Resumen

Libro sobre tecnología ecológica

Soluciones para hacer frente a los desastres climáticos

OMPI

© OMPI, 2025 Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

La licencia de CC no se aplica al contenido de la presente publicación que no sea de la OMPI.

Portada: Getty Images/Iboter, Bilanol, mack2happy

Referencia de la OMPI RN1080/25-ExSum/ES;
DOI: 10.34667/tind.58955

Resumen

Los desastres climáticos ya no son fenómenos infrecuentes: son la nueva normalidad. En las últimas dos décadas, más del 80 % de los desastres registrados se han vinculado a fenómenos meteorológicos y climáticos extremos y los peligros hidrológicos han sido los causantes de casi la mitad de las muertes relacionadas con desastres. Estos fenómenos también están aumentando su frecuencia. En 1950, se registraron menos de 50 desastres; mientras que en la actualidad el mundo se enfrenta cada año a entre 300 y 500 desastres climáticos. El nivel del mar aumenta, la urbanización y los efectos de isla de calor agravan los riesgos, y son las poblaciones vulnerables de asentamientos informales, zonas rurales de bajos ingresos y comunidades desplazadas las que soportan las peores consecuencias.

Los desastres sobrecargan cada vez más los sistemas tradicionales de respuesta y, a escala mundial, las pérdidas económicas ya superan los 2,3 billones de dólares anuales, cuando se contemplan los costos sociales y ambientales indirectos. Sin embargo, la reducción del riesgo de desastres sigue contando con una financiación escasa. Menos del 0,5 % del gasto en desarrollo y solo una pequeña fracción de la ayuda humanitaria se destinan a la prevención y la preparación. Están surgiendo mecanismos mundiales y regionales para propiciar una respuesta rápida y anticipatoria, entre ellos, los bonos para catástrofes, los fondos mancomunados y la financiación basada en predicciones. Sin embargo, la cobertura sigue siendo desigual, en especial en los países menos desarrollados, los pequeños estados insulares y las comunidades marginales.

La tecnología desempeña un papel central en la reducción de estas desigualdades. Los satélites, la inteligencia artificial (IA), el Internet de los objetos (IoT), los drones y el análisis de datos en la nube mejoran la vigilancia de peligros, la alerta temprana y la valoración de efectos; mientas que las redes y aplicaciones móviles mejoran la comunicación en tiempo real con las poblaciones afectadas. Crece con rapidez la actividad de patentamiento en el ámbito de la respuesta a los desastres —en especial de aeronaves no tripuladas (drones), vigilancia basada en IA y plataformas multifuncionales—, lo cual refleja una tendencia hacia soluciones más rápidas, integradas y basadas en datos. En el Marco de Sendái se destaca la importancia de estas tecnologías en la prevención, la preparación y la respuesta y se hace hincapié en el acceso equitativo, la creación de capacidad y el enfoque inclusivo para asegurar que los avances tecnológicos den lugar a una resiliencia real.

Ante tormentas más intensas e inundaciones más graves, soluciones vanguardistas

Los ciclones tropicales, también conocidos como huracanes o tifones, se están intensificando debido al cambio climático, impulsado por el aumento de la temperatura de los océanos y de la humedad atmosférica. Si bien es posible que la frecuencia de las tormentas esté disminuyendo, su intensidad está aumentando y los huracanes más intensos son cada vez más destructivos. Por ejemplo el huracán Helene (2024) causó 246 muertes en los Estados Unidos, mientras que el ciclón Freddy (2023) devastó Mozambique y Malawi. El cambio climático también está ralentizando el movimiento de las tormentas y por ello las precipitaciones y las inundaciones son más prolongadas. En los últimos 50 años, los ciclones tropicales han causado el 38 % de las muertes y las pérdidas económicas mundiales relacionadas con los desastres y, con frecuencia, la recuperación a largo plazo tarda décadas.

Las inundaciones, una consecuencia importante de las tormentas, se agravan debido al derretimiento de los glaciares, la urbanización y la infraestructura deficiente. Más de 1 800 millones de personas se enfrentan a un riesgo considerable de inundación y el 90 % de ellas viven en países de ingresos bajos y medios. Los desbordamientos repentinos de lagos glaciares amenazan a 10 millones de personas y, según las previsiones, este riesgo se triplicará en la Alta Montaña Asiática para 2100. Las inundaciones provocan daños en las infraestructuras, contaminan los abastecimientos de agua y perturban economías y los asentamientos urbanos son especialmente vulnerables.

El uso de satélites (p. ej. el CYGNSS de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio de los Estados Unidos (NASA) y el Sentinel de la Agencia Espacial Europea (ESA)), IA y drones ha impulsado una mejora de la predicción meteorológica que ha reducido el error de seguimiento de huracanes, desde las 400 millas náuticas en los años setenta del siglo XX a las actuales 80 millas náuticas. Pero, si bien los sistemas de alerta temprana salvan vidas, la mitad de los países carecen de suficiente cobertura. La iniciativa Alertas Tempranas para Todos de las Naciones Unidas tiene por objeto subsanar esta carencia para 2027. La IA mejora los sistemas de alerta temprana mediante la predicción de los riesgos en cascada (p. ej. de inundaciones posteriores a las tormentas), pero se aprecian inconvenientes como el sesgo de datos y las falsas alarmas.

