

## Cómo funciona el mundo (How the work really works)

VACLAV SMIL, 2023

EDITORIAL: DEBATE, 368 PÁGINAS, PRECIO: 20.80 €, ISBN-10: 841861935X, ISBN-13: 978-8418619359

Vaclav Smil (1943), científico checo-canadiense, nació en Pilsen durante la Segunda Guerra Mundial durante la ocupación alemana (1939-1945) en el entonces denominado Protectorado de Bohemia y Moravia (actualmente República Checa). Completó sus estudios universitarios en la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Carolina de Praga (Chequia actualmente y Checoslovaquia hasta 1992) y en la Universidad Estatal de Pensilvania (EE. UU.). Tras la invasión soviética de Checoslovaquia, en 1968, emigró a Estados Unidos en 1969 y en 1972 se trasladó e instaló definitivamente en Canadá. Smil ha realizado investigaciones interdisciplinarias en los campos de la energía, los cambios ambientales y poblacionales, la producción de alimentos, la historia de la innovación técnica, la evaluación de riesgos y las políticas públicas. Ha publicado 47 libros y más de 500 artículos sobre estos temas. Actualmente es profesor emérito distinguido de la Universidad de Manitoba (Canadá).

Aunque los libros de Smil, incluido el que aquí reseñamos, han sido ampliamente publicados como favoritos de Bill Gates no comparten totalmente la visión tecno-optimista de éste último en temas como por ejemplo el problema del cambio climático. Los tecno-optimistas bien pueden ser caracterizados por su convicción en el desarrollo y la aplicación de tecnologías innovadoras (p. ej., desarrollo de energías renovables, captura y almacenamiento de carbono, almacenamiento de energía, etc.) como soluciones efectivas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En cambio, los libros de Vaclav Smil suelen tender a proporcionar un enfoque más equilibrado y a menudo se le considera un realista más que un tecno-optimista. Si bien Smil reconoce la importancia de la tecnología en abordar los desafíos globales, incluyendo el cambio climático, también enfatiza la necesidad de considerar las limitaciones y desafíos asociados con la implementación de nuevas tecnologías a gran escala. Smil ha sido crítico con respecto a algunas expectativas exageradas sobre la rapidez con la que las tecnologías pueden transformar sistemas complejos, como el sistema energético a nivel mundial. Smil ha abordado ampliamente la complejidad de los desafíos ambientales y energéticos y ha destacado la necesidad de una

transición cuidadosa y realista hacia fuentes de energía más sostenibles. Aunque reconoce el potencial de la tecnología, también subraya la importancia de considerar los aspectos económicos, sociales y políticos en cualquier solución sostenible. Su enfoque se caracteriza por un análisis exhaustivo y una consideración cuidadosa de los desafíos y oportunidades asociados con la tecnología y la sostenibilidad.

En los siete capítulos que contiene este libro, repletos de datos muy esclarecedores, Smil desgana cómo entender los problemas relacionados con la energía, con la producción de alimentos, con los materiales esenciales de

energía. Nos explica cómo diferentes procesos geológicos, biológicos y hasta los relacionados con nuestra civilización se entienden mejor cuando se explican en términos de energía y de su conversión entre sus diferentes tipos. Las conversiones de energía están en la base de la vida misma y de la evolución. Defiende las ventajas de la energía eléctrica y la necesidad de electrificar muchos procesos productivos entre otras razones como un camino para la descarbonización de nuestra sociedad tan necesaria para poder afrontar el problema del cambio climático.

