

Predicción del futuro: el papel de la inteligencia artificial en la transformación de las predicciones y las políticas meteorológicas

Por Michel Jean, presidente de la Comisión de Observaciones, Infraestructura y Sistemas de Información (INFCOM) de la OMM y Asociado Emérito del Ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá; Florian Pappenberger, Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (ECMWF); Pak Wai Chan, vicepresidente de la INFCOM y Observatorio de Hong Kong (Hong Kong, China); y Véronique Bouchet, Nir Stav y Yuki Honda de la Secretaría de la OMM

¿Puede la inteligencia artificial (IA) predecir el tiempo del mañana mejor que los modelos tradicionales? Ahora que la OMM celebra su 75° aniversario, esta pregunta ya no es hipotética. La IA está remodelando la forma en que el consorcio mundial de la meteorología observa, pronostica y responde a los fenómenos del sistema Tierra, desde la predicción inmediata de tormentas fuertes hasta la anticipación de los cambios climáticos estacionales.

Recientemente, en una serie de actividades de la OMM, se examinaron las posibles vías de evolución del nuevo ecosistema de IA. Un tema recurrente, expresado claramente por todos los sectores, fue que la integración de la IA en los flujos de trabajo operacionales exigiría invertir en las personas, los principios y las asociaciones para garantizar la confianza, la transparencia y la equidad. Esta información fundamentará los debates que tendrán lugar durante la reunión extraordinaria del Congreso Meteorológico Mundial (2025) y suscitará un diálogo que dará forma a un ecosistema de predicción que funcione para todos.

En este artículo se analiza la evolución del papel de la IA en todo el espectro de la meteorología y la climatología, y se destacan los proyectos piloto en funcionamiento, los marcos de políticas y las aplicaciones del mundo real que ya configuran activamente la práctica de la predicción en la actualidad. Se basa en diversas iniciativas, desde herramientas compartidas basadas en normas hasta plataformas modulares de predicción con inteligencia artificial, con el fin de mostrar cómo la ciencia abierta y la innovación colaborativa pueden empoderar a todos los Miembros

de la OMM, independientemente de su nivel de capacidad, para dar un salto hacia el futuro de la predicción y satisfacer prioridades específicas en cada contexto.

La estructura del artículo sigue una descripción práctica: primero se examinan las capacidades técnicas de la IA en las escalas temporales, incluida la verificación, luego se abordan la gobernanza y la equidad y, por último, se hace hincapié en el papel insustituible de la experiencia humana. Cada sección gira en torno a un tema central: que el futuro de la predicción no es solo tecnológico, sino que también puede ser ético, inclusivo y profundamente humano.

De la predicción inmediata
a las proyecciones a largo plazo
y el apoyo a la toma de decisiones

La IA está reconfigurando rápidamente la predicción meteorológica y climática en todas las escalas temporales, desde la predicción inmediata hasta las proyecciones climáticas multidecenales pasando por las predicciones a medio plazo y subestacionales a estacionales. La OMM ha venido integrando los últimos avances tecnológicos en materia de IA a partir de la coordinación de oportunidades de investigación ([Equipo Especial sobre Inteligencia Artificial Aplicada a la Meteorología \(TT-AI4Wx\) | Organización Meteorológica Mundial](#)) para demostrar el uso de la IA para mejorar la calidad y la accesibilidad de los productos del [Sistema Integrado de Proceso y Predicción de la OMM \(WIPPS\)](#) a través de diversos proyectos piloto.