En la medida en que las tormentas y las inundaciones se agravan, es crucial integrar predicción avanzada, infraestructuras resilientes y alarmas tempranas inclusivas. Las innovaciones como la IA, el IoT y las soluciones basadas en la naturaleza ofrecen protección aplicable a diferentes escalas, pero el acceso equitativo sigue siendo un obstáculo, en especial en las regiones vulnerables. Las iniciativas en colaboración son esenciales para crear resiliencia mundial frente a amenazas climáticas cada vez mayores.

Desprendimientos de tierra contrarrestados por la innovación

Los desprendimientos de tierra se desencadenan como consecuencia de precipitaciones intensas, seísmos o actividades humanas como la deforestación. Representan un grave riesgo y causan victimas mortales, daños en las infraestructuras y perturbación económica de largo plazo. El cambio climático está aumentando la frecuencia de desprendimientos de tierra, en especial en regiones montañosas y tropicales. Aunque son impredecibles, las tecnologías avanzadas de vigilancia están mejorando la detección y respuesta tempranas. Mediante sensores terrestres y subterráneos (medidores de ángulo de inclinación respecto de la horizontal, piezómetros y sensores sísmicos) se hace un seguimiento de la estabilidad de las pendientes en tiempo real. Los satélites y las tecnologías de teledetección SAR/InSAR (radar de apertura sintética/ interferometría SAR), LiDAR (detección y alcance de la luz) y el modelo de evaluación de peligros de deslizamientos de tierra (LHASA) de la NASA proporcionan cartografía de riesgos a gran escala. La IA y los macrodatos integran información de fuentes múltiples (drones, IoT y registros históricos) para la valoración dinámica del riesgo. Los drones pueden utilizarse para la topografía de alta resolución posterior a un desastre (p. ej. valoración del derrumbamiento de un túnel suizo) y la cartografía de fisuras (p. ej. innovación en Tbilisi). Las tecnologías de gestión de tierras sueltas abarcan desde las barreras a las bombas de lodo y las excavadoras hidráulicas empleadas para una limpieza eficiente. Las innovaciones de estabilización implican bioingeniería con *biogrout* y soluciones técnicas como el claveteado de suelo, el empernado de roca y el uso de geotextiles.

La tecnología propicia la resiliencia a sequías de intensidad creciente

Las sequías, intensificadas por el cambio climático, están derivando en crisis sistémicas, que amenazan la seguridad alimentaria, el acceso al agua y la producción de energía. El aumento de temperaturas y las precipitaciones erráticas agotan el agua subterránea y más del 40 % de la humanidad ya sufre escasez de agua. En la agricultura, que consume el 70 % del agua dulce del mundo, se producen pérdidas de rendimiento; al mismo tiempo, las sequías perturban la generación de energía hidroeléctrica y aumentan riesgos sanitarios como el cólera (FAO, 2025; WHO, 2024a). Las tecnologías innovadoras ofrecen soluciones: mediante satélites (GRACE, InSAR) e IA se vigilan las aguas subterráneas en tiempo real; la corrección genómica CRISPR

permite el mejoramiento de cultivos (p. ej. el trigo HB4 resistente a la sequía) y la agricultura de precisión (sensores del IoT y drones) optimiza el uso de agua. Por captación de agua atmosférica, con redes de niebla hasta estructuras metalorgánicas (MOF), se extrae humedad del aire, al tiempo que mediante represas de arena y gestión de la recarga de acuíferos se repone el agua subterránea. Se están adaptando los sistemas energéticos, con paneles solares flotantes para compensar las pérdidas de energía hidroeléctrica y redes inteligentes para reducir la generación dependiente del agua. El reciclado de agua residual (p. ej. descarga nula de líquido) permite recuperar más del 95 % del agua industrial.

Pero todavía persisten los obstáculos, en especial para los pequeños agricultores y las regiones vulnerables. Iniciativas como el Centro y Red de Tecnología del Clima de las Naciones Unidas, que envían por WhatsApp predicciones de sequía en Saint Kitts, demuestran que existen los modelos aplicables a diferentes escalas. Para salvar los obstáculos se necesita coordinación de políticas e inversión con miras a implantar estos instrumentos de manera equitativa. Si no se toman medidas, las sequías pueden costar el 5 % del producto interno bruto (PIB) mundial; pero, si se adoptan tecnologías estratégicas, las sociedades pueden crear resiliencia frente a las amenazas crecientes de aridificación.

