificial y luego utilizarlo, por ejemplo, para activar una prótesis o, en el caso de los ciegos, interpretar los destellos luminosos inducidos por la estimulación de su córtex visual. Estamos lejos de una manipulación clandestina de nuestra mente.

Miedo a lo desconocido

De todos modos, es imposible predecir el futuro. La potencia de los algoritmos y de la inteligencia artificial para explotar datos es exponencial. El avance de los conocimientos hará posible a la larga que se comprenda mejor el funcionamiento del cerebro humano y que se elaboren técnicas susceptibles de modificar sus funciones.

Los avances de las neurociencias no son preocupantes de por sí. En cambio, el uso que se haga de ellos sí plantea un problema. La especie humana puede convertir en armas todos los descubrimientos e inventos que ha hecho, desde el átomo hasta los virus. Desde sus orígenes, el *Homo sapiens* parece dudar permanentemente entre la violencia y la cooperación con sus semejantes. Internet es un ejemplo emblemático. Fuente de progreso y de beneficios considerables para la sociedad, también es utilizado para atizar el odio y la violencia. No hay razón alguna para creer que los avances de las neurociencias vayan a escapar a esta regla.

Por el momento no hay ninguna evidencia de que haya métodos que puedan controlar nuestro cerebro, ni tampoco se dispone de pruebas tangibles de que los síntomas de "niebla mental" que se han terminado conociendo como "síndrome de La Habana" sean el efecto de un arma neurológica.

A pesar de la cobertura sensacionalista dada a este fenómeno, conviene considerar la diferencia entre este peligro potencial no demostrado y las amenazas reales a las que nos enfrentamos. El miedo al control mental no es nada comparado con las armas de guerra existentes, con los interrogatorios, la tortura y la brutalidad, que son amenazas reales y actuales. Pertenecemos a una especie que considera lógica y justificada la perspectiva de una "destrucción mutua asegurada" con armas atómicas. Esto sí que es una terrible realidad que se puede desencadenar apretando simplemente un botón, y no un temor alimentado por fantasmas. ■

Entrevista realizada
por **Jenny Dare**
UNESCO

Rafael Yuste: “Es preciso actuar antes de que sea demasiado tarde”

En la actualidad, ya sabemos cómo provocar alucinaciones en los ratones manipulando el córtex cerebral. Lo que hoy es posible en el ratón, mañana lo será en el ser humano. Por lo tanto, según el neurobiólogo Rafael Yuste, es urgente adoptar leyes que regulen la explotación de nuestra actividad mental. Yuste, que preside la Fundación NeuroRights y es profesor en la Universidad de Columbia en Estados Unidos, milita en favor de la protección de nuestros “neuroderechos”.



© Boris Séméniako

● ***Su carrera comenzó en Madrid, donde trató a pacientes aquejados de trastornos mentales, en particular de esquizofrenia paranoide. ¿De qué manera esa labor dio origen a su trayectoria en las ciencias neurológicas?***

Me destinaron a un hospital donde se trataba los casos más graves. Muchos de ellos eran esquizofrénicos paranoicos y las entrevistas se realizaban en presencia de agentes de seguridad. Me impresionó mucho la inteligencia de esos pacientes. No son personas con capacidades limitadas; son capaces de razonar con tanta precisión como el detective británico Sherlock Holmes, ¡que probablemente también era un esquizofrénico paranoico! Recuerdo una entrevista terrorífica: uno de los pacientes me amenazaba personalmente, a mí y a mi familia. Gracias a mi acento, había adivinado dónde vivía y me dijo: "Voy a ir a tu casa para matar a tu padre".

> **"Cualquier tecnología que altere nuestras capacidades cognitivas afectará a nuestra humanidad**

Esas personas están dotadas de cerebros excepcionales, pero es como si en su fuero interno un interruptor estuviera apagado. Utilizan su inteligencia contra sí mismas y contra la sociedad, en vez de mejorar sus vidas y su entorno. Si pudiéramos comprender lo que no funciona en ellas, podríamos accionar ese interruptor para reincorporarlos a nuestro mundo. Pero no podemos porque no comprendemos la esquizofrenia; y no la comprendemos porque tampoco entendemos cómo funciona el cerebro. Esa constatación me hizo reflexionar acerca de mis ambiciones profesionales y me dije que, para obtener resultados concretos en pacientes con enfermedades mentales, tenía que centrarme en comprender mejor los mecanismos cerebrales.

● ***¿Por qué resulta tan difícil comprender cómo funciona el cerebro?***

No lo hemos logrado todavía a causa del enorme número de neuronas y la complejidad de sus circuitos. Por eso Santiago Ramón y Cajal, uno de los creadores de las ciencias neurológicas, los comparó hace un siglo con una selva impenetrable en la que numerosos exploradores se han extraviado.

● ***¿En qué medida las investigaciones sobre el cerebro de los ratones que usted realiza actualmente en la Universidad de Columbia contribuyen a mejorar la comprensión del funcionamiento del cerebro humano?***

Creo que el camino más corto para hacer realidad el sueño de llegar a comprender las funciones mentales pasa por el córtex cerebral del ratón. El córtex es una zona común a todos los mamíferos y, por eso, su aspecto es similar. Córtex en latín significa "corteza"; el córtex recubre el cerebro como si fuera una corteza. Esa fina capa de tejido genera, como por arte de magia, todo lo que somos: percepciones, pensamientos, recuerdos, emociones; todo deriva de la actividad de esas neuronas. Llevamos 30 años estudiando los circuitos cerebrales de ratones normales y de otros que padecen enfermedades cerebrales, como esquizofrenia, Alzheimer, epilepsia y otras.

Gracias a esos trabajos, hemos logrado descifrar y manipular la actividad cortical, al punto de poder provocar alucinaciones en los ratones, y hemos conseguido que se comporten como si vieran cosas que no existen en realidad. Científicos del Instituto de Tecnología de Massachusetts, en Estados Unidos, han logrado implantar falsos recuerdos en el cerebro de algunos ratones. Ese experimento plantea el problema de la protección de la vida privada, ya que no se trata solamente de leer el pensamiento -las cosas de las que una persona es consciente- sino de algo aún peor: descifrar la actividad cerebral subconsciente. Estas investigaciones me han llevado paulatinamente a la convicción -y este es el punto de partida de NeuroRights- de que es preciso proteger el cerebro humano, porque esos métodos pueden modificar las conductas. Ya podemos manipular al ratón como si fuera una marioneta. Y lo que hoy podemos hacer con el ratón, mañana será posible hacerlo con el hombre.

● ***La Fundación NeuroRights, que usted preside, sensibiliza a las Naciones Unidas, las empresas tecnológicas y al público en general sobre las implicaciones éticas de las neurotecnologías y la inteligencia artificial. ¿Por qué deberíamos preocuparnos por estos temas?***

En 2017, un grupo de 25 interesados nos reunimos en la Universidad de Columbia, en Nueva York, para reflexionar sobre las implicaciones éticas y sociales de las neurotecnologías. Los asistentes representábamos a las *Brain Initiatives* [iniciativas de neurología] de distintos países: Estados Unidos, China, Japón, República de Corea, Australia, Israel y varios países europeos. También había expertos en el desarrollo de las neurotecnologías, neurocirujanos y médicos en ejercicio, neurólogos, miembros vinculados al sector de la inteligencia artificial y la industria tecnológica, y expertos en la creación de algoritmos, en bioética y en derecho.

Este grupo, que adoptó el nombre de Morningside, propuso los principios éticos que deberían orientar a las neurotecnologías y la inteligencia artificial. El primer principio fue la elaboración de lo que nosotros denominamos "neuroderechos", los derechos cerebrales. Creemos que se trata de un asunto que afecta a los derechos humanos, ya que en el cerebro radica la actividad mental. Y la mente es lo que nos hace humanos. Cualquier tecnología que altere el tejido donde se generan nuestras capacidades mentales y cognitivas repercutirá sobre el pilar fundamental de la persona, sobre nuestra humanidad.

● ***En su opinión, ¿qué "neuroderechos" deberían recibir protección prioritaria?***

Nuestro derecho a la privacidad mental, para evitar que el contenido de nuestra actividad mental sea descifrado sin nuestro consentimiento. Debemos acometer esta tarea sin más dilación porque las neurotecnologías se desarrollan en el mundo entero, para beneficio de muchos pacientes, pero también porque numerosas empresas tecnológicas y de ciencias del cerebro explotan hoy esos métodos para captar la actividad cerebral y conectarla directamente a un ordenador. El teléfono inteligente del futuro, en vez de viajar en nuestros bolsillos, se alojará en la cabeza o tal vez sea un chip implantado en nuestro cerebro.

Los datos recopilados por esa interfaz cerebro-máquina serán propiedad de la empresa informática, porque no existe ninguna regulación al respecto.

¿Qué podemos hacer para que se vayan poniendo en marcha los marcos jurídicos necesarios para proteger los "neuroderechos" y la vida privada mental, a imagen de las leyes que protegen los derechos humanos?

El objetivo de la Fundación NeuroRights es promover la creación de "neuroderechos" y colaboramos con los países y con Naciones Unidas para examinar esta cuestión. En Nuestra Agenda Común, se abordan los retos que esto plantea en relación con la Declaración Universal de Derechos Humanos y el Secretario General, António Guterres, ha señalado específicamente que las neurotecnologías van a figurar entre los temas más importantes de los seis próximos años. También colaboramos con algunos países en términos bilaterales. El mejor ejemplo quizá sea Chile, porque el Senado de esa nación ha apoyado una enmienda constitucional que hace de la integridad cerebral un derecho humano fundamental. Así, una vez que el presidente chileno haya ratificado la enmienda, la Constitución chilena protegerá el cerebro de sus ciudadanos contra las intrusiones no autorizadas con arreglo a la ley. Ésto podrá servir de modelo a otros países para definir los principios éticos aplicables a las neurotecnologías.

¿Cree usted que las neurotecnologías y la inteligencia artificial pueden mejorar la sociedad?

Sin duda. En ese aspecto, mi optimismo es total. Creo que las neurotecnologías van a generar un nuevo renacimiento en nuestra historia. Debemos avanzar, en beneficio de esos pacientes que esperan mucho de nosotros. Debemos hacerlo de manera inteligente, con algunos "quitamiedos". Las tecnologías siempre son neutras, pero pueden utilizarse para el bien o para el mal. Nuestra responsabilidad consiste en velar por que las tecnologías estén al servicio de la humanidad y por que no perjudiquen al progreso.

¿Qué mensaje deberíamos retener de su exposición?

No se trata de ciencia-ficción. Hay que actuar antes de que sea demasiado tarde. ■

Santiago Ramón y Cajal, el primer cartógrafo del cerebro

Al neurocientífico, histólogo y artista español Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) le fascinaba el cerebro. Sus representaciones complejas y cuidadas del funcionamiento interno de este órgano se utilizan todavía en las neurociencias para describir la estructura neuronal que sostiene la memoria y el pensamiento del ser humano.

En 1877, Santiago Ramón y Cajal, médico militar del ejército español, compró un microscopio con sus propios fondos. En base a sus observaciones fue dibujando a mano alzada las minúsculas estructuras del cerebro, en particular sus células nerviosas o neuronas.

Para ello, utilizó una técnica elaborada por el médico italiano Camillo Golgi, que fue el primero que tuvo la idea de colorear de negro las neuronas de forma que se pudieran distinguir de las células circundantes, que quedaban transparentes. Cajal perfeccionó esa técnica y la utilizó para cartografiar el sistema nervioso central, elaborando un catálogo extraordinario de dibujos detallados y meticulosos que abarcaban numerosos espacios y zonas del cerebro.

Cajal partió de la hipótesis - no demostrada científicamente hasta los años 1950 - de que las neuronas del cerebro estaban en contacto pero no se tocaban. Conocida como la teoría de la neurona, estipula que cada célula nerviosa del cerebro es distinta y que las neuronas se comunican a través de sinapsis. En 1906, Cajal y Golgi recibieron conjuntamente el Premio Nobel de Fisiología o Medicina. Cajal fue el primer científico español laureado con esta distinción.

Los archivos de Ramón y Cajal (manuscritos científicos, dibujos, pinturas, fotografías, correspondencia, etc.) se incluyeron en 2017 en el Registro de la Memoria del Mundo de la UNESCO. Posteriormente, se han hecho llamamientos para que los archivos culturales de Cajal se beneficien de un espacio permanente en un museo dedicado con el fin de reconocer sus descubrimientos y la influencia que han tenido en las neurociencias.

Su obra sigue constituyendo un puente entre la ciencia y el arte: en 2020 voluntarios de seis países colaboraron en el Proyecto de Bordado Cajal de la Universidad de Edimburgo que consistió en realizar, a partir de dibujos del científico, 81 bordados para crear un tapiz. Algunos de esos bordados se mostraron en el Foro Virtual 2020 de la Federación Europea de Sociedades de Neurociencias (FENS), y se fueron publicando a lo largo de 2021 en las portadas de números sucesivos de la revista *The Lancet Neurology*.

Lorena Guzmán H.

Periodista en
Santiago de Chile.

Chile, pionero en la protección de los "neuroderechos"

El país está en proceso de convertirse en el primero del mundo en legislar sobre las neurotecnologías e inscribir en su Constitución los "derechos del cerebro"

En 2021 el Senado chileno aprobó por votación unánime un proyecto de ley que modifica la Constitución para proteger los derechos del cerebro o "neuroderechos". La Cámara de Diputados revisó y votó esta legislación en septiembre de este año. Ahora tiene que ser promulgada por el presidente de la República. Si el proceso llega a su fin, Chile se convertirá en el primer país que se dota de una legislación encaminada a proteger la integridad mental, el libre albedrío y la no discriminación en el acceso de los ciudadanos a las neurotecnologías. Su objetivo es dar el estatuto de órgano a los datos personales para que no puedan ser objeto de tráfico o de manipulación.

Paralelamente, se está examinando una reforma constitucional que modifica el artículo 19 de la Carta Magna, la Constitución del país, para "proteger la integridad y la indemnidad mental de los avances y capacidades desarrolladas por las neurotecnologías".

La adopción de tal arsenal jurídico puede parecer prematura a la vista del desarrollo de las neurotecnologías, todavía limitadas en su capacidad de actuar sobre el cerebro humano. Pero los expertos ya han dado la voz de alarma e insisten en la capacidad de empezar a legislar la generalización de actividades intrusivas, mientras los progresos en el ámbito de las neurotecnologías no dejan de acelerarse. En abril pasado la empresa Neuralink, propiedad de Elon Musk, público un video donde se ve a un mono jugando a un videojuego con la mente. La tecnología utilizada, una interfaz cerebro-máquina, todavía se encuentra en sus comienzos, pero abre la vía a infinidad de aplicaciones.