En el capítulo dedicado a la producción de alimentos, Smil relaciona –aportando gran cantidad de datos y ejemplos– su fuerte crecimiento con el incremento de la energía dedicada en todo el proceso de producción y en última instancia con el uso de combustibles fósiles. Se plantea el autor si podríamos mantener ese nivel de producción de alimentos sin recurrir a los fertilizantes y demás agroquímicos y sin depender tanto de los combustibles fósiles. La respuesta que da es positiva, pero sería a costa de que un porcentaje grande de la población, que ahora vive en un entorno urbano, se desplazase al campo y se encargase de las tareas ligadas a la producción de alimentos, revirtiendo el flujo de población desde el campo a las ciudades que ha predominado en el último siglo. Hay un insuficiente conocimiento generalizado del balance energético y de las sustancias críticas que intervienen en la producción de alimentos y que hace muy difícil mantener la máxima tradicional de que la producción de patatas proviene predominantemente de la energía solar por la más realista de que proviene, al menos en parte, del petróleo. También del carbón utilizado en la producción del acero que interviene en la mecanización y transporte de la producción de alimentos, del gas natural que intervienen en la producción de fertilizantes, de la electricidad, en parte generada por combustibles fósiles, que interviene en el procesamiento de las cosechas, cuidado del ganado, preparación y almacenamiento de los alimentos, etc.

Quizás el capítulo que me ha parecido más interesante, por menos conocido, es el relacionado con los materiales esenciales de nuestro



nuestro mundo, con la globalización, con los riesgos que nos afectan, con el medio ambiente y con nuestro futuro.

Aunque el tema de la energía y su relación con la evolución del hombre y de la sociedad ya había sido exhaustivamente tratado en un libro anterior (*Energía y civilización. Una historia*), aquí comienza este capítulo inicial insistiendo en el hecho de que los procesos –tanto naturales como generados por el hombre– pueden ser definidos y entendidos como una secuencia de conversiones entre distintos tipos de

mundo, lo que el autor denomina los cuatro pilares de la civilización moderna: amoníaco, plásticos, acero y cemento. Posiblemente sin el uso del amoníaco sintético utilizado en la fabricación a gran escala de fertilizantes no sería posible alimentar a la mitad de la población humana. El proceso conocido como Haber-Bosch, por el nombre de los químicos alemanes que lo desarrollaron, es un método industrial para la síntesis de amoníaco y representa uno de los avances tecnológicos más importantes del siglo XX. Sin embargo, el proceso es muy intensivo en uso de energía y además emite como subproducto anhídrido carbónico siendo una de las principales fuentes industriales de las emisiones de este gas. Las investigaciones en modificaciones genéticas que permitan la capacidad de fijación del nitrógeno atmosférico en plantas no leguminosas y mejora de la eficiencia energética con enfoques más sostenibles son esenciales para reducir la huella de CO<sub>2</sub> en la producción de fertilizantes.

Los plásticos constituyen la siguiente categoría de materiales esenciales en nuestra civilización. Su maleabilidad, ligereza, resistencia y bajo precio han sido primordiales para sustituir otros materiales utilizados tradicionalmente. Los plásticos comunes, como el polietileno, el polipropileno, el PVC, el PET y muchos otros, se producen a partir de compuestos químicos derivados del petróleo o del gas natural. El proceso implica la polimerización de monómeros para formar cadenas largas de polímeros, que luego se pueden moldear en una variedad de productos. Los desechos plásticos constituyen sin embargo un grave problema de contaminación en tierra y sobre todo en los océanos. El avance en la reducción en su uso, su reciclaje y su biodegradación son esenciales para paliar nuestra dependencia de ellos.

Los distintos tipos de aceros constituyen otro pilar fundamental de nuestra sociedad, sobre todo para la construcción de edificios y obras públicas. El proceso de su fabricación es muy intensivo en energía, demandando hasta el 6 % del suministro mundial de energía, siendo mayormente basada en la combustión de carbón y gas natural lo que convierte el proceso en uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero (con un 7-9 % de las emisiones directas procedentes de los combustibles fósiles). Los minerales de hierro, base de los aceros, tienen como principal ventaja su ubicuidad (el hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre) y su facilidad de reciclado.