Los incendios incontrolados se agravan, pero tecnologías avanzadas previenen, predicen y protegen

Los incendios incontrolados han dejado de ser fenómenos estacionales para transformarse en crisis que duran todo el año, favorecidos por el aumento de temperatura, las sequías prolongadas y el cambio de los regímenes eólicos. Ahora amenazan ecosistemas, comunidades y economías de todo el mundo y se están convirtiendo en la norma los incendios de magnitudes sin precedentes, como los ocurridos en el Canadá en 2023 que representaron el 27 % de las pérdidas mundiales de cobertura forestal. Es especialmente vulnerable la interfaz territorio virgen-urbano, donde la extensión urbana se entremezcla con la vegetación inflamable y los incendios incontrolados dan lugar a desastres urbanos cuando las brasas encienden viviendas alejadas del frente del incendio. Para agravar el problema, los fallos en las líneas y redes eléctricas provocan más incendios, como se observó en California donde la infraestructura eléctrica ha causado el 19 % de la superficie quemada en los últimos años

La tecnología está revolucionando la gestión de los incendios incontrolados, desde la detección temprana hasta la extinción y recuperación. Mediante redes de satélites (p. ej. FIRMS de la NASA, Sentinel de la ESA) e IA se analizan datos en tiempo real para detectar incendios en minutos, mientras que drones y cámaras termales cartografían puntos calientes a través del humo y la oscuridad. Innovaciones como los minisatélites y las cámaras de 360 grados permiten responder con rapidez, al tiempo que con avanzadas herramientas informáticas de modelado (p. ej. FARSITE y gemelos digitales) se predice el comportamiento de los incendios con una precisión sin precedentes. También ha avanzado la extinción aérea de incendios, gracias a drones para operaciones nocturnas y robots para aplicación de retardantes, que reducen el riesgo al que se enfrentan los equipos humanos. Sobre el terreno, materiales resistentes al fuego (p. ej. hormigón de cáñamo y revestimientos intumescentes) protegen las viviendas, mientras que las quemas prescritas y el clareo mecánico reducen los riesgos en el futuro.

Pero la amenaza persiste. Con los modelos tradicionales de lucha contra incendios, los fenómenos climáticos extremos se afrontan con dificultad y con frecuencia los retardantes dañan los ecosistemas. Las soluciones emergentes como los inhibidores biodegradables y la predicción de incendios de turberas basada en IA en Indonesia ponen de manifiesto la necesidad de una innovación sostenible. Herramientas de base, como la aplicación Watch Duty que fue superior a los sistemas de alerta gubernamentales durante los incendios de California en 2025, ponen de relieve el potencial de la tecnología impulsada por la comunidad. En la medida en que los incendios incontrolados sean más impredecibles, la integración de las redes de satélites mundiales, los modelos de IA adaptativa y los marcos políticos equitativos serán decisivos para proteger vidas, ecosistemas y economías en el futuro.

La paradoja del frío extremo en coincidencia con el calentamiento global

Mientras las temperaturas del planeta aumentan, los fenómenos de frío extremo siguen siendo amenazas mortales, exacerbadas por perturbaciones de los sistemas atmosféricos causadas por el clima, como el vórtice polar. Cuando este vórtice se debilita, el aire ártico se desborda hasta latitudes medias y desencadena olas de frío extremo en regiones como América del Norte. Aunque menos frecuentes, estos fenómenos son cada vez más erráticos y peligrosos, a lo que se suma el envejecimiento de las infraestructuras y una preparación inadecuada. Las muertes por frío asociadas a estrés cardiovascular, hipotermia y enfermedades respiratorias superan con creces las causadas por el calor, esto es, entre cuatro y nueve veces su cifra mundial de muertes anuales. Las poblaciones vulnerables, tales como las personas sin hogar, los ancianos y las familias que carecen de seguridad energética, se enfrentan a riesgos mayores, en especial durante crisis de asequibilidad de la energía como la ocurrida en Europa por el aumento inflacionario de los precios en 2022.

Las tecnologías clave de resiliencia ante el frío están orientadas al fortalecimiento de la red energética, por medio de centrales energéticas protegidas contra los agentes invernales, canalizaciones aisladas y redes inteligentes con análisis predictivo de datos, para evitar interrupciones del servicio como la ocurrida en la crisis de Texas de 2021. La innovación en la construcción se centra en un alto valor R de aislamiento (p. ej. muros de doble montante y ventanas de cuádruple acristalamiento), techos radiantes y refugios impresos en 3D como las viviendas de 4 000 dólares de Icon. Entre las soluciones comunitarias se incluyen quitanieves guiados por GPS, calefacción urbana de temperatura ultrabaja y calefactores portátiles de combustible para las emergencias (capacidad de –45°C). La gestión de las avalanchas implica sistemas accionados a distancia y la vigilancia de bancos de nieve basada en IA reduce los riesgos en las regiones montañosas.

