



Organización Meteorológica Mundial

DIRECTRICES SOBRE LA COMUNICACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE LAS PREDICCIONES

PWS-18

OMM/DT-N° 1422



Autor principal y coordinador: Jon Gill con contribuciones de José Rubiera, Claire Martin, Ivan Cacic, Ken Mylne, Chen Dehui, Gu Jiafeng, Tang Xu, Munehiko Yamaguchi, Andre Kamnga Foamouhoue, Eugene Poolman y John Guiney.

Editado por: Haleh Kootval

Correcciones al manuscrito: Samuel Muchemi
Portada: Alexander Keshavjee

© Organización Meteorológica Mundial, 2008

OMM/DT-Nº 1422

NOTA

Las denominaciones empleadas en las publicaciones de la OMM y la forma en que aparecen presentados los datos que contienen no entrañan, de parte de la Secretaría de la Organización, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países, territorios, ciudades o zonas citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

El presente documento no es una publicación oficial de la OMM y no ha sido objeto del procedimiento de edición habitual. Las opiniones expresadas en el mismo no cuentan necesariamente con la aprobación de la Organización.

ÍNDICE

Página

Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Acerca de las Directrices	2
1.1.1 Contexto de fondo.....	2
1.1.2 Propósito de las Directrices	3
Capítulo 2. Por qué hay que comunicar la incertidumbre de las predicciones	5
2.1. Beneficios de comunicar la incertidumbre para una mejor toma de decisiones.....	5
2.2 Comunicar la incertidumbre ayuda a gestionar las expectativas del usuario	6
2.3 Comunicar la incertidumbre fomenta la confianza del usuario	6
2.4 La incertidumbre de las predicciones refleja el estado de la ciencia.....	6
Capítulo 3. Fuentes de incertidumbre de las predicciones	7
3.1 Impredictibilidad atmosférica.....	7
3.2 Incertidumbre en la interpretación de datos.....	7
3.3 Incertidumbre al redactar la predicción.....	7
3.4 Interpretación de las predicciones	8
Capítulo 4. Cómo comunicar la incertidumbre de las predicciones.....	9
4.1 Percepciones de las personas de la información sobre la incertidumbre.....	9
4.2 Nivel de sofisticación del usuario	9
4.3 Utilización de colores	10
4.4 Ejemplos de información sobre la incertidumbre	12
4.4.1 Terminología	12
4.4.2 Gráficos	13
4.4.3 Iconos.....	16
4.4.4 Cuadros y mapas	16
4.4.5 Escalas de incertidumbre.....	22
4.4.6 Índices meteorológicos	24
4.5 Diferentes medios de comunicación, diferentes métodos	24
Capítulo 5. Aplicación de las predicciones probabilísticas por parte de las instancias decisorias.....	25
Capítulo 6. Verificación y calibración	26
Capítulo 7. Conclusión.....	27
Referencias	28

Capítulo 1. Introducción

La incertidumbre es un elemento inherente al proceso de predicción hidrometeorológica, como se señaló en la 5ª reunión del Consejo Ejecutivo de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en abril de 2002 (anexo al párrafo 5.1.8 del resumen general). Los predictores están muy familiarizados con la cuestión de la incertidumbre y la predictibilidad, y se ven obligados a enfrentarse a ellas cada vez que efectúan una predicción. En ocasiones, los modelos informáticos disponibles u otras fuentes de orientación son coherentes en sus predicciones, por tanto, el predictor confía en el resultado. En otras ocasiones, los modelos pueden diferir en gran medida o los parámetros meteorológicos pueden resultar particularmente difíciles de predecir. No obstante, se debe efectuar una predicción, aun cuando el grado de confianza sea bajo.

La incertidumbre de las predicciones puede surgir también por el modo en que el predictor hace uso de la información disponible. Incluso en los casos en los que las predicciones de los modelos sean muy precisas, un predictor seguirá teniendo que interpretarlas y aplicarlas al tiempo meteorológico real. Por consiguiente, esta interpretación se debe transformar en una predicción, que, a su vez, el usuario recibirá e interpretará. La incertidumbre puede aparecer en cada una de estas etapas de la “cadena de información”.

Comunicar la incertidumbre de las predicciones es de vital importancia para los usuarios. Les permite tomar mejores decisiones acordes con la fiabilidad de las predicciones. Asimismo, ayuda a controlar las expectativas de los usuarios en lo que se refiere a predicciones precisas.

En esta publicación se trata el tema de la comunicación de la incertidumbre de las predicciones. Si bien se incluye una descripción de las fuentes de incertidumbre y se mencionan las ciencias relacionadas (por ejemplo, la predicción probabilística y

el uso de la predicción numérica del tiempo (PNT) por conjuntos), no se centra en estos ámbitos. En lugar de ello, la atención se centra en cómo los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) pueden incorporar la información sobre la incertidumbre en sus servicios de predicción hidrometeorológica, y en cómo optimizar la comunicación de esta información en beneficio de los usuarios.

Muchos SMHN han desarrollado, o lo están haciendo, estrategias para tratar el tema de comunicar la incertidumbre de las predicciones. Mientras se desarrollan estas estrategias, es importante que seamos conscientes de la existencia de algunos posibles obstáculos. Por ejemplo, algunos meteorólogos —como científicos— se sienten bastante cómodos ante la incertidumbre y el lenguaje de las probabilidades, mientras que otros no tanto. En cualquiera de los casos, la formación de los predictores es esencial para garantizar que se estima y se comunica la incertidumbre de manera coherente. En el caso de la población general, el grado de comprensión variará en función del nivel educativo y la cultura de cada persona, pero la gente suele mostrarse más incómoda ante las probabilidades que los científicos y existe un riesgo de confusión significativo.

La predicción convencional basada en textos ofrece menos oportunidades de expresar la incertidumbre en la medida en que existe un espacio limitado para la predicción. Por consiguiente, resulta difícil que los receptores asimilen cada palabra que contiene y al predictor le puede llevar mucho tiempo encontrar las palabras “adecuadas”. Y lo que es más, con frecuencia el lenguaje verbal de la incertidumbre puede ser bastante subjetivo, de modo que lo que pretende transmitir el predictor quizá no coincida con lo que entiende el receptor. Una posible solución consiste en crear una sencilla escala numérica de confianza e incluirla en cada predicción. No se trata de una idea

innovadora, puesto que en un artículo publicado en el *Monthly Weather Review* en 1906, W. E. Cooke propuso la siguiente escala de cinco puntos para describir la incertidumbre.

5	Podemos confiar en esta predicción con casi total certeza
4	Podemos confiar en esta predicción con bastante certeza, pero podría ser errónea 1 de cada 10 veces
3	Muy dudosa; es más probable que sea acertada que errónea, pero puede ser errónea 4 de cada 10 veces
2	Únicamente posible, pero no probable. Si se predicen chubascos, por ejemplo, no serían fuertes, en el caso de que tuvieran lugar
1	Una posibilidad mínima; muy improbable

Por consiguiente, un ejemplo de predicción sería: *región suroeste: buen tiempo en toda la región (5), salvo en el extremo suroeste, donde es posible que se produzcan algunos ligeros chubascos costeros (2). Calor en el interior (4), con una bajada de temperaturas prevista en la costa oeste (3).*

Otra forma de expresar la incertidumbre consiste en incluir en la predicción, además de la predicción esperada, la siguiente más probable. Esto permite que los usuarios hagan planes alternativos. Pese a que muchos usuarios solo quieren una predicción sencilla en la que basar sus decisiones, algunos usuarios que tienen necesidades más específicas pueden valorar el conocimiento de otras posibilidades. Esto se aplica principalmente a los gestores de emergencias, que necesitan conocer las alternativas y las peores circunstancias para poder prever los recursos que cubran todas las situaciones.

Un método habitual de expresar la incertidumbre consiste en expresar la probabilidad de las predicciones; este se está convirtiendo en una práctica muy extendida. Es importante que las probabilidades se basen en técnicas científicas objetivas y que sean fiables, de confianza y estén bien calibradas en función de la verdadera distribución de

probabilidades de los fenómenos en cuestión.

Las probabilidades derivadas de predicciones de conjuntos no deberían considerarse fiables, pero deberían verificarse y calibrarse tanto como fuera necesario. Asimismo, las probabilidades se pueden estimar mediante métodos estadísticos basados en errores de predicción pasados o métodos de toma de decisiones subjetivas. Además, se debe definir y comunicar las probabilidades con claridad para que los usuarios entiendan su significado.

La incertidumbre también puede expresarse mediante la asignación de una horquilla de valores presentados, por ejemplo, en forma de gráfico de barras de errores o de meteograma del sistema de predicción por conjuntos. Muchos usuarios han encontrado utilidad a este enfoque en sus procesos de toma de decisiones. Esta publicación se centra en la manera de describir y comunicar la incertidumbre de las predicciones y hace hincapié en los temas clave que tendrán que reconocer y tratar los SMHN.

1.1 Acerca de las Directrices

1.1.1 Contexto de fondo

Estas Directrices se han desarrollado bajo el patrocinio del Programa de Servicios Meteorológicos para el Público (PSMP) de la OMM. Las elaboraron el Equipo de expertos sobre aspectos comunicativos de los Servicios Meteorológicos para el Público y los participantes de una Reunión de expertos celebrada en Shanghái (China) en septiembre de 2007. Entre las atribuciones del Equipo de expertos sobre aspectos comunicativos de los Servicios Meteorológicos para el Público se encuentra:

Estudiar e informar acerca de la forma de comunicar con eficacia a los usuarios finales los conceptos de incertidumbre y confianza, que cada vez aparecen más en los resultados de los sistemas de predicción por conjuntos y de otros sistemas de predicción probabilística.

Estas Directrices se prepararon con el objetivo principal de ayudar a los SMHN a desarrollar estrategias y técnicas para comunicar la información sobre la incertidumbre como parte de sus servicios. En este contexto, esta publicación constituye una contribución al conjunto de objetivos del PSMP de la OMM para reforzar la capacidad de los Miembros de la OMM para satisfacer las necesidades de la población y para promover una mejor comprensión por parte de la población de la capacidad de los SMHN y de la manera de optimizar el uso de sus servicios.

Estas Directrices deberían considerarse como un complemento a la ciencia de la predicción de la incertidumbre, que constituye un área que está adquiriendo una importancia cada vez mayor para los investigadores en hidrometeorología y que es objeto de importantes proyectos internacionales, como el programa del experimento de investigación y predecibilidad de los sistemas de observación (THORPEX) del Programa Mundial de Investigación Meteorológica de la OMM. La orientación sobre la ciencia de la predicción se proporciona en el marco del programa del Sistema Mundial de Proceso de Datos y de Predicción de la OMM, llevado a cabo por el Equipo de expertos sobre los sistemas de predicción por conjuntos. Los resultados de estas actividades de investigación mejorarán los pilares científicos de los servicios de predicción probabilística y de otros servicios de predicción de la incertidumbre. Sin embargo, a menos que la información sobre las predicciones se comunique a los usuarios con eficacia, su valor total no tendrá utilidad.

