

Gobernanza e inteligencia artificial, las claves para un enfoque integrado de extremo a extremo de la iniciativa Alertas Tempranas para Todos

Por el Dr. CHEN Zhenlin, administrador de la Administración Meteorológica de China (CMA) y Representante Permanente de China ante la Organización Meteorológica Mundial (OMM)

El desafío para la seguridad pública debido a la cada vez mayor frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos, provocados por el cambio climático, es el telón de fondo en el que el Secretario General de las Naciones Unidas, António Guterres, puso en marcha la iniciativa Alertas Tempranas para Todos. En esta gran ambición radica una paradoja: aunque, gracias a la investigación y los avances tecnológicos, las predicciones y las alertas son más oportunas y sofisticadas, los peligros naturales han seguido acumulando trágicas bajas. De esta situación se desprende que el paradigma tradicional de las alertas, basado únicamente en los avances tecnológicos y la difusión de información, está llegando a un punto crítico justo cuando la humanidad está experimentando fenómenos más extremos que nunca. Se necesita con urgencia un sistema de gobernanza integral que pueda traducir con eficacia las señales y alertas científicas en medidas sociales.

A través de la arquitectura institucional, la innovación tecnológica y la movilización social, China ha transformado la capacidad científica en una capacidad social para proteger vidas. Con motivo del décimo aniversario del Centro Nacional de Difusión de Información de Alerta Temprana de Emergencia de China en 2025, la Administración Meteorológica de China (CMA) desea compartir su estudio y práctica en esta esfera.

Estructura institucional:
incorporar la rendición de cuentas en los procedimientos operativos estándares

Desde su diseño inicial, el proceso de alerta temprana de China se concibió como un marco

de gobernanza, y no como un mero sistema técnico. En el contexto de la filosofía china centrada en las personas, las alertas tempranas se han establecido como una responsabilidad pública dirigida por el Gobierno de común acuerdo con las autoridades y compartida por la sociedad. Para lograr una coordinación interministerial sin discontinuidades, el mecanismo de concertación se incluyó en los marcos jurídicos y reglamentarios pertinentes de China. En 2010, la CMA tomó la iniciativa de establecer un mecanismo de coordinación de alto nivel que abarcaba 28 ministerios a fin de garantizar que todas las autoridades trabajaran de forma mancomunada para proteger vidas cuando se produjeran desastres y crisis.

En particular, el componente del "Protocolo de Llamada y Respuesta para Alertas de Alto Nivel"¹ establece que la alerta meteorológica es obligatoria para los encargados de la respuesta de emergencia mediante el establecimiento de un proceso normalizado y de rendición de cuentas, que es una medida clave de aplicación. Al vincular directamente las "alertas de alto nivel" a los encargados de la respuesta de emergencia del Gobierno, se puso fin a las malas prácticas de gobernanza que llevaban a que "las alertas bien preparadas se publicaran simplemente en una plataforma y las responsabilidades bien definidas se guardaran en un documento". Desde el punto de vista de la resiliencia de la gobernanza, el protocolo de llamada y respuesta es un acuerdo esencial que vela por que quienes trabajan a nivel de base tengan la autoridad, la competencia y los recursos necesarios para adoptar un criterio independiente, decisiones rápidas y una reubicación organizada en las situaciones intensas, estresantes y urgentes que ocurren cuando se avecinan desastres.

1 Protocolo de Llamada y Respuesta para Alertas de Alto Nivel: Las alertas de riesgo de desastres meteorológicos se clasifican en cuatro niveles, que van de bajo a alto: azul (general), amarillo (grave), naranja (muy grave) y rojo (especialmente grave). El naranja y el rojo son alertas de alto nivel. La "llamada" significa notificar con urgencia por teléfono al personal de respuesta ante emergencias, y la "respuesta" significa que este personal toma contramedidas inmediatas. Este bucle bidireccional de rendición de cuentas garantiza que las alertas se traduzcan en medidas verificables.