© Ilustración: S. R. García para *El Correo de la UNESCO*

Desviaciones peligrosas

A causa de esa velocidad en el desarrollo de la tecnología, hace tres años la comisión de Desafíos del Futuro del Senado de Chile comenzó a interesarse por las neurotecnologías. Impulsada por la visita de Rafael Yuste, neurobiólogo y uno de los iniciadores de la iniciativa Brain, la apuesta estadounidense para mapear el cerebro humano, la Comisión comenzó a preocuparse del riesgo que estos avances podrían ocasionar para la seguridad humana y el libre albedrío. Porque aunque el desarrollo de las neurotecnologías es mensajero de esperanza para muchos enfermos, sobre todo para quienes padecen parálisis o enfermedades degenerativas como el Parkinson o el Alzheimer, también abre la puerta a la manipulación del cerebro humano.

"Es necesario avanzar en la regulación", alerta Guido Girardi, senador y presidente de la comisión Desafíos del Futuro del Senado, y uno de los impulsores de la normativa. "Ya existen tecnologías que podrían leer directamente el cerebro, lo que se piensa y siente, pero también implantar sentimientos que no son los propios".

Más que la tecnología propiamente dicha, o de su estado actual de desarrollo, lo que suscita inquietud son sus aplicaciones potenciales. "Si esperamos a que (la tecnología) madure, puede que no logremos regularla jamás", advierte por su parte Carlos Amunátegui, académico de la Facultad de Derecho de la Pontificia Universidad Católica de Chile y uno de los expertos citados por la comisión Desafíos del Futuro para redactar los proyectos.

"Es ingenuo pensar que no habrá aplicaciones comerciales", asegura por su parte Pablo López-Silva, psicólogo y académico de la Universidad de Valparaíso. "Si bien estos desarrollos no representan un problema en sí mismos, al no estar regulados pueden traspasar límites peligrosos".

Dichas aplicaciones, explica, podrían ser pirateadas o contener "neurocookies", que les permitirían identificar las preferencias de compra de una persona e implantar otras nuevas.

> **"La legislación ha de ser lo suficientemente amplia como para que se pueda adaptar a la evolución tecnológica**

Vacío jurídico

Chile no es el único país que se inquieta por el vacío jurídico que rodea a las neurotecnologías. España, Estados Unidos, Francia y, más recientemente, Argentina ya han comenzado a estudiar el tema, e incluso las Naciones Unidas y la Organización de Estados Americanos han puesto esfuerzos en ello.

Pero la tarea es compleja. Hace falta que la legislación sea lo suficientemente amplia como para que pueda adaptarse a la evolución de nuevas tecnologías al tiempo que garantice la protección de los ciudadanos. "Ahora bien, en los proyectos en discusión no queda bien explicado qué es la actividad mental o la conexión neuronal", advierte Pedro Maldonado, director del Departamento de Neurociencia e investigador del Instituto Milenio de Neurociencia Biomédica (BNI) de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

La cuestión puede parecer teórica, pero es crucial en la medida en que las neurociencias se sitúan en la frontera entre la actividad cerebral y lo que crea la propia identidad del individuo. "Somos mucho más que actividad neuronal, pero claramente ésta es necesaria para ser el tipo de persona que somos", señala el psicólogo Pablo López-Silva.

La legislación relativa a la regulación de las neurociencias plantea también la cuestión de los permisos. Antes de dar su autorización a una aplicación que explote los datos sobre sus costumbres, el ciudadano/consumidor tiene que poder decidir con conocimiento de causa, esto es, sabiendo exactamente cómo van a utilizarse esos datos. Por ello es indispensable que las informaciones sean realmente asequibles para todos, señala el especialista.

Indispensable igualmente que todo el mundo, sin discriminación posible, pueda beneficiarse de los avances generados por las neurotecnologías y que no acaben siendo asunto de una minoría.

Pero, "¿cómo asegurar un acceso equitativo a esta tecnología? No está claro aún", se inquieta Pedro Maldonado. ■



© Ilustración: S. R. García para *El Correo de la UNESCO*

Mahmud Bukar Maina

Neurocientífico, doctor investigador en la *School of Life Sciences* de la Universidad de Sussex, en Reino Unido. Sus trabajos de investigación se centran en desentrañar el proceso de degeneración en la enfermedad de Alzheimer.

Neurociencias en África: buscando diversidad desesperadamente

Las neurociencias siguen estando dominadas por los países industrializados. África podría aportar sin embargo una contribución significativa a la investigación mundial, siempre y cuando nuevas políticas estimulen la innovación científica en el continente.

Los laboratorios de investigación africanos están al margen de la actual revolución mundial de las neurociencias. Esto es deplorable, ya que África está bien posicionada para participar en la investigación neurológica internacional: dispone de importantes recursos medicinales y es el continente con mayor diversidad genética, lo que es fundamental para comprender los procesos que rigen la salud y las enfermedades humanas.

Los obstáculos que frenan la innovación en África son, entre otros, el restringido acceso a las formaciones científicas, la financiación escasa de la investigación y las excesivas obligaciones de los científicos en el ámbito de la docencia. A todo esto hay que añadir la falta de fuentes de energía fiable y de equipamientos para la investigación. En estas condiciones, es fácil comprender por qué en 2013 solamente un 0,11% de las patentes mundiales fueron registradas por países africanos, según el *Informe de la UNESCO sobre la Ciencia - La carrera contra el reloj para un desarrollo más inteligente* (2021).

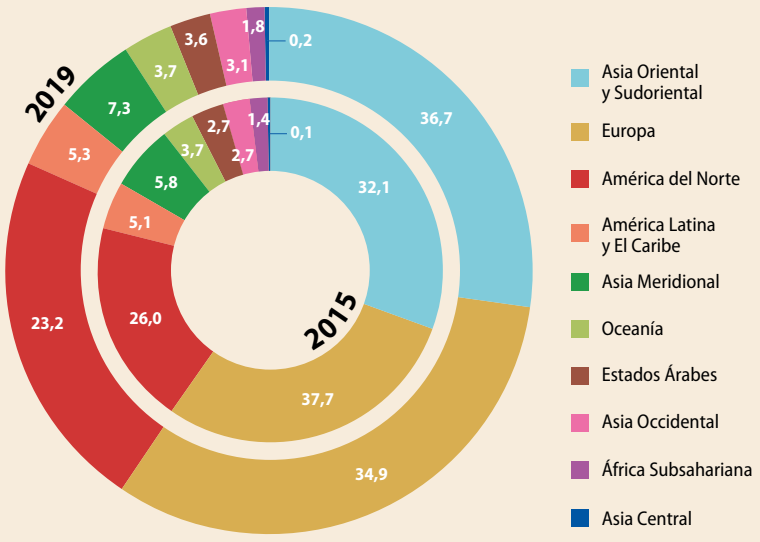
Conscientes de la importancia de la competición mundial en el ámbito de las investigaciones sobre el cerebro, China, los Estados Unidos, el Japón, la Unión Europea y otros países del mundo con economías de primera línea han decidido invertir en proyectos de gran envergadura para estudiar el cerebro y sacar partido de los datos obtenidos para acelerar la concepción de tecnologías innovadoras.

Sin embargo, a pesar de sus posibilidades, África sigue rezagada. Para comprender mejor esta situación paradójica, nuestro equipo ha examinado 5.219 artículos sobre neurociencias asociados a instituciones africanas y en junio de 2021 publicó un amplio estudio con las conclusiones de dicho examen.

El papel impulsor de Sudáfrica

Primera conclusión: Egipto y Sudáfrica son los países del continente africano con mayores porcentajes de artículos publicados sobre neurociencias: un 28% y un 23% del total, respectivamente. Les siguen Nigeria (11%), Marruecos (8%) y Túnez (7%). Los demás países registran, cada uno, porcentajes inferiores al 3%. No obstante, el volumen total de las publicaciones sobre neurociencias fundamentales y clínicas aumenta constantemente.

Parte de las publicaciones científicas en el mundo, 2015 y 2019 (%) por región



La suma de los porcentajes indicados para las diferentes regiones es superior a la cifra total porque los trabajos conjuntos firmados por autores procedentes de zonas distintas se contabilizan en cada región.

© *Informe UNESCO sobre la ciencia: la carrera contra el reloj para un desarrollo más inteligente* (2021)



© Amy Maxmen / ACEGID (African Centre of Excellence for Genomics of Infectious Diseases)

Detección del virus Lassa en muestras de sangre mediante el sistema CRISPR, una herramienta de modificación del genoma en Nigeria. Herramientas como esta podrían enriquecer la investigación neurológica en África.

Los programas de investigación llevados a cabo por neurocientíficos africanos se centran principalmente en dos ámbitos: la neurodegeneración y las lesiones cerebrales. Los estudios efectuados sobre enfermedades como el konzo, la demencia, la meningitis, los accidentes vasculares cerebrales, la epilepsia y las alteraciones neurológicas vinculadas al VIH quizás reflejen la creciente toma de conciencia de los científicos sobre la prevalencia de esas dolencias y la necesidad de intensificar las investigaciones de los africanos en esos ámbitos. En comparación, la investigación sobre la motivación y las emociones, los sistemas motores, la cognición y los sistemas sensoriales está menos desarrollada.

La colaboración científica internacional es esencial para integrarse en la comunidad mundial de investigadores. Ahora bien, durante mucho tiempo los investigadores africanos se han visto obstaculizados por la falta de financiación y por los procedimientos de obtención de visas para colaborar con sus colegas extranjeros. Sin embargo, la colaboración científica dentro de África no se ha desarrollado tanto como en el interior de Europa o en América del Norte.

Otra característica importante: la mayoría de las colaboraciones científicas en África se hacen con Sudáfrica. Aunque algunas de ellas se basan en la existencia de vínculos históricos, lingüísticos y culturales, otras se deben por la disponibilidad de recursos de investigación más desarrollados que en el resto del continente.

Todo esfuerzo encaminado a impulsar el desarrollo de las neurociencias en África debe, por consiguiente, estimular la colaboración y el aprovechamiento de recursos entre los países del continente. Al mismo tiempo, en las colaboraciones con los países del Norte se debe garantizar un nivel de equidad de forma que los socios africanos puedan llevar a cabo proyectos y no se vean relegados a un segundo plano.

Tecnologías de vanguardia y plantas medicinales

Las tecnologías de vanguardia desempeñan un papel fundamental en el campo de las neurociencias. Por eso, no es sorprendente que los países a los que se deben hasta ahora grandes conquistas científicas sean aquellos que tienen acceso a ese tipo de tecnologías.

Ahora bien, menos del 30% de las publicaciones africanas sobre neurociencias, exceptuado Gambia, utilizaron equipamientos como los microscopios de fluorescencia o electrónicos, la biología molecular y el cultivo de células. Esto muestra que en África las inversiones en neurociencias pasan también por una modernización de los instrumentos de investigación.

Otra particularidad: el estudio de las plantas medicinales endémicas ocupa un lugar importante en las publicaciones neurocientíficas africanas. Muchas de esas plantas se usan desde siglos atrás para tratar enfermedades, pero recientemente se han puesto en tela de juicio debido a las falsas promesas de algunos profesionales de la salud, o porque se ha demostrado que a veces pueden ser claramente nocivas. Los investigadores africanos, en particular los del África Occidental, invierten masivamente en este ámbito de las neurociencias para explorar un potencial terapéutico habitualmente ignorado por los países del Norte, representados en nuestro estudio por Australia, Reino Unido, Estados Unidos y Japón.

Por otra parte, nuestro estudio pone de manifiesto la ausencia prácticamente total de modelos de organismos genéticamente modificados en las neurociencias africanas, a pesar de que permiten modelizar fácilmente las enfermedades humanas gracias a la proximidad del patrimonio genético de los animales y el del ser humano. La diversidad de modelos animales existente en el ecosistema africano constituye una ventaja que puede abrir nuevas perspectivas a las neurociencias animales y humanas en el continente. El desarrollo de organismos modelo poco costosos y genéticamente maleables como la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*), el pez cebra (*Danio rerio*) o el gusano *Caenorhabditis elegans* podría abrir aún más perspectivas a las neurociencias de África.

Financiación y cooperación

En 2006, la Unión Africana (UA) recomendó a sus Estados Miembros que invirtieran el 1% de su PIB en la investigación, porcentaje que hasta la fecha ningún país del continente ha alcanzado. A excepción de África Austral, todos los países del continente dependen en gran medida de financiaciones internacionales procedentes de Europa y América del Norte. De hecho, los dos países con el mayor número de publicaciones sobre neurociencias de toda África, Egipto y Sudáfrica, son los únicos que invierten en investigación un porcentaje que se acerca a esa recomendación de la UA.

África cuenta con ventajas para integrarse en la actual revolución mundial de las neurociencias. Nuestro estudio destaca el aumento del número de científicos y de sus contribuciones a la ciencia, y el impacto de las neurociencias en el continente. Además, en África hay numerosos filántropos y organizaciones caritativas que pueden contribuir a la financiación de la investigación científica. Pueden sacar provecho de sus investigaciones sobre las plantas medicinales y, sobre todo, de su diversidad genética. Sin embargo, es preciso que los donantes locales incrementen sus inversiones para complementar las financiaciones internacionales, a fin de dinamizar las infraestructuras de la investigación científica y acelerar la innovación.

Alla Katsnelson

Periodista científica independiente, residente en Massachussetts, Estados Unidos.

Criminalidad: ¿las imágenes del cerebro sirven de prueba?

Las neurotecnologías han permitido perfeccionar considerablemente las técnicas de detección de mentiras. Pero, aunque ahora son mucho más fiables, esos dispositivos siguen planteando múltiples cuestiones jurídicas y éticas. De hecho, las pruebas obtenidas mediante la observación del cerebro se consideran inadmisibles en la mayoría de los tribunales del mundo.

A principios de la década de 1990, los médicos del hospital universitario de Estrasburgo, en Francia, informaron del extraño caso de un hombre de 51 años, víctima de crisis de epilepsia. Al parecer, casi la tercera parte de las crisis que este paciente sufría se desencadenaban cuando mentía por razones profesionales.

Los médicos hallaron rápidamente el origen de sus trastornos: un tumor que presionaba la amígdala del cerebro, que regula emociones como el miedo. Los investigadores llegaron a la conclusión de que era el temor que sentía al mentir, más que la mentira misma, lo que causaba las crisis. Es de suponer que emociones similares podían desencadenar el mismo flujo eléctrico en su cerebro, explica Rebecca Wilcoxson, psicóloga judicial de la Universidad de Queensland Central, en Australia.



© Ilustración: François le Loup para *El Correo de la UNESCO*

Según Wilcoxson, cuando alguien miente ni el cuerpo ni el cerebro muestran ningún signo específico. Sin embargo, en los dos últimos decenios los neurocientíficos han tratado de averiguar si la observación de la actividad cerebral podría indicar cuándo una persona dice o no la verdad.

Técnicas controvertidas

Esas investigaciones se han centrado básicamente en dos tecnologías. La primera, denominada "imágenes obtenidas por resonancia magnética funcional" (fMRI, por sus siglas en inglés) permite medir el flujo sanguíneo en el cerebro para evaluar los esquemas de la actividad cerebral. La hipótesis es que el hecho de mentir exige una carga cognitiva más importante y que esa diferencia podría detectarse mediante las imágenes del cerebro. Los investigadores afirman que pueden determinar si alguien dice o no la verdad, colocando a la persona bajo un escáner de fMRI, formulando preguntas específicas y analizando luego las imágenes del escáner.