El cemento es el componente esencial del hormigón que a su vez es el principal material de las principales megaestructuras humanas

construidas sobre todo desde la segunda mitad del siglo XX. Por ejemplo, la presa de las Tres Gargantas construida sobre el río Yangtzé en China requirió casi 28 millones de metros cúbicos de hormigón reforzado con 256 500 toneladas de acero. La producción de cemento ha crecido en los últimos años de una forma espectacular: en solo dos años (2018 y 2019) China ha producido tanto cemento como EE. UU. durante todo el siglo XX. Sin embargo, el actual hormigón, y por lo tanto las estructuras hechas con él, tiene una vida relativamente corta (del orden de decenas de años y raramente sobrepasando el siglo) lo que va a implicar que durante el siglo XXI vamos a asistir a su deterioro, renovación y desmontaje a medida que éstas necesiten ser demolidas o abandonadas. Además, la fabricación de cemento es una de las fuentes más importantes de emisiones de dióxido de carbono a nivel mundial: aproximadamente el 8 % de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> provienen de la producción de cemento. Este proceso implica la liberación de CO<sub>2</sub> tanto durante la descarbonatación de la piedra caliza como en el calentamiento de los hornos mediante la quema de combustibles fósiles.

## La globalización es quizás la característica más sobresaliente de la actual economía

Las modernas economías están muy ligadas según Smil al flujo masivo de materiales como los cuatro arriba mencionados. Incluso los nuevos materiales requeridos para hacer la transición energética (basada en células solares, turbinas eólicas, coches eléctricos o baterías) todavía tienen una gran dependencia de los combustibles fósiles y requieren una gran cantidad de materiales que en algunos casos son escasos o de difícil extracción. Smil se muestra muy escéptico respecto al plazo de 2050 para alcanzar las emisiones netas cero de gases de efecto invernadero desde el punto de vista de nuestra dependencia de ciertos materiales y las perspectivas tecnológicas de su posible sustitución por otros materiales y/o procesos de fabricación.

La globalización es quizás la característica más sobresaliente de la actual economía, siendo una imagen muy visual de esta globalización tanto el enorme tráfico de contenedores (que circulan por todo el mundo moviendo productos elaborados desde los países esencialmente productores, fundamentalmente en Asia, a los países esencialmente consumidores, principalmente en Europa y Norteamérica) como el tráfico de grandes barcos petroleros (moviéndose

entre los escasos países productores de petróleo y el resto del mundo). Una consecuencia de esta globalización es la gran interdependencia de las economías, culturas, tecnologías, flujos de inversión, información y poblaciones. Este capítulo hace un repaso histórico de la globalización inevitablemente ligada al transporte (y consiguiente movimiento de personas y mercancías), a los modos de producción y consumo y a las tecnologías de la información.

El capítulo dedicado a los riesgos pasa revista a los diferentes peligros que en el pasado y actualmente han afectado a la sociedad como las hambrunas, pandemias, guerras, etc. Discute la distinta aceptación y/o tolerancia con ciertos riesgos llamando la atención sobre los riesgos asumidos de forma voluntaria o involuntaria y las falsas apreciaciones de los peligros reales o imaginarios. Por ejemplo, el miedo a un poco probable accidente nuclear y la tolerancia respecto a una exposición frecuente y muchas veces innecesaria a los rayos X. Smil proporciona muchos ejemplos de diferentes peligros, tanto naturales como causados por el hombre, y la muy diferente apreciación de ellos, de sus probabilidades y sus impactos.

Respecto a los riesgos medioambientales, con el problema del actual cambio climático situado en primer lugar, mucho se ha escrito y debatido pero lo que sigue estando en duda es la determinación colectiva para abordar eficazmente al menos algunos de los desafíos críticos, ya que existe una batería de soluciones, ajustes y adaptaciones para atacar estos riesgos. Los países ricos tienen mucho margen para reducir su uso medio de energía per cápita y aun así conservar una calidad de vida cómoda. Menciona el autor algunas soluciones técnicas simples para atajar el problema del cambio climático que tendrían efectos acumulativos significativos. Entre otros muchos ejemplos cita la obligatoriedad de instalar ventanas con triple capa de vidrio, la reducción de los desperdicios en la cadena alimentaria o cambiar los hábitos en el consumo mundial de carne. Estos dos últimos ejemplos reducirían las emisiones de carbono sin degradar la calidad del suministro de alimentos. Sorprendentemente, Smil sostiene que este tipo de medidas simples están ausentes, u ocupan un lugar bajo, en los típicos considerandos de las próximas "revoluciones" bajas en carbono que dependen con unas expectativas exageradas de un almacenamiento de electricidad a



→ gran escala, aún no disponible, o de la promesa de una captura masiva e irreal de carbono y su almacenamiento permanente bajo tierra.

