

# ¿Hacia la predicción operativa 2.0? Ventajas e inconvenientes de una profesión en constante transformación

Samuel A. Viana Jiménez, Joan Arús Dumenjo, Agustí Pladevall Boix, Sergi González Herrero, Ramón Pascual Berghaenel, Joan Carles Bullón Miró  
Delegación Territorial de AEMET en Cataluña, Arquitecte Sert N°1 08005 Barcelona, svianaj@aemet.es

## Introducción

A lo largo de las últimas décadas del siglo XX y primeras del XXI, las ciencias atmosféricas han experimentado un progreso sin precedentes. Dentro del ámbito de la meteorología estos cambios están fundamentalmente asociados a los avances tecnológicos sufridos en la mayor parte de sus disciplinas (destacan aquí el desarrollo exponencial acontecido en los sistemas de observación y la predicción numérica), así como a los avances en el conocimiento científico del sistema atmosférico y sus aledaños, que en gran medida son consecuencia de estos avances tecnológicos. La mayor parte de los profesionales de la meteorología han sido partícipes directa o indirectamente de la consecución de estos avances, o se han visto beneficiados por su integración entre las herramientas con las que llevan a cabo su labor cotidiana.

Entre estos últimos se encuentran los meteorólogos o predictores operativos, el último eslabón de una compleja cadena mediante la que se trasladan a la sociedad los beneficios de los avances meteorológicos anteriormente mencionados. Estos profesionales se encargan, entre otras labores, de la vigilancia y diagnosis atmosférica, la elaboración de buena parte de los productos de predicción para distintos grupos de usuarios, así como el asesoramiento técnico a algunos de estos grupos -las distintas protecciones civiles, el sector aeronáutico, etcétera-, siendo a menudo el principal nexo de unión entre la organización y estos usuarios especializados.

Como en el resto de áreas de la meteorología, la profesión del predictor se encuentra en continua transformación, impulsada por los mencionados avances tecnológicos; por ello desde mediados de la década de los 80 existe la opinión generalizada de que, a medida que los avances en predicción numérica van produciéndose haciendo innecesaria la intervención humana en cada vez más productos, el papel del predictor humano debe irse adecuando continuamente y encontrar en cada momento la mejor manera de incorporar esos avances en sus rutinas de trabajo. En varios países como Canadá [1] o Estados Unidos [2] se han celebrado *workshops* y foros de predictores con el objetivo de analizar la evolución futura de la profesión y establecer las

bases que deben guiar la adaptación de la misma a los cambios tecnológicos. En este trabajo trataremos de profundizar en algunos de los aspectos de la profesión identificados como cruciales en su evolución futura, muchos de los cuales vienen marcando la labor del predictor operativo durante los últimos tiempos.

## El predictor y la resistencia al cambio

Por la posición que ocupan al final de la cadena de producción, casi todos los avances tecnológicos y científicos en meteorología acaban afectando directa o indirectamente al trabajo de los predictores. La mayor parte de los predictores operativos son conscientes de que la adaptación a los cambios y la incorporación de nuevas herramientas de trabajo forman parte consustancial de su profesión: sin embargo, entre el resto de compañeros del sector meteorológico ajenos a la operatividad, existe la creencia relativamente extendida de que los profesionales de la meteorología operativa configuran un sector con mucha inercia y demasiada resistencia al cambio. ¿A qué puede deberse esta diferencia de percepciones?

Por un lado, existen una serie de **condiciones de contorno** en las características del trabajo operativo que no ayudan a que el dinamismo y la adaptación permanente se perciban desde fuera como aspectos característicos de la profesión. Entre estas condiciones destacan la preponderancia del trabajo en régimen de turnos en la mayoría de centros de predicción, o el hecho de que en buena parte de ellos los trabajadores desarrollen una parte importante de su trabajo en solitario o en periodos fuera del horario de oficina (noches, vacaciones, fines de semana, festivos, etc.). Todos estos factores ralentizan tanto la adopción de nuevas herramientas de trabajo como la difusión del conocimiento sobre las particularidades de las ya adoptadas -grado de fiabilidad, sesgos, etc.-.

Paralelamente, puede afirmarse que esa aparentemente excesiva “resistencia” a lo nuevo permitió durante muchos años el desarrollo de gran parte del valor añadido del predictor. Este **valor añadido “clásico”** (desarrollado cuando los modelos no eran más que una guía de la evolución del flujo a gran escala, como pasaba hasta tiempos

relativamente recientes), se construye mediante procesos cognitivos por los que el predictor reconoce patrones atmosféricos y los relaciona con los modelos conceptuales que conoce y situaciones atmosféricas pasadas. Como es lógico, para reconocer patrones y establecer relaciones con situaciones pasadas, es necesaria una cierta estabilidad en cuanto a las metodologías de trabajo, las herramientas y los protocolos de actuación, lo que además permite que exista una cierta homogeneidad y coherencia interna en las actuaciones de los predictores operativos a lo largo del tiempo.