La segunda modalidad, basada en la electroencefalografía (EEG), busca un pico de actividad eléctrica denominado P300, que se produce unos 300 milisegundos después de que una persona ha sentido un estímulo -por ejemplo, a través de una palabra o una imagen reflejada sobre una pantalla-. La señal P300 en sí misma no indica la detección de una mentira, sino que corresponde al instante en que el sujeto del experimento reconoce el estímulo, explica Robin Palmer, experto en medicina legal de la Universidad de Canterbury de Nueva Zelanda. Mediante este método, los investigadores pueden preguntar a una persona si reconoce determinados elementos de la escena de un crimen o el arma usada al perpetrarlo.

Algunos estudios indican que, cuando estas técnicas se usan correctamente, pueden ser muy precisas, mucho más que una prueba de polígrafo (el famoso `detector de mentiras`). Pero estos métodos también plantean múltiples interrogantes. En Estados Unidos, la detección de mentiras lograda mediante la observación del cerebro se admitió como prueba pericial en varios procesos penales hace una docena de años. Pero luego fue impugnada durante la apelación y se consideró que no se ajustaba a la norma Daubert, que determina la admisibilidad de las pruebas científicas en los tribunales.

Pruebas inadmisibles

En la mayoría de los países del mundo, esas técnicas se siguen considerando inadmisibles. Las fuerzas del orden de la India y el Japón utilizaron durante



© Ilustración: François le Loup para *El Correo de la UNESCO*

un tiempo una tecnología de detección de mentiras basada en el EEG, pero luego dejaron de aplicarla, señala James Giordano, neurocientífico y deontólogo del centro médico de la Universidad de Georgetown, en Washington DC, Estados Unidos.

En 2008, la India fue el primer país donde se condenó a una persona por un delito, basándose en los resultados de un escáner cerebral de tipo EEG. Aditi Sharma, una estudiante de comercio de 24 años oriunda de Pune, fue declarada culpable de haber envenenado a su antiguo novio. El asunto suscitó la atención mundial y el veredicto fue anulado un año después. En junio de 2021, Sharma y su nueva pareja finalmente fueron hallados culpables del crimen y los resultados del escáner cerebral nunca volvieron a cuestionarse.

No hay muchos estudios sobre esas técnicas y la mayoría de los sujetos son estudiantes voluntarios. "Debemos demostrar que eso funciona en la vida real", afirma Jane Moriarty, profesora de derecho especializado en neurociencias de la Universidad Duquesne de Pittsburgh (Estados Unidos). "Pero hasta ahora no lo hemos logrado".

La prueba del electroencefalograma (EEG) es más sencilla y menos costosa, ya que solo se necesita un casco portátil y ligero. Pero su empleo suscita controversias. "Ante la insuficiencia de datos independientes que corroboren su fiabilidad, el EEG no ha tenido mucho éxito", señala Robin Palmer, que recientemente trató de validar la señal P300 mediante pruebas realizadas simultáneamente con estudiantes y con presos condenados por delitos violentos. La prueba funcionó de manera casi perfecta con los estudiantes, explica Palmer, pero algo menos bien con los reclusos, que se mostraron menos dispuestos a colaborar y manifestaron conductas más impulsivas. "Pero estamos convencidos de que este método de detección generalmente es preciso y fiable".



Inspeccionar el cerebro

Aunque esta técnica resulta eficaz, también es cierto que plantea numerosos interrogantes éticos y jurídicos. Por ejemplo, ¿puede la policía obligar a que alguien se someta a esa prueba, si cree que el sospechoso retiene información sobre un delito? "Dicho claramente: ¿es posible obtener una orden judicial para registrar el cerebro de una persona?", se pregunta Palmer, que tiene previsto colaborar con la policía neozelandesa para ensayar esta tecnología con informadores voluntarios.

Por su parte, Jane Moriarty se interroga sobre la interacción entre estos instrumentos y la memoria. Supongamos que a usted le muestran la foto de un sospechoso que se parece mucho a un amigo cercano. ¿Emitirá su cerebro una señal P300? Por la misma regla de tres, un objeto hallado en la escena de un crimen puede parecerse, por mera coincidencia, a otro que una persona conoce en otro contexto. "Estos son algunos de mis temores", dice Moriarty. "Primero, ¿un reconocimiento erróneo se parece a un reconocimiento verídico? Segundo, ¿cómo saber si una persona reconoce algo solo con el fin de exculparse a sí misma?" "Además, añade, las personas que se someten a esas pruebas podrían ser capaces de confundir deliberadamente sus propios resultados".

Otra dificultad: las autoridades podrían caer en la tentación de hacer un uso abusivo de esos métodos. Imaginemos que la policía arresta a una persona sospechosa de haber robado algo. Si durante la prueba el agente muestra el objeto en cuestión al sospechoso, éste parecerá culpable. "Por eso nunca se podría confiar esta tarea a los agentes de policía, insiste Palmer. Las pruebas deben estar a cargo de unidades independientes".

> **"Ninguna tecnología cerebral resulta lo suficientemente fiable como para extraer conclusiones jurídicas**

Resulta difícil determinar en qué medida los organismos gubernamentales utilizan ya estas tecnologías. El Pentágono, sede del Ministerio de Defensa estadounidense, ha apoyado las investigaciones relativas a la detección de mentiras mediante técnicas de vanguardia, en particular el uso del fMRI. Pero esas técnicas también están disponibles en el mercado. Por ejemplo, la empresa Brainwave Science, con sede en Massachusetts, declara en su sitio web que ha puesto a punto un sistema de pruebas P300 capaz de medir las ondas cerebrales para ayudar a los organismos encargados del orden público en ámbitos como la seguridad nacional, la lucha antiterrorista, la justicia penal y el control de la inmigración.

La complejidad y el refinamiento de las tecnologías de observación cerebral están en evolución, afirma James Giordano. En la actualidad, "ninguna tecnología cerebral resulta lo suficientemente fiable como para extraer de ella conclusiones jurídicas en materia de culpabilidad", señala.

Pero esta situación podría cambiar. Los científicos emplean cada vez más el aprendizaje automático y la inteligencia artificial para extraer indicios de los datos cerebrales. "La dificultad consiste en que no sabemos cómo 'la mente' se manifiesta en 'el cerebro', concluye Giordano. Pero la tecnología empieza a desvelar el misterio". ■

Florian Bayer

Periodista independiente, residente en Viena, Austria.

Las neurociencias en el colegio: ¿milagro o espejismo?

En la década de 2000, algunos vieron en ellas una herramienta capaz de revolucionar la escuela. Veinte años después, aunque las neurociencias educativas no han cumplido todas sus promesas, siguen siendo un instrumento eficaz para aportar una validación científica a determinadas prácticas docentes.

Todos los niños, a priori, quieren aprender, desean explorar y sienten curiosidad por su entorno. Pero a medida que avanzan en los estudios, estas motivaciones tienden a desaparecer y a veces hasta dan paso a la frustración. Conseguir conservar o suscitar esos intereses, más allá de la primera infancia, es uno de los retos más importantes a los que se enfrentan los docentes.

En la década de 2000, el auge de las neurociencias pedagógicas generó grandes esperanzas en el ámbito educativo.

Parecía que la investigación científica sobre los mecanismos del aprendizaje iba a abrir el camino a métodos nuevos, capaces de mejorar la concentración, desarrollar la motivación o incluso favorecer la capacidad de memorizar de los alumnos. Pero, transcurridos 20 años, el balance es menos optimista. Aunque los trabajos de los investigadores han permitido poner en marcha determinados dispositivos de aprendizaje prometedores, la revolución anunciada no ha llegado a ocurrir realmente.



© Nicolas BAKER / INCC / Fototeca del CNRS

Medida de la actividad cerebral de un bebé a través de un encefalograma en el babylab del Centro de neurociencia integrativa y cognición (INCC / CNRS y Universidad de París), que estudia la adquisición del lenguaje y las capacidades cognitivas de los bebés.

La pedagogía tradicional cuestionada

Las neurociencias aplicadas a la educación muestran la importancia de hacer participar a los alumnos para estimular su atención, la conveniencia de alternar los periodos de aprendizaje y los de prueba, y que la reiteración del contacto con los conocimientos varias veces al año facilita su memorización a largo plazo. Las neurociencias subrayan además la función de la emoción y el placer en el aprendizaje, y cuestionan la utilidad de los castigos o las calificaciones, que suelen resultar estigmatizantes y poco eficaces. Los investigadores señalan también la importancia de los rituales para preparar al alumno a una sesión de trabajo. A menudo, estas conclusiones coinciden con las deducciones empíricas de los docentes.

"Puesto que soy profesor de física y matemáticas, me interesé inmediatamente por los aportes de las neurociencias", declara Gerald Stachl, director de una escuela secundaria de Wiener Neustadt, a unos 50 kilómetros de la capital austríaca. "La mayoría de los descubrimientos realizados por las neurociencias han confirmado de manera científica lo que ya habíamos comprendido de forma empírica en clase", explica. Un ejemplo: la fragmentación de los cursos en secuencias de 50 minutos. Los estudios demostraron que ese formato se adaptaba muy poco al ritmo de aprendizaje de los estudiantes.

De la teoría a la práctica

Aunque algunos trabajos de los investigadores en neurociencias plantean problemáticas interesantes, sigue siendo

difícil trasponer a las aulas los datos obtenidos en el laboratorio. La centralización del sistema educativo, los reglamentos y los programas dejan poco espacio para la experimentación. Asimismo, apenas empezamos a descubrir los complejos mecanismos del aprendizaje. Las tomografías del cerebro pueden mostrar qué zonas se activan durante la ejecución de determinadas tareas. Pero estas imágenes no dicen nada de los mecanismos psicológicos, cuya función es quizá más importante. Además, cada persona aprende según el ritmo y las modalidades característicos de su idiosincrasia.

En realidad, los docentes no se ponen de acuerdo sobre la conveniencia de aplicar las ciencias cognitivas en el aula. "No veo claro ni la utilidad ni las consecuencias de la investigación neurológica para la práctica de la enseñanza", afirma Nicole Vidal, profesora de ciencias de la educación en la Escuela Normal de Feiburg (Alemania). "Pasado el entusiasmo inicial, se ha comprobado que deducir métodos pedagógicos a partir del funcionamiento del cerebro no es tan obvio".

Stefan Hopmann, profesor de ciencias de la educación de la Universidad de Viena, se muestra también escéptico en cuanto a la neuropedagogía y asegura que las publicaciones sobre el tema suelen carecen de rigor científico. "A menudo, se ponen en tela de juicio algunos conocimientos pedagógicos derivados del sentido común", señala.

En vez de revolucionar nuestra manera de enseñar, las neurociencias pedagógicas nos ayudarían más bien a superar problemas específicos y trastornos del aprendizaje, tales como la dislexia o el déficit de atención, añade Nicole Vidal.

Sacralización de las calificaciones

"El entusiasmo ya pasó. ¡Qué pena!", lamenta por su parte Thomas Mohrs, investigador de educación en la Escuela Normal de la Alta-Austria. Mohrs está convencido de que las neuropedagogías aportan la prueba científica de lo que los partidarios de la educación progresista aplican desde hace décadas.

Mohrs denuncia en particular la sacralización de las notas y los efectos negativos que dicha mitificación ejerce sobre el fomento de la competitividad. "El temor es el enemigo absoluto de la creatividad", insiste. En lugar de condenar a los niños cuando "fracasan", los docentes deberían, al contrario, alentarlos a que cometan errores y a que aprendan de ellos, como confirman diversos trabajos realizados en el ámbito de la neurociencias educativas.



© UNICEF / Bobby Shing

Las neurociencias confirman la importancia de la participación para estimular la atención de los alumnos. Sesión de trabajo de grupo en una escuela de Port-Vila, capital de Vanuatu, en 2020.

"El método de 'prueba y error' es uno de los primeros principios científicos. Es fundamental para el progreso de la ciencia", insiste Mohrs. Pero el colegio no está hecho para ayudar a que los alumnos aprendan de sus errores, sino más bien para castigarlos.

No obstante, aunque la presión puede resultar desestabilizadora, también opera como un estímulo. "La presión forma parte de la motivación de los estudiantes", explica Gerald Stachl. El problema es que una presión, incluso modesta, ejercida sobre los alumnos para que aprueben el curso, se traduce casi inevitablemente en una nivelación por lo bajo para que los más atrasados alcancen el nivel mínimo requerido para pasar al grado siguiente. En esos casos, toda la clase corre el riesgo de caer en la *Durchschnittsfalle*, "la trampa de la media", término que sirvió de título al éxito de ventas publicado en 2012 por el genetista austríaco Markus Hengstschläger.

Gerald Stachl comparte esa opinión. "En realidad, deberíamos abstenernos de impartir los mismos contenidos a toda la clase", afirma. Sin duda, los mejores alumnos pueden, en cierto grado, tirar hacia arriba de los demás, pero esta práctica también suele desmotivar a los más adelantados. De ahí que Stachl sea partidario de que existan marcos de aprendizaje segregados, que agrupen a pequeños núcleos de alumnos que tengan el mismo nivel de competencias y que se lleven a cabo además de los cursos habituales a los que asisten todos los alumnos. Según él, las neurociencias educativas apoyan este enfoque.

> **"Las neurociencias destacan la función que la emoción y el placer desempeñan en el aprendizaje**

"Sin duda, el sistema escolar necesita reformas, pero en los últimos años los planes de reformarlo apenas se han sustentado sobre datos racionales", se lamenta Nicole Vidal. En ausencia de una estrategia mundial, señala, cada uno tiende a escoger los elementos que prefiere en las ciencias educativas. "Esa actitud no tiene nada que ver con un enfoque científico". Vidal advierte también acerca de los intereses comerciales que suelen inmiscuirse en el asunto.

De hecho, aunque la mayoría de los docentes está más bien dispuesta a acoger los datos derivados de las neurociencias, hasta ahora ninguna escuela austríaca ha integrado sistemáticamente el método neurodidáctico.

Aunque no sean el remedio milagroso que algunos ansiaban, las neurociencias educativas se consideran hoy un recurso adicional al servicio de los docentes, que les ayuda a definir las prácticas que ya han demostrado ser útiles. Pero, para que cumplan esa función, es preciso sensibilizar al profesorado a fin de que pueda apreciar los resultados de las neurociencias, situación que todavía está lejos de haberse alcanzado. ■

En China, renace la esperanza para los "niños de las estrellas"

Los adelantos de las neurociencias, combinados con el poder neuroquímico de la acupuntura, ofrecen nuevas pistas terapéuticas para los niños autistas.

Zhang Rong y Han Ji-sheng

Profesora adjunta del Instituto de Investigaciones Neurocientíficas de la Universidad de Peking en Beijing, **Zhang Rong** es confundadora del Centro de Investigaciones sobre el Autismo del Centro de Ciencias de la Salud de esta universidad.