1.1.2 Propósito de las Directrices

Estas Directrices se han elaborado para ayudar a los SMHN a lidiar con los desafíos surgidos al comunicar la información sobre la incertidumbre de las predicciones. Se pone énfasis en las diferentes maneras en que se puede presentar y describir la información sobre la incertidumbre. También se trata el modo en que los usuarios interpretan dicha información, así

como la manera de evitar las causas habituales de la confusión de los usuarios.

Los destinatarios de estas Directrices son principalmente aquellas personas relacionadas con el desarrollo y la prestación de servicios de predicción y aviso hidrometeorológicos, entre quienes se incluyen los predictores meteorológicos y climáticos, los meteorólogos para medios de comunicación y aquellas personas que desarrollan y gestionan los servicios de predicción y desean saber cuál es la mejor manera de presentar los elementos de incertidumbre de estos servicios.

En estas Directrices no se trata la ciencia de la incertidumbre de las predicciones y no se describen detalladamente técnicas como la PNT por conjuntos o la predicción estadística. Una buena fuente de información sobre la ciencia de la predicción por conjuntos es el sitio web del Programa de cooperación para la enseñanza y la formación en meteorología operativa: <https://www.meted.ucar.edu/index.php> En cambio, se centra en la manera de optimizar la comunicación de la información sobre la incertidumbre que pueden producir estas técnicas.

Para entender cómo comunicar la incertidumbre, es importante comprender cuál es su origen. Para ello, el lector debe remitirse al capítulo 3, “Fuentes de la incertidumbre de las predicciones”, que trata las diversas fuentes de incertidumbre de las predicciones, entre las que se incluyen la naturaleza inexacta de la ciencia meteorológica, la manera en que los predictores transforman la información meteorológica en predicciones, así como el modo en que los usuarios interpretan estas últimas.

Esta publicación se ha concebido con el fin de constituir una guía práctica sobre cómo optimizar la comunicación de la incertidumbre. Incluye ejemplos útiles que los SMHN pueden tener en cuenta a la hora de desarrollar sus propias estrategias. Esta es la “piedra angular” del documento y se encuentra dentro del capítulo 4, “Cómo hay que comunicar la incertidumbre de las predicciones”.

El propósito final de comunicar la incertidumbre consiste en capacitar a los usuarios para tomar mejores decisiones ante esta. El capítulo 5 proporciona una explicación somera de algunas ideas para la toma de decisiones. Para que dicha toma de decisiones sea eficaz, resulta esencial que las predicciones posean un grado de acierto determinado y que proporcionen una representación fiable de la verdadera incertidumbre de la predicción. En el capítulo 6 se explica brevemente la necesidad de una verificación y calibración eficaces de las predicciones probabilísticas.

Al afianzar todas estas cuestiones y facilitar la motivación fundamental de estas Directrices, se comprende por qué es importante comunicar la incertidumbre. Este punto constituye el fundamento del próximo capítulo: “Por qué hay que comunicar la incertidumbre”.

Capítulo 2. Por qué hay que comunicar la incertidumbre de las predicciones

Existen varias razones por las que resulta útil comunicar la incertidumbre de las predicciones, tanto a los usuarios de las predicciones como al SMHN que las proporciona. En los siguientes apartados se describe cada una de esas razones.

2.1. Beneficios de comunicar la incertidumbre para una mejor toma de decisiones

La principal razón para comunicar la incertidumbre de las predicciones reside en ayudar a la gente a tomar decisiones más eficaces, lo que ocurre principalmente cuando el usuario de las predicciones dispone de diversas opciones y quiere sopesar las posibilidades. Estas situaciones son muy comunes, y abarcan desde sencillas decisiones cotidianas sobre cosas como qué ropa ponerse, hasta respuestas de emergencia de gran importancia como la planificación de evacuaciones. Los siguientes ejemplos describen de qué manera se puede mejorar la calidad y eficacia de una decisión gracias a la información sobre la incertidumbre.

- Un granjero quiere fertilizar un cultivo. Para que esto se lleve a cabo con éxito, es conveniente que una pequeña cantidad de lluvia contribuya a que el suelo absorba el fertilizante. El granjero ha establecido la norma de que si la probabilidad de precipitación es inferior a un 80 por ciento, entonces el riesgo de malgastar el fertilizante será demasiado alto y esperará a que las condiciones mejoren. El granjero necesita un grado de confianza elevado antes de decidir si utilizar el fertilizante. Por otra parte, imaginemos que alguien organiza un evento al aire libre. Se podría fijar un umbral de toma de decisiones mucho más bajo porque incluso una mínima posibilidad de precipitación sería motivo de preocupación.

- Un organismo público de alimentación está evaluando la seguridad alimentaria para el próximo año. La predicción estacional del clima sugiere que existe una posibilidad ligeramente mayor de lo habitual de que el promedio de lluvias disminuya durante el período de crecimiento de los cultivos. En consecuencia, dicho organismo inicia un programa de almacenamiento de alimentos. Las consecuencias de precipitaciones no deseadas son de tal magnitud que el organismo alimentario toma cartas en el asunto, pese a que la incertidumbre de la predicción sea relativamente alta.
- Un organismo encargado de los servicios de emergencias está considerando si evacuar a una comunidad ante la aproximación de un ciclón tropical. Las predicciones concluyen que hay un 10 por ciento de posibilidades de que se produzcan vientos devastadores. Aunque las posibilidades sean bajas en términos numéricos, son lo suficientemente altas —en relación con las consecuencias potenciales— para que el organismo proceda a las evacuaciones.

En cada uno de estos tres casos, los usuarios han adecuado sus respuestas a los diferentes niveles de incertidumbre de las predicciones de acuerdo con sus propias necesidades. Esta adecuación se puede optimizar mediante un cálculo de los costos y las pérdidas que conlleve cada decisión. Por esta razón, la información sobre la incertidumbre de las predicciones constituye una parte útil del servicio: permite que la gente reaccione a las predicciones de manera apropiada a su situación. Sin esta información, por ejemplo, si una predicción fuera simplemente “va a llover” o “no va a llover”,

la incertidumbre implícita seguiría ahí y el predictor se limitaría a hacer la mejor estimación aproximada. Si bien la estimación del predictor puede corresponderse con las necesidades de algunos usuarios, no puede corresponderse con las de todos ellos.

Es importante que los usuarios entiendan que al tomar decisiones teniendo en cuenta la incertidumbre, se darán casos en los que ocurran “falsas alarmas”. Esta es una particularidad de las predicciones de probabilidad. Por ejemplo, en el caso anterior del ciclón tropical, para cada evacuación en la que se salvan vidas, se deben prever nueve evacuaciones, aunque los vientos devastadores no ocurran. El modelo de costo-pérdida puede ayudar a calcular el nivel correcto de respuesta ante diferentes grados de probabilidad. En el apéndice A de la publicación *Guidelines on Integrating Severe Weather Warnings into Disaster Risk Management* (WMO/TD-No. 1292) (*Directrices sobre la integración de los avisos de fenómenos meteorológicos violentos en la gestión del riesgo de desastres*), se proporciona un ejemplo del uso de un modelo de costo-pérdida.

2.2 Comunicar la incertidumbre ayuda a gestionar las expectativas del usuario

Los meteorólogos se enfrentan habitualmente a la incertidumbre en el momento de hacer una predicción. Puede que se sientan presionados si los usuarios de las predicciones esperan que la predicción siempre sea correcta. Asimismo, los predictores saben que algunas situaciones son más predecibles que otras. Si son capaces de comunicar esto a los usuarios, entonces, se puede establecer una relación más abierta, sincera y efectiva en la que los usuarios comprendan en términos reales la precisión y la fiabilidad del servicio.

Con frecuencia los predictores comentan cuánto provecho se puede sacar de las reuniones informativas sobre el tiempo o de las entrevistas en medios de comunicación, donde pueden explicar la confianza que tienen en las predicciones actuales y

pueden describir casos alternativos. Estas reuniones y entrevistas son muy útiles para describir la incertidumbre de las predicciones y su causa, por ejemplo, mediante el uso de fórmulas como “la mayoría de los modelos sugieren precipitaciones leves, pero un par de modelos predicen precipitaciones más abundantes, por lo que debemos estar alerta ante esta posibilidad”. De este modo, los usuarios llegan a comprender el proceso de predicción y a apreciar la incertidumbre inherente a esta.

2.3 Comunicar la incertidumbre fomenta la confianza del usuario

Para que la población identifique a los SMHN como la fuente oficial de predicciones y avisos, es fundamental mantener la confianza de los usuarios. Aquellos que entienden que las predicciones pueden tener un grado de incertidumbre y que son capaces de adecuar su toma de decisiones a la información sobre la incertidumbre facilitada por el SMHN tienen más posibilidades de mantener la confianza en este. Las encuestas muestran que la confianza de los usuarios no se ve minada a causa de la información sobre la incertidumbre, sino todo lo contrario: garantiza a la población el hecho de que se les trata con sinceridad y les da la confianza de que el servicio se está prestando de manera objetiva y científica.

2.4 La incertidumbre de las predicciones refleja el estado de la ciencia

Es importante que los servicios meteorológicos se basen en unos buenos fundamentos científicos. La incertidumbre es inherente a las predicciones de los modelos de PNT y a otras partes del proceso de predicción (descritas con más detalle en el capítulo 3), y resulta apropiado que los servicios de predicción y de aviso que se prestan tomen en consideración esta incertidumbre. Si se exagera la precisión de los servicios, la profesión no disfrutará de mucha credibilidad y la confianza en los SMHN se verá socavada.

Capítulo 3. Fuentes de incertidumbre de las predicciones

Para que la incertidumbre se comunique con eficacia, es importante entender de dónde procede. Parte de la incertidumbre se acumula en la cadena del proceso de predicción, como resultado del comportamiento caótico inherente a la atmósfera, de las limitaciones en nuestras capacidades de medir y simular el estado de esta última y de nuestros esfuerzos para interpretar los datos de los modelos y las observaciones. Además, la incertidumbre surge cuando los predictores procuran transformar su conocimiento científico de la situación en lenguaje sencillo. Finalmente, la incertidumbre puede producirse cuando el usuario recibe e interpreta la predicción, al no disponer siempre de la misma comprensión de la terminología o del propósito de la predicción. En lo que a la comunicación se refiere, las estrategias para lidiar con estos tipos de incertidumbre varían. Por ejemplo, en el caso de la incertidumbre científica, el uso de probabilidades puede resultar un modo eficaz de comunicar los niveles de incertidumbre; en el caso de la incertidumbre derivada de la interpretación de la predicción, el uso de un lenguaje claro y una terminología bien definida constituirá un elemento importante de la comunicación eficaz. A continuación se describen con más detalle las diversas fuentes de incertidumbre.

3.1 Impredictibilidad atmosférica

La incertidumbre de las predicciones surge como consecuencia de la impredictibilidad inherente a la atmósfera. Por naturaleza, la atmósfera tiene un comportamiento caótico muy sensible a las condiciones iniciales. Esto, acompañado de una descripción incompleta del estado actual de la atmósfera al inicio de un listado de modelos de PNT, siempre tendrá como resultado la incertidumbre de las predicciones. Los métodos de predicción de modelos por conjuntos pretenden cuantificar la sensibilidad a las condiciones iniciales en cada situación y, por consiguiente, medir

el grado de incertidumbre que surge debido a esto.