Las crisis de calor extremo se agravan

Las olas de calor son “asesinas silenciosas” que provocaron más de 35 000 muertes en Europa y representaron fenómenos sin precedentes en 2024-2025. Las islas de calor urbanas amplifican los peligros y en ciudades como Phoenix (Arizona) se alcanzaron temperaturas 10°C superiores a las de las zonas circundantes. Entre finales de mayo y junio de 2024, una intensa ola de calor causó más de 568 muertes en el sur del Pakistán, donde las temperaturas se elevaron a entre 45 y 49°C en muchas zonas. El estrés por calor también pone en peligro a los trabajadores; así, en 2020, hubo en el mundo 4 200 muertes relacionadas con el calor en los lugares de trabajo, que afectaron de manera desproporcionada a los países de bajos ingresos. Para la refrigeración urbana, existen “techos refrigerantes“ reflectantes, sistemas nebulizadores (que logran bajar hasta 10°C de temperatura) y ciudades esponja como Praterstern en Viena, que combina un espacio verde con refrigeración inteligente por niebla. Las tecnologías de protección de trabajadores han evolucionado con rapidez, con dispositivos portátiles como los sensores de hidratación y algoritmos de temperatura central de uso militar adaptados para la construcción y la agricultura. En lo que se refiere a la alarma temprana, las plataformas basadas en IA (p. ej. HEAT-SHIELD en Europa) conjugan la predicción meteorológica con datos sanitarios para accionar alarmas y activar centros de refrigeración. Las soluciones menos tecnológicas pueden tener una eficacia sorprendente, como por ejemplo el programa Cool Roofs de Ahmedabad y Cartuja Qanat de Sevilla que recupera técnicas antiguas de refrigeración por túneles de agua.

La logística de respuesta ante los desastres está adquiriendo nueva forma gracias a un conjunto diverso de tecnologías

Los desastres causan el desplazamiento de millones de personas al año y fuerzan al límite los sistemas tradicionales de respuesta. Solo en 2024, los desastres motivaron el desplazamiento de 45 millones de personas y más de la mitad de estos desplazamientos se debieron a tormentas e inundaciones. Dada la magnitud de estas crisis, se necesitan soluciones innovadoras que permitan prestar asistencia con mayor rapidez, coordinar con eficacia y fomentar la autonomía de las comunidades afectadas. Desde la predicción basada en IA hasta las cadenas de suministro autorizadas por cadenas de bloques, las tecnologías emergentes

están transformando la logística de catástrofes, haciendo que las respuestas sean más eficientes, transparentes y resilientes.

Cuando se produce un desastre, la prioridad inmediata es establecer capacidad operativa dentro de la zona de crisis. Los refugios impresos en 3D proporcionan soluciones habitacionales durables, aplicables a diferentes escalas. Las unidades médicas móviles —con frecuencia contenedores reconvertidos— permiten prestar asistencia sanitaria de urgencia, mientras que en minutos se instalan refugios inflables para centros de mando o de clasificación de urgencias. La independencia energética es crucial: las nanoredes suministran energía renovable en menos de 15 minutos y abastecen hospitales y centros de comunicación temporales. Para el último tramo de la entrega de ayuda en terreno inaccesible, vehículos anfibios como SHERP del Programa Mundial de Alimentos (WFP) se desplazan por caminos anegados, lo que reduce los costos de transporte un 75 % con respecto a los transportes aéreos.

La respuesta eficaz frente a los desastres depende de la comunicación. Si bien 5 500 millones de personas tienen acceso a Internet, sigue habiendo 2 600 millones que no lo tienen y, con frecuencia, estas viven en zonas donde suelen producirse desastres. Soluciones tales como las redes en malla (utilizadas tras el tifón Haiyan) y los sistemas de satélites restituyen la conectividad cuando las infraestructuras tradicionales fallan. Las plataformas basadas en IA como SKAI (desarrollada por el WFP y Google) analizan imágenes satelitales para cartografiar daños en tiempo real, mientras que los chatbots y los mecanismos comunes de comunicación (CFM) hacen posible la comunicación bidireccional entre equipos de respuesta y supervivientes. En Cox's Bazar (Bangladesh), el portal de predicción INSTANT emite alarmas tempranas por SMS a refugiados rohinyás, las cuales ponen en marcha evacuaciones preventivas.

Las pérdidas económicas causadas por desastres afectan de manera desproporcionada a los países de bajos ingresos; en efecto, la sequía cuesta a algunas naciones el 2 % del PIB cada año. Las innovaciones en finanzas están subsanando carencias:

- Las transferencias digitales de efectivo: plataformas de transferencia de dinero por telefonía móvil como bKash en Bangladesh permiten el desembolso instantáneo de ayuda. Antes del ciclón Remal, el WFP envió 43 dólares por monederos móviles a 30 000 familias, lo que permitió a estas preparase con antelación.
- Seguro parametrizado: programas como Capacidad Africana para la Gestión de Riesgos utilizan datos satelitales para activar desembolsos automáticos. En 2024, Zimbabwe recibió 16,8 millones de dólares pocos días después de declararse una sequía.
- Cadena de bloques y biometría: el seguro basado en cadena de bloques de Igloo contra fenómenos climáticos paga automáticamente a los productores de café de Viet Nam cuando se superan los umbrales de lluvia. Las máquinas dispensadoras dotadas de sistemas de identificación biométrica (p. ej. GrainATM en la India) evitan el fraude en la distribución de ayuda.