El oficio del predictor se ve por tanto caracterizado por dos fuerzas actuando en sentido opuesto: una le obliga a estar en permanente modernización; la otra, le mantiene ligado a ciertas metodologías de trabajo que esencialmente no han cambiado desde el siglo pasado. Todo hace pensar que esta dualidad seguirá marcando la evolución de la profesión durante los próximos años, en los que la profesión podría sufrir un nuevo impulso, ir restringiéndose a un número aún más reducido de profesionales cada vez más especializados, o tender a desaparecer.

### **El futuro valor añadido del predictor**

A medida que los modelos numéricos fueron haciéndose más fiables, primero en la escala sinóptica y después en rangos cada vez más mesoescalares, el valor añadido “clásico” fue evolucionando hacia un **valor añadido “semi-clásico”**. La labor del predictor se extendió a la de intermediario entre los modelos y las condiciones meteorológicas realmente esperables en su zona de influencia, actuando de traductor del modelo (haciendo una especie de “*downscaling*” humano), por ejemplo corrigiendo sesgos sistemáticos, cuestionándolo y corrigiéndolo en los momentos clave, también en base a su experiencia. Esta experiencia acumulada permitió a su vez poner cada vez más atención en las labores de *nowcasting*, que han ido ganando importancia por el aumento en el número, calidad e inmediatez de los sistemas de observación.

¿Cuál será el papel del predictor humano en la meteorología operativa del futuro? Esta pregunta equivale a localizar y cuantificar el valor añadido que aún pueda aportar el predictor dentro de un universo meteorológico dominado por las máquinas. Aunque la fiabilidad de los modelos todavía tiene un amplio margen de mejora (por ejemplo en las situaciones de fenómenos adversos que es precisamente cuando más se necesita una buena predicción), parece claro que la frecuencia con la que un predictor humano podrá cuestionar y “corregir” al modelo continuará su tendencia decreciente. Por lo tanto el valor añadido seguirá evolucionando y transformándose, quién sabe si

perdiendo definitivamente los lazos que aún le unen con su concepción más clásica.

Sería lógico suponer que el trabajo cotidiano de un predictor se encuentra en lenta transformación hacia el horizonte futuro, pero en la práctica no está siendo así en muchos casos. Debido a factores de muy diverso tipo -organizativo, presupuestario, etc.- en muchos centros de trabajo gran parte del tiempo se sigue empleando en tareas que podría realizar mejor una máquina pero que aún no han sido automatizadas. La mayor orientación hacia tareas de consultoría y asesoramiento técnico a usuarios especializados, particularmente en el uso e interpretación de los nuevos productos -cada vez más basados en enfoques probabilistas- es otro de los anunciados roles futuros del predictor operativo, que igualmente se ha venido retrasando, en parte debido a las reticencias de muchos usuarios hacia este tipo de predicciones probabilistas [3].

### **La incertidumbre “se queda en casa”**

El enfoque probabilista de la meteorología se ha ido imponiendo a lo largo de los últimos años, tanto en modelización como en muchas herramientas y productos de postproceso; a su vez los predictores operativos han incorporado este enfoque a su práctica diaria. Este hecho contrasta con los avances tan limitados en cuanto a la comunicación de esta incertidumbre a los distintos grupos de usuarios. La sensación es que la incertidumbre “se queda en casa”. Esto pone de manifiesto que el predictor no es la única parte que se resiste a los cambios: el Sistema Nacional de Predicción de la Agencia Estatal de Meteorología (SNP) en su conjunto también tiende a ser “conservador” (por ejemplo: lleva más de veinte años utilizando el mismo “encorsetador” Libro de Estilo), y muchos usuarios especializados tampoco están concienciados de la utilidad de la variable incertidumbre meteorológica en su toma de decisiones, a pesar de que a menudo sí que usan información probabilista en otros ámbitos de su actuación.