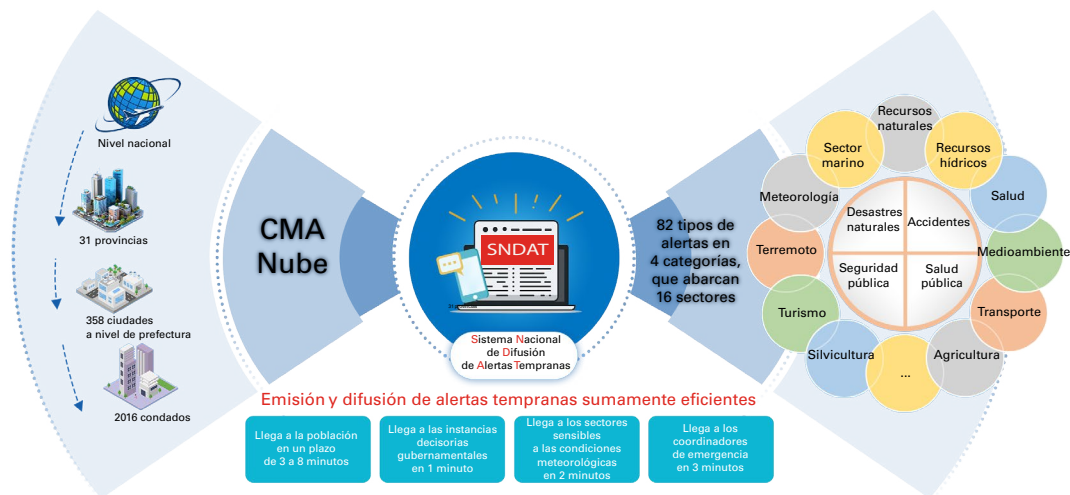


Figura 1. La difusión de la alerta de emergencia de forma horizontal y vertical.

China opera un sistema nacional unificado de publicación de información de alertas de emergencia que está conectado de forma vertical a nivel nacional, provincial, municipal y de condado, conectado horizontalmente con 22 ministerios, y utiliza el Protocolo de Alerta Común (CAP). Es una plataforma única que integra, procesa y difunde alertas de 220 tipos en cuatro categorías, lo que resuelve con

eficacia las normas incoherentes y los cuellos de botella en la información. La versión asiática del Sistema Mundial de Alerta de Peligros Múltiples de la OMM (GMAS-A), desarrollada junto con el Observatorio de Hong Kong, permite compartir alertas en tiempo real con 21 Miembros de la OMM en Asia como contribución a la normalización regional.

Cuadro 1. Selección de indicadores de desempeño y métodos de cálculo para el Sistema Nacional de Difusión de Información de Alerta Temprana de China (CMA, 2024)

Indicador	Valor comunicado	Definición y método de cálculo
Población abarcada por las alertas tempranas	99,12 %	Proporción de la población nacional a la que se puede acceder a través de, por lo menos, uno de los canales principales de difusión de alertas (redes móviles, medios de difusión, altavoces, etc.)
Plazo de antelación para las alertas de tiempo violento por convección	43 minutos	Promedio de la diferencia de tiempo entre la emisión pública de una alerta de tiempo violento por convección y la primera observación del fenómeno correspondiente en esa región (basada en estadísticas de todos los fenómenos ocurridos en 2023)
Tiempo de entrega de las alertas de alto nivel a las instancias decisorias	<1 minuto	Tiempo medio que tarda la alerta de nivel más alto (rojo) en enviarse desde la plataforma a los terminales de comunicación de los directores de servicios de emergencia designados en todos los niveles
Número total anual de alertas emitidas	454 000	Número total de alertas de todos los tipos emitidas al público y a los usuarios del sector a través del sistema
Alcance anual de las alertas tempranas (instancias)	28 000 millones	Número total de mensajes de alerta entregados anualmente a través de todos los canales (SMS, notificaciones de aplicaciones, etc.)
Llamada y respuesta a y por los directores de emergencias (instancias)	580 000	Número total de funcionarios de emergencia que acusaron recibo de alertas de alto nivel por teléfono, SMS u otros métodos de comunicación directa

Primer y último eslabón

Un sistema de alerta temprana eficaz debe abordar dos desafíos fundamentales:

- 1) que el primer eslabón sea una voz autorizada y precisa;
- 2) que las alertas activen medidas de protección: el último eslabón.

Primer eslabón. Para garantizar la autoridad y la precisión en el primer eslabón, es necesario mejorar continuamente el monitoreo y la predicción de los fenómenos extremos observando cada paso del proceso. En primer lugar, la red integrada de observación terrestre, marítima, aérea y espacial, mediante el concepto de "observación como servicio"², se ha perfeccionado para reflejar mejor los fenómenos meteorológicos extremos de rápida evolución. En segundo lugar, se prioriza el desarrollo de modelos de predicción basados en IA, como las predicciones por conjuntos con limitaciones físicas, para superar el "efecto de suavizamiento" de los modelos convencionales de IA basados en datos. En tercer lugar, la traducción de las predicciones científicas en alertas claras y prácticas para las instancias decisorias y la población mediante un proceso dinámico y evolutivo destinado a los servicios progresivos³.