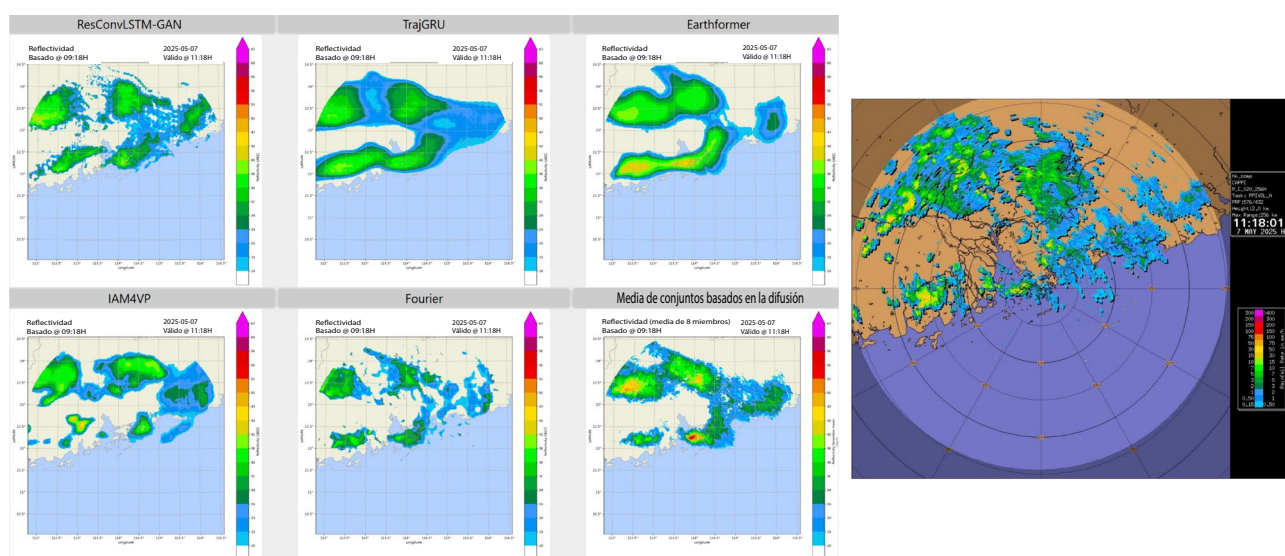
A continuación, figuran algunos ejemplos:

- En la ventana de predicción inmediata (primeras horas), los métodos de aprendizaje profundo pueden combinar radares meteorológicos, observaciones satelitales y registros meteorológicos e hidrológicos locales para mejorar la exactitud de diversas predicciones inmediatas, como las precipitaciones, la energía solar, el caudal de los ríos y la predicción de peligros como el granizo, las ráfagas de viento y los rayos. El proyecto piloto relativo al uso de la inteligencia artificial para la predicción inmediata (AINPP), coordinado conjuntamente por la INFCOM y la Junta de Investigación, tiene por objeto evaluar las competencias de los productos de predicción inmediata basados en IA mediante la intercomparación, investigar su valor operacional, estudiar métodos de difusión en tiempo real y determinar vías para la transferencia de tecnología a los Miembros que son Estados o Territorios en desarrollo.
- El proyecto Predicción Meteorológica Basada en Datos para Todos (DDWF4All) tiene por objeto suministrar información meteorológica de alta resolución a partir de predicciones basadas en datos desde la escala mundial hasta la local, lo que puede crear los cimientos de un sistema universal de alerta temprana. Bris, un sistema de modelos mundiales

basado en datos con una resolución mejorada en determinadas esferas prioritarias, constituye la piedra angular de “Forecast-in-a-Box”, una herramienta de demostración que muestra la aplicabilidad de las técnicas de IA sin discontinuidades en todas las regiones y establece un marco común que apoya a los Miembros, especialmente en las zonas vulnerables como los países menos adelantados (PMA) y los pequeños Estados insulares en desarrollo (PEID).

- La competición “[AIWeather Quest](#)” del ECMWF busca mejorar la calidad y la confiabilidad de las predicciones subestacionales a estacionales basadas en IA al proporcionar un marco abierto y normalizado para evaluar parámetros fundamentales de modelos de predicción subestacional a estacional basados en IA, al tiempo que establece una comunidad mundial para intercambiar conocimientos y mejores prácticas. El proyecto fomentará la innovación y la interacción entre los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN), los investigadores de IA y las entidades del sector privado para mejorar la comprensión de las predicciones subestacionales a estacionales basadas en IA y su posible uso con fines operativos.

La verdadera importancia de estos avances se pone de manifiesto en la práctica, cuando



Cuatro algoritmos de predicción inmediata de precipitaciones basados en IA para un caso de tormenta en Hong Kong (China) con imágenes reales de radar meteorológico (derecha).