En el último capítulo dedicado a recapitular sobre lo que el futuro nos depara, comienza Smil analizando las dos posturas contrapuestas de los apocalípticos y los tecno-optimistas. Dentro de las posiciones apocalípticas o catastrofistas pasa revista a las pasadas predicciones fallidas que ahora parece haber olvidado todo el mundo: los vuelos intercontinentales supersónicos liderados por el desarrollo del Concorde, la ubicua y generalizada energía de origen nuclear, el colapso informático del año 2000, el agotamiento de ciertos minerales y recursos críticos, etc. Análogamente, los tecno-

optimistas tampoco tienen una larga lista de éxitos, siendo un ejemplo bastante ilustrativo la energía basada en la fusión que desde hace décadas siempre se encuentra en el mismo horizonte temporal para su implementación. Los límites físicos ligados a la inercia de los sistemas (incluido el climático), la escala y la masa de los mismos representan con frecuencia barreras infranqueables para resolver ciertos problemas ambientales ya que, si bien han podido tener éxito a escala de laboratorio o de pequeños experimentos de campo, quedan absolutamente excluidos de representar soluciones factibles y realistas. La pasada pandemia de COVID-19 ha significado una cura de humildad global sobre nuestra capacidad para predecir y anticiparnos

a los hechos, si bien una vez enfrentados al peligro los esfuerzos científicos coordinados fueron capaces de acelerar los pasos para encontrar una solución en forma de vacunas, recortando sustancialmente los tiempos necesarios para su desarrollo.

El autor no se declara ni optimista ni pesimista sobre nuestro futuro, simplemente se declara un científico y como tal se ciñe a los datos, a las leyes de la naturaleza (de la física, en particular) y a los experimentos. Y nos recuerda, para finalizar este libro tan iluminador que, como siempre, el futuro no está escrito ni predeterminado, sino que depende fundamentalmente de nuestras acciones.

ERNESTO RODRÍGUEZ CAMINO

## Towards the “Perfect” Weather Warning: Bridging Disciplinary Gaps through Partnership and Communication

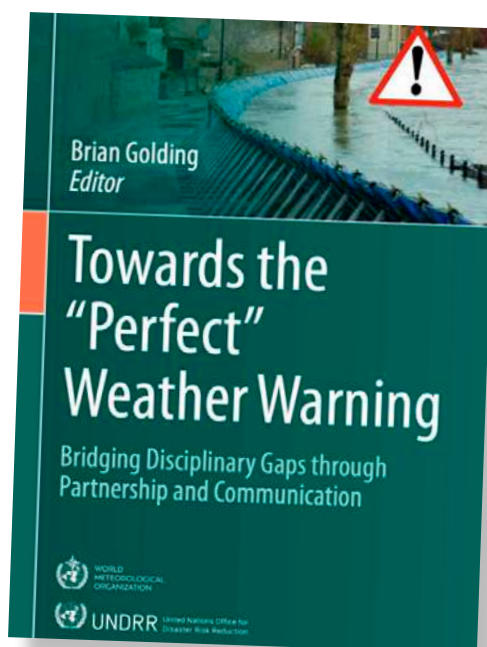
(Hacia una alerta meteorológica “perfecta”: cerrando las brechas interdisciplinarias mediante colaboración y comunicación)

BRIAN GOLDING, EDITOR, 2022

EDITORIAL: SPRINGER, 280 PÁGINAS, PRECIO: 41.75 €, ISBN-10: 3030989917, ISBN-13: 978-3030989910.

Este libro trata sobre la contribución de los avisos y alertas tempranas a la reducción de los daños y padecimientos causados por los fenómenos adversos específicos (p.ej., incendios forestales, aludes, inundaciones, deslizamiento de tierras, etc.) de origen natural. El tema principal del libro es la relación entre los productores y los receptores de las alertas, y entre los muchos expertos que contribuyen a crear una alerta. El antecedente de este libro es el proyecto de 10 años de duración sobre el Tiempo de Alto Impacto (HIWeather) desarrollado en el marco del Programa Mundial de Investigación Meteorológica de la Organización Meteorológica Mundial. Los trabajos de HIWeather están descritos en su página web (<http://hiweather.net>) y una versión digital de este mismo libro se encuentra disponible libremente en <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-98989-7>.