Fundador del Instituto de Investigaciones Neurocientíficas y miembro de la Academia de Ciencias de China, **Han Ji-sheng** es una autoridad en materia de acupuntura y desempeña también otros cargos prominentes.

La dolencia que hoy denominamos autismo era ya objeto de estudio en China desde el siglo VII. Bajo la dinastía Sui (581-618 de nuestra era), el médico imperial Chao Yuanfang describió en su obra *Zhubing Yuanhou Lun* (De la etiología de las enfermedades) el fenotipo llamado *hun se (cabeza aturdida)* y *yu chi* (retraso del lenguaje), explicando que "se manifestaba clínicamente por la incapacidad de hablar y el retraso del desarrollo neuronal del niño".

© Tian Tian



Pero no fue hasta 1943, cuando el pedosiquiatra Leo Kanner, del hospital Johns Hopkins de Estados Unidos, describió por primera vez el "autismo infantil precoz", que este trastorno fue definido claramente en los anales de la medicina.

En 1988, el éxito clamoroso de la película de Barry Levinson *Rain Man,* una de las primeras representaciones del autismo en la pantalla, contribuyó en gran medida a sensibilizar al gran público a esta enfermedad.

En 2007, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó por unanimidad que se declarase el 2 de abril Día Mundial de Concienciación sobre el Autismo con el fin de atraer aún más la atención pública sobre este trastorno, aunque la visión que aporta es simplista.

Cada vez se diagnostica más algún trastorno del espectro autista (TSA, por sus siglas en inglés) a niños de todo el mundo, una patología del desarrollo de aparición precoz que se encuentra en el origen de problemas persistentes de comunicación e interacción social, así como de comportamientos repetitivos estereotipados. Según la Organización Mundial de la Salud, los TSA afectan casi a uno de cada 160 niños.

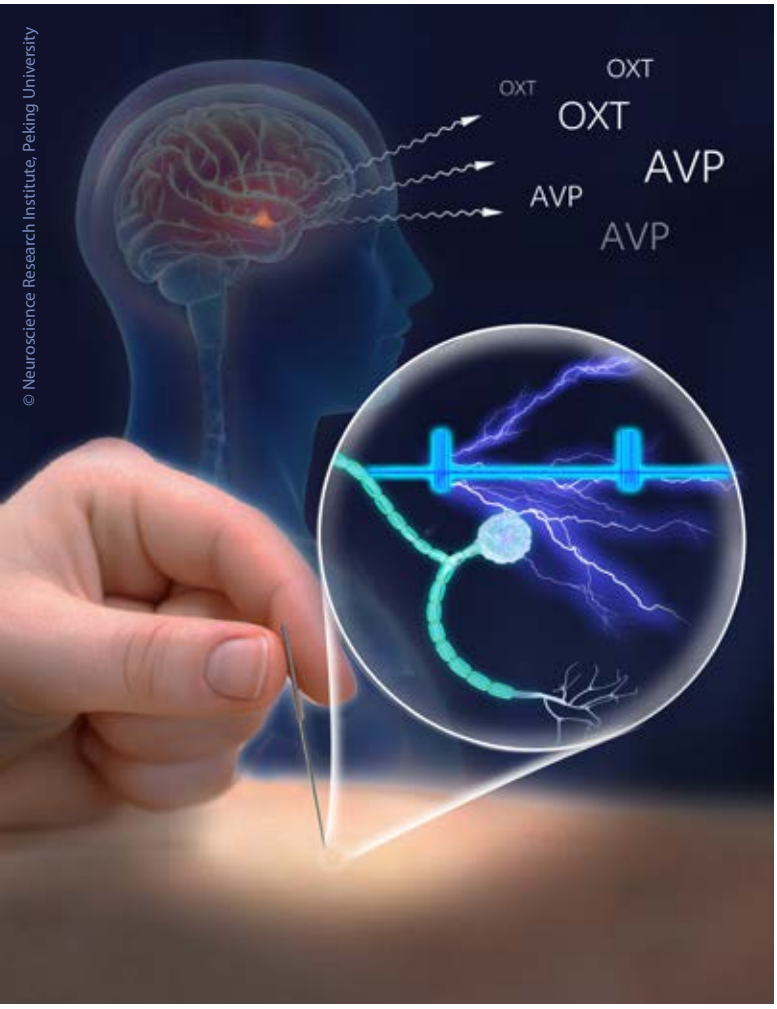
Al igual que ocurre en la mayoría de los países del mundo, el autismo afecta a muchas familias chinas. Eso las coloca a menudo en situaciones difíciles, tanto en el plano económico como en el emotivo, sin que ningún tratamiento terapéutico específico esté disponible en las clínicas.

Toma de conciencia

Desde 1982, fecha en que el concepto apareció por primera vez en la literatura médica gracias a la pluma de Tao Guotai, psiquiatra del Hospital del Cerebro de Nanjing, la sensibilización a esta patología ha aumentado considerablemente en China.

El diagnóstico también ha evolucionado. El apoyo gubernamental ha permitido que las familias afectadas reciban mejores atenciones. Al mismo tiempo, la investigación ha realizado progresos importantes. Expertos en los ámbitos de la

◥ Peach Blossoms, *pintado por Tian Tian, un artista chino de 18 años con autismo.*



© Neuroscience Research Institute, Peking University

◥ *La acupuntura puede provocar la liberación de sustancias que desempeñan un papel clave en la regulación del comportamiento social.*

pedosiquiatría, la reeducación, la genética, la psicología cognitiva y las neurociencias han llevado a cabo estudios inspirándose en las buenas prácticas de otros países.

En fechas más recientes, los rápidos adelantos de la genética han permitido identificar a más de 200 genes como causas probables de los TSA. Asimismo, se han definido diversos factores de riesgo medioambientales. Esos trastornos complejos provocan alteraciones estructurales y funcionales en el cerebro, que generan los fenotipos conductuales del grupo TSA.

Una alternativa prometedora

A falta de un remedio realmente capaz de curar los TSA, y habida cuenta de los efectos indeseables de las terapias médicas existentes, durante mucho tiempo se creyó que la reeducación de la conducta precoz era la única opción.

Pero los estudios clínicos confirmaron la eficacia de la acupuntura como terapia alternativa. China está a la cabeza de la investigación sobre las aplicaciones terapéuticas de esta técnica tradicional autóctona, que desde hace miles de años se emplea para tratar el dolor y otras enfermedades funcionales.

Bajo la dirección de Han Ji-sheng (coautor de este artículo) un grupo de investigadores de la Facultad de Medicina de la Universidad de Beijing lleva a cabo desde 1965 investigaciones fundamentales y clínicas sobre esta terapia, para determinar si la acupuntura -reconocida por sus efectos analgésicos, obtenidos al estimular la liberación de péptidos opioides endógenos- podría atenuar los síntomas del autismo en los niños.

En 1997, Zhang Suikang, célebre experto en medicina tradicional china de la provincia de Jiangsu, señaló por primera vez la eficacia de la acupuntura en el tratamiento del autismo infantil. En 1998, varios estudios definieron los vínculos entre los TSA y la oxitocina.

Nuestro colaborador Keith Kendrick fue el primero que señaló, en 1987, la función de esta hormona en el comportamiento materno y los nexos entre madre y cría en las ovejas. Posteriormente, se descubrió que la oxitocina y la arginina vasopresina (AVP), un nonapéptido similar, contribuían a mejorar la conducta en materia de reconocimiento, aprendizaje, memoria, recompensa, empatía, confianza y adhesión social, al actuar sobre los receptores distribuidos en las diversas regiones del cerebro que regulan el comportamiento social.

Las investigaciones realizadas en los últimos diez años han demostrado que la estimulación eléctrica periférica puede provocar la liberación de distintos neurotransmisores y neuropéptidos en el sistema nervioso central, entre otros la oxitocina y la AVP.

En un estudio iniciado en 2008, empleamos una técnica derivada de la acupuntura, la estimulación eléctrica transcutánea de puntos de acupuntura, para tratar durante tres meses a niños que padecían TSA. En total, 246 niños afectados por TSA participaron en el estudio, cuyos resultados preliminares son alentadores.

Los resultados indicaron que este método, combinado con la readaptación, puede suplir de manera satisfactoria los déficits en materia de comunicación e interacción social, sensaciones, inteligencia, rechazo alimentario e incluso de ansiedad en los niños que padecen TSA, en comparación con las intervenciones de acompañamiento.

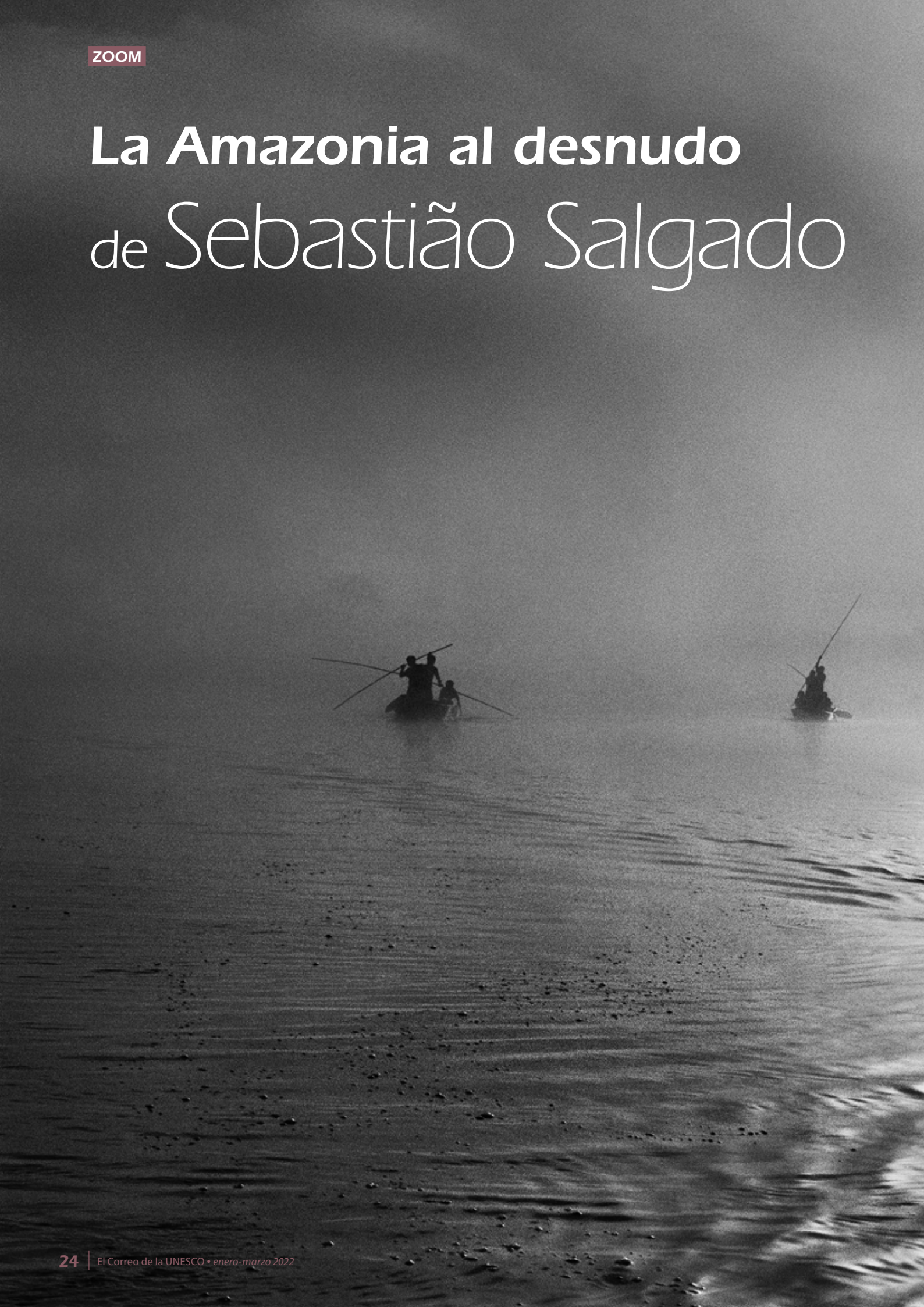
La acupuntura está reconocida como un medio seguro, económico y eficaz de tratar las enfermedades funcionales. No obstante, todavía queda mucho por hacer para verificar y comprender su aplicación en el tratamiento del autismo. Hace falta mejorar sobre todo los conocimientos sobre cómo las señales de acupuntura afectan al centro regulador de las interacciones sociales situado en el cerebro y descifrar los circuitos y mecanismos que sustentan el comportamiento social.

> **“Según la OMS, los trastornos del espectro autista afectan aproximadamente a uno de cada 160 niños**

En 2021, el gobierno chino anunció el comienzo de un proyecto titulado “La ciencia del cerebro”. Esta iniciativa tiene por objeto estudiar las bases neurológicas del conocimiento humano y, al mismo tiempo, contribuir al tratamiento de las enfermedades cerebrales.

Este esfuerzo es importante, sobre todo por la comprensión de la diversidad conductual. Pero merece la pena, si queremos que algún día “los niños de las estrellas” lleguen a ser parte integral de nuestra familia humana. ■

La Amazonia al desnudo de Sebastião Salgado







Fotografías: **Sebastião Salgado**

Texto: **Katerina Markelova**,
UNESCO

Páginas 24-25: Situado en el Estado de Mato Grosso, el Territorio indigena de Xingu está poblado por 6.000 individuos de 16 comunidades diferentes, Brasil, 2005.

Arriba: Cadena de montañas de Marauiá, municipalidad de São Gabriel da Cachoeira. Territorio indígena yanomami, Estado de Amazonas, Brasil, 2018. Ecosistema de los más diversificados del planeta, la Amazonia alberga 16.000 especies de árboles.

Cielos constelados por nubes de tintes negros, montañas que se yerguen sobre la vegetación o habitantes de la selva sorprendidos en su vida diaria: la Amazonia que nos muestra el fotógrafo franco-brasileño Sebastião Salgado no es la de los manidos clichés de tierras rojas y ríos serpenteantes de una jungla amazónica repleta vivos colores con todos los matices de un verde luminoso, las imágenes de Salgado nos muestran en claroscuro un universo grandioso y complejo, pero muy frágil al mismo tiempo.

Porque la Amazonia, que alberga 370.000 miembros de diferentes pueblos indígenas y sirve de pozo de carbono al absorber cerca del 10% del CO2 mundial, se encuentra amenazada. Según estimaciones publicadas en noviembre de 2021 por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) de Brasil, en un solo año la deforestación, en gran parte ilegal, ha aumentado un 22% con más de 13.000 km^2 de selva deforestada.

En su obra *Amazônia*, publicada en 2021, Salgado rinde homenaje a la gran belleza de una selva que todavía estamos a tiempo de salvar. “Anhelo de todo corazón, con todas mis fuerzas y con el ánimo



Arriba: Chamán yanomami en el Estado de Amazonas, Brasil, en 2014. Los 40.000 yanomami constituyen el grupo étnico más grande de la Amazonia.

embargado por una viva emoción - nos cuenta - que de aquí a cincuenta años este libro no parezca el archivo de un mundo perdido. La Amazonia tiene que seguir viva".