Los modelos en sí mismos solo son una simulación de la atmósfera y su precisión estará limitada por la precisión con la que puedan representar los procesos atmosféricos complejos. En situaciones que son particularmente complejas y difíciles de simular (por ejemplo, condiciones meteorológicas resultantes de la actividad convectiva a corto plazo), los niveles de incertidumbre de las predicciones podrían ser bastante elevados.

Las predicciones a más largo plazo se basan en la predictibilidad de parámetros que varían lentamente, como la temperatura superficial del mar, pero la atmósfera tan solo sufre una débil evolución al asociarse a límites más bajos, provocando la incertidumbre de las predicciones.

3.2 Incertidumbre en la interpretación de datos

Una vez que el predictor obtiene información para la predicción, todavía queda la tarea de interpretar los datos y convertirlos en políticas y productos de predicción. Por ejemplo, el resultado de los modelos de PNT normalmente se compone de campos meteorológicos, como la presión en superficie, la temperatura o el viento. El tiempo sensible (chubascos, niebla, etc.) podría estar representado por campos diagnosticados o ser interpretado de acuerdo con los experimentos y modelos conceptuales. Generalmente, los modelos o conjuntos funcionan mejor para parámetros totalmente resueltos, mientras que los elementos del tiempo diagnosticado conllevan una mayor incertidumbre.

3.3 Incertidumbre al redactar la predicción

El uso de una terminología adecuada a la hora de redactar una predicción es un elemento esencial para una comunicación

eficaz. Sin embargo, con frecuencia la terminología y fraseología no pueden designar a la perfección la situación de predicción prevista. Además, el formato y la longitud de las predicciones pueden ser limitados. Por consiguiente, la incertidumbre puede surgir porque el predictor no es capaz de describir la historia completa de lo que pasará. Por ejemplo, si la predicción se aplica a un área geográfica de gran extensión y se prevé un amplio repertorio de condiciones meteorológicas, los predictores necesitarán resumir o condensar la situación, a veces mediante una descripción general o con la simple mención de los puntos más importantes de la evolución. Los sintagmas sintéticos como “en el oeste” o “por la tarde y durante la noche” contienen una incertidumbre implícita porque son descripciones abiertas en lugar de específicas.

3.4 Interpretación de las predicciones

La última fuente de incertidumbre de las predicciones surge cuando el usuario recibe e interpreta la predicción. Esta es la etapa en la que pueden surgir las incertidumbres de mayor magnitud, sobre todo si no se entiende la terminología de las predicciones o si el usuario comprende el significado de manera diferente a como se pretende. Muchos SMHN han llevado a cabo estudios para evaluar el nivel de comprensión de los términos sobre predicciones y se ha confirmado que frecuentemente se producen malentendidos.

En ocasiones, existen incluso diferencias de comprensión en la terminología de las predicciones entre los propios predictores. ¿Es lo mismo “probabilidad de tormenta” que “posibles tormentas”? ¿Cuál es la diferencia entre “predominantemente bueno” y “uno o dos chubascos”? Resultaría bastante fácil encontrar a dos predictores que den respuestas diferentes para cada pregunta. Si los predictores no están de acuerdo en cuanto al significado, entonces es inevitable que los usuarios tampoco estén seguros. Los centros de predicción deberían elaborar

unas definiciones estándar de los términos y emplearlos de manera coherente.

Cuando se examina la cuestión de la interpretación de las predicciones en un contexto de probabilidad, el problema incluso se acentúa. En una encuesta realizada por la Oficina de Meteorología de Australia, se preguntó a la gente qué entendía por una predicción de un 30 por ciento de probabilidad de precipitación en la ciudad. El 55 por ciento de los encuestados contestó que significaba que había una probabilidad de precipitación del 30 por ciento en algún punto de la ciudad, mientras que el 36 por ciento contestó que había una probabilidad de precipitación del 30 por ciento en toda la ciudad. Esto muestra por qué es importante definir el fenómeno con claridad para que tanto el predictor como el usuario tengan total seguridad de a qué se refiere la probabilidad. Asimismo, puede ser útil para los usuarios que las probabilidades de los fenómenos se comparen a la frecuencia climatológica observada de tales fenómenos.

La percepción humana también tiene una influencia importante en la interpretación de la incertidumbre y del riesgo. Las respuestas de la gente respecto de la incertidumbre varían en función de las consecuencias del fenómeno que se predice.

Otro factor que puede provocar una interpretación incorrecta del mensaje son los lugares en los que la lengua materna de los usuarios sea diferente a la del predictor.

La cuestión de la comunicación de la incertidumbre y de cómo afecta la percepción de las personas a dicha comunicación se describe con más detalle en el siguiente capítulo.

Capítulo 4. Cómo comunicar la incertidumbre de las predicciones

4.1 Percepciones de las personas de la información sobre la incertidumbre

La principal motivación para comunicar la incertidumbre de la predicción es contribuir a mejorar el proceso de toma de decisiones por parte de quienes reciben la información. Sin embargo, para que estos destinatarios puedan reaccionar, primero deben interpretar y comprender la información.

Los científicos que se ocupan de la conducta han investigado el modo en que el ser humano percibe y reacciona ante el lenguaje y la información de este tipo. Puede aprenderse mucho de estos estudios.

Por ejemplo, se ha demostrado que la importancia o la magnitud del fenómeno puede influir en la forma en que las personas interpretan y describen la información relativa a la incertidumbre (Patt y Schrag, 2003). Así pues, estos estudios sugieren que en el caso de que se haya pronosticado de forma objetiva un 10 por ciento de posibilidades de que se produzcan lluvias débiles y el mismo porcentaje para un fenómeno de lluvias fuertes, las personas tienden a *describir* subjetivamente al fenómeno de lluvias fuertes como el más probable. Esta exageración se hace patente cuando se pide a las personas que describan una predicción numérica determinada con lenguaje simple: las palabras que utilicen para describir el fenómeno de gran magnitud corresponderán a una mayor probabilidad que las que utilicen para describir al de menos magnitud.

La gente suele esperar este tipo de comportamiento exagerado en los demás por lo que, todo aquello que se diga, será sometido a un proceso de “descodificación”. De esta forma, al recibir una predicción que describa un fenómeno meteorológico de efectos devastadores con una probabilidad media de acaecimiento, generalmente los usuarios asignarán un nivel de amenaza

menor debido a la creencia de que quien suministró el pronóstico estaba exagerando. Es importante tener presente esta tendencia de los usuarios a “exagerar” y a “descodificar” la información que reciben. Una estrategia eficaz es emplear medidas numéricas objetivas de incertidumbre (por ejemplo, probabilidades) junto con un lenguaje simple claramente definido. Un ejemplo de este enfoque es la escala de incertidumbre empleada por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), que define claramente el lenguaje y los correspondientes umbrales de probabilidad (véase la tabla 1).

Terminología	Probabilidad de acaecimiento/resultados
Prácticamente cierto	Más de un 99% de probabilidad
Muy probable	Más de un 90% de probabilidad
Probable	Más de un 66% de probabilidad
Tan probable como improbable	Entre un 33 y 66% de probabilidad
Improbable	Menos de un 33% de probabilidad
Muy improbable	Menos de un 10% de probabilidad
Extremadamente improbable	Menos de un 1% de probabilidad

Tabla 1. Escala de probabilidad del IPCC

4.2 Nivel de sofisticación del usuario

Es importante tener en cuenta que diferentes usuarios pueden tener diferentes necesidades en relación con la información relativa a la incertidumbre, así como distintos niveles de comprensión. Algunos requerirán estimaciones cuantitativas detalladas de la incertidumbre, especialmente los implicados en las actividades de respuesta ante emergencias. Se pondrán en funcionamiento planes de respuesta específicos que describirán algunas acciones que deben emprenderse con arreglo a los umbrales definidos. Por ejemplo, podría activarse un plan de

evacuación de una comunidad cuando la probabilidad de sufrir vientos con fuerza ciclónica aumentara por encima del 20 por ciento. Es mejor si esos planes se llevan a cabo cuando hay colaboración entre los usuarios y el SMHN, de modo que cada parte comprenda las necesidades y capacidades de la otra.

Los usuarios de la información sujeta a incertidumbre que tienen unas necesidades más sofisticadas son conscientes de las razones de esta incertidumbre y los SMHN, a la hora de suministrar esta información, pueden emplear un lenguaje técnico y hablar con cierto nivel de detalle. También es posible utilizar gráficos relativamente complejos. Para usuarios menos sofisticados, los SMHN deben ser muy cuidadosos con la utilización de información compleja, puesto que es menos probable que estos usuarios comprendan las fuentes de la incertidumbre, y preferirán mensajes y gráficos sencillos.

Con el paso del tiempo y con una formación y experiencia suficientes por parte del usuario, es posible mejorar el nivel de comprensión y exigencia del mismo. Gigerenzer y otros (2005) demostraron que, en Nueva York, donde el público cuenta con una amplia experiencia de pronósticos de lluvia expresados en forma probabilística, la mayoría de los usuarios entendían correctamente que una predicción de un 30 por ciento de probabilidad de lluvia significaba la existencia de una probabilidad de 3 sobre 10 de que lloviera en algún punto de la ciudad. Por otro lado, en cuatro ciudades europeas en las que no se emplea el pronóstico con probabilidades, la mayor parte de los usuarios interpretaron erróneamente que la predicción significaba que la lluvia caería durante el 30 por ciento del tiempo o sobre el 30 por ciento de la zona.

4.3 Utilización de colores

El color constituye un recurso potente para transmitir información y su significado. Como cualquier otra herramienta, ha de emplearse cuidadosamente. Es una práctica común emplear colores en la presentación gráfica de la información basada en probabilidades (u otro tipo de incertidumbre). Hay que elegir los colores con atención, de modo que resulten adecuados para enviar el mensaje deseado.

La figura 1 es un ejemplo de una predicción estacional de lluvia en términos probabilísticos publicada por la Oficina de Meteorología de Australia. Obsérvese que los valores de probabilidad por debajo del 50 por ciento se indican mediante colores cálidos.