las predicciones mejoradas con IA alimentan los sistemas de alerta temprana y las herramientas inteligentes de apoyo a la toma de decisiones. Un mayor aprovechamiento de la IA para integrar herramientas y productos de predicción ofrecerá un apoyo a la toma de decisiones más adaptable y teniendo en cuenta el contexto. La frontera en rápida evolución de la meteorología basada en la IA es el desarrollo de los "asesores inteligentes", un sistema de apoyo a la toma de decisiones que integra múltiples agentes de IA, como un modelo de lenguaje visual (VLM) para interpretar productos y observaciones de la predicción inmediata (por ejemplo, imágenes de radar y satélite), un gran modelo de lenguaje (LLM) perfeccionado para redactar boletines meteorológicos y agentes de generación aumentada por recuperación (RAG) para incorporar protocolos y contexto histórico. Estos asesores inteligentes, cuando se diseñen correctamente y se prueben de manera exhaustiva, serán eficaces para organizar flujos de trabajo de extremo a extremo, desde el análisis de datos hasta la orientación práctica, al tiempo que se alinean con las normas operacionales y las necesidades de los usuarios.

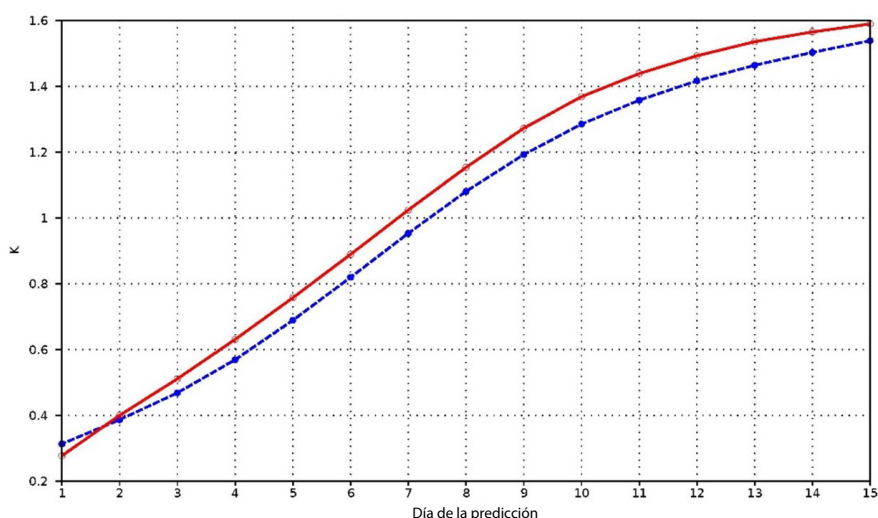
Siguiendo mejores prácticas consolidadas, la verificación de las predicciones y la evaluación de los modelos siguen siendo pasos cruciales para garantizar que los sistemas de predicción basados en IA sean fiables y estén listos para su uso operativo. A diferencia de los modelos numéricos tradicionales basados en la física, los modelos de predicción del sistema Tierra basados en la IA dependen de datos de entrenamiento y no en ecuaciones físicas, lo que plantea nuevos desafíos a la hora de evaluar su solidez, la viabilidad de generalización

o ampliación, la equidad entre regiones y la coherencia física con los principios dinámicos establecidos.

Reconociendo esto, los órganos de expertos de la OMM, como el Grupo de Trabajo sobre Experimentación Numérica (WGNE), el Grupo de Trabajo Mixto de Investigación sobre la Verificación de las Predicciones (JWGFVR) y el Comité Permanente del Sistema Integrado de Proceso y Predicción de la OMM (WIPPS), están promoviendo parámetros y marcos de verificación para una evaluación y comparación justas de la predicción meteorológica basada en la IA y en la física y los sistemas híbridos a través del [Proyecto de Intercomparación de Modelos de Predicción Meteorológica](#). Estos marcos tratan de cotejar el grado de acierto de los modelos teniendo plenamente en cuenta las características de comportamiento de los modelos basados en datos. El establecimiento de esas normas será fundamental para comparar los productos basados en la IA con los métodos tradicionales, facilitar una intercomparación transparente y fomentar la confianza de los usuarios.

Mediante una colaboración abierta, pruebas rigurosas y la adopción de protocolos de verificación acordados, los proyectos piloto del WIPPS pueden servir de campo de pruebas para los sistemas de predicción de IA. También sirven como campo de pruebas para varias preguntas abiertas que deben estudiarse. Entre ellas cabe citar las siguientes: ¿Cuáles son las necesidades mínimas de observación en los sistemas de predicción local de alta resolución basados en IA? ¿Qué condiciones deben cumplirse para