En 1998, Sebastião Salgado y su esposa Lélia fundaron el Instituto Terra en su hacienda familiar del valle del Río Doce, situado en el estado brasileño de Minas Gerais, con el propósito de rehabilitar las tierras de esta comarca devastada por la erosión. En los más de veinte años transcurridos desde entonces, se han plantado unos tres millones de árboles en ejecución de un plan de restauración del bosque atlántico brasileño.

"Toda la diversidad biológica ha regresado, incluso los jaguares, que se daban por extinguidos en nuestra región", explica el fotógrafo. Parte integrante de la Reserva de Biosfera de la UNESCO de "Mata Atlântica", el Instituto Terra lleva a cabo una labor pedagógica de sensibilización del público a la importancia de la conservación del medio ambiente, objetivo compartido con el Programa de la UNESCO sobre el Hombre y la Biosfera (MAB), que ha cumplido en 2021 cincuenta años y con el que el fotógrafo está comprometido activamente.

Amazônia es también una exposición. Después de París, Roma y Londres, viajará a São Paulo, Rio de Janeiro y Manchester en 2022. Las imágenes de Sebastião Salgado también han sido expuestas en el marco de las celebraciones del 75° aniversario de la UNESCO en noviembre de 2021.



Arriba: Aldeni y Josane, Territorio indígena yanomami, Estado de Amazonas, Brasil, 2014. Amenazadas de destrucción por buscadores de oro ilegales, las tierras de los yanomami se extienden por 9,6 millones de hectáreas y fueron reconocidas como Territorio indígena protegido en 1992.

Página 29 arriba: Habitantes de Watoriki pasan por delante del sagrado Ceiba pentandra, un árbol gigante situado en la entrada del poblado. Territorio indígena yanomami, Estado de Amazonas, Brasil, 2014.

Página 29 abajo: Fuertes lluvias caen sobre el río Juruá, Estado de Amazonas, Brasil, 2009. Con una capacidad de evaporación de 1.000 litros de agua diarios por árbol, la jungla amazónica crea un flujo de humedad en el aire más importante que el de los propios ríos del Amazonas.











Páginas 30-31: Archipelago fluvial de Mariuá, Río Negro, Estado de Amazonas, Brasil, 2019.

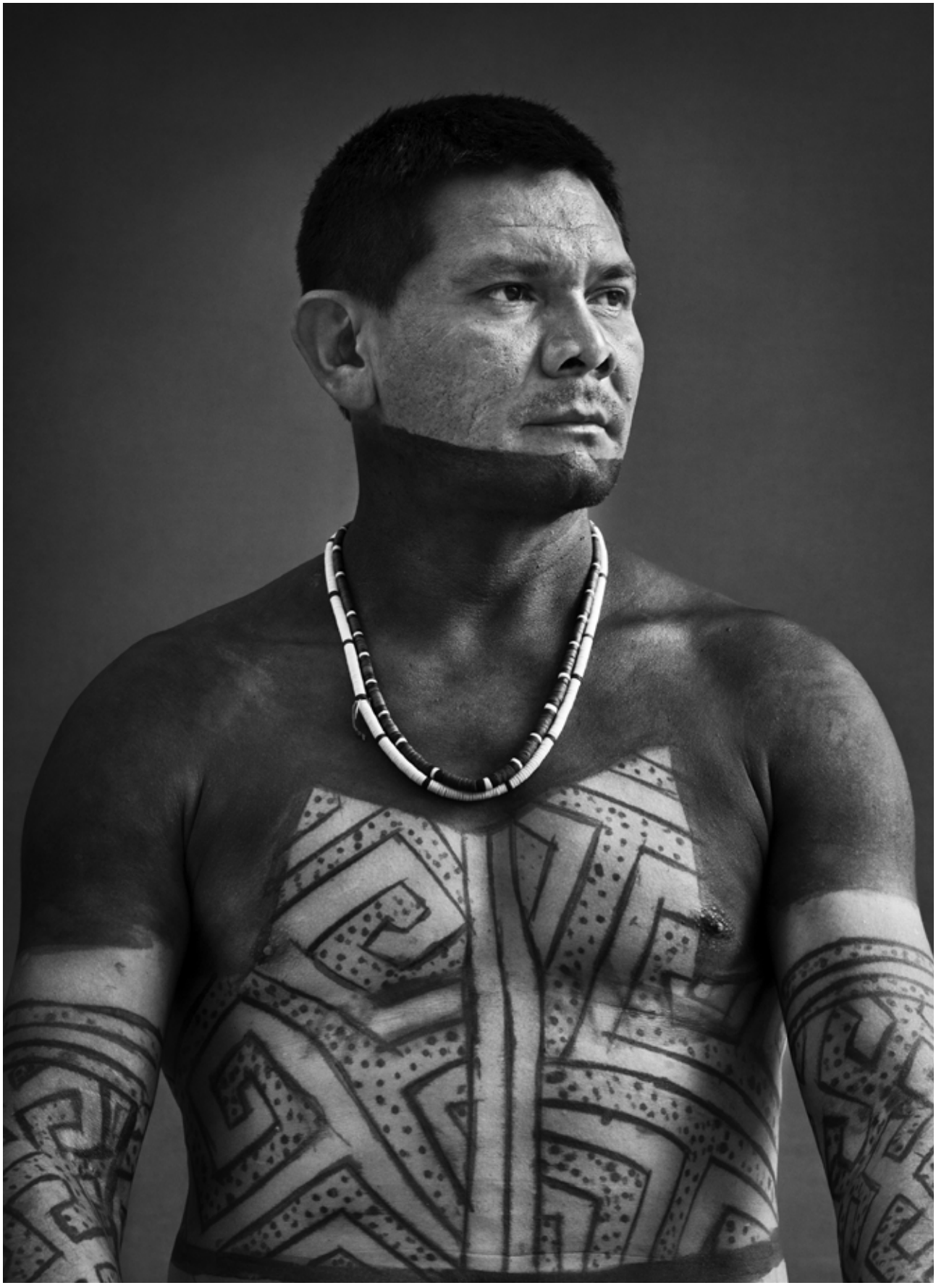
Arriba: Manitzi Asháninka (a la derecha) y su hijo Tchari, o Davizinho (a la izquierda). Territorio indigena Kampa do Rio Amônea, Estado de Acre, Brasil, 2016. Los Asháninka son uno de los grupos autóctonos con la historia más larga que se conoce. Algunos restos de sus relaciones económicas y culturales con el Imperio inca se remontan al siglo XV.

Página 33 arriba: Formación de palmeras jauari en las orillas del río Jaú. Parque nacional de Jaú, Estado de Amazonas, Brasil, 2019.

Página 33 abajo: Indios Marubo, valle del Javari, Estado de Amazonas, Brasil, 1998. Al igual que en otros pueblos del extremo oeste de la Amazonia, la mitología de los marubo está muy influenciada por la memoria de sus relaciones con el Imperio inca.









Página 34: Indio Marubo con el cuerpo pintado con zumo de genipa, en el poblado de Maronal. La población marubo cuenta con unos 2.000 individuos. Con sus 8,5 millones de hectáreas, el Territorio indígena marumbo del valle de Javari es uno de los más grandes de Brasil. Estado de Amazonas, 2018.

Arriba: Manda Yawanawá del poblado de Escondido, Territorio indígena Río Gregorio, Estado de Acre, Brasil, 2016. La comunidad yawanawá, que apenas contaba con 120 miembros en los años 1970, ha logrado reconstruirse y renovarse con el saber de los ancianos.

La moda ética:



© Katie Aird

Colección de la fotógrafa Katie Aird, realizada en colaboración con la estilista Mabel Tallulah, que trabaja con telas recicladas. A través de esta serie, las dos artistas británicas atraen la atención sobre la contaminación que genera la moda de bajo coste.

Olivia Pinnock

Periodista especializada en moda, residente en Londres, Reino Unido.

¿tendencia superficial o cambio profundo?

Empujada por la concienciación de un número cada vez mayor de consumidores, la industria de la moda intenta, con mayor o menor sinceridad, mostrarse más virtuosa y sostenible. Sin embargo, a pesar de las iniciativas orientadas a mejorar el reciclaje, promover el intercambio o fomentar el alquiler de ropa, los progresos logrados por este sector tan contaminante siguen siendo modestos.

Todas las tiendas de ropa ofrecen hoy en día artículos que ostentan las etiquetas "bio", "vegano" o "reciclado". Pero, más allá de la voluntad manifiesta de que la moda sea más responsable con el medio ambiente, las medidas reales siguen teniendo un alcance limitado.

Las cifras hablan por sí mismas. Según un informe publicado en agosto de 2020 por Global Fashion Agenda, una organización del sector especializada en el desarrollo sostenible, y el gabinete de asesores McKinsey, si el sector mantiene sus esfuerzos de descarbonización, las emisiones se estabilizarán en un nivel de 2.100 millones de toneladas anuales de aquí a 2030, es decir, un volumen idéntico al de 2018, lo que representaría el 4% de las emisiones totales del mundo.

Algunos países empiezan a tomar iniciativas para reducir la repercusión medioambiental del sector, con un éxito relativo. Por ejemplo, en el Reino Unido, el mayor consumidor de moda de Europa, se inició en 2012 un plan de acción para lograr ropa sostenible, denominado *Sustainable Clothing Action Plan*. Este programa congregó a 90 marcas británicas que representan cerca del 50% de las ventas de ropa en el país. Esas marcas se fijaron el objetivo de reducir un 35% su huella de carbono en materia de desechos y un 15% la fracción que la ropa representaba sobre el total de la basura doméstica para 2020. Sin embargo, según indica un informe final, las firmas solo lograron reducir un 2,1% su huella de carbono y un 4% la fracción de la ropa desechada en el total de la basura casera.

Sin embargo, los consumidores son cada vez más sensibles a los argumentos éticos, en particular tras la pandemia de COVID-19. El tiempo consagrado a meditar sobre la interconexión del mundo, nuestros valores y la manera en que podríamos construir un futuro mejor, ha reforzado esta tendencia. Según una encuesta mundial realizada entre los lectores de la revista *Vogue*, el número de personas que afirma tener en cuenta la repercusión medioambiental al adquirir un artículo de moda pasó del 65% en octubre de 2020 al 69% en mayo de 2021.

> **"La producción de ropa se duplicó entre 2000 y 2014**

Si las marcas de moda toman medidas para sanear su actividad, y si la mayoría de sus clientes están dispuestos a apoyarlas, cabe preguntarse por qué el sector no logra despojarse de la reputación de ser una de las industrias más contaminantes del mundo. La respuesta está en que la manera de la que fabricamos, consumimos y desechamos los artículos de moda es fundamentalmente aberrante.

El impulso gregario y la mejora de la autoestima

El acto de vestirse responde a una necesidad humana esencial, por lo que no resulta sorprendente que el consumo de ropa haya aumentado al mismo ritmo que el crecimiento demográfico. Pero nuestra relación con la ropa no se resume en absoluto con la satisfacción de dicha necesidad. Nuestro deseo de pertenencia se manifiesta, de hecho, por el deseo de llevar un atuendo similar al de nuestros prójimos; nuestra autoestima y confianza están estrechamente ligadas a la ropa que nos hace sentir bien. E incluso es posible que tratemos de ganarnos el respeto de los demás por medio de las marcas que usamos. El hecho de vestirse también puede ser una forma de expresión personal y de creatividad. Esas son las necesidades que la industria de la moda ha manipulado para vender cada vez más y aumentar de manera exponencial la producción en los últimos decenios.

Los cambios del panorama geopolítico y tecnológico también han impulsado este crecimiento. En las décadas de 1980 y 1990, las firmas de moda occidentales comenzaron a deslocalizar gradualmente la producción hacia el mundo asiático, donde el costo de la mano de obra era más bajo. Como la ropa se abarató, los consumidores empezaron a comprar más

y a tolerar calidades inferiores, ya que era más sencillo reemplazar artículos que costaban menos. A partir de los años 2000, Internet permitió que los amantes de la moda pudieran comprar las 24 horas del día en una gama más amplia de tiendas. Por último, la irrupción de las redes sociales hizo posible que las marcas pudieran promover sus artículos 24 horas al día, 7 días a la semana.

> **El 69% de los consumidores tiene en cuenta la repercusión medioambiental cuando compra un artículo de moda**

Resultado: la producción de ropa se duplicó entre 2000 y 2014, según McKinsey, y el número de prendas que cada persona compraba aumentó un 60% aproximadamente. Cabe añadir que las colecciones empezaron a renovarse más rápidamente. Las grandes marcas, que por lo general presentaban dos colecciones al año, proponen ahora cada semana nuevos modelos. Y, rápidamente, los sitios de venta en línea pueden proponer a los consumidores de la generación Z miles de nuevos productos cada día.

Este aumento vertiginoso de la producción ha acarreado una presión enorme sobre algunos recursos naturales, tales como el algodón, sobre todo en los terrenos y el agua indispensables para su cultivo, y también sobre las energías fósiles para producir el poliéster. Al mismo tiempo, la producción de desechos ha crecido, tanto en la cadena de suministros como al término de la vida útil de los artículos, y las emisiones de carbono se han disparado.

Vaqueros de alquiler

Sin embargo, existe otro método, más virtuoso para replantearnos la manera de la que producimos y consumimos los productos de la industria textil.

Por ejemplo, el reciclaje de ropa es fácil de organizar, siempre que se mejore la infraestructura de recolección de prendas usadas, para transformarlas en ropa nueva. Las marcas que utilizan materiales reciclados disponen por lo general de su propio sistema de acopio de ropa y accesorios. Uno de los más innovadores es el que ha puesto en marcha la empresa *MUD Jeans,* una firma con sede en los Países Bajos. Su modelo de alquiler permite a los clientes pagar un pantalón vaquero en 12 meses, en mensualidades de 9,95 euros, con lo que la moda de gran calidad, fabricada de manera sostenible, resulta más accesible al usuario. Al cabo de 12 meses, los clientes pueden conservar el vaquero, devolverlo o alquilar otro, lo que les permite satisfacer su deseo de renovar el fondo de armario. Todas las piezas devueltas se reciclan de inmediato y se transforman en nuevos vaqueros, que serán vendidos o alquilados por la marca.

Asimismo, la plataforma comunitaria *SPIN*, creada por la firma italiana *Lablaco*, ofrece a los consumidores soluciones para prolongar la vida útil de su ropa. Los clientes pueden intercambiar las prendas, alquilarlas o revenderlas a otras marcas, lo que les permite acceder al guardarropa de personas del mundo entero.