Tecnologías como la cadena de bloques y los sensores del IoT mejoran la transparencia en la cadena de suministro humanitaria, mientras que los drones (p. ej. Zipline en Rwanda) distribuyen material sanitario en zonas remotas en minutos. La IA optimiza la gestión de inventarios, dado que permite predecir picos de demanda y distribuir suministros con antelación. Durante el huracán Harvey, el análisis de macrodatos ayudó a redirigir envíos para evitar carreteras inundadas.

A pesar del progreso, sigue habiendo obstáculos en lo que se refiere a equidad, aplicabilidad a diferentes escalas e interoperatividad. Los sistemas de identificación biométrica, si bien reducen el fraude, plantean preocupaciones de privacidad y pueden excluir a quienes no tienen documentación. La impresión en 3D y la distribución por drones están limitados por los costos y las carencias de infraestructuras en entornos con recursos escasos. Los sistemas de datos aislados dificultan la coordinación; las plataformas de código abierto son cruciales para la normalización. La tecnología está revolucionando la logística de desastres dado que acelera respuestas, disminuye costos y salva vidas. Sin embargo, todo su potencial depende de una concepción inclusiva, la creación de capacidad local y la colaboración global.

Mensajes clave

El cambio climático agrava los desastres en todas partes y nos afecta a todos

El cambio climático está provocando desastres más graves y frecuentes: tormentas, inundaciones, incendios descontrolados y desprendimientos de tierra afectan a miles de millones de personas y perturban infraestructuras, economías y medios de vida. Los desastres se producen independientemente de la geografía o la riqueza. En 2024, los desastres motivaron el desplazamiento de 45 millones de personas y más de la mitad de estos desplazamientos se debieron a tormentas e inundaciones. Los peligros hidrológicos han provocado el 50 % de los desastres y el 45 % de las muertes causadas por desastres en las últimas cinco décadas. En la actualidad, las sequías afectan a más de 1 500 millones de personas, mientras que los incendios incontrolados queman superficies cada vez mayores, amenazando ecosistemas y comunidades urbanas por igual. La escala y la frecuencia de estos fenómenos imponen una carga excesiva a las infraestructuras, los sistemas sanitarios y las economías, lo cual pone de relieve que nadie está a salvo de los desastres climáticos y que estos afectan de manera desproporcionada a los más vulnerables.

Ya se dispone de tecnologías de preparación y respuesta ante los desastres

Las tecnologías que ayudan a las poblaciones afectadas a prepararse y a responder ante los desastres ya están disponibles y en uso y progresan con rapidez. Los desastres son mundiales, al igual que la disponibilidad de soluciones vitales de baja tecnología y de herramientas avanzadas de vanguardia. Sin embargo, no se atienden todas las zonas por igual. Las organizaciones de emergencia cuentan con mucha experiencia en llegar a comunidades aisladas y marginales y se benefician cada vez más del uso de soluciones innovadoras en diversas zonas geográficas y tipos de desastres. La inteligencia artificial (IA) es un importante elemento de apoyo que está aumentando con rapidez el abanico de capacidades en el panorama tecnológico. La actividad de patentamiento a escala internacional también indica que las iniciativas de innovación son intensas, en particular en herramientas universales como los drones, la IA, el aprendizaje automático y los sistemas de alarma temprana y, cada vez más, en tecnologías específicas ideadas para la prevención, la predicción y la respuesta ante incendios forestales. Las tecnologías emergentes —que abarcan desde predicción basada en IA, vigilancia por satélite, drones y sensores del Internet de los objetos (IoT) hasta infraestructuras resilientes, sistemas de alarma temprana y plataformas logísticas digitales— están transformando la manera en que las sociedades se anticipan y responden a estas crisis y se recuperan de ellas. El desarrollo equitativo y la concepción inclusiva son esenciales para garantizar que se beneficien las comunidades vulnerables y que se fortalezca la resiliencia mundial.

La innovación ofrece resultados y reduce los costos de preparación para casos de desastre, así como el riesgo

La inversión en preparación para casos de desastre y en reducción del riesgo es mucho más rentable que la respuesta a las crisis una vez que estas se han producido. Aun así la financiación mundial para la prevención sigue estando limitada a unos niveles críticos. Dado que cada año más de 300 millones de personas necesitan asistencia humanitaria y que la financiación alcanza a menos de la mitad de la necesaria, resultan fundamentales tanto el enfoque de estructuración del riesgo como la acción temprana. Los mecanismos preestablecidos, como los seguros y los fondos de reserva para la financiación basada en predicciones, pueden acelerar la respuesta y reducir las pérdidas, en especial en los países vulnerables donde el acceso sigue siendo reducido. En el Marco de Sendái se destaca el papel central de la tecnología en todas las fases de desastre y se promueven los sistemas de alerta temprana, la vigilancia de los peligros, las herramientas geoespaciales y las comunicaciones resilientes que permiten a los gobiernos anticiparse, mitigar y responder con mayor eficacia. Ampliar la cobertura, en especial en los países menos desarrollados y los pequeños estados insulares, es vital para garantizar una preparación y una respuesta mundial puntual, coordinada y equitativa para casos de desastre. Más allá de la eficiencia, la preparación y la respuesta ante los casos de desastre son un imperativo moral: ninguna comunidad debe quedar abandonada cuando se producen catástrofes provocadas por el clima.