Índice de probabilidad de clasificación continua (CRPS) razonable de predicciones de temperatura de 850 hPa procedentes de los sistemas de predicción por conjuntos basados en el Sistema Integrado de Predicción (en rojo) y en el Sistema de Predicción de IA (azul) del ECMWF. El CRPS razonable se calcula para la región extratropical del hemisferio norte durante el período de verificación comprendido entre el 1 de julio y el 1 de septiembre de 2025.



facilitar la transferencia de un modelo entrenado que funcione correctamente en una región a otra? ¿Qué tipo de creación de capacidad se necesita para que más países puedan adoptar las nuevas tecnologías? Los proyectos piloto también ofrecen oportunidades para demostrar diversas formas de cooperar y asociarse con pares, entre centros mundiales, regionales y nacionales, y entre el sector privado y el sector público. De este modo, los proyectos piloto garantizan que la futura integración operativa sea científicamente sólida y que, en la práctica, se ajuste a las necesidades de los Miembros de la OMM.

En resumen, el consorcio de la meteorología prevé que la IA proporcionará información más rápida, de mayor resolución y adaptada al usuario en todas las escalas temporales. Los proyectos piloto del WIPPS tendrán por objeto determinar la forma en que esas técnicas pueden aplicarse en el marco de las infraestructuras y normas de la OMM. El desarrollo continuado del código abierto, la verificación rigurosa y la creación de capacidad garantizarán que los Miembros de la OMM de todo el mundo, desde las regiones desarrolladas hasta los PMA y los PEID, puedan aprovechar los servicios meteorológicos y climáticos mejorados por IA para proteger vidas, respaldar los medios de subsistencia y cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

Políticas y gobernanza: avanzar en el nuevo panorama

La revolución de la IA en meteorología no apareció de la nada, sino que fue posible gracias a un ecosistema de datos establecido por la comunidad meteorológica a lo largo de décadas. La Vigilancia Meteorológica Mundial es uno de los logros más importantes de la OMM y sus asociados, ya que facilita la cooperación mundial en el monitoreo y la predicción de la evolución de los diferentes componentes del sistema Tierra. Este ecosistema de datos fue inicialmente una actividad impulsada por el mundo académico y los gobiernos, pero poco a poco se convirtió en una verdadera asociación entre instituciones públicas y privadas de toda la cadena de valor, en particular en lo que respecta a los sistemas de observación e intercambio de datos, junto con el entorno informático de alto rendimiento que apoya la asimilación de datos y la predicción numérica del tiempo. Recientemente, el esfuerzo colectivo realizado durante décadas para establecer

redes de observación (cerca de la superficie, en la atmósfera y desde el espacio), la codificación y el intercambio de datos normalizados establecidos y la asimilación de datos conexas en los sistemas de predicción de los Centros Meteorológicos Mundiales, con el ingrediente añadido de la política de datos abiertos, proporcionaron los conjuntos de datos de reanálisis con los que podrían entrenarse los algoritmos de aprendizaje automático. Por lo tanto, el esfuerzo colectivo proporcionó el sustrato sobre el que las iniciativas de IA y aprendizaje automático de todos los sectores, incluidas las empresas privadas, podrían prosperar. A medida que los métodos basados en datos y la IA ganan velocidad, esta asociación público-privada de larga data está entrando en una nueva fase en la que el sector privado desempeña un papel cada vez más visible.

Esta espectacular (r)evolución ha sido posible como consecuencia de la disponibilidad de capacidad de almacenamiento y potencia computacional más baratas y de la disponibilidad de datos, gracias a las diversas encarnaciones del intercambio de datos gratuito y abierto de la OMM. Esta (r) evolución requiere cambios en los paradigmas tradicionales en muchas direcciones, pero este artículo limitará su análisis a tres esferas:

1. Fomento de la colaboración en el ámbito de la IA entre el sector público (SMHN y entidades de la OMM), el sector privado y el sector académico. Esta colaboración debería basarse en los principios enunciados en la Declaración de Ginebra — 2019 y en el Código de Ética entre la OMM y la Asociación de la Industria Hidrometeorológica y Medioambiental (HMEI).
2. Contribuciones de fuentes no tradicionales al WIPPS. Se prevé que las fuentes no tradicionales (entidades del sector privado y académico u organizaciones internacionales/intergubernamentales no asociadas) contribuirán al WIPPS, especialmente a través de soluciones basadas en inteligencia artificial, para apoyar los servicios meteorológicos, hidrológicos y climáticos públicos. Los componentes del “cómo” se están estudiando y se seguirán estudiando en los próximos meses y años.
3. Aprovechamiento de la innovación y los conocimientos tecnológicos. El sector privado y el mundo académico ya han desempeñado un papel crucial en el avance de las tecnologías de inteligencia artificial y aprendizaje automático para

los servicios medioambientales. Se espera que aceleren la adopción de innovaciones tecnológicas y aporten investigación de vanguardia y profundidad técnica.