Las consecuencias negativas de esta escasa difusión de la información probabilista son múltiples. Por un lado para el predictor, que puede dejar de pensar en términos de incertidumbre y regresar al enfoque determinista ante la evidencia de que tiende a ignorarse esta información. Esto puede conducirle a la llamada “sobrepredicción”, pues para la mayoría de predictores el “precio” de no pronosticar un fenómeno adverso se percibe mayor que el de pronosticarlo y que no llegue a producirse [2]. Por su parte el usuario estancado en predicciones deterministas sufrirá una pérdida de confianza en las predicciones y un desconocimiento de la precisión real de las mismas, perdiendo así la oportunidad de realizar su toma de decisiones de forma más efectiva.

## **Multiplicidad de modelos**

Desde la irrupción de las computadoras en la práctica de la meteorología operativa, el predictor siempre ha contado con un abanico de herramientas y modelos a su alcance para ayudarlo en su labor. Cada predictor desarrolla una metodología propia para procesar y manejar toda esa información, y poder ver el bosque y no sólo los árboles. Merece la pena señalar que este proceso mental, es decir, el conjunto de procesos cognitivos que llevan a los predictores a tomar sus decisiones, es quizá uno de los aspectos menos estudiados de la meteorología. La bibliografía al respecto es bastante escasa: destacamos por ejemplo una clasificación de tipos de predictores en función de diversas características comunes [4], o un extenso estudio sociológico realizado por un investigador que convivió durante varios meses en una oficina regional de predicción del servicio meteorológico de los Estados Unidos [5].

Con el paso del tiempo, el número y la diversidad de herramientas y modelos numéricos (deterministas, probabilistas, atmosféricos, de olas...) al alcance del predictor operativo no han hecho más que aumentar independientemente del organismo para el que presta servicio. Por ejemplo actualmente en AEMET están disponibles los modelos deterministas del Centro Europeo, HIRLAM-AEMET (0.05° y 0.16°) y HARMONIE, y los modelos probabilísticos EPS(CE), GLAMEPS o SREPS. No hay duda de que la mayor disponibilidad de modelos, cada uno con sus puntos débiles y fuertes, ha permitido mejorar la calidad de muchas predicciones (un ejemplo son los TAFs o pronósticos de aeródromo, que han evolucionado de forma acorde al incremento en su fiabilidad demandado por el usuario). Pero por otra parte, la complejidad del proceso de toma de decisiones también ha aumentado proporcionalmente. Cuantos más modelos se deban manejar, más difícil se hace conocer en profundidad algunas de sus características que pueden ser útiles en su uso rutinario (por ejemplo, cómo de bien o mal parametrizan la convección, etc.). Además, la frecuencia de actualización y mejora de los modelos también ha ido aumentando durante los últimos años, por lo que el predictor, que anteriormente podía llegar a corregir sesgos de un modelo en base a su mera experiencia en su utilización, no llega a familiarizarse con el mismo lo suficiente antes de que se implemente la siguiente versión.

Por otra parte, aunque el desarrollo y operación de los modelos numéricos como es lógico requiere la mayor parte de los recursos, pensamos que debería prestarse más atención a estudiar cómo explotarlos de manera óptima y cuáles son las “mejores prácticas” para que un predictor saque el mayor provecho de los mismos. Por ejemplo actualmente estamos viviendo el auge de los modelos no hidrostáticos de alta resolución, que no se pueden

interpretar de la misma manera que los modelos globales o de área limitada disponibles hasta el momento [6]. Estos modelos de alta resolución pueden aportar una información muy valiosa en ocasiones y en otras muchas pueden conducir a pronósticos fallidos y falsas alarmas, sin que el predictor tenga hasta el momento una forma adecuada de distinguir unos y otros casos.

## **Meteorología operativa vs. meteorología de desarrollo.**

La mayoría de herramientas de trabajo al alcance del predictor operativo son el resultado del trabajo de profesionales de la meteorología externos a la predicción operativa (predictores numéricos o “desarrolladores” de cualquier tipo de productos para la operatividad). A pesar de ello, probablemente no existen dos profesiones con intereses tan unidos y formas tan distintas de vivirlos. Los “desarrolladores” tienden a focalizarse en los conceptos físicos más teóricos, tienen una profunda comprensión de la predicción numérica y amplias aptitudes fuera de la meteorología (programación, etc). Por su parte, el predictor operativo centra su interés en los aspectos más prácticos, suele tener conocimientos muy generales sobre la predicción numérica, y mucha soltura en la toma rápida de decisiones combinando distintas dosis de análisis, experiencia e intuición.