El ecosistema de innovación es un facilitador tecnológico

Tal como se puso de relieve en las tres ediciones anteriores del *Libro sobre tecnología ecológica*, la innovación y la tecnología tienen soluciones —aunque no todas— para el cambio climático y, por extensión, para los efectos de los desastres causados por el clima. Dichas soluciones surgen de un ecosistema de innovación sólido y de procesos eficaces de transferencia de tecnología y se trasladan desde los laboratorios a los mercados nacionales y extranjeros y luego, a través de las fronteras, de sur a sur, de norte a sur o de sur a norte. Estos ecosistemas se sustentan en bases sociales más amplias, entre ellas los sistemas educativo, financiero, legislativo e informativo, en los que el marco internacional de propiedad intelectual (PI) tiene una función clave. Garantizar que estas bases funcionen de manera justa y eficaz es esencial para promover un ecosistema de innovación activo y propiciar la transferencia de tecnología. En especial, el respeto a los sistemas de PI es la base de la difusión satisfactoria de soluciones.

La tecnología brinda a los equipos de respuesta visibilidad en tiempo real y prospección predictiva

Tecnologías como la IA, los gemelos digitales, los sensores del IoT y los sistemas satelitales potencian las capacidades de los equipos de respuesta, les sirven de apoyo en iniciativas como la anticipación ante inundaciones que podrían derribar los diques, la cartografía de riesgo de calor bloque por bloque o la distribución de suministros de socorro antes de la llegada de un ciclón. Como consecuencia se salvan vidas, se acortan los tiempos de respuesta y se utilizan los recursos con mayor eficiencia. El conocimiento de la situación en tiempo real está mejorando gracias a sensores del IoT que hacen un seguimiento de niveles fluviales y temperaturas o de existencias de suministros en tiempo real y a drones y satélites que proporcionan visibilidad en lugares inaccesibles sin peligro para las personas. Todo ello sirve de base para la toma de decisiones y, mediante un análisis predictivo de datos de la cadena de suministro, asegura que alimentos, medicamentos y cobijo lleguen al lugar deseado en el momento oportuno. En lugar de reacciones fragmentadas y demoradas, los gestores de desastres pueden tomar decisiones proactivas basadas en datos que reducen la incertidumbre, disminuyen las pérdidas y salvan más vidas.

La respuesta ante casos de desastre conjuga la tecnología con los conocimientos locales y las soluciones basadas en la naturaleza

Para que la respuesta ante casos de desastre sea eficaz es necesario unir tecnologías avanzadas y enfoques prácticos basados en la experiencia local. En los desastres hidrológicos, las respuestas basadas en el uso reactivo de sacos de arena y zanjas de drenaje están quedando atrás, para dar lugar a una resiliencia integrada física y digital. Las defensas tradicionales como diques y malecones pueden estructurarse en varios niveles mediante sistemas inteligentes, adaptativos y basados en la naturaleza. Tecnologías como los modelos de inundación basados en IA, los satélites y los algoritmos de seguros son más eficaces cuando se conjugan con instrumentos de baja tecnología, conocimientos locales y medidas del ámbito comunitario. Las innovaciones van combinando progresivamente elementos —drones con sensores terrestres, colaboración masiva con observaciones ciudadanas y análisis de datos con prácticas tradicionales— para crear soluciones holísticas. La resiliencia climática crece cuando los sectores difuminan las fronteras —p. ej. mediante seguros satelitales vinculados a teléfonos inteligentes para agricultores, cultivos tolerantes a la sequía accesibles para pequeños agricultores, captadores del agua de niebla en asentamientos informales o viviendas resilientes a las inundaciones para comunidades vulnerables. La logística de desastres está evolucionando desde la ayuda aislada a las plataformas interoperables que integran alertas multirriesgo, financiación inclusiva y datos en tiempo real. Sistemas de enfoque descendente como Security Communications Cluster (ETC) de las Naciones Unidas normalizan las respuestas mundiales, mientras que las iniciativas locales como las alertas de emergencia son esenciales sobre el terreno. El equilibrio entre la coordinación centralizada y la acción localizada garantiza respuestas oportunas, eficaces y equitativas.