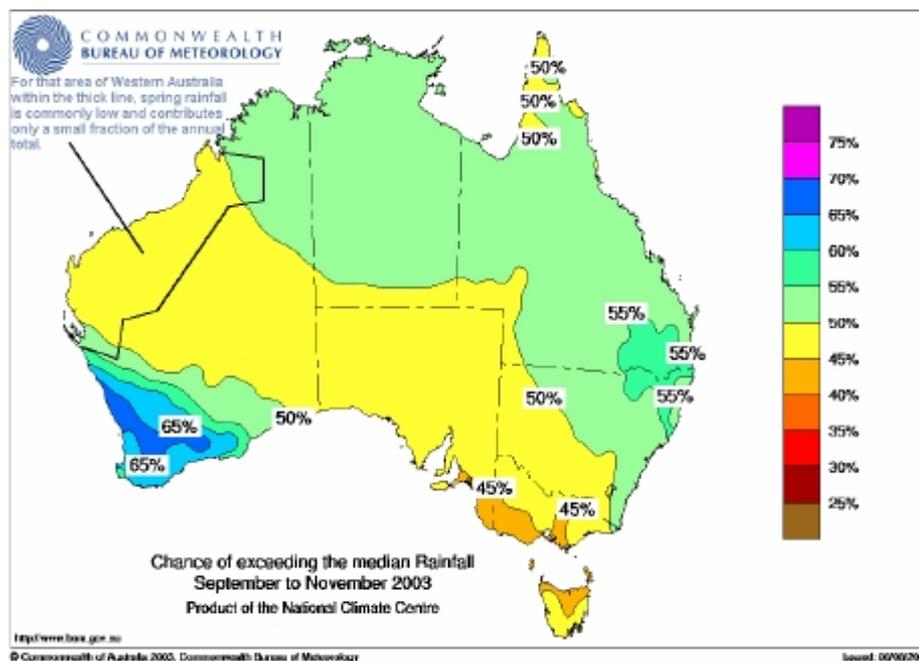


Figura 1. Predicción estacional de la precipitación de lluvia (Oficina de Meteorología de Australia)

(Texto de arriba) En la zona occidental de Australia situada dentro de la línea gruesa, el nivel de lluvias primaverales suele ser reducido y solo aporta una pequeña parte del total anual

(Texto de abajo) Probabilidad de superar la mediana de lluvias

Septiembre a noviembre de 2003

Producto del Centro Nacional sobre el Clima

Este empleo del color podría dar lugar a interpretaciones incorrectas del mensaje por parte de los usuarios. En términos numéricos, el 49 por ciento no difiere demasiado del 51 por ciento; sin embargo, los colores sugieren un mensaje muy diferente: las zonas amarillas serían áreas secas y las zonas en verde claro, húmedas. Esta escala de colores está mal diseñada porque el color que se utiliza para señalar una probabilidad mayor al 75 por ciento es muy parecido a los que se utilizan en la horquilla entre el 25 y el 35 por ciento.

Al detectar este problema, se ideó una nueva paleta de colores que se ha revelado más eficaz a la hora de comunicar el

mensaje correcto. En el ejemplo de la figura 2, todos los valores comprendidos entre el 40 y el 60 por ciento se representan en blanco o en gris. De esta forma, se aporta la misma cantidad de información, pero se ha cambiado la aplicación de los colores “emotivos”, de tal modo que ahora solo se aplican a los valores de probabilidad alta o baja.

También es importante utilizar escalas de colores que las personas daltónicas puedan leer de forma clara. Se encontrará información sobre estas escalas en, por ejemplo, el siguiente enlace (disponible únicamente en inglés):

www.colorlab.wickline.org/colorblind/colorlab.

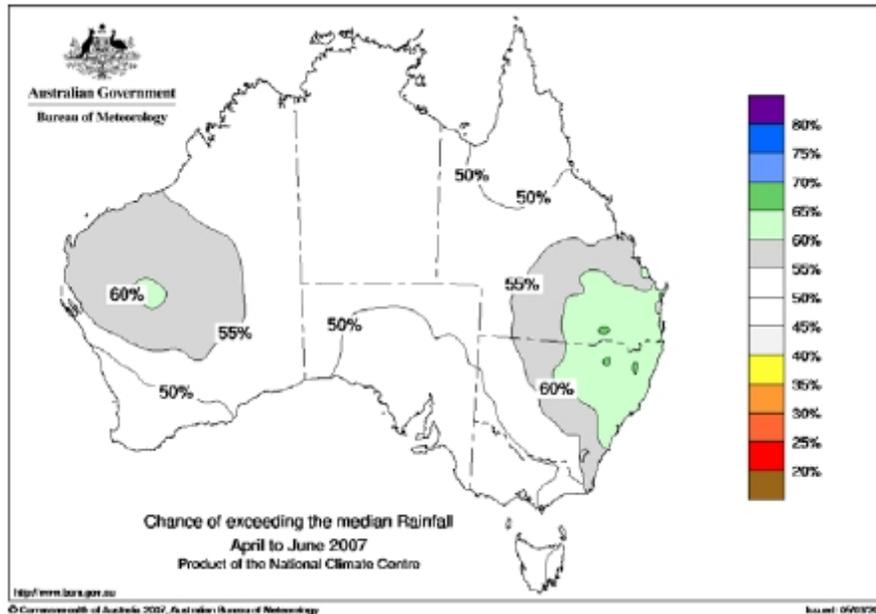


Figura 2. Predicción estacional de lluvias (Oficina de Meteorología de Australia)

Probabilidad de superar la mediana de lluvias
Abril a junio de 2007
Producto del Centro Nacional sobre el Clima

4.4 Ejemplos de información sobre la incertidumbre

Esta sección presenta algunos ejemplos de métodos eficaces para transmitir la información relativa a la incertidumbre, que se basan en los principios e ideas expresados anteriormente. Se alienta a los SMHN a que tener en cuenta estos ejemplos a la hora de desarrollar o mejorar la presentación de la información asociada a la incertidumbre para los usuarios.

4.4.1 Terminología

El lenguaje de la incertidumbre puede ser complejo o sencillo. A la hora de impartir una charla informativa sobre meteorología o de preparar una predicción para el público general, los predictores pueden hacer uso de expresiones como “probabilidad de”, “una o dos” o “posible”. En ocasiones, pueden emplearse elementos de descripción no específicos, como “más tarde”, “en desarrollo” o “en la zona”. Estos descriptores son deliberadamente ambiguos porque el predictor no sabe a ciencia cierta el momento o la localización precisos en los que va a producirse el fenómeno previsto.

Con frecuencia, la incertidumbre asociada a una predicción se debe a la presencia de una situación meteorológica no predecible. Una descripción narrativa de la situación, incluyendo posibles escenarios alternativos, puede ser un medio eficaz para transmitir la incertidumbre a usuarios con necesidades más complejas. La radio es un medio ideal para comunicar esta información.

En muchos países, los usuarios (tanto los sofisticados como los menos sofisticados) no tienen acceso a los canales de comunicación avanzados, como Internet y la televisión, y tienen que servirse de la radio y el teléfono. En estos casos, puede que la única forma de que el mensaje llegue a los usuarios sea que se explique la predicción en la radio o por teléfono. La retransmisión de la información sobre incertidumbre debe ser inequívoca y coherente en materia de terminología. Es importante tener en cuenta el idioma y las diferencias culturales a la hora de definir la terminología normalizada para la información sobre incertidumbre, así como el nivel de sofisticación de los usuarios. Puede resultar de utilidad en el proceso realizar una encuesta entre

estos. Podría ser necesario traducir la terminología de incertidumbre a idiomas específicos para superar los problemas de interpretación. Es posible que en algunas lenguas no existan palabras para describir la incertidumbre de forma adecuada.

Aunque el lenguaje es fundamental para comunicar la incertidumbre, su forma verbal puede provocar cierto nivel de confusión en el usuario. Por ejemplo, ¿cuál es la diferencia entre “posibilidad de” y “posible”? ¿Acaso “posibilidad de” significa lo mismo para un predictor que para otro? Aunque resulta útil emplear esas palabras y frases para que los usuarios no tengan expectativas de certeza, es importante tratar de lograr y aplicar cierto nivel de coherencia. A este respecto, ayudará la utilización de definiciones y procedimientos claros: por ejemplo, puede fomentarse el uso de una norma que afirme que una predicción de “posibles chubascos” solo puede emplearse cuando la probabilidad se encuentre por encima de un umbral definido del 30 por ciento. Es preferible que esta norma se derive de un análisis de los sistemas de decisión de los usuarios.

La tabla 2 es una escala que los SMHN podrían utilizar para definir los términos sobre incertidumbre más comunes. Es parecida a la escala de probabilidad del IPCC (tabla 1) e incluye algunos términos adicionales que los predictores pueden usar con frecuencia.

Terminología	Probabilidad de acaecimiento/resultados
Prácticamente cierto	Más de un 99% de probabilidad
Muy probable	Entre un 90 y un 99% de probabilidad
Probable	Entre un 70 y un 89% de probabilidad
Más probable que improbable	Entre un 55 y un 69% de probabilidad
Tan probable como improbable	Entre un 45 y 54% de probabilidad
Posible (menos probable que improbable)	Entre un 30 y un 44% de probabilidad
Improbable	Entre un 10 y un 29% de probabilidad

Muy improbable	Entre un 1 y un 9% de probabilidad
Extremadamente improbable	Menos de un 1% de probabilidad

Tabla 2. Escala de probabilidad de predicción

Una de las dificultades de utilizar una tabla como esta es definir palabras como “probable”, “posible”, “posibilidad de”, y establecer la jerarquía, es decir, el orden en la escala. Hay estudios psicológicos que demuestran que la interpretación de palabras como “posible” puede cambiar notablemente según la persona. Cuando se utilizan estas palabras, se las debe definir claramente al usuario y luego ser coherente en su uso. También se debe considerar detenidamente los porcentajes de probabilidad que se asignan a los términos. No obstante, la escala podría ser un punto de partida útil para los SMHN que buscan definir el lenguaje que utilizarán para comunicar la incertidumbre de las predicciones.

4.4.2 Gráficos

Los gráficos sencillos pueden ser una forma muy útil de presentar, en términos cuantitativos, la información asociada a la incertidumbre. La figura 3 es un ejemplo de una manera de presentar una predicción estacional de lluvias en términos probabilísticos en forma de gráfico circular.

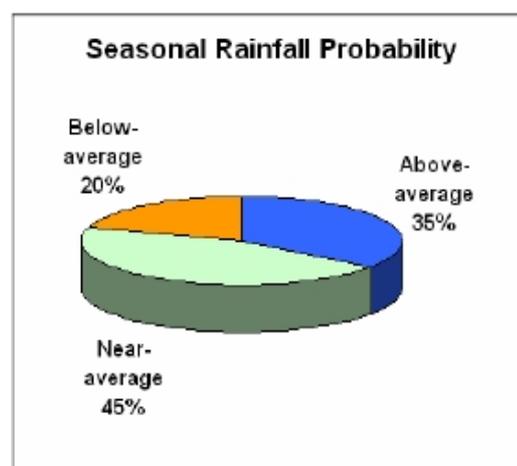


Figura 3. Ejemplo de un gráfico circular de probabilidad de lluvias

Below average 20% = Por debajo de la media 20%

Above average 35% = Por encima de la media 35%
 Near average 45% = Cerca de la media 45%

Una de las características más atractivas de este formato es que muestra todas las posibilidades de una sola vez. De esta forma, los usuarios son conscientes no solo del resultado más probable, sino también de la probabilidad relativa de las alternativas.

Otra forma eficaz de mostrar la incertidumbre, concretamente una incertidumbre que aumenta con arreglo al plazo de anticipación, es la utilización de series temporales que incluyen “barras de error”. La figura 4 es un ejemplo de una predicción de temperaturas basada en series temporales que muestra la incertidumbre en cada intervalo de tiempo. Varios productores de conjuntos utilizan ampliamente esta presentación, conocida como meteograma (o gráfica) del sistema de predicción por conjuntos.