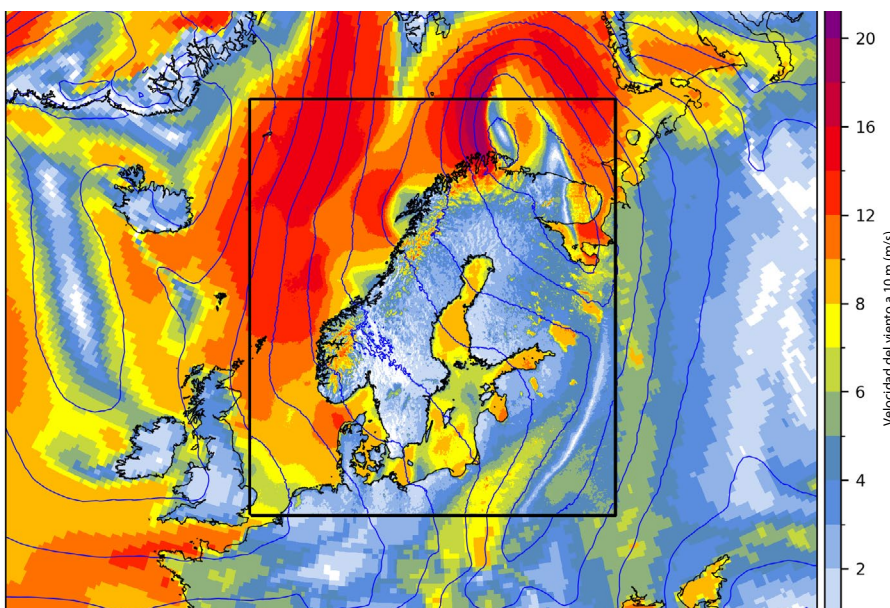
Australia, Canadá, la Unión Europea y otras autoridades legislativas han elaborado políticas sobre el desarrollo y el uso de sistemas de IA. Son tres.

En primer lugar, los principios de apertura, transparencia y trazabilidad serán fundamentales para la integración eficaz en el WIPPS de los sistemas de predicción del sistema Tierra basados en IA, especialmente los procedentes de fuentes no tradicionales. Esto es necesario para evitar información engañosa, facilitar el uso eficaz y fiable de los datos, productos y servicios, y garantizar, cuando sea viable, unos sistemas de predicción del sistema Tierra basados en IA explicables. En cierto sentido, esto apoya y emula el principio del Sistema Mundial Integrado de Observación de la OMM (WIGOS) referido a la "calidad reconocida" para las observaciones y los datos.

La segunda consideración se refiere a la voluntad de los sectores público y privado de participar en el uso compartido y abierto de datos y herramientas, en valores de referencia abiertos coordinados y en el diseño de servicios centrados en las personas. Para ello, es necesario comprometerse con normas que garanticen la sostenibilidad a largo plazo de

los productos y servicios, respetando al mismo tiempo la única voz autorizada de los SMHN y en consonancia con las políticas vigentes. El Grupo Consultivo Mixto sobre Inteligencia Artificial de la OMM examinará si el marco actual de predicción numérica del tiempo es suficiente para lograrlo.

La tercera consideración es mantener y acelerar la aplicación de la política de datos abiertos de la OMM para garantizar que los sistemas de predicción del sistema Tierra basados en IA reciban entrenamiento periódico con datos abiertos y de alta calidad. La Política Unificada de la Organización Meteorológica Mundial para el Intercambio Internacional de Datos del Sistema Tierra (Resolución 1 (Cg-Ext(2021))) es la piedra angular del enfoque de la comunidad de la OMM. Esta política tiene por objeto asegurar la disponibilidad de datos en todos los sectores. Para lograr una aplicación satisfactoria de la Resolución 1, se requiere de muchos factores críticos de éxito, incluido el Sistema de Información de la OMM (WIS) 2.0 para facilitar el intercambio de datos y metadatos que garanticen la calidad de los datos a fin de velar por la "calidad conocida" de las observaciones y respaldar la intercomparabilidad a largo plazo, que es vital para la obtención de datos de entrenamiento de alta calidad para los sistemas de predicción del sistema Tierra basados en IA. Los acuerdos debidamente elaborados serán primordiales cuando se interactúe con proveedores de datos comerciales, un ámbito que crecerá con el tiempo.