La redacción de este libro ha sido una colaboración de casi 50 expertos que han sido capaces de conseguir una narración coherente a lo largo de todo el proceso de generación de alertas que integra diferentes áreas de conocimiento. El proyecto HIWeather tenía como objetivo aumentar la capacidad de generar alertas tempranas para salvar vidas y reducir



daños en todo el mundo según venía marcado por el Acuerdo de Sendai de 2015. Este libro tiene el mismo objetivo y, en consecuencia, está dirigido a los servicios de emergencias, a los servicios meteorológicos y a los gobiernos de todos los países, y en especial de aquellos con sistemas de alerta poco desarrollados.

Este libro se centra en la producción y el uso

de las alertas. Desde el principio se distingue en él entre una predicción –que produce información sobre el estado futuro del tiempo o algún otro aspecto del medio ambiente sin considerar su uso– y un aviso o una alerta que proporciona información sobre una amenaza para dar paso a una respuesta. La respuesta será diferente según el alcance de la predicción, el nivel de confianza, la gravedad de la amenaza, la vulnerabilidad de los amenazados y otros factores. Normalmente quien toma decisiones es un usuario de una alerta, aunque también el receptor de una alerta puede a su vez ser un productor de una alerta para otra persona o colectivo. La producción de alertas se puede entender como una cadena de valor cuyo objetivo es proporcionar la información que permita tomar las mejores decisiones, tanto por parte de los individuos como de quienes tienen la responsabilidad de proteger a otros. En una cadena de alertas perfecta, la alerta recibida por el usuario final debería contener información precisa y exacta que satisfaga perfectamente su necesidad, aportada por cada uno de los muchos actores de la cadena. En las cadenas de alerta reales, la información, y por tanto el valor, puede perderse y ganarse en cada eslabón de la cadena. El término “valle de la muerte”

se acuñó como una metáfora del fracaso en traducir la investigación en mejoras operativas en la previsión del tiempo. En la figura que se muestra se usa, de una manera más general, para representar el fracaso en la transmisión de la información experta generada por las organizaciones que intervienen en la producción de alertas para conseguir las respuestas deseadas. Este fracaso es frecuentemente debido a una comunicación inadecuada a lo largo de la cadena de valor de la alerta. La altura de cada montaña puede interpretarse como la madurez de los conocimientos disponibles para su uso en alertas meteorológicas. El éxito en la comunicación de un contribuyente de la cadena con el siguiente se representa cruzando los valles con puentes, cuya altura puede representar el éxito de la comunicación entre esos contribuyentes para evitar la pérdida de información. Sin un puente, no hay comunicación y la experiencia de un contribuyente a la alerta se pierde por completo. Esta representación del proceso de alerta es quizás una excesiva simplificación de la realidad ya que las alertas reales se crean a partir de una compleja red de interacciones que tienen lugar entre una amplia variedad de personas involucradas en las actividades principales mostradas en la figura. Al mismo tiempo, en algunos casos, podrán combinarse distintas actividades en una sola persona. También hay profesionales cuya experiencia radica en ser uno de estos puentes. Sin embargo, el concepto y el correspondiente esquema son útiles y destacan la muy amplia gama de disciplinas involucradas y la necesidad de que esas disciplinas se comuniquen entre sí de manera efectiva.