La moda postpandemia

Actualmente la venta de ropa usada experimenta un auténtico auge. Incluso las marcas que tradicionalmente sólo venden artículos nuevos la están adoptando para dar una imagen de sociedades comprometidas, sin dejar de obtener beneficios. La empresa *Reflaunt*, con sede en Singapur, creó un programa informático que cualquier marca puede vincular a su sitio web: este dispositivo permite que los clientes puedan intercambiar artículos de esa marca que ya no se ponen. Una vez vendida la prenda, los clientes reciben un crédito que pueden usar en la tienda. Entre los clientes de *Reflaunt* figuran la casa de *prêt-à-porter* de lujo *Balenciaga* y la marca sueca de alta gama *Cos*.

La mayoría de estas ideas no son nuevas. El alquiler de trajes de etiqueta para hombres existe desde hace mucho tiempo y los mercadillos satisfacen a quienes buscan artículos de segunda mano. Pero ahora la tecnología permite una difusión más amplia y sencilla de esas actividades. La participación de personas que cuentan con experiencia en el mundo de la moda las hace más atractivas para un público interesado en cuestiones de estilo.



© Bente Stachowske / Greenpeace

La etapa de postpandemia no debería afectar únicamente a nuestra forma de vestir: también debería suscitar un replanteamiento profundo de nuestra relación con la moda. El éxito comercial no debería depender de la producción de un volumen cada vez mayor de artículos, y la ropa usada tendría que convertirse en un recurso en vez de ser considerada un simple desecho. Este movimiento entraña también una actitud más responsable y más sobria por parte de los consumidores. Ese es el precio a pagar para lograr una moda más virtuosa y sostenible. ■



◥ *Una Trash Queen (reina de los deshechos) se manifiesta a favor de Buy Nothing Day (Día de no comprar) en el marco de una campaña encaminada a reducir el sobreconsumo. Acción organizada durante el Black Friday en Hamburgo, Alemania, en 2016.*

> **“La manera de la que fabricamos, consumimos y desechamos los artículos de moda es fundamentalmente aberrante**

Sergey Zimov:

“El deshielo del permafrost amenaza directamente el clima”



© Sergey Zimov

Entrevista realizada
por **Katerina Markelova**
UNESCO

Más allá del círculo polar ártico, en el corazón de la Siberia septentrional, el científico ruso Sergey Zimov ha creado el Parque del Pleistoceno para reconstruir el ecosistema de la edad de hielo mediante la reintroducción de grandes herbívoros. En esta antigua estepa, donde pastaban los mamuts, los suelos se habían empobrecido considerablemente. El restablecimiento de esos ecosistemas podría contribuir a frenar el retroceso del permafrost, el gigantesco glaciar subterráneo que encierra millones de toneladas de carbono orgánico y que los microbios, al descongelarse, transforman en gas carbónico y metano. La liberación de estos gases a causa del cambio climático constituye una amenaza ignorada desde hace tiempo.

● ***¿Por qué el permafrost empezó a derretirse?***

Las emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera recalientan el planeta. Hasta el día de hoy, la temperatura ha aumentado más de 1 ºC. En el hemisferio norte, en Rusia, por ejemplo, el calentamiento verificado supera incluso los 3 ºC. Eso se debe a que la tierra se recalienta más rápido que el océano. Y la superficie de las tierras es mayor en el hemisferio norte.

Pero la temperatura del permafrost no viene determinada únicamente por la temperatura del aire, también depende del espesor de la capa de nieve. Cuando la nieve es abundante, el suelo y el permafrost se enfrían poco durante el invierno. Pero la cobertura de nieve es ahora una vez y media superior a lo que era hace algunos decenios. Con el recalentamiento del clima, se evapora más agua del océano y las nubes producen más nieve que antes. El resultado es que la temperatura del suelo ha aumentado en Rusia, de 5 a 7 ºC.

Antes, la temperatura del permafrost oscilaba entre -6 y -8 ºC en el norte de Siberia y entre -2 y -3 ºC en el sur. El deshielo del permafrost afecta ahora a más de la mitad de Siberia: al sur de la región pero también a la cuenca de Kolyma, una zona de permafrost que se extiende hasta las márgenes del Océano Ártico. Cerca de donde vivo, en algunos puntos el permafrost se ha derretido hasta más de cuatro metros. En las grandes llanuras costeras de Kolyma, ese fenómeno comenzó hace tres años.

El geofísico y ecólogo ruso **Sergey Zimov** fundó la Estación Científica del Noreste, en Tcherski (Siberia septentrional). Esta estación sirve actualmente de laboratorio al aire libre. Zimov es también uno de los directores de investigación del Instituto de Geografía del Pacífico del Departamento de Extremo Oriente de la Academia de Ciencias de Rusia. Tras participar en las primeras experiencias de repoblación animal de la cuenca del río Kolyma, en 1988, creó en 1996 el Parque del Pleistoceno, con el fin de reconstituir un ecosistema comparable al que había en la estepa de los mamuts que predominó en Eurasia al final del Pleistoceno (entre 2,58 millones y 11.700 años antes del tiempo presente).

● ***¿Qué peligros entraña la fusión del permafrost ?***

El permafrost abarca 11 millones de kilómetros cuadrados de territorio ruso. Son suelos muy ricos, que contienen mucha materia orgánica y bacterias en estado vegetativo. Cuando el suelo se deshiela, estos microorganismos antiguos se despiertan y atacan a todo lo que no habían podido consumir antes, con lo cual liberan dióxido de carbono, si el suelo está seco, o metano, cuando está saturado de agua.

Nuestro permafrost contiene el doble de materia orgánica que el conjunto de la flora del planeta. La mayor parte, que equivale a mil gigatoneladas, se concentra en los tres primeros metros. Y tres metros se derriten muy pronto, entre tres y cinco años. Por eso el deshielo amenaza directamente el clima mundial. Genera gases de efecto invernadero y el calentamiento climático resultante acelera a su vez el deshielo del permafrost. Es un ciclo muy difícil de frenar.

En esas condiciones, los objetivos del Acuerdo de París, aprobado en 2015, que consisten en alcanzar una economía de pocas emisiones de carbono a escala planetaria, pierden todo sentido: la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero que podría lograrse gracias a este acuerdo y a las energías renovables no representa más que una pequeña fracción de las emisiones del permafrost.

● ***El metano que libera el permafrost es mucho más peligroso que el dióxido de carbono…***

Si el deshielo solo liberase dióxido de carbono, las emisiones del permafrost serían equivalentes a las generadas por el hombre. Pero una parte del gas enviado a la atmósfera, entre el 10 y el 20 %, es metano. Y como a corto plazo el efecto invernadero del metano es 80 veces más poderoso que el del CO2, en periodos cortos, las consecuencias climáticas de la liberación de este gas pueden ser hasta cuatro veces más importantes que las causadas por las emisiones de dióxido de carbono.

Durante el primer año y medio de la pandemia de COVID-19, las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por el ser humano se redujeron considerablemente.Podríamos haber esperado que la concentración de esos gases en la atmósfera también se hubiera reducido. Por el contrario, se constató un crecimiento histórico de la concentración de metano. Yo mismo puedo ver aquí la aparición periódica de pequeñas fuentes con burbujas de metano. No creo que exista otra explicación al aumento de esa concentración.

● ***¿Por qué el deshielo del permafrost no se tiene muy en cuenta en los análisis y las previsiones del Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático?***

Hace 30 años, los medios científicos creían conocer bien el ciclo del carbono. Nadie pensaba en el permafrost. Cuando empecé a hablar de los efectos del deshielo, fue evidente que era preciso replantear todas las ecuaciones. En los primeros años, muchos científicos impugnaron mis conclusiones, negándose a creer que el permafrost se estuviera derritiendo. Durante mucho tiempo, ha sido tratado como un hijo no deseado en la familia científica. Según los últimos cálculos, de aquí a finales de siglo el permafrost habrá disminuido del 10 al 20 %. La toma de conciencia ocurrirá sin duda este año, gracias a la observación de un aumento significativo de la concentración de gases de efecto invernadero en todo el planeta.

● ***Hace 20 años, usted fundó el Parque del Pleistoceno, sin imaginar entonces que un día esa iniciativa contribuiría a preservar el clima. ¿En qué consiste el parque?***

Yo creé el Parque del Pleistoceno para observar con qué rapidez los animales podían transformar la tundra recubierta de musgo en una pradera productiva. El objetivo principal de entonces era responder a un enigma científico: ¿por qué la naturaleza, que había generado tantos

© Chris Linden



◥ *El permafrost siberiano es una capa espesa de hielo subterráneo constituida por suelos antiguos, ricos en materia orgánica. Está recubierta de una capa de hielo que se deshace en verano permitiendo el desarrollo de la vegetación.*

> **“Con el deshielo del permafrost, los objetivos de París pierden su sentido**

© Hypothèse de Zimov / Arturo Mio



◥ *Erosionada por el río, la cornisa de Duvanny Yar, situada en la orilla derecha de la Kolyma, a tres horas de barco de Cherski, proporciona una vista lateral del deshielo del permafrost.*

pastizales, caballos, bisontes y mamuts, se había empobrecido hasta ese punto?

El parque ocupa una parte de la cuenca del Kolyma, donde la vegetación es abundante y las colinas aledañas están cubiertas de arbustos y bosques de alerces, pantanos y musgos. Cercamos una fracción del territorio e introdujimos diversos animales: bisontes, bueyes almizcleros, renos, yaks y caballos de Yakutia. En la actualidad, hay una zona de 200 hectáreas de gran densidad y otra de unas 2.000 que todavía no está totalmente repoblada. En 20 años, las turberas han sido pisoteadas, los arbustos se han quebrado y la cantidad de hierba, que deseca los pantanos, ha aumentado considerablemente.

Nuestro parque se encuentra en una región bastante típica de Siberia y demuestra que en cualquier lugar es posible reemplazar las turberas y los bosques escasamente poblados por prados productivos, arraigados en terrenos secos y densos. La mayoría de los animales que vivían aquí antes pueden adaptarse a este medio ambiente.

● ***¿Por qué desaparecieron los ecosistemas de la estepa donde vivían los mamuts?***

Sobre todo, a causa del hombre. La preservación de los ecosistemas herbáceos diversificados exige muchos esfuerzos. El musgo y los árboles crecen por doquier y a la hierba le resulta difícil resistir. El mantenimiento de las praderas requiere de muchos "jardineros". Cuando los seres humanos empezaron a colonizar Siberia o América, redujeron el número de animales. Sin duda no los mataron a todos, pero basta con que la fauna se haya reducido a la mitad para que árboles, arbustos y musgos invadan la pradera. Mediante la práctica excesiva de la caza, el hombre destruyó esos grandes ecosistemas.

● ***Las investigaciones que usted ha realizado en el Parque del Pleistoceno demuestran que los ecosistemas de las praderas podrían retrasar el deshielo del permafrost.***

Todo lo que nuestras observaciones demostraron era ya conocido con anterioridad. Por ejemplo, el albedo. Desde hacía mucho tiempo, los científicos sabían que la oscuridad del bosque absorbe los rayos del sol, mientras que las praderas, más claras y totalmente cubiertas de nieve en invierno, los reflejan.

También se sabía que el espesor del manto de nieve influye de manera significativa sobre las temperaturas del suelo y del permafrost. Los estudios especializados indican que diez centímetros adicionales de nieve elevan esas temperaturas en más de 1 °C.

En el ecosistema de las praderas, todo lo que crece durante el verano debe →



consumirse en el invierno. Ahora bien, la única manera de acceder a la hierba en invierno es escarbando en la nieve. Nuestros animales lo hacen durante todo el invierno. Esa actividad contribuye considerablemente a enfriar el suelo.

● ***¿Cuántos animales se necesitan para que un ecosistema de ese tipo pueda funcionar?***

Para influir sobre el clima se necesitan decenas de millones, unas diez toneladas por kilómetro cuadrado. Incluso 15 toneladas, si se tiene en cuenta el recalentamiento del planeta. ¿Qué representan diez toneladas de animales por kilómetro cuadrado, cuando un caballo pesa 400 kilos y un bisonte, 500? Una docena de bestias. Antes de la llegada del hombre, los caballos y los bisontes representaban del 60 al 70% de la zoomasa, y los renos y los mamuts, 10% cada uno. Los demás animales constituían el 10% restante. Estas proporciones son similares a las que pueden verse hoy en la sabana africana. Hasta un periodo reciente, la población de esas zonas estaba formada sobre todo por cebras, ñus, elefantes y gacelas. Nuestro propósito es dar una oportunidad a todas las especies que han sobrevivido y ayudarlas al principio. Luego, les dejaremos que ellas mismas gestionen sus vínculos mutuos y las relaciones con sus depredadores.



© Sergey Zimov

Huesos de bisontes, conservados en el permafrost desde la edad de hielo, remontan a la superficie. Este tipo de hallazgos son frecuentes en Yakutia, en particular cerca de los ríos que erosionan las orillas.

> **“Una década sería suficiente para poblar con herbívoros los ecosistemas siberianos e incidir significativamente sobre el clima**

● ***¿De dónde saldrán todos esos animales?***

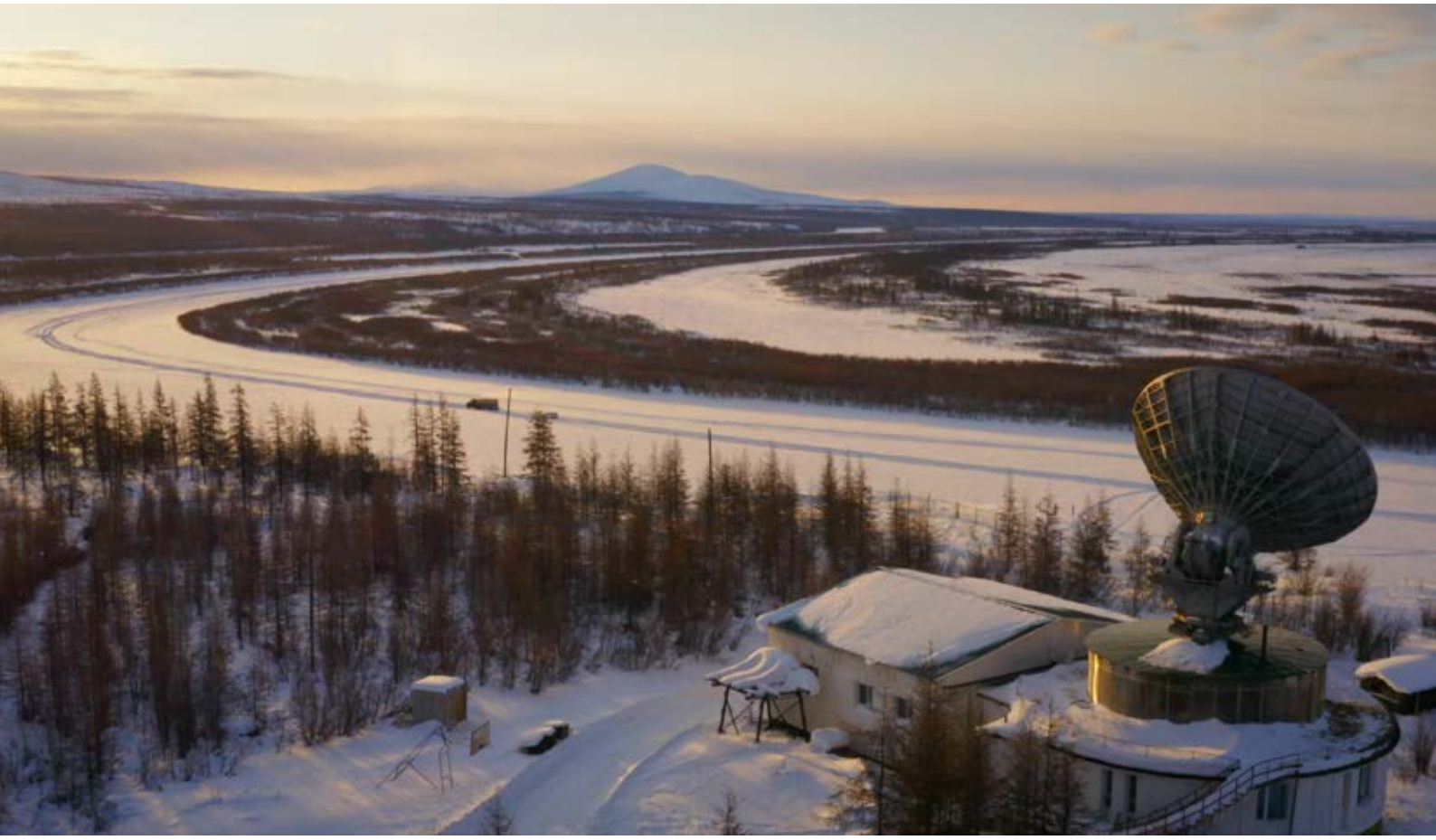
Es preciso saber, primero, que incluso los animales mayores se reproducen con relativa rapidez. Las manadas pueden multiplicarse por cien cada 25 años. Hoy en día, existen en Rusia varios millones de renos, medio millón de caballos de Yakutia, miles de bueyes almizcleros y muflones de las nieves. De modo que sería posible, sin gran dificultad, obtener decenas de millones de bestias en Siberia en los próximos cinco o diez años, y su número podría alcanzar las centenas de millones dentro de 25 o 30 años. Dicho de otro modo, en una década sería posible repoblar con herbívoros los ecosistemas siberianos e incidir significativamente sobre el clima.

