

TABLA II  
Funcionarios de la Oficina en intercambio con la AMC

N.º	Área de cooperación técnica
17	Satélites meteorológicos
10	Predicción Numérica del Tiempo
7	Vigilancia de la Atmósfera Global
11	Meteorología tropical y ciclones tropicales
2	Meteorología antártica
4	Enseñanza y formación profesional
11	Clima y cambio climático
1	Apoyo meteorológico a los Juegos Olímpicos
21	Otros

### Conclusión

Desde la firma del MDE entre la AMC y la Oficina en 1985 se han producido importantes avances en la meteorología en China y en Australia, gracias, en gran medida, a la intensificación hecha a través de la cooperación técnica bilateral entre los dos Servicios, en especial en el área de los satélites meteorológicos. Como copresidentes del GCT vemos con gran satisfacción y orgullo el excelente progreso logrado durante los 17 úl-

TABLA III  
Funcionarios de la AMC en intercambio con la Oficina

N.º	Área de cooperación técnica
28	Satélites meteorológicos
18	Predicción Numérica del Tiempo
4	Vigilancia de la Atmósfera Global
13	Meteorología tropical y ciclones tropicales
2	Meteorología antártica
5	Enseñanza y formación profesional
7	Clima y cambio climático
26	Apoyo meteorológico a los Juegos Olímpicos
96	Otros

timos años y esperamos un brillante futuro de cooperación beneficiosa para ambas entre la meteorología china y la australiana.

### Agradecimientos

Los autores quieren dar las gracias al Sr. Shen Xiaonong, Director General del Departamento de Cooperación Internacional de la AMC, y al Dr. Venantius Tsui, Superintendente de Asuntos Públicos e Internacionales de la Oficina, por su ayuda para realizar este informe.

## *Perspectiva regional de la predicción y el proceso de datos meteorológicos*

Por Woo-Jin LEE<sup>1</sup>

### Introducción

La predicción numérica del tiempo (PNT) es una herramienta indispensable para la predicción, desde el tiempo diario a la proyección mensual. En los cincuenta últimos años se ha logrado un rápido progreso con el avance de las ciencias atmosféricas y de la tecnología de la información y el proceso de datos. Se ha incrementado la resolución de los modelos de PNT y los esquemas de parametrización física se han vuelto más sofisticados a medida que aumentaba la potencia de cálculo. En la actualidad, la precisión de las predicciones a tres días es dos veces mejor que hace veinte años

(Simmons y Hollingsworth, 2002; Bengtsson, 1991). Los errores en la trayectoria de ciclones tropicales a 48 horas se han reducido a la mitad con respecto a los de hace veinte años (Comité de Tifones, 2002).

Las técnicas de asimilación de datos han evolucionado muy rápido en los últimos años en los centros avanzados de PNT. La radiancia de los satélites es asimilada directamente con asimilación variacional de datos en cuatro dimensiones (Bouttier y Kelly, 2001). La reflectividad del radar y los vectores de viento Doppler se asimilan en el análisis regional como un modo de investigación (Wilson y otros, 1998). Ha habido una gran aplicación de las técnicas de conjuntos, incluido el enfoque de consenso, en la predicción de corto a largo plazo (Fritsch y otros, 2000), que se han seguido ampliando a la trayectoria de los ciclones tropicales. La

<sup>1</sup> Ponente del SMPD de la AR II, Administración Meteorológica de Corea, 460-18 Shindaebang-dong Dongjak-gu Seúl, 156-720, República de Corea





Tabla I

Situación de los sistemas de predicción numérica del tiempo de la Región II basado sobre todo en un estudio de abril de 2002. (\*) indica información basada en los estudios anteriores de 2000 ó 1997. MG = Modelo Global; MAL = Modelo de Área Limitada; MME = Modelo de Meso Escala (resolución superior a 20 km); Cto. = Sistema de Predicción por Conjuntos; MCGO/A = Modelo de Circulación General Oceánica/Atmosférica

Centro	Situación	Modelos	Resolución	Niveles	Plazo
Bangkok	CMN	MG	100 km	19	72 h
		MAL	50 km	19	72 h
		MME	17 km	31	36 h
Pekín	Modelo Geográfico y de Transporte (M. T.) CMRE	MCGO/MCGA	T106	30	30 días
		MG	T106	19	10 días
		Cto. 32 elementos	T106	19	10 días
		MAL(HLAFS)	0,5°	20	48 h
		MAL(MTTP). Tropical	50 km	15	48 h
Hanoi	CMN	MAL	28 km	20	72 h
Hong Kong	CMN	MCGA	15 km	18	84 días
		MAL(OLAM)	20 km	36	24 h
		MAL (RSM)	60 km	36	48 h
Yedah	CMN	MAL	48 km	48	48 h
Masqat*	CMN	MAL	28 km	20	48 h
		MME	7 km	20	48 h
Moscú	Geo. - M. T. y CMRE	MCGA	250 km	15	
		MG	120 km	31	10 días
		Cto. 5 elementos	250 km	15	30 días
Nueva Delhi	Geo. y CMRE de C. T.	MAL	50 km	31	48 h
		MCGA	200 km	15	30 días
		MG (NCMRWF)	T80	18	7 días
Seúl	CMN	MAL (LAFS)	75 km	16	48 h
		MCGA	T106	21	180 días
		MG (GDAPS)	T213	31	240 h
		Cto. 32 elementos	T106	21	10-30 días
Tashkent*	CMN	MME (RDAPS)	30/10/5 km	33	48 h
		MAL	200 km	10	2 días
Tokio	Geo. - M.T. y CMRE de C.T.	MCGA/MCGO	T42/200 km	21/20	525 días
		MG	T213	40	216 h
		Cto. 25 elementos	T106	40	Un mes
		MME	10/20 km	40	18/51 h
		Tifón (TYM)	40 km	15	78 h