Campo de predicción de 36 horas de la velocidad del viento a 10 m de [Bris](#), modelo de predicción meteorológica de alta resolución basado en datos. El tiempo inicial de esta ejecución es 2020/05/10 12Z. La resolución horizontal en el rectángulo es de 2,5 km, mientras que la exterior es de 0,25 grados.

La revolución actual contribuirá a subsanar las deficiencias existentes en los sistemas de alerta temprana y traerá consigo un crecimiento exponencial en el desarrollo de productos y servicios para todos. Esto solo sucederá si se establecen políticas y normas debidamente diseñadas y una gobernanza adecuada a los fines establecidos para mantener el éxito del consorcio de la meteorología y, al mismo tiempo, permitir la flexibilidad y la agilidad. Ahí radica el desafío para la comunidad mundial de la OMM.

Reducción de riesgos de desastre, equidad y creación de capacidad

La IA ocupa un lugar cada vez más importante en la reducción de los riesgos de desastre y los sistemas de alerta temprana, especialmente en las regiones más vulnerables al cambio climático. Al mejorar las capacidades de predicción y facilitar una toma de decisiones más rápida, la IA ofrece una gran oportunidad de avance para los PMA y los PEID, donde la infraestructura tradicional puede ser limitada.

Varias iniciativas recientes demuestran este potencial. En África Oriental, las predicciones de precipitación mejoradas con IA apoyan la acción anticipatoria, ayudando a las comunidades a prepararse para los fenómenos meteorológicos extremos. En Kenya, las aplicaciones móviles como MyAnga utilizan datos meteorológicos y satelitales para guiar a los pastores en condiciones de sequía, ahorrando tiempo, protegiendo al ganado y mejorando la resiliencia. A escala mundial, la IA se está utilizando para modelar los riesgos de desplazamiento en zonas climáticas críticas, como Burundi y el Chad, lo que sirve de base para la planificación humanitaria y las estrategias de adaptación.

También se están poniendo a prueba sistemas de predicción basados en IA mediante iniciativas de colaboración entre instituciones de investigación y centros operativos. Por ejemplo, la Universidad de Oxford, el Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas, el Centro de Predicción y de Aplicaciones Climáticas (ICPAC) de la Autoridad Intergubernamental para el Desarrollo (IGAD), el Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (ECMWF) y Google se han asociado con organismos humanitarios para elaborar predicciones de precipitación basadas en IA y adaptadas a las necesidades locales en África Oriental. Estos modelos combinan enfoques basados en la física

con el aprendizaje automático y están diseñados de modo que sean abiertos, reproducibles y utilizables sin una infraestructura informática de alto rendimiento.

La equidad y la creación de capacidad son esenciales para garantizar que estos beneficios lleguen a todas las comunidades. Los marcos de código abierto, las plataformas basadas en la nube y los conjuntos de datos compartidos reducen las barreras de entrada, lo que permite a los Servicios Meteorológicos Nacionales adoptar y adaptar herramientas de IA. Los programas de formación están ayudando a los pronosticadores a adquirir nuevas competencias, como los conocimientos sobre inteligencia artificial, la supervisión ética y la capacidad para interpretar y comunicar con eficacia los productos de la IA.

La ciencia ciudadana y la recopilación de datos basada en dispositivos móviles pueden enriquecer los modelos de IA al proporcionar contexto local y mejorar la pertinencia y la confianza. Al mismo tiempo, la colaboración entre los sectores público, privado y académico es fundamental. Si bien las empresas tecnológicas han contribuido en gran medida al avance de las predicciones basadas en IA, la transparencia y la reproducibilidad deben seguir siendo principios rectores, sobre todo cuando se incorpora la IA en los sistemas operativos.

A medida que la IA se integra cada vez más en los sistemas de alerta temprana, debe estar respaldada por una gobernanza inclusiva, normas de interoperabilidad e inversiones sostenidas en creación de capacidad. A través de iniciativas de colaboración y la innovación abierta, la IA puede mejorar la resiliencia y garantizar que todas las comunidades, independientemente de sus recursos, se beneficien de predicciones oportunas, fiables y prácticas.