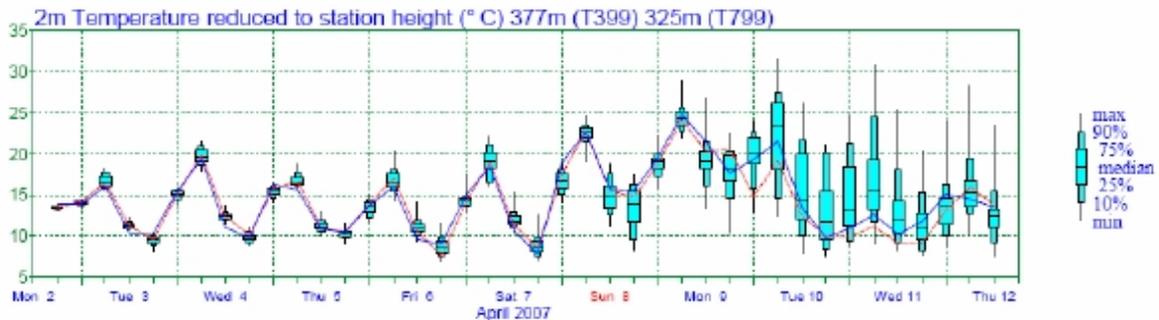


Figura 4. Meteograma de una predicción de temperaturas realizado a partir de un esquema de predicción por conjuntos (Centro europeo de predicción meteorológica a medio plazo (CEPMMP))

2 m Temperature reduced to station height (...) = Temperatura a 2 m reducida al nivel de la estación (°C) 377 m (T399) 325 (T799)

Mon = Lu

Tue = Ma

Wed = Mi

Thu = Ju

Fri = Vi

Sat = Sa

Sun = Do

April 2007 = Abril de 2007

Max = Máx.

Median = Mediana

Min = Mín

La figura 5 es un ejemplo de otra forma de presentar el mismo tipo de información. También muestra el intervalo del conjunto entre unos percentiles definidos, pero la formulación en la leyenda utiliza “frecuencias naturales” (por ejemplo, 9 de cada 10), las cuales, según los psicólogos, en general se entienden más fácilmente. En un estudio llevado a cabo por la Oficina de Meteorología de Reino Unido también se descubrió

que los gráficos de abanico son más populares entre los usuarios. Por último, incluir las observaciones del día anterior ayuda a los usuarios a situar la predicción de la temperatura en un contexto con el que lo pueden relacionar fácilmente: hace más calor o menos que ayer. Para presentar las predicciones de precipitaciones es más adecuado un gráfico de barras como el de la figura 6.

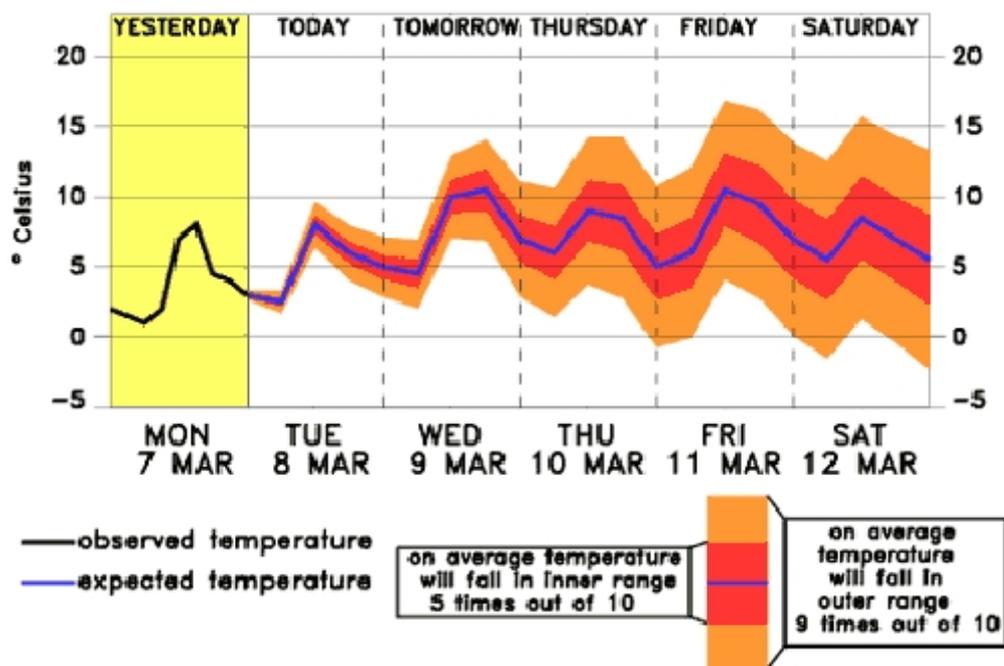


Figura 5. Gráfico de abanico de una predicción de temperatura elaborada a partir de un esquema de predicción por conjuntos. Este gráfico se hizo teniendo en cuenta los resultados de una investigación realizada por psicólogos sobre el nivel de comprensión de la población de la información sobre riesgos; en un estudio entre los usuarios del sitio web de la Oficina de Meteorología de Reino Unido se comprobó que es un tipo de presentación popular

Yesterday = Ayer

Today = Hoy

Tomorrow = Mañana

Thursday = Jueves

Friday = Viernes

Saturday = Sábado

° Celsius = °C

Mon 7 Mar = Lu 7 de marzo

Tue 8 Mar = Ma 8 de marzo

Wed 9 Mar = Mi 9 de marzo

Thu 10 Mar = Ju 10 de marzo

Fri 11 Mar = Vi 11 de marzo

Sat 12 Mar = Sa 12 de marzo

Observed temperatura = Temperatura observada

Expected temperatura = Temperatura prevista

On average temperatura will fall in inner range 5 times out of 10 = La temperatura promedio estará en el intervalo interno 5 de cada 10 veces

On average temperatura will fall in outer range 9 out of 10 = La temperatura promedio estará en el intervalo exterior 9 de cada 10 veces

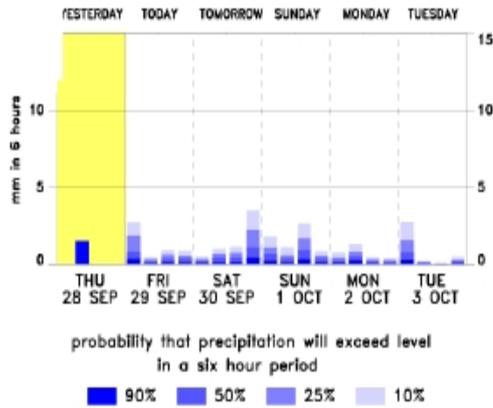


Figura 6. Gráfico de barras de la predicción de lluvias realizado a partir de un esquema de predicción por conjuntos. En un estudio entre los usuarios del sitio web de la Oficina de Meteorología de Reino Unido se comprobó que este tipo de gráfica es popular

Yesterday = Ayer. Today = Hoy
 Tomorrow = Mañana
 Sunday = Domingo. Monday = Lunes
 Tuesday = Martes
 Mm in 6 hours = mm en 6 horas
 Thu 28 sep = Ju 28 de sept.
 Fri 29 sep = Vi 29 de sept.
 Sat 30 sep = Sa 30 de sept.
 Sun 1 oct = Do 1 de oct.
 Mon 2 oct = Lu 2 de oct.
 Tue 3 oct = Ma 3 de oct.
 Probability that precipitation will exceed level in a six hour period = Probabilidad de que la lluvia exceda el nivel en un período de 6 horas

4.4.3 Iconos

Puede resultar difícil comunicar la incertidumbre por medio de un icono, pero puede ser útil una imagen pictográfica rápida en la televisión o un sitio web. Cuando se utilizan iconos para este fin, es habitual incluir sobre estos la información relativa a la incertidumbre en términos numéricos (por ejemplo, una probabilidad), como se puede ver en la figura 7.



Figura 7. Iconos que muestran el tipo de precipitación junto con la probabilidad

de la predicción (Servicio Meteorológico Nacional de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera)

Es importante que el icono se elija detenidamente de modo que refleje con claridad el fenómeno meteorológico al que se refiere. Puede resultar de utilidad agregar dos o tres palabras junto al icono para aclarar el mensaje (por ejemplo, chubascos).

4.4.4 Cuadros y mapas

La información sobre incertidumbre se presta muy bien a su representación espacial. Una presentación en forma de cuadro o de mapa suele ser eficaz para mostrar tanto la predicción como la incertidumbre asociada a la misma. La Evolución probable del clima consensuada en el Cuerno de África representa un buen ejemplo (figura 8). Las zonas con un rango de probabilidad idéntico se representan mediante un código de colores (color gris para las predicciones neutras) y, de un solo vistazo, muestran la distribución espacial de la probabilidad de lluvias.

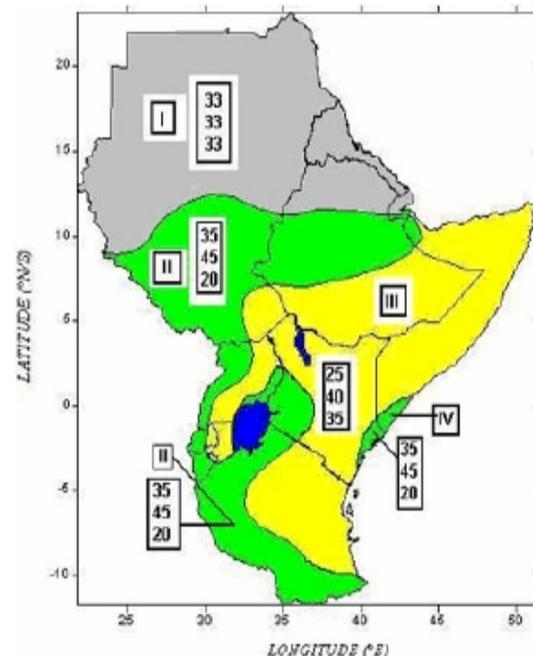


Figura 8. Evolución probable del clima consensuada en el Cuerno de África (Centro de predicción y de aplicaciones climáticas de la Autoridad Intergubernamental para el Desarrollo)

Latitude = Latitud
Longitude = Longitud

Para cada región del mapa de la figura 8 se ofrece también una predicción estacional mediante una caja que contiene tres números que, de arriba a abajo, representan la probabilidad porcentual de que tengan lugar precipitaciones por encima de la media, cercana a la misma o por debajo de ella, respectivamente. La ventaja de mostrar los tres números juntos es que se describen todas las situaciones posibles. En otras palabras, este sistema posibilitó que los usuarios tuvieran claro que, aunque un resultado concreto fuera el más probable, las alternativas también podrían producirse. Otra posibilidad es mostrar esta información en un gráfico circular para cada zona del mapa. Para las predicciones estacionales cuyo grado de acierto esté muy limitado, también es importante facilitar información sobre el nivel de acierto típico de la predicción. Cuando las predicciones no tienen acierto, el predictor deberá emitir únicamente datos de probabilidad climatológica.