Nuestra familia ha creado dos parques [el segundo, el Parque Salvaje, está en la región de Toula, a tres horas al sur de Moscú] de forma artesanal, sin financiación del Estado. Empleamos medios de transporte costosos, desplazamos pocos animales, debemos enfrentarnos a múltiples problemas administrativos



© Sergey Zimov

Las experiencias llevadas a cabo en el parque del Pleistoceno muestran que es posible reconstruir en Siberia un ecosistema comparable al de la estepa de mamuts que dominaba en Eurasia a finales del Pleistoceno.



La estación científica del Noreste en Cherski, en Siberia septentrional.

© Hypothèse de Zimov / Arturo Mio

vinculados a la reglamentación sanitaria y aduanera y, pese a todo, hemos logrado buenos resultados. Si una familia de científicos lo ha podido hacer, sin duda los grandes Estados podrían cumplir fácilmente esas tareas, en un marco de colaboración internacional.

● ***En la Universidad de Harvard, en Estados Unidos, un equipo de científicos dirigido por el genetista George Church se interesa en la recuperación del mamut. ¿Qué vínculos mantienen con el Parque del Pleistoceno?***

Todos los ecosistemas de las praderas han tenido elefantes: el elefante de África, el de Asia, el mastodonte, el mamut de las estepas y el mamut en general. Creo que la función principal del mamut en la estepa consistía en proporcionar puntos de agua. Los ríos y arroyos suelen secarse en verano y los animales deben buscar agua en lugares situados a decenas de kilómetros de distancia. Pero los elefantes y los mamuts pueden excavar para buscar agua en el fondo del agujero. Una vez que ellos han bebido, los demás animales pueden aprovechar esos abrevaderos naturales.

En invierno, los animales comen nieve y no necesitan agua líquida. Pero en Siberia, el otoño suele ser una estación fría y a menudo los ríos y los lagos se congelan antes de las primeras nevadas. En esos casos, los animales corren el riesgo de morir de sed. Los mamuts podrían quebrar cualquier capa de hielo, beber y permitir luego que otras bestias saciaran su sed. En nuestro caso, podríamos imaginar a un elefante asiático, con más pelo y con las reservas de grasa aumentadas. En eso trabajan los científicos de Harvard. Por mi parte, he previsto comenzar este año los experimentos encaminados a adaptar al elefante asiático a nuestro clima.

● ***¿Qué regiones del planeta deberían albergar ecosistemas de estepas de mamuts a fin de frenar la fusión del permafrost?***

Toda la extensión que hoy ocupa el permafrost. Gracias a los animales, se podría enfriar nuevamente el permafrost unos 4 ºC. Eso daría a la humanidad una oportunidad para adaptarse al cambio climático. Esos ecosistemas deberían reconstruirse no solo en las zonas de permafrost, sino en todas las regiones de Rusia que albergan territorios sin explotar. Porque no es solo el permafrost lo que amenaza al clima; todas las tierras del norte, ricas en materia orgánica, también constituyen un peligro. La rapidez de descomposición de la materia orgánica del suelo depende principalmente de su temperatura. La única manera de lograr que el suelo retenga el carbono consiste en enfriarlo.

Sería preciso crear desde ahora parques en numerosas regiones de Siberia: ampliar el nuestro y abrir otros en la cuenca del río Indiguirka, en Yakutia Central, al sur de la península de Taimyr y en el norte de los Urales, e introducir en ellos los animales necesarios. Después, sería menester agrandar esos parques y trasladar a los nuevos territorios las bestias que ya se hayan adaptado al clima y a convivir con las demás especies.

Los incendios forestales de Siberia y el deshielo del permafrost destruyen los ecosistemas. Cada año hay más sitios donde puede crecer la hierba. Esas zonas son otras tantas praderas listas para ser utilizadas. Si instalamos grupos de animales en esos lugares, la naturaleza continuará el trabajo por sí sola. En esos casos, los animales podrían, sin intervención humana, contribuir a regular el cambio climático. ■

Linda Klaassen
y Mila Ibrahimova

UNESCO

El cine africano, una industria cultural en pleno auge

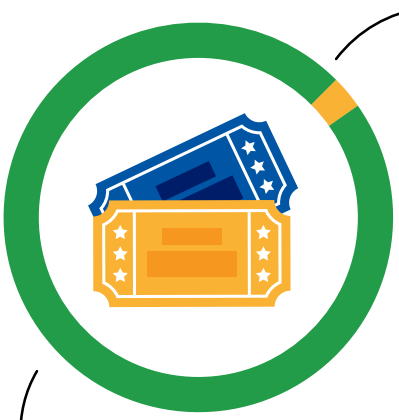
La generalización de las nuevas tecnologías, el precio más asequible del material digital y el ascenso de las plataformas en línea están propiciando el surgimiento de una nueva generación de cineastas en África. Publicado por la UNESCO el 5 de octubre de 2021, el informe The African film Industry: trends, challenges and opportunities for growth [Tendencias, retos y oportunidades de la industria cinematográfica africana] refleja la vitalidad que está cobrando el cine africano gracias a las tecnologías digitales.

La industria cinematográfica de Nigeria, a la que se ha dado el apodo de "Nollywood", es el ejemplo más significativo de esa vitalidad, con unas 2.500 películas al año. En África ha nacido una industria local de producción y distribución de películas con un modelo económico propio. No obstante, lo que ha provocado realmente un gran cambio en el panorama cinematográfico africano es la revolución digital iniciada hace veinte años y acelerada por la pandemia de COVID-19.

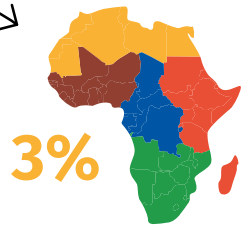
A pesar de todo, en la casi totalidad del continente sigue sin explotarse a fondo el gran potencial económico del sector cinematográfico y audiovisual. Estructuralmente, esta industria adolece de un desarrollo insuficiente y de una valoración y financiación escasas. Según la Federación Panafricana de Cineastas (FEPACI), solamente genera 5.000 millones de dólares de ingresos al año, de un volumen de negocio potencial de unos 20.000 millones.

También persisten problemas en los ámbitos de la igualdad de género y la libertad de expresión. Según el estudio de la UNESCO, un 87% de los cineastas africanos señala la existencia de coerciones explícitas o de autocensura, en lo que respecta a las imágenes que se pueden mostrar en la pantalla. ■

Fuente: *The African film Industry: trends, challenges and opportunities for growth*, UNESCO, 2021



Se estima que las industrias culturales y creativas (ICC) generan cada año en el mundo unos **2,25 billones de dólares** (esto es, un 3% del PIB mundial) y dan empleo a unos 30 millones de personas en todo el planeta.



Sin embargo, el porcentaje representado por **ÁFRICA Y ORIENTE MEDIO** en este sector económico mundial sólo es del **3%** (58.000 millones de dólares).

LA INDUSTRIA CINEMATOGRÁFICA Y AUDIOVISUAL representa unos 5.000 MILLONES DE DÓLARES en el PIB de África y da empleo a unos 5 MILLONES DE PERSONAS.



Esta industria podría crear MÁS DE **20 MILLONES DE EMPLEOS** en África y generar INGRESOS POR VALOR DE UNOS **20.000 MILLONES DE DÓLARES AL AÑO.**

Población y países

Número de salas de cine por región

Población			Número de salas
209,1 MILLONES	África Central	Burundi, Camerún, Chad, Congo, Gabón, Guinea Ecuatorial, República Centroafricana, República Democrática del Congo y Sao Tomé y Príncipe	24 salas
494 MILLONES	África Oriental	Comoras, Djibuti, Eritrea, Etiopía, Kenya, Madagascar, Mauricio, República Unida de Tanzania, Ruanda, Seychelles, Somalia, Sudán, Sudán del Sur y Uganda	249 salas
238,5 MILLONES	África del Norte	Argelia, Egipto, Libia, Marruecos, Mauritania y Túnez	285 salas
228,1 MILLONES	África Austral	Angola, Botswana, Eswatini, Lesotho, Malawi, Mozambique, Namibia, Sudáfrica, Zambia y Zimbabwe	803 salas
501,7 MILLONES	África Occidental	Benin, Burkina Faso, Cabo Verde, Côte d'Ivoire, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea-Bissau, Liberia, Malí, Níger, Nigeria, Senegal, Sierra Leona y Togo	292 salas

Fuente: *The African film Industry: trends, challenges and opportunities for growth* [Tendencias, retos y oportunidades de la industria cinematográfica africana], UNESCO, 2021

ÁFRICA CUENTA CON LA RED DE SALAS DE CINE MENOS DESARROLLADA DEL MUNDO:

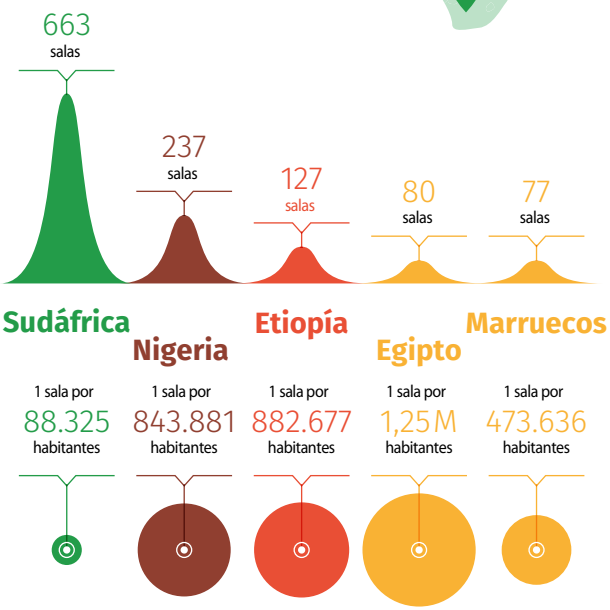
1.653 SALAS EN TOTAL: UNA POR CADA 787.402 HABITANTES.

En comparación, China tiene una sala por 19.043 habitantes y la India una por 215.900 habitantes.

Principales mercados cinematográficos de África

Número de salas de cine / Cobertura de la población

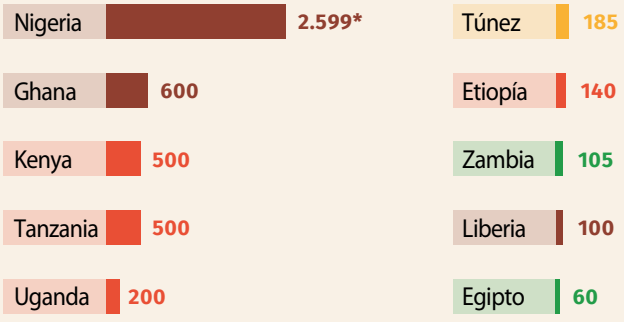




Principales países productores de filmes en África (por volumen de producción)

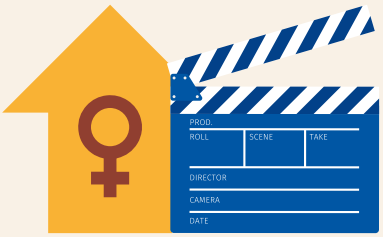
Estimación del número de películas producidas localmente al año





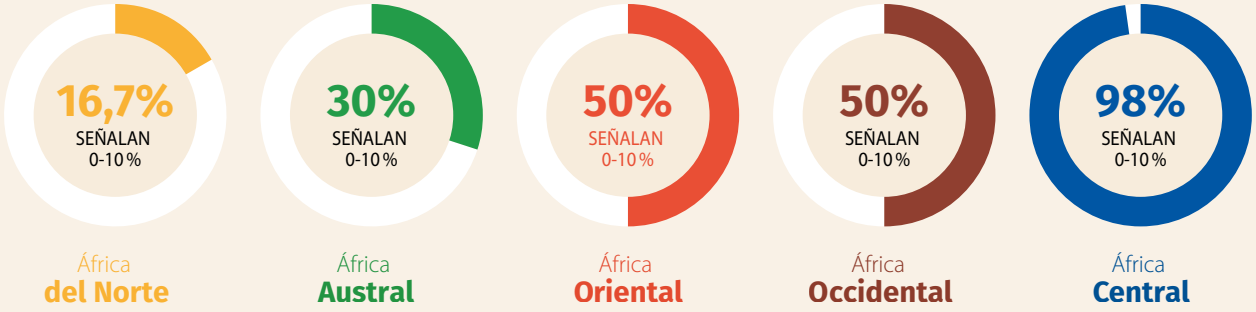
Nota: Los datos para estas cifras fueron comunicados por profesionales e incluyen los filmes en DVD y los vídeos por encargo (VOD).
**Fuente: Oficina Nacional de Estadística de Nigeria*