La actuación proactiva deja atrás a la reactiva

Las tecnologías de comunicaciones de respuesta ante casos de desastre están haciendo posible el cambio de la reacción posterior al desastre y la logística fragmentada a sistemas anticipatorios. La predicción mejorada por la IA y los gemelos digitales simula inundaciones, olas de calor e interrupciones inesperadas de las cadenas de suministro antes de que ocurran. Los sistemas de advertencia temprana aumentan la capacidad de las autoridades para actuar con días de antelación. La tendencia transversal no es simplemente a la digitalización sino más bien a una fusión de la movilidad física (drones, vehículos y refugios) con la inteligencia artificial (IA, datos y comunicaciones). La IA y el análisis predictivo de datos están transformando la financiación destinada a los desastres y la respuesta que se les da, ya que hacen posible preparar la ayuda antes de que se produzca el desastre. Por ejemplo, GiveDirectly utilizó Google AI para enviar asistencia específica en efectivo previa al desastre con fines de socorro por un huracán. Las predicciones de inundaciones en Nigeria y Mozambique activan desembolsos tempranos de seguros, mientras que los seguros paramétricos pueden aportar fondos antes de que se produzcan sequías. Las tecnologías preposicionadas como Mobile Makerspace de Field Ready prestan apoyo a las reparaciones locales durante las inundaciones. La IA combinada con datos satelitales hace posible que la ayuda sea proactiva y flexible y la gestión de desastres pasa de ser reactiva a anticipatoria. Motivado en parte por el Marco Sendai, ha habido un cambio deliberado en el planteamiento, desde la recuperación a la preparación, el cual también ha impulsado desarrollos tecnológicos. De ese modo, se ha prestado atención especial a los sistemas de advertencia temprana, los gemelos digitales, los satélites y los sistemas de radar mejorados y otros avances.

La información es ayuda

La tecnología es esencial para la comunicación y coordinación en caso de desastres. Las herramientas digitales no son solo de apoyo, sino que constituyen la infraestructura central de la respuesta moderna ante los desastres. Ninguna tecnología es suficiente de por sí; debe haber en funcionamiento sistemas flexibles, de varios niveles, incluso en situaciones de estrés. La comunicación fiable salva vidas. Se necesitan redes descentralizadas y redundantes: banda ancha móvil, redes de última generación (NGN), sistemas globales de comunicaciones (GSM) anticuados (2G), satélites, radios y redes en malla tienen todos un papel fundamental que desempeñar. Las aplicaciones móviles, los chatbots y los sistemas de alerta mantienen

informadas a las comunidades. Los sistemas de alerta temprana dependen de canales robustos que conjugan medios modernos y tradicionales. La IA y las tecnologías de la información y la comunicación mejoran las predicciones, pero los mensajes deben ser claros, adaptados a cada comunidad y circular en los dos sentidos. La coordinación constante entre organismos, apoyada por redes interoperables basadas en PI y normas compartidas, garantiza una respuesta unificada ante los desastres.

La tecnología está transformando la financiación destinada a los desastres

La financiación destinada a los desastres ya no se dedica únicamente al socorro posterior al fenómeno. Se trata de crear resiliencia sistémica antes de que el desastre se produzca. Los seguros, las transferencias de dinero y la ayuda anticipatoria ahora se consideran estrategias centrales para reducir el riesgo de desastres. Los seguros paramétricos y basados en índices, los modelos de riesgo basados en IA y el envío automático de bonos de catástrofe, reducen el fraude y aumentan la cobertura. El dinero digital y la asistencia mediante vales facilitada por plataformas de dinero móvil como M-Pesa y bKash distribuyen ayuda con rapidez y transparencia, incluso en zonas de infraestructuras deficientes. El análisis predictivo de datos permite desembolsos previos al desastre, lo que mejora la preparación. Estas tecnologías cambian las cargas de riesgo y repercusión y ayudan a prestar un mejor servicio a quienes no tienen seguro.

Para la implantación eficaz de las tecnologías de respuesta ante los desastres es necesaria la colaboración público-privada

Una tecnología eficaz y humanitaria para casos de desastre requiere una colaboración estrecha entre los sectores público y privado. Por ejemplo, la resiliencia ante inundaciones depende de la coordinación entre científicos, ingenieros, gobiernos locales, comunidades, proveedores tecnológicos y aseguradoras. La predicción de las inundaciones combina datos satelitales (NASA), sensores terrestres (servicios públicos) y alertas de evacuación (empresas de telecomunicaciones). Es esencial que los satélites, los drones y los observadores ciudadanos transmitan los datos con rapidez y que los sensores del IoT y las observaciones masivas aporten información precisa sobre el terreno. Los desastres evolucionan rápidamente, por lo que es necesario que los datos de los satélites, drones y observadores comunitarios se transmitan de inmediato. El WFP, la IFRC y las empresas emergentes están colaborando en el desarrollo de tecnologías de comunicación aplicables a diferentes escalas, lo que demuestra que los sistemas de varios agentes son esenciales. Algunas tecnologías reconvierten herramientas de uso militar y combinan la IA con sistemas físicos para hacer posible una respuesta más rápida y más inteligente.