El elemento humano

En el centro de los servicios meteorológicos están las necesidades humanas, desde los agricultores que toman las decisiones relativas a la siembra hasta los directores de servicios de emergencia que se preparan para los desastres. Si bien la IA proporciona poderosas herramientas de predicción, el criterio humano probablemente seguirá siendo insustituible a la hora de interpretar las predicciones para contextos del mundo real. No cabe duda de que la capacidad de los modelos lingüísticos

para crear textos de predicciones, advertencias y alertas razonablemente similares a los humanos exigirá que los SMHN se adapten y tengan en cuenta en qué lugares deben mantenerse informados los seres humanos. Si bien es posible que, en algún momento, algunas predicciones rutinarias sean totalmente automáticas, es probable que las predicciones y las alertas críticas que guardan una relación significativa con la protección de vidas y bienes permanezcan bajo el escrutinio de expertos humanos.

Se espera que los meteorólogos actúen como comunicadores fundamentales, convirtiendo los resultados complejos de la IA en directrices prácticas, validando los resultados de la IA con plausibilidad física y garantizando que las alertas tengan en cuenta las vulnerabilidades y las desigualdades sociales. Al combinar de forma ética los conocimientos meteorológicos con el criterio contextual, pueden transformar los productos técnicos en directrices que salvan vidas. Para maximizar los beneficios de la IA, los pronosticadores deberán desarrollar nuevas competencias:

1. Alfabetización en IA: comprender las fortalezas, las limitaciones y los sesgos de los modelos.
2. Colaboración con IA: integrar con eficacia las herramientas de IA en los flujos de trabajo.
3. Supervisión ética: garantizar un uso responsable de la IA a través de la transparencia, al tiempo que se prioriza la seguridad pública y el acceso equitativo.

Una revisión urgente de los programas de enseñanza y formación actuales, junto con las prácticas de contratación, reviste suma importancia teniendo en cuenta el calendario habitual para los cambios en los planes de estudios. Una fuerza de trabajo plenamente capacitada requeriría habilidades técnicas en la implementación y ejecución de modelos de IA predesarrollados, así como en la interpretación de los resultados de modelos basados en IA y aprendizaje automático, servicios de valor agregado y necesidades de los usuarios, etc.; experiencia en la recopilación de datos sociales que alimentan los modelos de decisión basados en IA y aprendizaje automático; y la comprensión de los aspectos jurídicos y éticos de la IA (sesgos, calidad, transparencia, entre otros).

Asimismo, las organizaciones que están desarrollando modelos de inteligencia artificial

y aprendizaje automático totalmente “internos” tienen una necesidad adicional de conocimientos especializados en ciencias de la computación, desarrollo de inteligencia artificial, arquitectura y desarrollo de programas informáticos, así como conocimientos sobre arquitectura y operaciones de tecnología de la información (computadoras de alto rendimiento, clústeres de unidades de procesamiento gráfico (GPU), almacenamiento y acceso a datos que maximicen la movilidad de los datos, computación en la nube). Las competencias enumeradas anteriormente tienen una gran demanda tanto en el sector público como en el privado. Las organizaciones que se esfuerzan por el desarrollo interno estarán expuestas a la creciente competencia de las grandes corporaciones tecnológicas, lo que agregará más complejidades a la retención de la fuerza laboral.

Los avances interesantes y los proyectos piloto en el seno de la comunidad de la OMM que estudian la aplicación de servicios basados en IA deberían compartirse lo más amplia y rápidamente posible, en particular las implementaciones centradas en el plano regional, de modo que otros puedan aprovechar estas oportunidades mediante la transferencia de conocimientos de primera mano

A medida que el ámbito evolucione, el fomento de estas competencias humanas será tan crucial como el avance de la propia tecnología, garantizando que los servicios meteorológicos sigan siendo pertinentes y fiables para todos los que dependen de ellos.

Conclusiones

La IA está redefiniendo los límites de lo que es posible en materia de predicción meteorológica y climática. Desde la predicción inmediata hasta la predicción estacional, su capacidad para proporcionar información más rápida, precisa y accesible ya está reconfigurando las prácticas operativas. Sin embargo, su potencial transformador solo se materializará plenamente mediante una integración cuidadosa, una evaluación sólida y una gobernanza inclusiva.