res de alto rendimiento (Figura 2). La petición de salidas de PNT en formato digital (GRIB o GRID) desde los centros avanzados aumentó en términos de tiempo de entrega y de volumen de datos. Esto implica que los Miembros tienen más capacidad que nunca para tratar la salida de los modelos de PNT para su aplicación mediante el postproceso con el uso cada vez mayor de

estaciones de trabajo y de ordenadores personales. Esta tendencia refleja en parte el creciente reconocimiento y apreciación de la PNT como una máquina que genera productos con valor añadido para la sociedad de la información sintetizando distintas observaciones para la información meteorológica de forma coherente tanto en el espacio como en el tiempo.

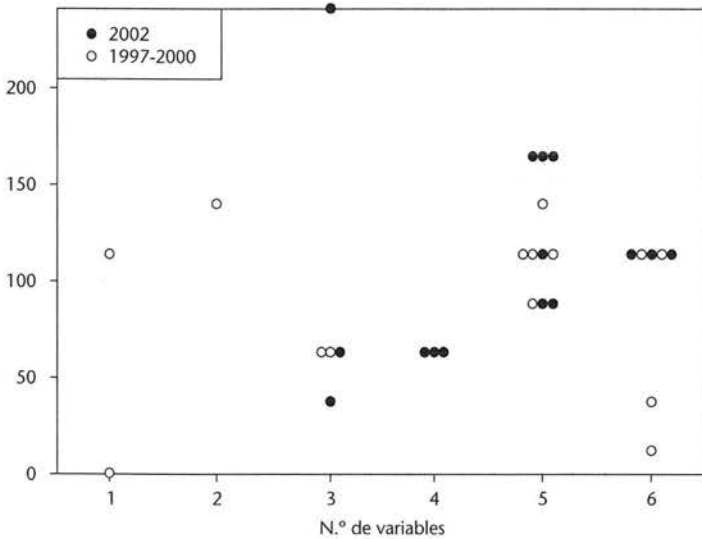


Figura 2 — Salidas de modelos de PNT solicitadas a cuatro centros de predicción numérica del tiempo de clase mundial de la Región II, basadas en los tres estudios realizados en octubre de 1997, abril de 2000 y abril de 2002. Se observa una tendencia de demanda para un plazo cada vez mayor y para variables más diversas.

El interés de los Miembros varía según el grado de desarrollo de su sistema de PNT. Los centros avanzados de PNT se centran en la asimilación de datos de observaciones no sinópticas, incluidas la radiancia de satélite y el viento y la reflectividad del radar Doppler, y en la aplicación de técnicas de conjuntos. Los centros en rápido desarrollo han adoptado un modelo regional en estación de trabajo o en ordenador personal. Otros Miembros piden más salidas de modelo de los centros avanzados para el posproceso y la aplicación a la predicción meteorológica. La mayor parte de los Miembros depende de la salida del modelo de los centros principales de PNT. Unos pocos están llevando a cabo un esfuerzo paralelo para crear una base de conocimiento para interpretar los productos de sus propios modelos.

**Modernización y desafío**

La comunidad científica fomenta la tecnología de PNT en el entorno operativo y ofrece recursos humanos para aplicar las salidas de los modelos a la predicción meteorológica. Los predictores identifican mecanismos de error en el modelo de PNT y los modelizadores mejoran el modelo de PNT y la asimilación de datos para superar a su vez los puntos débiles de la salida del modelo de PNT. El Servicio Meteorológico mantiene una base de datos de observaciones y salidas del modelo que puede utilizar el colectivo de investigadores. El Servicio evalúa el rendimiento de los predictores y de los modelos de PNT en distintos aspectos, incluida la evaluación del valor económico de la información meteorológica. La opinión pública y la demanda global de distintos sectores sociales determinan la financiación gubernamental de la tecnología de PNT.

Como señaló un estudio reciente de la OMM, el nivel global de financiación gubernamental, la creación de capacidades y la modernización constituyen tres temas fundamentales a los que se enfrentan los Miembros de la Región II (OMM, 2002). Esta conclusión también resulta adecuada para el campo de la PNT. Los centros de PNT de la Región II han experimentado una rápida modernización excepto unos pocos centros avanzados de PNT. La modernización se pone en marcha, a menudo, mediante directivas y motivación del sector gubernamental y se enfrenta a distintos desafíos debido a la tensión que surge del desequilibrio entre las subcomponentes de la comunidad científica (Bernard, 1975).