Las tecnologías para casos de desastre son potentes pero también tienen inconvenientes

Las tecnologías tienen capacidad transformadora para la preparación y la respuesta ante los desastres. Con todo, se deben implantar mediante una rigurosa atención a la protección de datos, los sesgos, la inclusividad y la rendición de cuentas. En la respuesta ante los desastres, la IA y las herramientas digitales ofrecen apreciaciones en tiempo real y coordinación predictiva. Sin embargo, traen consigo problemas importantes: la calidad de los datos, el sesgo de los algoritmos, la falta de transparencia y los riesgos de privacidad. Los sistemas de identificación biométrica pueden reducir el fraude y mejorar la eficiencia. Sin embargo, también ponen en riesgo de exclusión a las personas que carecen de documentos o posibilitan una vigilancia que puede utilizarse en contextos ajenos a los desastres. Los sistemas basados en IA también deben verificarse con cuidado. Por ejemplo, las valoraciones de daños basadas en datos satelitales pueden pasar por alto, de manera involuntaria, asentamientos informales que no se han validado correctamente. Con este tipo de exclusiones, la tecnología puede contribuir a reforzar desigualdades existentes e incluso a ignorar grupos y personas que ya están marginados. En especial, las tecnologías para incendios incontrolados revelan brechas sociales más profundas. Mientras que las comunidades más ricas pueden permitirse viviendas ignífugas, herramientas

de modelado avanzadas e incluso servicios privados de respuesta ante incendios, los grupos de bajos ingresos y marginales pueden depender de sistemas obsoletos o inaccesibles. Como consecuencia se crea una “brecha de protección” que no se basa en la capacidad técnica sino en prioridades y desequilibrios sociales y económicos. Además, las tecnologías deben equilibrar la extinción de incendios con los conocimientos ecológicos, integrar los conocimientos indígenas relevantes y asegurar el acceso equitativo a renovaciones y soluciones de bajo costo.

Las tecnologías de riesgo de desastres y de respuesta ante ellos son mejores cuando son inclusivas

Mientras que la tecnología ha revolucionado la preparación para casos de desastres relacionados con el clima, sus beneficios siguen sin distribuirse de manera equitativa. Para evitar que se profundice la “brecha de resiliencia climática”, debe cambiarse el enfoque en pos de un acceso democrático a esas innovaciones. Las regiones vulnerables, entre ellas los países menos desarrollados y los pequeños estados insulares en desarrollo, se enfrentan a los mayores riesgos y aun así disponen de menos recursos. Por ejemplo, solo el 50 % de los países cuentan con un sistema de alarma temprana multirriesgos. En este contexto, la tecnología puede convertirse en un arma de doble filo. Si bien las alertas móviles basadas en sensores del IoT e IA pueden mejorar el alcance y la velocidad, obstáculos como el costo, la alfabetización digital y el sesgo algorítmico pueden marginar aún más a las comunidades en riesgo. Las herramientas de acceso abierto, como las aplicaciones meteorológicas gratuitas, los modelos climáticos de código abierto y las plataformas compartidas de cartografía del riesgo, pueden potenciar la capacidad de los agentes locales para anticiparse, prepararse y responder ante los riesgos. El acceso público a la modelización de desastres, los datos meteorológicos y los mapas de riesgo son fundamentales para la innovación, pero solo si este acceso incluye a las comunidades más vulnerables. Es crucial que los datos que sustentan estos sistemas de alerta múltiple sean fiables y de alta calidad. Con frecuencia, para que lo sean es necesario que las autoridades los coordinen y garanticen su calidad, en especial cuando los datos provienen de fuentes no verificadas y de varios puntos como los de colaboración masiva y de una multitud de sensores de calidad diversa. En última instancia, la pregunta no es simplemente qué puede hacer la tecnología sino a quién protege, a quién excluye y quién tiene el poder de conformarla. La equidad, la transparencia y la concepción inclusiva deben guiar el desarrollo y la implantación de tecnologías para casos de desastre.

En el *Libro sobre tecnología ecológica: soluciones para hacer frente a los desastres climáticos* se analiza la manera en que la innovación está dando nueva forma a la respuesta de la humanidad ante unos desastres climáticos cada vez más graves.

En la medida en que se intensifican las tormentas, se agravan las inundaciones y persisten las sequías, la gestión tradicional de los desastres está llegando a sus límites. En este libro se pone de relieve la manera en que herramientas de vanguardia —como la inteligencia artificial, los sistemas de satélites, los drones y el Internet de los objetos— mejoran la predicción, la alerta temprana y la comunicación en tiempo real.

Se exponen casos de tecnologías simples y avanzadas para abordar tormentas, inundaciones, desprendimientos de tierra, incendios incontrolados, sequías, olas de frío y olas de calor. También se presentan soluciones logísticas de respuesta ante los desastres, que comprenden infraestructuras de emergencia y de implantación rápida, comunicaciones y coordinación digital, y resiliencia financiera por transferencia de riesgos y tecnologías de seguros. Las innovaciones abarcan desde la cartografía de inundaciones basada en inteligencia artificial hasta la entrega de ayuda autorizada por cadenas de bloques y cultivos resistentes a la sequía, lo que demuestra la amplitud de las soluciones emergentes.

En el libro se resume la manera en que la innovación tecnológica está cambiando la gestión de desastres desde el socorro reactivo a la reducción de riesgos, la preparación y la resiliencia a largo plazo con carácter proactivo.