Último eslabón. El valor último de las alertas estriba en reducir la enorme brecha que existe entre las señales científicas precisas y las medidas sociales eficaces, que a menudo se retrasan debido al sesgo humano hacia el optimismo ante un desastre inminente. El enfoque chino se centra en un objetivo básico: resolver la incertidumbre centrándose en las certezas institucionales y tecnológicas.

Estrategia 1: Garantizar que las alertas "lleguen a tiempo" y "se entiendan correctamente" La plataforma unificada y la comunicación multicanal (radio, televisión, aplicaciones móviles, redes sociales, entre otras), potenciadas con posicionamiento 5G, logran una difusión precisa a las personas en situación de riesgo, mientras que la gobernanza basada en redes a nivel comunitario traduce las alertas en instrucciones para la acción. Utilizando un principio de privacidad desde el diseño, solo se analizan los datos anónimos y agregados de las torres de telefonía móvil para evaluar la densidad de personas en las zonas de riesgo, sin que se utilicen identificadores personales. Cuando es necesario, se emplean métodos tradicionales, como los trabajadores comunitarios que llaman a las puertas una a una o hacen sonar gongs y silbatos, para garantizar que las alertas lleguen a todo el mundo, especialmente a los grupos vulnerables como los ancianos, los niños o las personas con discapacidad.

- 2 La observación como servicio consiste en el despliegue de algoritmos directamente en los emplazamientos de observación para extraer características de los peligros meteorológicos a partir de datos brutos en tiempo casi real, lo que reduce, en gran medida, las demoras en el proceso y aumenta un tiempo crucial para la emisión de alertas de fenómenos extremos repentinos.
- 3 Servicios progresivos: servicios de alerta realizados mediante el perfeccionamiento creciente de la información en el tiempo y el espacio para proporcionar una mayor exactitud de la intensidad y los impactos (un contenido más específico) a medida que evoluciona el tiempo violento.



Figura 2. Secuencia de la emisión progresiva de predicciones y alertas para el supertifón Yagi.

Los simulacros comunitarios periódicos ayudan a cerrar la brecha entre el conocimiento y la acción.

Estrategia 2: El mecanismo de alertas integrado en los sectores garantiza que las alertas se traduzcan en medidas. Con la reglamentación y el protocolo de llamada y respuesta en vigor, "**una señal vista**" se transforma en "**una respuesta dada**". Asimismo, con la aplicación del modelo integrado de servicios "alerta + sector", las alertas quedan directamente integradas en el proceso de servicios sectoriales. Por ejemplo, la CMA emite alertas de riesgo de peligros geológicos y crecidas repentinas junto con los Ministerios de Recursos Naturales y Recursos Hídricos; entrega

alertas meteorológicas viales a más de dos millones de camioneros junto con el Ministerio de Transporte; y proporciona avisos meteorológicos personalizados para más de 660 000 guías turísticos registrados en el Ministerio de Cultura y Turismo.

El estudio de caso que figura a continuación pone de relieve la importancia de un sistema de gobernanza que integre en profundidad las instituciones, la tecnología y la movilización social para superar los retrasos en la adopción de medidas. La IA, cuando se incorpora en todo el proceso como motor técnico, se suma a la integración profunda y al desempeño general del sistema.

Estudio de caso: respuesta en la cadena completa al supertifón Yagi (2024)

En septiembre de 2024, el supertifón Yagi, con una fuerza de viento central superior a 17 en la escala de Beaufort, tocó tierra en la provincia de Hainan, poniendo a prueba de resistencia el sistema de alerta de China en toda la cadena de valor de la alerta temprana, desde el primer hasta el último eslabón.

Primer eslabón. Las áreas de alto riesgo se delimitaron con precisión con 3 días de antelación, y se emitió la alerta roja de tifón de más alto nivel, en la que se indicó explícitamente que era muy probable que se convirtiera en el tifón más fuerte que afectara al sur de China en una década, asegurando así una ventana crucial para la respuesta de emergencia y la movilización social.

Último eslabón. Se activó el protocolo de llamada y respuesta para que los gobiernos locales adoptaran medidas obligatorias como "cinco suspensiones" (de clases, trabajo, negocios, transporte y mercados) de acuerdo con la ley. Antes de que el tifón tocara tierra, las provincias de Guangdong y Hainan habían evacuado a más de un millón de habitantes de zonas de alto riesgo, todos los pescadores habían regresado a la costa y todas las embarcaciones estaban aseguradas en los puertos.