El predictor operativo se siente así como el destinatario último de gran parte del trabajo de los “desarrolladores”, situado al final de una larga cadena con la que generalmente no llega a interactuar tanto como sería conveniente [3]. En general, entre ambos tipos de profesionales existe un cierto grado de desconocimiento sobre el “universo” laboral del opuesto. En ocasiones algunos predictores operativos pasan a formar parte del otro grupo, llevándose consigo una experiencia valiosa que podrán aprovechar en su nueva labor; el recorrido contrario, por el contrario, está mucho menos transitado. Pensamos que si se pusieran en marcha iniciativas orientadas a aumentar la interacción entre ambos grupos de profesionales, el SNP en su conjunto se beneficiaría. El predictor requiere más formación “sobre el terreno” para asegurar el buen uso de herramientas cada vez más complejas, como ya se ha comentado en el apartado anterior al mencionar la necesidad de potenciar la explotación de los modelos. Por su parte, el “desarrollador” podría beneficiarse de un contacto más “real” con aquello que los modelos buscan predecir, y la utilidad del resultado de su trabajo aumentaría al conocer de primera mano las necesidades de sus usuarios directos.

## **Redes sociales**

El auge de las redes sociales en general y de Twitter en particular ha permitido introducir un nuevo canal de difusión de la información meteorológica

elaborada por los grupos de predicción operativa y la posibilidad de establecer una vía de comunicación rápida y directa con el público general, con quien hasta ahora los contactos eran más bien escasos. Gracias a la amplia presencia de aficionados a la meteorología en estas redes, es muy frecuente recibir casi en tiempo real información de retorno muy valiosa en situaciones de tiempo adverso. En el Grupo de Predicción y Vigilancia de Barcelona la búsqueda y consulta de reportes de usuarios de Twitter ha permitido en ocasiones determinar casi en tiempo real la cota de nieve en diversos episodios de nevadas en cotas bajas ocurridos durante los últimos meses. También es frecuente encontrar en Twitter información gráfica sobre la ocurrencia de fenómenos atmosféricos singulares que pueden ser importantes para las tareas de vigilancia y *nowcasting*, como por ejemplo granizadas severas, trombas marinas o pequeños tornados. Anteriormente este tipo de observaciones llegaban al predictor en mucha menor medida y con un desfase temporal muy superior.

A pesar de las bondades de esta herramienta social y su gran potencial de desarrollo futuro, es aconsejable tomar con cautela esta nueva fuente de información, no tanto por la incertidumbre en ocasiones existente sobre su precisión como por la falta de costumbre en el manejo de esta información. Es decir, el predictor aún no ha “calibrado” cómo debe afectar esta información en su toma de decisiones, al contrario que sucede con otras situaciones a las que se enfrenta frecuentemente con las herramientas tradicionales de un entorno operativo.

### ¿El futuro de la profesión?

El lector habrá advertido que no se ha mencionado la “predicción operativa 2.0” del título en todo el artículo. Es así porque, aunque parece claro que nuestra profesión vivirá cambios sustanciales durante los próximos años, la dirección exacta de estos cambios no está clara y las características de esa futura “profesión 2.0” actualmente no pueden concretarse con seguridad. El reto de la predicción operativa en los próximos años pasa por realizar un análisis en profundidad sobre el estado del arte meteorológico, el tipo de servicios meteorológicos demandados por la sociedad y la evolución de ambos aspectos a corto y medio plazo, hasta encontrar un hueco en el que la profesión pueda seguir abriéndose camino: es un debate en el que esperamos tengan voz todos los eslabones de la cadena. La alternativa -o el resultado de la inacción- sería un escenario en el que, finalizada con éxito la automatización de todo lo automatizable, el predictor quedara relegado a las tareas residuales - una suerte de predictor humano “automatizado”-.

### Referencias

[1] David M.L. Sills, “On the MSC forecasters forums and the future role of the human

forecaster“ *Bulletin of the American Meteorology Society(BAMS)*, Volume 90, Number 5, May 2009

[2] Stuart N. A., Schultz D. M., Klein G., 2007, Maintaining the Role of Humans in the Forecast Process, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 88, 1893-1898

[3] Novak, David R., David R. Bright, Michael J. Brennan, 2008: Operational Forecaster Uncertainty Needs and Future Roles. *Wea. Forecasting*, 23, 1069–1084.

[4] Klein, G., 1998: *Sources of Power: How People Make Decisions*. The MIT Press, 330 páginas.

[5] Gary Alan Fine. *Authors of the Storm: Meteorologists and the Culture of Prediction* University of Chicago Press, 2009 - 280 páginas.

[6] Schultz, D., M. Ramamurthy, E. Gregow and J. Horel: *Numerical Weather Prediction and Data Assimilation*, (<http://testbed.fmi.fi/course/data-assimilation-nwp-schultz.ppt>)