La experiencia demuestra que puede resultar difícil a los usuarios, especialmente a los que tienen necesidades menos sofisticadas que no están familiarizados con las probabilidades, interpretar el mapa de varias categorías de la figura 8. Resultará de gran ayuda agregar la interpretación del mapa en forma escrita. Se aconseja proporcionar información sobre los aspectos del

tiempo que tienen un nivel de predictibilidad importante; por ejemplo, si los sistemas de predicción predicen con un alto grado de confianza que no se producirán condiciones secas, habrá que transmitir la información al respecto de forma específica a los usuarios en las zonas sensibles a las sequías. Si los sistemas de predicción tienen históricamente un grado de acierto alto en una categoría en particular, esta información aumenta la confianza en la predicción y debe ser transmitida a los usuarios. También es útil proporcionar ejemplos típicos de fenómenos históricos por encima o por debajo de lo normal que sirvan de referencia a los usuarios. Sin embargo, en este caso, debe destacarse que es probable que los detalles locales de la estación siguiente difieran del ejemplo histórico.

También existen otros formatos útiles para presentar la información de las predicciones estacionales, por ejemplo, mapas que indican el porcentaje de probabilidad de lluvia por encima y por debajo de lo normal con una señal clara, como los de las figuras 9 y 10. Una vez más, es importante destacar que este tipo de producto es muy útil cuando la verificación indica acierto; esta información debe transmitirse a los usuarios. Un modo de hacerlo es mediante máscaras del grado de acierto, en los casos en que la señal en la predicción esté oculta en las regiones con un grado de acierto bajo.

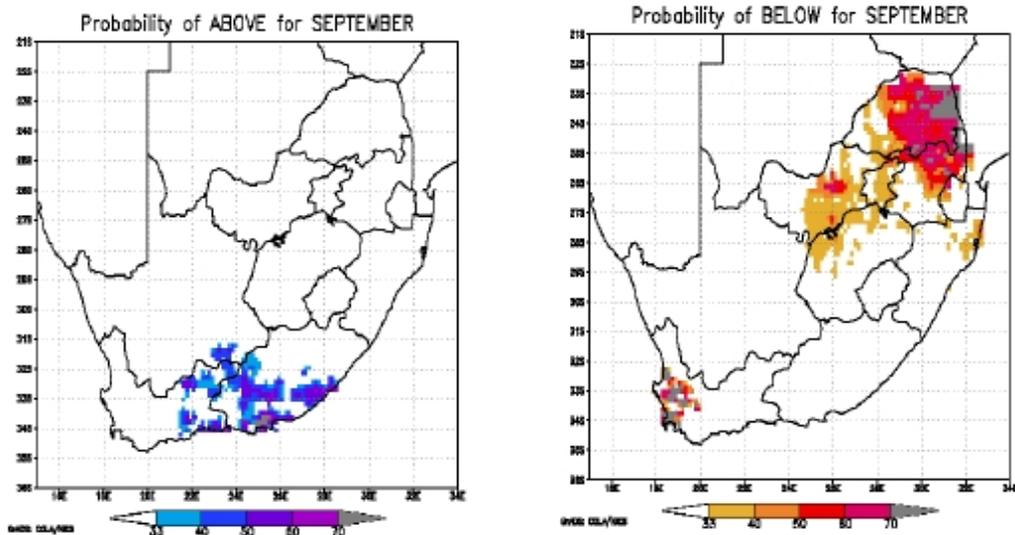


Figura 9. Probabilidades de predicción para precipitaciones mensuales por encima (izquierda) y por debajo (derecha) de lo normal

Probability of ABOVE for SEPTEMBER = Probabilidad por ENCIMA de lo normal en SEPTIEMBRE

Probability of BELOW for SEPTEMBER = Probabilidad por DEBAJO de lo normal en SEPTIEMBRE

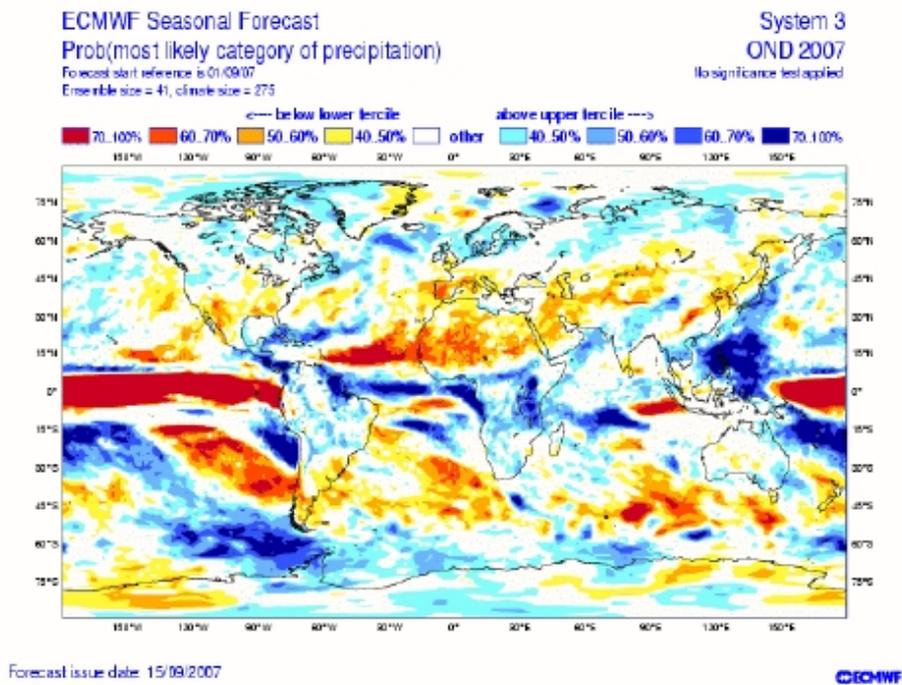


Figura 10. Probabilidades de predicción para la categoría de precipitación estacional más probable

ECMWF Seasonal Forecast = Predicción estacional del CEPMMP

Prob (most likely category of precipitation) = Prob. (categoría de precipitación más probable)

Forecast start reference is = La primera referencia de predicción es del 01/09/07

Ensemble size = Tamaño del conjunto

Climate size = Tamaño del clima. System 3 = Sistema 3

OND 2007 = Oct., nov. y dic. de 2007

No significace test applied = No se aplicó ninguna prueba de significación

Below lower tercile = Por debajo del tercio más bajo

Above upper tercile = Por encima del tercio más alto

Forecast issue date = Fecha de emisión de la predicción.

ECMWF = CEPMMMP

Generalmente este formato también se emplea en el caso de predicciones de probabilidad a corto y medio plazo. Estas predicciones suelen generarse a partir de esquemas de predicción por conjuntos y

pueden presentarse con arreglo a unos umbrales definidos, por ejemplo, la probabilidad de que la velocidad del viento supere los 34 nudos (ráfagas de viento), como se ilustra en la figura 11.

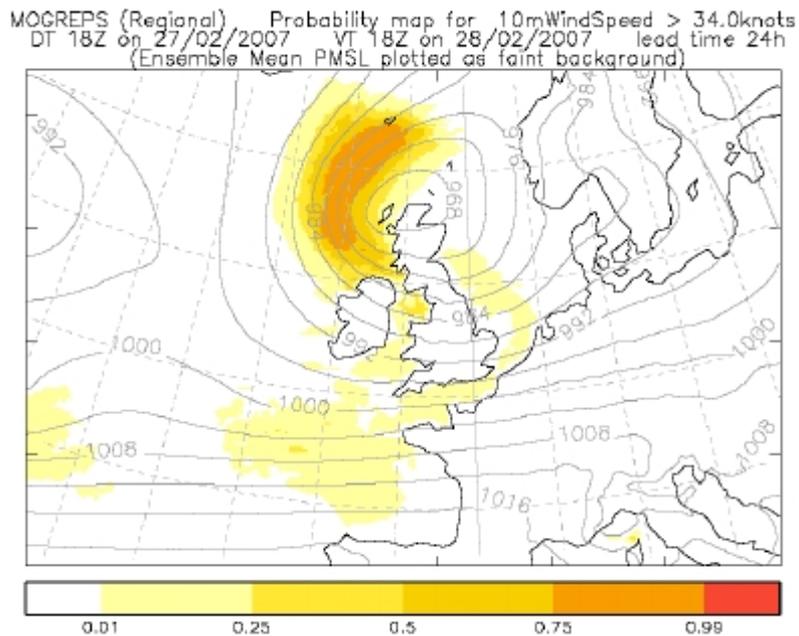


Figura 11. Mapa que muestra la probabilidad de que la velocidad del viento supere los 34 nudos (ráfagas de viento) elaborado a partir del conjunto del Sistema mundial y regional de predicción por conjuntos de la Oficina de Meteorología de Reino Unido. En el ejemplo, destinado principalmente a los predictores o a usuarios con algunos conocimientos de meteorología, la presión superficial media del conjunto también se incluye para mostrar el sistema meteorológico que crea el viento

Mapa de probabilidad del Sistema mundial y regional de predicción por conjuntos de la Oficina de Meteorología de Reino Unido para la velocidad a 10 m > 34 nudos

DT 18Z el 27/02/2007

VT 18Z el 28/02/2009

Tiempo de antelación 24 h

(El fondo tenue representa a la presión a nivel medio del mar media del conjunto)

Otra forma útil de presentar la información es un mapa que muestre los valores de un parámetro meteorológico, como la precipitación acumulada, que se produzca con un nivel de probabilidad particular. Por ejemplo, a un gestor de recursos hídricos podría interesarle conocer el 10º percentil de las lluvias como una estimación del nivel más bajo que es probable que reciba,

mientras que a un gestor de control de crecidas podría querer el 90º percentil o el nivel máximo. La figura 12 es un ejemplo del peor caso de lluvias del conjunto del Sistema mundial y regional de predicción por conjuntos de la Oficina de Meteorología de Reino Unido. En la tabla 3 se presenta información parecida en forma tabular.