Eficacia. Estas medidas ayudaron a prevenir muertes en las zonas de alto impacto por mareas de tormenta y vientos fuertes. La provincia Hainan comunicó 4 muertos y 95 heridos; el modelo de defensa de alerta temprana de la cadena completa ha reducido al mínimo claramente las bajas humanas. La evaluación posterior al fenómeno reveló que los servicios de alerta temprana también habían reducido las pérdidas económicas por el monto de 1 260 millones de dólares⁴.

Iniciativa MAZU⁵

China puso en marcha la Iniciativa de Cooperación Internacional MAZU en la Conferencia Mundial de Inteligencia Artificial de 2025 como una metodología

impulsada por la tecnología que se compartirá con sus homólogos mundiales. MAZU, acrónimo que significa peligros múltiples, alertas, sin brechas y universal, apoyará los cuatro pilares definidos en el Plan de Acción de la Iniciativa Alertas Tempranas para Todos.

4 Reducción de pérdidas económicas estimada por un evaluador externo independiente utilizando una metodología de evaluación del impacto de los desastres reconocida a nivel internacional, similar al marco de "El triple dividendo de la resiliencia" del Banco Mundial.

5 MAZU lleva el nombre de una legendaria pescadora china (Lin Moniang, 960-987 d. C.) que salvó a los marineros utilizando sus conocimientos meteorológicos y astronómicos. Ella es honrada con el nombre "Mazu", que significa "ancestro materno", un símbolo de sabiduría y protección. Su cumpleaños coincide con el Día Meteorológico Mundial (23 de marzo).

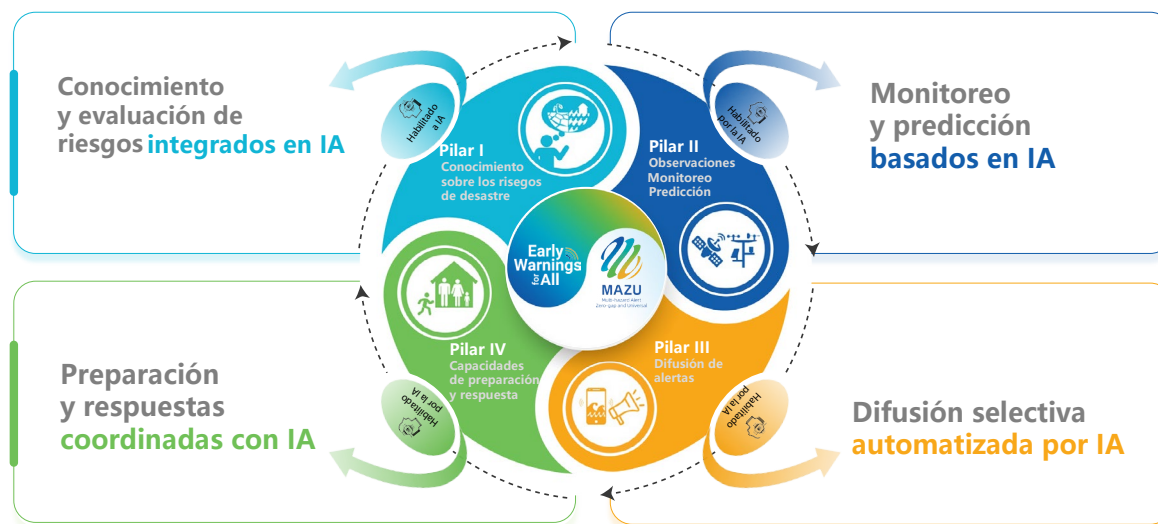


Figura 3. Todo el proceso de alerta temprana basada en IA como circuito cerrado.

1. Solución técnica: la IA potencia los cuatro pilares de la iniciativa Alertas Tempranas para Todos

Pilar 1: Conocimientos sobre riesgos integrados en la IA. De 2020 a 2022, China llevó a cabo su primera encuesta nacional integral sobre riesgos de desastre, en la que se evaluaron 23 tipos de desastres en seis categorías como base de datos de riesgos a nivel nacional. Al fusionar datos meteorológicos, geográficos y socioeconómicos, la IA transforma los datos estáticos de las encuestas en mapas de riesgos dinámicos específicos de cada región, haciendo que la evaluación de riesgos pase de una respuesta pasiva a una gestión proactiva para fundamentar todas las acciones de alerta de forma científica y lógica.