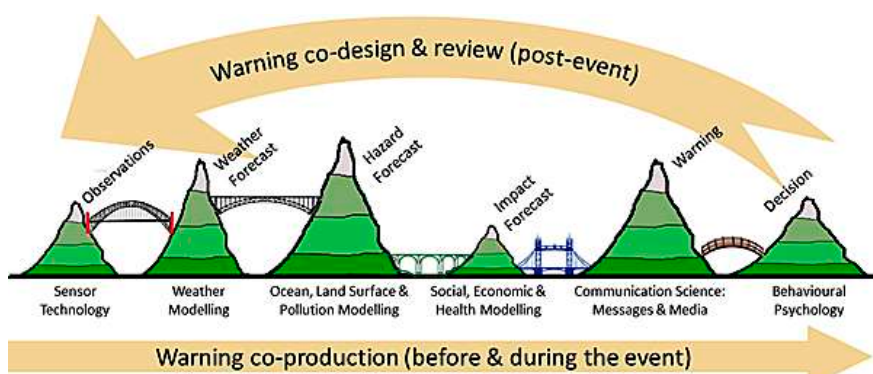
Este libro representa el proceso de generación de avisos y alertas como un camino que atraviesa cinco puentes que unen las observaciones con los pronósticos meteorológicos, los pronósticos de situaciones adversas, los pronósticos de impacto socioeconómico, los mensajes de alerta y la decisión de protección. Estos cinco puentes cruzan divisiones entre organizaciones y áreas de conocimiento relevantes. Cada puente representa la comunicación, traducción e interpretación de la información a medida que pasa de un área de conocimiento a otra y, en última instancia, llega hasta quien toma las decisiones. Sin asociaciones efectivas entre las disciplinas y/u organizaciones involucradas en cada etapa del proceso de alerta, la información se pierde y se distorsiona. Para que todo el sistema funcione eficazmente se requiere también una coordinación de quienes participan dentro de una estructura de políticas que incluye al gobierno, a las empresas privadas y a la sociedad civil. A medida que se exploran las alianzas sobre las

cuales se construye cada puente, se observa la experiencia y las habilidades que aporta cada socio, los desafíos de la comunicación entre ellos y las estructuras y los métodos de trabajo que permiten construir alianzas efectivas.

El libro está organizado en tantos capítulos como puentes hay en el proceso de generación de alertas, más un capítulo introductorio y otro que sintetiza todos los aspectos cubiertos por el libro. Por otra parte, el libro está ordenado de forma inversa al proceso temporal en el que intervienen los diferentes actores, es decir, se recorre el camino y se atraviesan los puentes desde derecha a izquierda del esquema. Los diversos capítulos muestran variedad de ejemplos y aplicaciones que están actualmente operativos y que podrían replicarse con las necesarias adaptaciones para que tengan en cuenta las condiciones locales.

Para comenzar, se exploran los desafíos que existen para alcanzar un nivel de concienciación respecto al riesgo de desastres por parte de las personas u organizaciones que re-

que producen alertas en los sectores público y privado, las fuentes de información a las que recurren para comprender la naturaleza del fenómeno adverso, sus impactos y las implicaciones para aquellos expuestos y el proceso de elaboración de esas alertas. Se presenta la amplia gama de expertos que conectan datos de fenómenos adversos con datos de impacto para crear herramientas que permitan evaluar los impactos de los fenómenos adversos previstos en las personas, los edificios, las infraestructuras y los negocios. También se analizan los diversos modos en que los resultados proporcionados por estas herramientas se convierten en alertas y cómo las relaciones entre las instituciones involucradas pueden facilitarlas. El éxito de una alerta debe tener en cuenta que las personas afectadas lo escuchen, lo comprendan y lo utilicen para tomar medidas que protejan vidas, propiedades e infraestructuras. La información sobre el impacto es un ingrediente que contribuye al éxito de una alerta, si bien los datos sobre impactos



Concepto de valles de la muerte en la cadena de valor de las alertas (fuente: UK Met Office)

ciben una alerta, de forma que ésta les empuje a actuar para reducir los potenciales impactos, siempre de forma consistente con las capacidades del productor de la alerta y teniendo en cuenta la rentabilidad (en el sentido coste-beneficio) de las actuaciones. Es importante mostrar cómo responde la gente a los avisos y alertas y cómo su naturaleza y la forma de su emisión afectan a su respuesta. Hay que destacar que los mensajes de alerta deben adaptarse a los diferentes grupos de receptores, alcanzándose un resultado más efectivo cuando existe una coordinación y colaboración entre el emisor y el receptor de las alertas, que incluye entre otros elementos el co-diseño de los sistemas de alerta y la incorporación de alguna comunicación de su grado de incertidumbre.