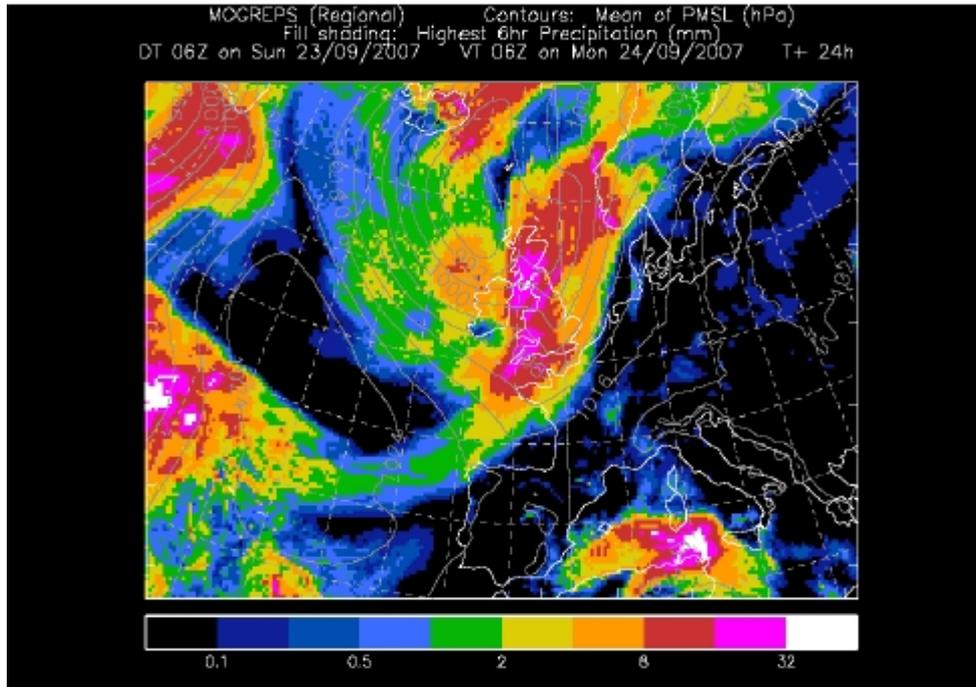


Figura 12. Predicción de las lluvias máximas en 6 horas realizada a partir del conjunto del Sistema mundial y regional de predicción por conjuntos de la Oficina de Meteorología de Reino Unido. En cada punto de la retícula se muestra la lluvia máxima predicha por cualquiera de los miembros del conjunto, con lo cual se ofrece al usuario una descripción gráfica del peor caso posible

Sistema mundial y regional de predicción por conjuntos de la Oficina de Meteorología de Reino Unido (regional)

Contornos: media de la presión a nivel medio del mar (hPa)

Sombra de relleno: precipitación máxima en 6 h (mm)

DT 06Z el do 23/09/2007

VT 06Z el lu 24/09/2007

T+24 h

Location	75% chance of at least (mm)	50% chance of at least (mm)	25% chance of at least (mm)
Perth	132	168	202
Darwin	137	191	252
Adelaide	112	138	179
Brisbane	143	198	270
Sydney	130	212	310
Canberra	129	166	240
Melbourne	137	170	218
Hobart	136	172	210

Tabla 3. Cantidades de lluvia predichas estratificadas en función del umbral de probabilidad (Oficina de Meteorología de Australia)

Location = Ciudad

75% (...) = 75% de probabilidad de al menos (mm)

50% (...) = 50% de probabilidad de al menos (mm)
 25% (...) = 25% de probabilidad de al menos (mm)
 Sydney = Sidney

Otro ejemplo de presentación gráfica eficaz de la incertidumbre es la representación de la predicción de la trayectoria de un ciclón tropical en forma de cono (figura 13), tal y como hace el Centro Nacional de Predicción de Cuba. Esto garantiza que el gran público no se centre demasiado en una sola trayectoria y, por tanto, se sienta seguro si dicha trayectoria no se muestra pasando directamente sobre la población. Asimismo, esta representación refuerza el hecho de que, debido a su tamaño, un huracán puede afectar a una zona muy amplia y no se reduce a un punto o a una franja estrecha. La nota explicativa que aparece al principio del gráfico es muy importante: "Considerando un ERROR MEDIO EN LA PREDICCIÓN, el OJO

debería encontrarse en el cono blanco en las próximas 72 horas".

Una de las limitaciones del gráfico de la figura 13 es que no da indicaciones sobre las zonas de mayor riesgo dentro del cono. La figura 14 es un ejemplo de una presentación alternativa que muestra todo el cono de incertidumbre, pero que también conserva algo de información sobre la zona de mayor riesgo. Este gráfico muestra la probabilidad de que el centro de la tormenta pase a menos de 75 millas (unos 120 kilómetros) de cualquier emplazamiento dentro del período de predicción, quedando, de este modo, las probabilidades más altas en el centro del cono de incertidumbre.

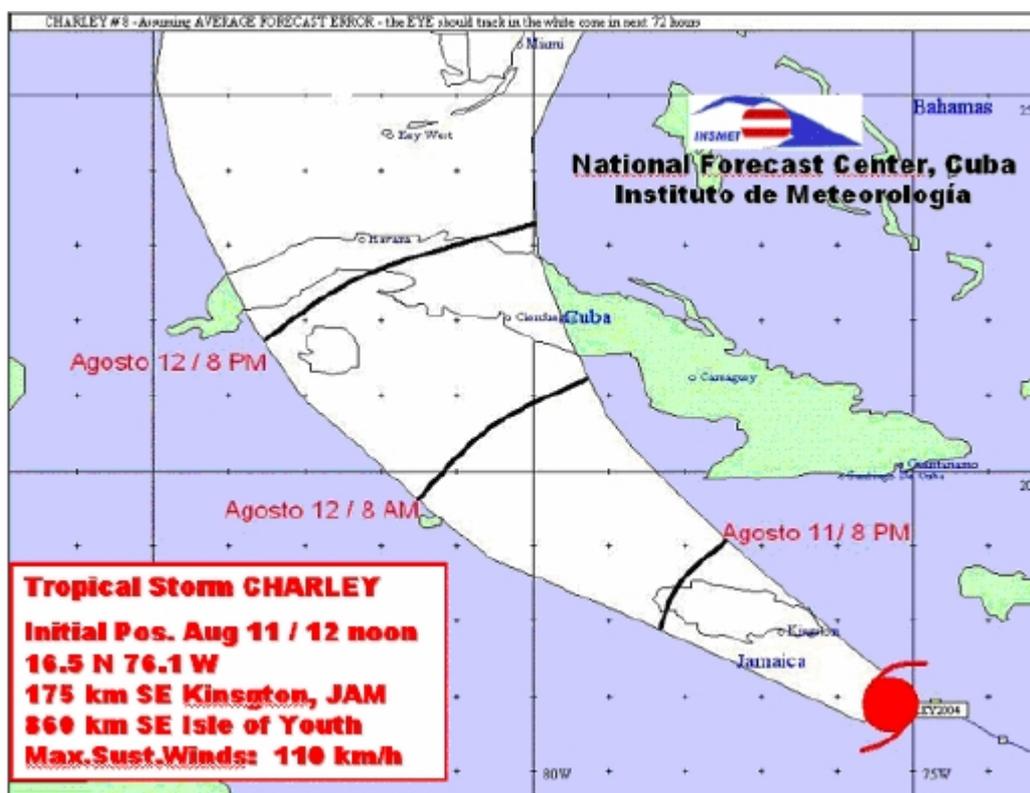


Figura 13. Predicción de la trayectoria de un ciclón tropical y cono de error de predicción promedio (Centro Nacional de Predicción de Cuba)

Assuming (...) = Considerando un ERROR MEDIO EN LA PREDICCIÓN, el OJO debería encontrarse en el cono blanco en las próximas 72 horas
 National Forecast Center, Cuba = Centro Nacional de Predicción de Cuba

Tropical (...) = Tormenta tropical CHARLEY
 Initial (...) = Posición inicial los días 11 y 12 de agosto a las 12 horas
 16,5 N 76,1 W
 Isle de Youth = Isla de la Juventud
 Vientos sostenidos máx: 110 km/h

4.4.5 Escalas de incertidumbre

Categorías de expresión de incertidumbre mediante palabras

A la hora de describir la incertidumbre, suele ser útil emplear categorías previamente definidas que tengan un significado específico, lo que ayudará a los usuarios a comprender el nivel preciso de incertidumbre que tiene en mente el predictor. Este enfoque se muestra en la escala de probabilidad del IPCC (tabla 1) y en la escala alternativa (tabla 2).

Índices de confianza

Las clasificaciones de incertidumbre también pueden asignarse a las predicciones mediante un índice de confianza. Se trata de un enfoque sencillo que puede resultar popular entre los usuarios. La Oficina Federal de Meteorología y Climatología de Suiza utiliza este índice en algunos de sus productos de predicción, que está representado como una medida de la “fiabilidad” en una escala que va de 1 a 10 (figura 15). Los índices de confianza se deben utilizar con cuidado para evitar la simplificación excesiva. Por ejemplo, la confianza puede ser elevada para la temperatura, pero no para la precipitación; por tanto, el uso de un único índice de confianza para toda la predicción puede prestar a confusión. El índice debería permitir las variaciones normales con el período de anticipación. De lo contrario, se corre el riesgo de que solo se faciliten niveles de confianza altos para períodos de anticipación cortos y niveles de

confianza bajos para períodos de anticipación largos. Siempre y cuando los usuarios sepan cómo están definidos los índices de los niveles de confianza, estos pueden ser un método rápido y eficaz de transmitir la información sobre la incertidumbre.

Probabilidades

Quizá la forma más habitual de expresar la información sobre la incertidumbre es mediante el uso de probabilidades. Las probabilidades deberían definirse detenidamente y su significado tendría que explicarse con claridad a los usuarios. A la hora de definir la probabilidad de una predicción, la primera decisión a adoptar es la de elegir a qué magnitud se refiere la probabilidad. Puede hacer referencia al acontecimiento de algún fenómeno en un lugar y tiempo concretos (por ejemplo, la probabilidad de que se desencadene una tormenta). A menudo hace referencia al valor de un parámetro meteorológico que excede un valor umbral definido, como la temperatura por debajo de los 0°C. También puede referirse a una categoría (por ejemplo, la probabilidad de que caigan entre 10 y 50 mm de lluvia en un sitio concreto durante un período de tiempo dado). Una elección común para las predicciones a largo plazo es la categoría de anomalías (por ejemplo, la probabilidad de que se produzcan lluvias por encima de la media). La elección en cuestión se producirá con arreglo al fenómeno que se esté considerando y a las necesidades del servicio.

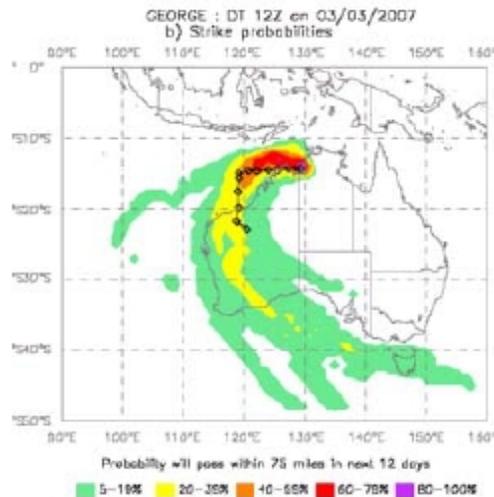


Figura 14. Predicciones de la trayectoria de un ciclón tropical presentadas como la probabilidad de que la tormenta pase a menos de 75 millas (120 km) de cualquier emplazamiento. Este ejemplo lo generó automáticamente el Sistema mundial y regional de predicción por conjuntos de la Oficina de Meteorología de Reino Unido, pero un predictor puede hacer la misma presentación. Los puntos negros muestran la trayectoria del ciclón observada

GEORGE: DT 12Z el 03/03/2007

b) Probabilidades de impacto

Probability will (...) = Probabilidad de que la tormenta pase a menos de 75 millas en los próximos 12 días



Figura 15. Predicción de 4 días que incluye la medida de la fiabilidad (*fiabilité*) (de 1 a 10) (Televisión Suiza y Oficina Federal de Meteorología y Climatología de Suiza)

Uno de los retos con que se encuentran los usuarios de la información probabilística es el de contar con un punto de referencia para la información. Esto es especialmente

importante para ayudar en la interpretación y la respuesta. Una de las mejores maneras de conseguirlo es acompañar a la predicción probabilística con una comparación de

la frecuencia con la que los fenómenos acaecen. Por ejemplo, una predicción de “un 60 por ciento de probabilidad de que haya una tormenta esta tarde” puede mejorarse si se adjunta un mensaje como el siguiente: “esta probabilidad es aproximadamente el doble de lo normal para este época del año”.