Pilar 2: Monitoreo y predicción impulsados por IA. Bajo el título de Feng (viento), la CMA ha desarrollado modelos de IA para la predicción inmediata, la predicción a corto y mediano plazo y la predicción estacional, lo que reduce la dependencia de recursos informáticos masivos y mejora la puntualidad y precisión de las predicciones de fenómenos meteorológicos extremos, apoyando así el primer eslabón.

Pilar 3: Difusión selectiva automatizada por IA. La IA actualiza las alertas masivas tradicionales para convertirlas en "diálogos" adaptados a los perfiles de los usuarios, los niveles de alerta y los tipos de peligro, lo que permite una transmisión precisa y selectiva a regiones y grupos específicos para garantizar que las alertas se comprenden y se actúa en consecuencia.

Pilar 4: Preparación y respuesta coordinadas por IA. Cuando las alertas de alto nivel activan el protocolo de llamada y respuesta, la IA pasa de ser un asistente de información a un asesor de apoyo a la toma de decisiones. Al analizar en tiempo real el estado de las respuestas, la distribución de los recursos y la evolución de los peligros, genera propuestas y planes óptimos, fomentando una coordinación intersectorial eficaz.

Importante salvaguardia de la gobernanza responsable de la IA: Una gobernanza eficaz es esencial para garantizar la responsabilidad de las aplicaciones de IA y la confianza del público. Para ello, la CMA y la Administración del Ciberespacio de China han publicado conjuntamente las medidas para aplicaciones de la IA en meteorología con el fin de regular el acceso y el uso de la IA en meteorología desde la perspectiva de la ley, los derechos de propiedad intelectual y la protección de datos personales, al tiempo que fomentan la innovación.

2. Propuestas de cooperación

Intercambio de tecnología. El empuje para alcanzar unas consultas amplias, la construcción conjunta y los beneficios compartidos ha impulsado el desarrollo de plataformas en la nube de alerta temprana de la marca MAZU por parte de China y sus asociados. Por ejemplo, se ha creado una plataforma conjunta en colaboración con el Departamento de Meteorología del Pakistán que incluye la herramienta de desarrollo propio del Pakistán para las alertas de desbordamientos

repentinos de lagos glaciares. La plataforma integra estos desbordamientos en su monitoreo de peligros múltiples, predicciones basadas en IA y directrices de emergencia específicas para cada función.

Desarrollo de capacidad. En los próximos tres años, China tiene previsto ofrecer 2000 oportunidades de formación a corto plazo, 100 becas para programas de grado y 50 puestos de profesor visitante, y colaborar con los asociados para desarrollar su capacidad local en materia de alerta temprana y gestión de desastres.

Cooperación regional. Junto con los asociados regionales, la CMA opera y apoya un mecanismo de defensa conjunta en línea para las consultas antes de los desastres, el intercambio de información durante el proceso y las revisiones posteriores a los desastres para los fenómenos meteorológicos peligrosos regionales de alto impacto. Paralelamente, China seguirá avanzando en la normalización y el intercambio de datos a través del Sistema de Información de la OMM (WIS).

Intercambio de experiencias. La CMA compartirá de forma sistemática sus prácticas en aspectos institucionales y normativos, como las encuestas y evaluaciones sobre los riesgos de desastre y el protocolo de llamada y respuesta, con el fin

de ayudar a los países interesados a construir una base científica sólida para tomar decisiones basadas en el conocimiento.

Persisten desafíos

La experiencia china demuestra que un sistema de gobernanza integrado, que combina la movilización institucional, tecnológica y social, es eficaz y eficiente, como se demuestra en el estudio de caso del supertifón Yagi. También aporta considerables beneficios económicos: según una evaluación independiente realizada por terceros, los servicios de alerta temprana meteorológica de China contribuyeron a evitar pérdidas económicas por valor de aproximadamente 83 600 millones de dólares⁶ en 2024.

Sin embargo, aún quedan desafíos. En cada fenómeno meteorológico extremo se vuelve a insistir en que la exactitud de los datos no es el objetivo final; es la protección de toda vida humana. Es un imperativo humano compartido que no está limitado por fronteras. La CMA está dispuesta para trabajar con asociados en todo el mundo, no solo para compartir tecnologías y experiencias, sino también para asumir esta responsabilidad: salvaguardar nuestro único hogar juntos.

6 Según la evaluación de 2024 del Servicio Meteorológico Público Nacional, publicada conjuntamente por la Oficina Nacional de Estadísticas de China y la CMA.