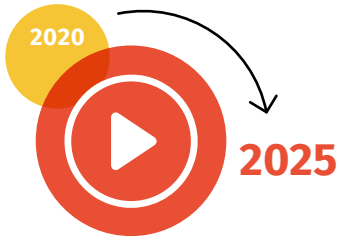
Fuente: *The African film Industry: trends, challenges and opportunities for growth* [Tendencias, retos y oportunidades de la industria cinematográfica africana], UNESCO, 2021



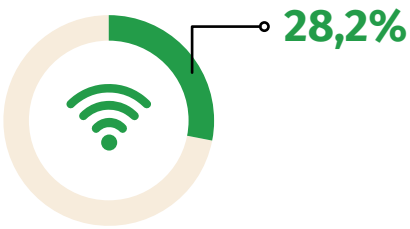
Las mujeres en la industria cinematográfica

En varios países de habla árabe o inglesa, como Túnez, Marruecos, Nigeria, Kenya, Sudáfrica, Rwanda y Zimbabwe, la dinámica observada en este ámbito es alentadora, ya que el **PORCENTAJE DE MUJERES QUE TRABAJAN DELANTE Y DETRÁS DE LAS CÁMARAS SE CIFRA EN UN 30% O INCLUSO MÁS.**

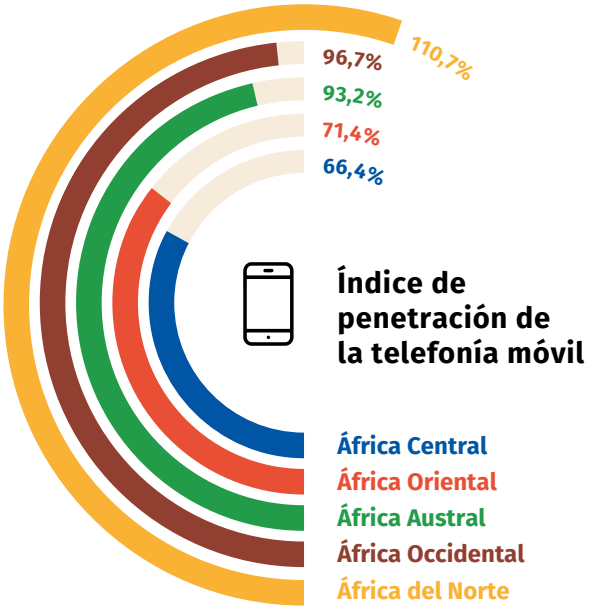


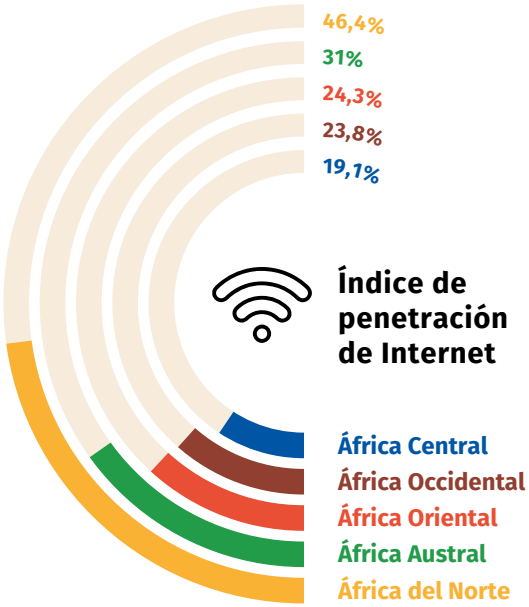


El sector del vídeo por encargo (VOD) está registrando un crecimiento rápido en África. Según la empresa proveedora de información comercial *Digital TV Research,* **ES PREVISIBLE QUE LOS 3,9 MILLONES DE SUSCRIPCIONES REGISTRADAS EN 2020 ASCIENDAN EN 2025 A UNOS 13 MILLONES.**



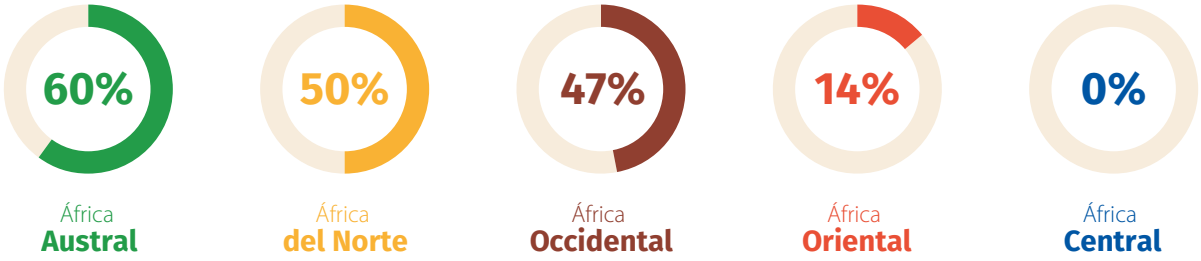
El continente africano sigue siendo **la región menos conectada del mundo, con un 28,2%** de internautas aproximadamente.





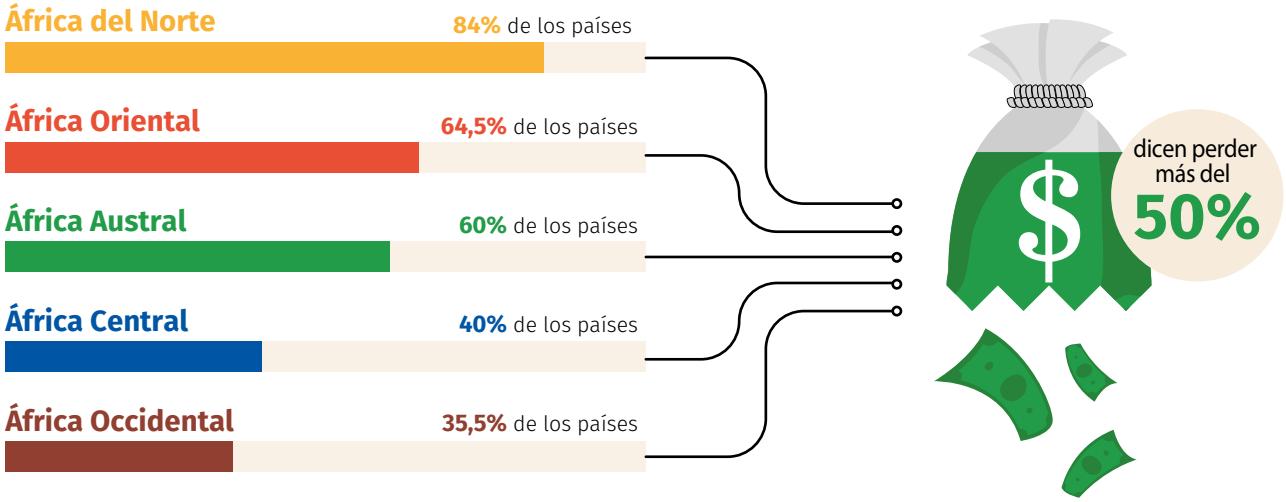
FINANCIACIÓN PÚBLICA DEL CINE

Según las investigaciones para elaborar el informe de la UNESCO, **solamente 19 países de un total de 54 encuestados (35,2%) ofrecen ayuda financiera a los realizadores**, mayoritariamente en forma de becas o subvenciones.

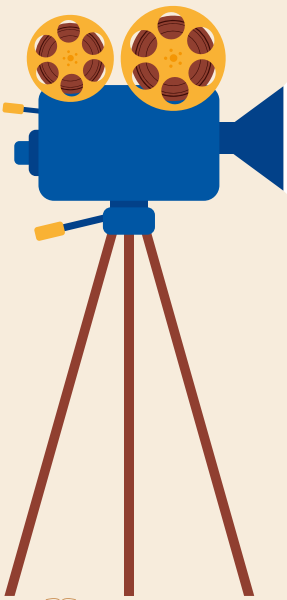


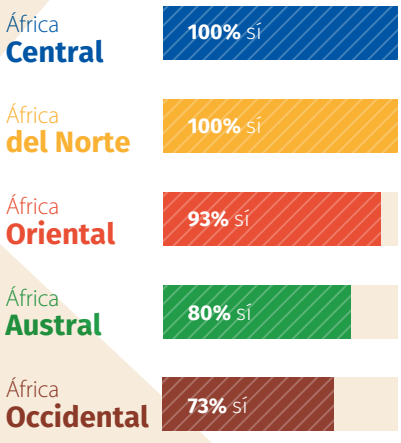
PÉRDIDAS DE INGRESOS DEBIDAS AL PIRATEO

Dos tercios de los países encuestados calculan que pierden por lo menos el 50% del total de la recaudación debido al pirateo, y un tercio estima incluso que el porcentaje de pérdidas supera el 75%. Estos porcentajes no reflejan una realidad exacta, sino una impresión.



LÍMITES A LA LIBERTAD DE EXPRESIÓN





Profesionales encuestados de al menos 47 países (87%) señalan **LA EXISTENCIA DE ALGUNAS LIMITACIONES IMPUESTAS A LOS TEMAS QUE SON AUTORIZADOS** a abordar en su trabajo.



Por lo menos 37 de los países encuestados (68,5%) **AFIRMAN QUE CUENTAN CON UN COMITÉ OFICIAL DE CENSURA**, o con un comité de clasificación encargado de controlar los proyectos antes de su difusión.

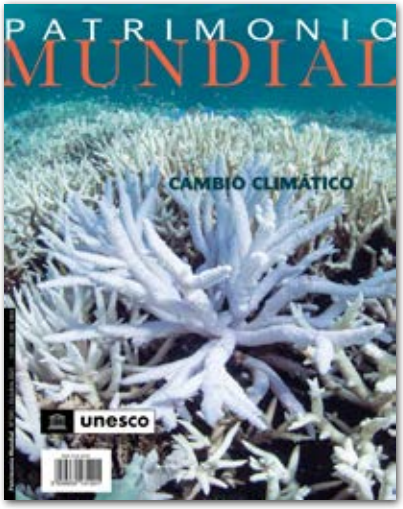


Nota: Un cuestionario cuantitativo en línea detallado se difundió entre los gobiernos y otras partes interesadas de 54 países africanos. Se recibieron respuestas de 43 países, de las cuales 36 fueron respuestas oficiales de los gobiernos. A falta de datos oficiales, se pidió a las partes interesadas que suministraran las mejores estimaciones de que disponían, a partir de diversas fuentes.

Fuente: *The African film Industry: trends, challenges and opportunities for growth* [Tendencias, retos y oportunidades de la industria cinematográfica africana], UNESCO, 2021

EDICIONES UNESCO

Publicaciones recientes



Patrimonio Mundial N°100

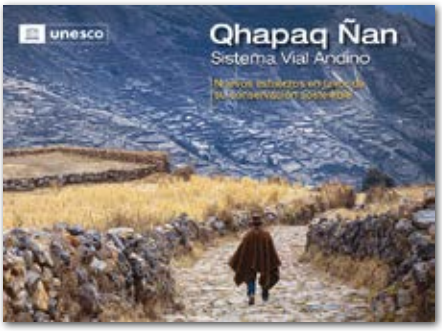
Cambio climático

ISSN 1020-4539
EAN 3059630131001
76 páginas, 220 x 280 mm,
tapa blanda, 7,50 €
Ediciones UNESCO/Publishing for Development Ltd.

Los sitios del Patrimonio Mundial se ven afectados por los impactos del cambio climático y pueden servir de observatorios para recopilar y compartir información sobre prácticas de seguimiento, de mitigación y de adaptación aplicadas y aprobadas.

La red mundial del Patrimonio Mundial también ayuda a concienciar sobre los impactos del cambio climático en las sociedades humanas y la diversidad cultural, la biodiversidad, los servicios de los ecosistemas, y el patrimonio natural y cultural del mundo.

Este número explora los últimos descubrimientos relacionados con el cambio climático y sus efectos en el Patrimonio Mundial, cómo los sitios están afrontando la situación y las medidas que están tomando para proteger el valor universal excepcional de estos lugares únicos.



Qhapaq Ñan

Sistema Vial Andino

Nuevos esfuerzos en favor de su conservación sostenible

ISBN 978-92-3-300166-4
212 páginas, 297 x 210 mm, PDF
Ediciones UNESCO
Descargable en *https://unesdoc.unesco.org*

El *Qhapaq Ñan, Sistema Vial Andino,* bien inscrito en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO en 2014, es hoy en día un ejemplo importante de cooperación internacional. Una cooperación fruto del constante esfuerzo de los seis países involucrados en la protección del bien: Argentina, el Estado Plurinacional de Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y Perú.

Este vasto y diverso sistema de caminos, cuya máxima expresión se alcanzó en la época incaica, recorre casi toda la región Andina y refuerza sin la menor duda la identidad cultural de las comunidades que se despliegan a lo largo de su ruta, transcendiendo así fronteras nacionales y aportando un legado significativo para toda la humanidad.



El valor del agua

Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2021

ISBN 978-92-3-300164-0
226 páginas, 210 x 297 mm, PDF
Publicado por la UNESCO en nombre de ONU-Agua
Descargable en *https://unesdoc.unesco.org*

Los recursos hídricos son únicos e irreemplazables en cantidad limitada, pero, a diferencia de otros recursos de la naturaleza, es sumamente difícil poder determinar su verdadero "valor".

El Informe mundial de las Naciones Unidas 2021 evalúa el estado actual de esos recursos y de los problemas que plantea su valorización en diferentes sectores, e identifica los medios para fomentar el valor del agua como instrumento para lograr el desarrollo sostenible.

Informe emblemático de las Naciones Unidas, ofrece una visión panorámica de los recursos de agua dulce en el mundo y tiene por objeto proporcionar a las partes interesadas las herramientas necesarias para utilizar el agua de forma sostenible.

publishing.promotion@unesco.org

Un solo mundo, voces múltiples

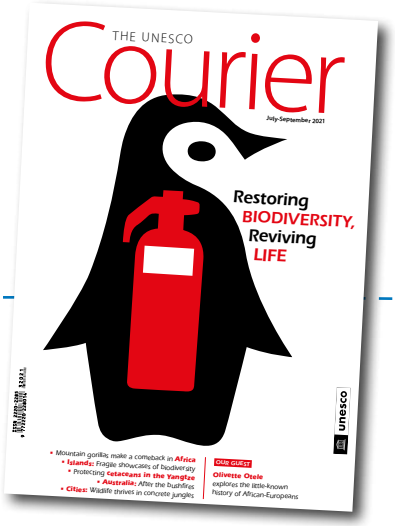
El Correo de la UNESCO se publica en las seis lenguas oficiales de la Organización, así como en catalán, coreano, esperanto y portugués.













Reciba cada trimestre un ejemplar impreso del último número

1 año (4 números): 27€

2 años (8 números): 54€

Esta publicación es sin ánimo de lucro. Estos precios comprenden exclusivamente los gastos de impresión.

Suscripción a la versión digital

100% GRATUITA

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

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

Recién publicado

Antología de *El Correo de la UNESCO*



Disponible para la venta (en inglés):

https://en.dl-servi.com/product/transforming-ideas:-complete-set-2-volumes