Siguiendo con la secuencia de puentes, el siguiente corresponde al que conecta a los comunicadores con los científicos, es decir a los difusores con los productores de alertas. Se parte analizando la variedad de actores

con frecuencia están muy distribuidos y son de difícil acceso. Además, los métodos de análisis pueden llegar a ser muy especializados. Por lo tanto, es importante identificar qué impactos son relevantes, quién tiene acceso a los datos y quién tiene las habilidades de análisis necesarias. Para evitar problemas con datos confidenciales o de propiedad privada, tanto los predictores meteorológicos como los de impactos deben estar preparados para poner sus datos a disposición de los especialistas en impactos de una forma tal que permita su comparación con los datos del impacto y el desarrollo de modelos y herramientas. Como los datos de impacto generalmente no se pueden compartir, es esencial que los socios comprendan mutuamente lo que el análisis intenta lograr, por qué se necesita una herramienta y cómo se va a utilizar.

El puente entre un fenómeno adverso y su impacto está en el centro de los esfuerzos actuales para mejorar la efectividad de las alertas





→ mediante la incorporación de información sobre el impacto en el proceso de alerta. Al mismo tiempo, presenta algunos de los desafíos más difíciles y exigentes tanto en cuanto a la metodología como al lenguaje. En este capítulo se recuerda que son los impactos relevantes los que deben comunicarse a quien toma las decisiones. Los datos son fundamentales para toda previsión de impacto. La obtención de información histórica sobre impactos relevantes casi siempre presenta dificultades, especialmente cuando los datos son confidenciales. Por lo general, los datos de alta calidad solo están disponibles mediante acuerdos con los propietarios de los datos. Son necesarios datos cartográficos para determinar la exposición, datos socioeconómicos para determinar la vulnerabilidad y datos sanitarios, económicos y de servicios para determinar los impactos mismos. Los datos deben ser precisos y coherentes, lo que exige que se recopilen, procesen y actualicen según estándares definidos. Además, hay que tener en cuenta que los impactos relevantes difieren según sean los usuarios finales. Mientras que el público está interesado en los impactos en los individuos, el gobierno, las empresas y las organizaciones humanitarias pueden estar más interesados en los impactos agregados. Los métodos y los datos deben seleccionarse según su aplicación. También hay que considerar las limitaciones del predictor de fenómenos adversos, que puede tener acceso a grandes volúmenes de predicciones de modelos, pero que no puede relacionarlos fácilmente con los tiempos y ubicaciones de los afectados, y frecuentemente tiene un conocimiento limitado de la precisión del modelo en situaciones peligrosas. Los pronósticos de fenómenos adversos deben ser probabilísticos y procesarse cuidadosamente para eliminar sesgos antes de su uso en modelos de impacto. Para muchas aplicaciones, es posible que además los modelos deban ser específicos para cada localización geográfica. Los fenómenos adversos producen impactos tangibles e intangibles, que van en cascada desde impactos directos hasta varios niveles de impactos indirectos. Pueden clasificarse en impactos humanos, financieros y de servicios, pudiéndose para estos últimos hacer una traducción en términos de valor económico. Al comparar los impactos económicos, puede resultar útil normalizarlos según los ingresos de los hogares, el volumen de negocios de las empresas o el PIB del país.

Hay un capítulo dedicado a conectar las situaciones meteorológicas con fenómenos adversos específicos (p.ej., incendios forestales, aludes, inundaciones, etc.) que vienen parcialmente determinados por ellas. Para lograr una efectiva