La OMM y sus asociados deben predicar con el ejemplo y promover los modelos de código abierto, las normas de verificación transparentes y el acceso equitativo a los datos y las herramientas. Anemoi y los proyectos piloto del WIPPS demuestran que los enfoques colaborativos y reproducibles

pueden empoderar a todos los Miembros para que se beneficien de las predicciones mejoradas por la IA.

La conferencia de la OMM sobre inteligencia artificial celebrada en septiembre y acogida por el Centro Nacional de Meteorología de los Emiratos Árabes Unidos, confirmó que redundaba en interés de los Miembros de la OMM, el mundo académico y el sector privado elaborar conjuntamente principios fundacionales comunes para el progreso ético y la integración eficaz de la IA en el ámbito del consorcio de la meteorología, sobre la base de la apertura, la reproducibilidad, la transparencia, la colaboración, la sostenibilidad, la innovación y la creación de conocimiento. Los participantes se comprometieron a proseguir el diálogo en diversos niveles y a mantener consultas estratégicas de alto nivel para garantizar

que el modelo operativo funcione para todos, así como para aumentar la representación del sector privado y del mundo académico en las estructuras de trabajo pertinentes de la OMM.

En este marco, los pronosticadores humanos siguen desempeñando un papel fundamental. Su criterio, supervisión ética y habilidades de comunicación son esenciales para transformar los resultados de la IA en directrices prácticas. A medida que la comunidad de la OMM avance en el proceso, las inversiones en tecnología y en personal serán fundamentales para garantizar que los servicios meteorológicos sigan siendo pertinentes, fiables y respondan a las necesidades de todas las comunidades.

Juntos, podemos dar forma a un futuro en el que la IA fortalezca el ecosistema mundial de predicción, y no lo reemplace.

Modelo/ Sistema	Categoría	Creador	Enfoque central/arquitectura
Aurora	Modelo de IA	Microsoft Research	Modelo basado en transformadores
GraphCast	Modelo de IA	Google DeepMind	Redes neuronales gráficas
Pangu-Weather	Modelo de IA	Huawei	Transformador 3DEST
FourCastNet	Modelo de IA	NVIDIA y colaboradores	Operadores neuronales (esféricos) de Fourier
ClimaX	Modelo de IA	Microsoft Research y UCLA	Transformador de base
FengWu	Modelo de IA	Shanghai AI Lab	Transformador multimodal + búfer de reproducción
FuXi	Modelo de IA	Fudan Univ., CMA y asociados	Aprendizaje automático en cascada (corto/medio/largo)
AIFS Single	Modelo de IA	ECMWF	Codificador/decodificador de redes neuronales gráficas + procesador de transformador
AIFS ENS	Modelo de IA	ECMWF	Entrenamiento probabilístico (difusión/CRPS)

Modelo/ Sistema	Categoría	Creador	Enfoque central/arquitectura
WeatherNext Graph	Modelo de IA	Google DeepMind + Google Research	Redes neuronales gráficas determinísticas
WeatherNext Gen	Modelo de IA	Google DeepMind + Google Research	Conjuntos basados en la difusión
CorrDiff	Modelo de IA (reducción de escala)	NVIDIA Earth-2	Difusión correctiva residual (UNet+difusión)
pySTEPS	Conjunto de herramientas	Comunidad (FMI, MeteoSwiss, etc.)	Biblioteca de predicción inmediata de radar probabilística
ClimateLearn	Conjunto de herramientas	Grupo de Inteligencia Artificial de la UCLA	Evaluación comparativa de proyectos o conjuntos de datos
Anemoi	Conjunto de herramientas/marco	ECMWF + asociados europeos de SMN	Marco de aprendizaje automático E2E (conjuntos de datos/gráficos/modelos/entrenamiento/inferencia)
Open-Meteo	API/conjunto de herramientas	Comunidad de Open-Meteo	API meteorológica de código abierto
Plataforma Tomorrow.io	Plataforma híbrida	Tomorrow.io	IA + radar satelital + Internet de los objetos + datos tradicionales
The Weather Company	Plataforma híbrida	The Weather Company	PNT mejorada con IA + servicios de datos para empresas/consumidores
Earth-2 Platform	Plataforma híbrida HybriPlatforma	NVIDIA	Gemelo digital de IA + física; aceleración por GPU; microservicios de inferencia acelerada