Dificultades para comprender las probabilidades

Aunque las probabilidades son un método comúnmente aceptado para transmitir información, no están exentas de ciertas dificultades de comunicación. Para empezar, muchos usuarios simplemente desean saber si el fenómeno previsto va a suceder o no. Estos usuarios no están interesados en predicciones probabilísticas y a menudo percibirán esas predicciones como un intento de evitar responsabilidades y de “cubrirse las espaldas”. Es en este punto donde se necesita que el usuario cuente con una formación eficaz, de modo que comprenda de forma adecuada por qué la meteorología no es una ciencia exacta. La consecuencia de esto es que, en ausencia de una predicción categórica del tipo “sí” o “no”, un usuario podría recurrir a la predicción probabilística y traducirla en categórica. Por ejemplo, una predicción estacional relacionada con un aumento de la probabilidad de que se registren temperaturas veraniegas por encima de la media podría interpretarse como una declaración de que el verano será caluroso. Existen innumerables ejemplos en los que los medios de comunicación han simplificado excesivamente las tendencias probabilísticas de esta forma, a fin de publicar un titular llamativo.

Un segundo reto es comprender a qué se refiere realmente la probabilidad de un acontecimiento. ¿Hace referencia a un punto concreto, a una zona en el espacio o a un momento lo largo del tiempo? Aunque este asunto se haya abordado antes en este capítulo, es conveniente repetirlo. Deben efectuarse todos los esfuerzos posibles para garantizar que la terminología se defina y se comprenda claramente, no solo de cara a los usuarios, sino también en

lo que respecta a los predictores, que son quienes emiten los pronósticos. Una buena forma de comprobar si la definición es clara es preguntarse: “¿se puede verificar objetivamente esta predicción?”. Si la respuesta es negativa, entonces hay que afinar la definición.

El tercer reto es el problema del 50 por ciento de probabilidad. Los usuarios generalmente creen que las predicciones de un 50 por ciento de probabilidad indican que el predictor simplemente “nada entre dos aguas”. Sin embargo, si, por ejemplo, la frecuencia del fenómeno que se observa es baja, una probabilidad del 50 por ciento podría ser una señal fuerte. Además, cuando la predicción forma parte de una secuencia extensa de predicciones que utilizan una amplia gama de probabilidades, es perfectamente razonable que en algunas ocasiones la probabilidad esté realmente en la mitad del intervalo. Se ha demostrado que cuando los predictores utilizan estrategias de prevención, es decir, cuando evitan utilizar probabilidades del 50 por ciento y utilizan en su lugar probabilidades ligeramente por encima o por debajo, la verificación general de las predicciones se degrada.

4.4.6 Índices meteorológicos

Un índice meteorológico que indica la idoneidad de las condiciones meteorológicas previstas para determinadas actividades, por ejemplo, el índice de calidad del aire, el de radiación ultravioleta o incluso un índice de montañismo, puede ser un método simple para interpretar la incertidumbre en nombre del usuario. Cuando el nivel de confianza es elevado, los valores extremos del índice son apropiados, mientras que una mayor incertidumbre implicaría el uso de los valores intermedios. La Administración Meteorológica de China produce una gran variedad de índices de este tipo para fines públicos.

4.5 Diferentes medios de comunicación, diferentes métodos

La elección del método y del formato para comunicar información sobre incertidumbre

dependerá en gran medida de los medios que vayan a utilizarse. Lo que funciona bien a través de un canal puede no ser eficaz en otro.

En las charlas informativas meteorológicas delante de los interesados, en entrevistas de radio, o en cualquier otro medio donde la predicción pueda ofrecerse de forma verbal, la utilización de un lenguaje simple y de narrativa puede resultar eficaz. En estos entornos, el predictor tiene tiempo para explicar la situación, puede analizar escenarios alternativos, explicar por qué y en qué forma los modelos de PNT son diferentes y ofrecen una perspectiva general y completa de la situación. La utilización de técnicas de comunicación no verbales, como la entonación del discurso o el lenguaje corporal, también pueden ser buenas maneras para que el oyente tenga un sentimiento de confianza en la predicción.

En los casos en los que la predicción se presenta de un modo más preceptivo, por

ejemplo, de forma escrita, el predictor debe asegurarse de que la descripción de la incertidumbre se ajusta a términos previamente definidos o de fácil comprensión. Si se emplearan frases como “posibilidad de”, debería existir algún tipo de definición subyacente que especifique a qué equivale esta posibilidad en términos numéricos. También podrían emplearse medidas numéricas de la incertidumbre.

Las representaciones gráficas de la incertidumbre de las predicciones son una forma de presentación muy útil que resulta especialmente adecuada para Internet. Pueden venir acompañadas de información explicativa que facilite a los usuarios la interpretación de lo que podría ser una información bastante compleja. En el caso de la televisión, las opciones aparecen más restringidas debido a la limitación existente en el tiempo de las emisiones. En este caso, es adecuado el uso de mapas o gráficos.

Capítulo 5. Aplicación de las predicciones probabilísticas por parte de las instancias decisorias

El objetivo clave de la producción de predicciones probabilísticas es capacitar a los usuarios para tomar mejores decisiones y, así, reducir los riesgos. La optimización de la toma de decisiones requiere un nivel de comprensión elevado de la decisión y de sus repercusiones en el usuario. En primer lugar, el fenómeno para el que se facilitan las probabilidades debe representar de forma precisa la sensibilidad de los usuarios al tiempo. Si el usuario es capaz de identificar los costos asociados a las medidas de protección, así como las posibles pérdidas si no está protegido y acaece el fenómeno adverso, entonces puede que sea capaz de identificar el umbral de probabilidad óptimo para tomar medidas preventivas. Sin embargo, muchas decisiones no son tan fáciles como parece aquí. Dependiendo de cuán elevadas sean las posibilidades, un usuario puede tomar diferentes niveles de medidas preventivas o beneficiosas. Muchas situaciones son más

complejas cuando hay múltiples categorías o respuestas posibles, y es probable que el mejor resultado provenga de una alianza firme entre el usuario y el SMHN. Esta asociación ayuda al SMHN a comprender mejor las necesidades del usuario y a este último, a comprender las limitaciones de la capacidad de predicción.

Para muchas aplicaciones, podría ser útil acoplar los datos de predicciones por conjuntos a modelos de aplicación, por ejemplo, mareas de tempestad, producción de energía eólica, demanda de energía, riesgo de crecidas y rutas para la navegación. Al ejecutar predicciones por conjuntos con el modelo de aplicación, la incertidumbre de la predicción meteorológica puede propagarse en incertidumbre para la aplicación del usuario.

En el laboratorio de economía experimental de la Universidad de Exeter se llevaron a

cabo pruebas para evaluar la capacidad de las personas para tomar mejores decisiones a partir de predicciones con información sobre la incertidumbre. Se pidió a estudiantes de diferente formación que tomaran una serie de decisiones en base a predicciones presentadas en el formato que ilustra la figura 5, con o sin la información de la incertidumbre incluida. Estas pruebas

demonstraron que los usuarios que recibían información sobre la incertidumbre, tanto los que estudiaban ciencias como los de otras disciplinas, tomaban decisiones considerablemente mejores que lo que no recibían esta información, lo cual indica que la mayoría de la población se beneficiaría de la información sobre incertidumbre.

Capítulo 6. Verificación y calibración

Con independencia de cómo se presente la información sobre la incertidumbre, es importante que esta ofrezca una representación precisa de la incertidumbre real de la predicción. La verificación de la predicción es fundamental para garantizar que la información que se proporciona es fiable. También puede servir como punto de partida para calibrar la predicción. Por consiguiente, la verificación debe ser una parte integral del proceso de predicción. El predictor trabaja en un entorno de predicciones multimodelo con productos determinísticos y probabilísticos. La elección del sistema de predicción y la reducción de la incertidumbre al comunicar o interpretar la predicción se basa en el buen conocimiento del grado de acierto del modelo.

El conocimiento de la verificación también puede proporcionar información útil sobre la incertidumbre de la predicción cuando no se disponga de información proveniente de los sistemas avanzados, como los conjuntos.

Se pueden emitir mensajes más simples y con un grado de confianza mayor cuando los modelos han acertado al predecir fenómenos del pasado previstos. Existen modelos de verificación especialmente diseñados para evaluar la calidad de las

predicciones probabilísticas como, por ejemplo, diagramas de fiabilidad, el índice de acierto basado en la probabilidad y el índice de acierto basado en la característica de funcionamiento relativa. En el caso de las predicciones de categorías múltiples, el índice de acierto basado en la probabilidad puede ayudar a determinar si un sistema de predicción funciona o no mejor que una predicción climatológica o que cualquier otra predicción de referencia. Los diagramas de fiabilidad facilitarán la calibración o el ajuste de las probabilidades de la predicción, en particular cuando se identifican predicciones sobre y subestimadas a partir de ellos. El índice de acierto basado en la característica de funcionamiento relativa es adecuado para verificar si el sistema de predicción es acertado para un fenómeno de interés específico, y puede sentar las bases para un mapa de aciertos que podría utilizarse para encubrir la predicción en zonas en las que no hay acierto. Cuando la verificación revele que la predicción no tiene ningún grado de acierto, o cuando no haya signos fuertes en la predicción, se aconseja al predictor volver a las frecuencias climatológicas observadas para definir las probabilidades de la predicción.

Capítulo 7. Conclusión

La incertidumbre es un elemento inherente a la predicción y lograr transmitirla de forma eficaz supone un gran beneficio. Ayuda a que los usuarios tomen mejores decisiones y a que los SMHN controlen las expectativas de los usuarios con respecto a unas predicciones precisas.

Esta publicación ha abordado el tema de la comunicación de la incertidumbre de las predicciones. Se ha hecho hincapié en la manera en que los SMHN pueden incorporar la información de la incertidumbre en

sus predicciones meteorológicas y se han mencionado las mejores formas de transmitir esta información en beneficio de los usuarios. Se han comentado algunos ejemplos de presentación eficaz y se han subrayado algunos de los obstáculos existentes. Asimismo, se ha animado a los SMHN a que empleen esta información como un elemento de guía para comunicar mejor la incertidumbre de la predicción, convirtiéndolo así en un hábito y en una parte eficaz de sus servicios.

Referencias

Cooke, W. E., 1906: "Forecasts and verifications in Western Australia", en *Monthly Weather Review*, 34, 23-24.

Patt, A. y D. Schrag, 2003: "Using specific language to describe risk and probability", en *Climatic Change*, 61, 17-30.

Gigerenzer, G., R. Hertwig, E. van den Broek, B. Fasolo y K. V. Katsikopoulos, 2005: "A 30% Chance of Rain Tomorrow: How Does the Public Understand Probabilistic Weather Forecasts?", en *Risk Analysis*, 25 (3), 623-629.