conexión es necesario combinar una aplicación efectiva de la experiencia y conocimiento de cada disciplina, incluyendo colaboración entre instituciones que eliminen barreras institucionales y construyan objetivos compartidos. Las observaciones de fenómenos adversos específicos son fundamentales para comprender su importancia y sus causas, aunque no estén ampliamente disponibles ni sean de fácil acceso. Es muy importante relacionar los modelos de fenómenos adversos específicos con los modelos meteorológicos comprendiendo el diferente papel de las variables relevantes en cada modelo, incluyendo las opciones de estándares de datos, resolución temporal y espacial, frecuencia de actualización, duración del pronóstico, representación de la incertidumbre y medidas de calidad. Los predictores meteorológicos y los predictores de fenómenos adversos específicos utilizan las predicciones numéricas de maneras diferentes. Mientras que los meteorólogos tienen en cuenta los errores de los modelos tanto en lo que respecta a la ubicación y el momento previstos del tiempo de alto impacto, prestando especial atención a los patrones de gran escala (a medio alcance) o a la convección (a corto alcance) y aplicando su experiencia para interpretar el pronóstico, los modelos de predicción de fenómenos adversos específicos a menudo son menos capaces de adaptarse a errores de posición o sincronización. La predicción por conjuntos ofrece un medio para transferir la incertidumbre en los pronósticos meteorológicos a incertidumbres en los pronósticos de fenómenos adversos. Sin embargo, si bien los conjuntos son buenos para capturar la incertidumbre, aún pueden estar sesgados. Por lo tanto, es importante corregir los errores sistemáticos en los resultados del modelo mediante un postproceso estadístico antes de su ingesta. En los modelos de fenómenos adversos. Los compromisos que se alcancen para las diferentes opciones deberán estar impulsados por los requisitos del usuario siempre que sea posible. Los modelos integrados serán cada vez más la base de la predicción de fenómenos adversos específicos en el futuro. Naturalmente, las predicciones de fenómenos adversos deberían verificarse comparándolos con las observaciones utilizando métodos que reflejen el uso de las predicciones en las alertas. Las predicciones de fenómenos adversos se utilizarán junto con las predicciones meteorológicas y deberán ser coherentes con ellas.

El capítulo dedicado a la predicción del tiempo comienza recordando que la predicción requiere como punto de partida el conocimiento del estado atmosférico en el momento a partir del cual se hace la predicción. Los modelos de predicción numérica del tiempo (PNT) y los

modelos de predicción inmediata (*nowcasting*, en inglés) proporcionan la base para los pronósticos meteorológicos de fenómenos adversos. Los modelos de PNT incluyen cada vez una descripción cada vez más detallada de los procesos, una mayor resolución y una mejor asimilación de datos. Además, la mayor frecuencia de la asimilación y la predicción de probabilidad por conjuntos están impulsando mejoras en la precisión de los pronósticos. Tanto la última generación de modelos de PNT a escala kilométrica como el desarrollo de nuevas capacidades de observación a esa escala constituyen el ingrediente fundamental tanto para el seguimiento como para la predicción de las condiciones meteorológicas adversas y para su verificación. Se sabe que las actuales capacidades de observación son inadecuadas para la nueva generación de modelos de alta resolución, por lo que se necesitan nuevas fuentes de datos, incluidos nuevos instrumentos, nuevas plataformas de observación y la extracción de información meteorológica a partir de datos obtenidos para fines no meteorológicos. Por ejemplo, se ha demostrado que las redes de telefonía móvil constituyen una fuente potencial de datos de precipitación de alta resolución. Las señales de comunicación por microondas entre torres de telefonía móvil sufren pequeños retrasos relacionados con la atenuación por precipitación. Se ha demostrado que una red de torres de telefonía móvil puede proporcionar una imagen precisa y detallada de la distribución espacial y la cantidad de precipitación. Sin embargo, el acceso a estos datos sigue siendo un problema ya que se consideran propiedad de los operadores de telecomunicaciones. En particular, siguen existiendo lagunas en nuestra capacidad para observar la dinámica preconvectiva y la termodinámica de la troposfera inferior, así como las zonas urbanas y las áreas de topografía compleja.

En definitiva, este libro constituye una muy valiosa aportación para el diseño de los sistemas operativos de avisos y alertas de fenómenos adversos y potencialmente peligrosos que tienen una base meteorológica (aunque no solamente). Con frecuencia los diferentes puentes o pasos que permiten sortear los denominados “valles de la muerte” entre distintas instituciones o comunidades de expertos, tal y como se describen en este libro, no están claramente definidos en muchos protocolos de actuación, produciéndose pérdida o malinterpretación de la información en los últimos eslabones de la cadena que son en definitiva los responsables últimos de la toma de decisiones.

ERNESTO RODRÍGUEZ CAMINO