**Fundamento para la financiación gubernamental**

La mayor parte de los centros de predicción de la Región II dependen en cierta medida, para su predicción meteorológica de rutina, de las salidas de los modelos de los Centros Meteorológicos Mundiales (CMM), los Centros Meteorológicos Regionales Especializados (CMRE) y del Centro Europeo de Predicción Meteorológica a Medio Plazo (CEPMMP). Internet ofrece la oportunidad adicional de acceder a productos de PNT de gran calidad de todo el mundo. La predicción de consenso basada en numerosos productos de PNT de varios centros de PNT ha tenido éxito y ha sido una práctica común en la Región durante algún tiempo. Sin embargo, es bastante evidente, después de reflexionar un poco sobre el proceso científico de la predicción meteorológica, que ejecutar un sistema operativo de PNT resulta beneficioso para los Centros Meteorológicos Nacionales (CMN) de muchas formas, tal y como se describe a continuación.

En primer lugar, la función más importante de un modelo de PNT es ofrecer un análisis coherente que integre observaciones no homogéneas en un flujo muy pasajero e intermitente mediante la asimilación de datos. De momento, el análisis local se deja como responsabilidad de los CMN, ya que en la mayoría de los casos muchas observaciones in situ y su información de calidad están disponibles únicamente de forma local. Como la predicción del tiempo adverso depende de manera crítica del análisis local, la demanda de este último aporta una motivación importante para ejecutar un modelo de PNT de forma operativa. En segundo



lugar, las salidas de los modelos exteriores abarcan un volumen limitado de productos en términos de intervalo temporal, variables y resolución debido a la sobrecarga de las comunicaciones y/o a la política de comercialización. Las salidas del modelo de PNT pueden visualizarse en modo interactivo, reaccionando prontamente a las solicitudes, sólo si todas las salidas del modelo se producen localmente y se almacenan en una memoria cercana de acceso aleatorio. En tercer lugar, las retroalimentaciones entre los predictores y los que desarrollan el modelo constituyen un requisito previo para identificar las características de error y para construir modelos conceptuales para la corrección subjetiva de los errores del modelo. Dichas retroalimentaciones son bastante débiles cuando se utilizan salidas del modelo producidas lejos<sup>2</sup>. En cuarto lugar, pero no por ello menos importante, el funcionamiento de un sistema de PNT abre un campo nuevo de investigación en la simulación numérica y estimula una amplia gama de actividades de investigación para avanzar en el conocimiento dinámico del movimiento atmosférico, como ilustran Tribbia y Anthes (1987).

Sin embargo, no es tarea fácil convencer a los responsables de la toma de decisiones de los países en vías de desarrollo de los beneficios de disponer de un sistema de PNT. El éxito parcial de la larga práctica de utilizar las salidas de los modelos del extranjero les evita tener que invertir más recursos financieros en un sistema de PNT. Incluso en el caso de que un centro de PNT ejecute su propio sistema de PNT, la calidad de los productos del modelo no es tan buena como la de los centros avanzados de PNT. Además, los centros de PNT en desarrollo carecen de la financiación y de la experiencia para llevar a cabo un proyecto de demostración que fomente el valor de mejorar un sistema de PNT o de desarrollar un sistema nuevo. Las evaluaciones de la utilidad económica del sistema de PNT son pobres y hay poca base para la financiación gubernamental.

### Recursos humanos

Para desarrollar un sistema de PNT hace falta un grupo de personas altamente capacitadas durante varios años, lo que no pueden permitirse la mayor parte de los países en vías de desarrollo (Lambergeon, 1992) en otro contexto. La adopción de un modelo de PNT para un nuevo centro operativo requiere al menos de una docena de personas capacitadas durante uno o dos años. Es una tarea larga y concienzuda desarrollar un sistema consistente de asimilación de datos para las

condiciones iniciales, poner a punto la física del modelo, los distintos parámetros y el efecto topográfico, y refinar un paquete de posproceso, incluida la interpretación estadística de los elementos meteorológicos locales. Generalmente, los que primero desarrollan el modelo tienen un vivo interés en el funcionamiento de su modelo en el nuevo entorno, pero apenas tienen idea o experiencia de cómo ponerlo a punto para que resulte adecuado al centro operativo. La puesta a punto requiere de una mente creativa, como la traducción de un libro extranjero, y es una especialidad en sí misma. Lleva tiempo y paciencia crear los conocimientos técnicos sobre el funcionamiento y la puesta a punto de un sistema de PNT.

La comunidad científica tiene, en general, paradigmas similares para buscar temas de investigación (Kuhn, 1970). Se fomenta la presentación a las revistas científicas de ideas nuevas y temas de primera línea. Según esto, los investigadores siguen la tendencia de moda. A menudo hay un vacío entre los temas de investigación populares, como la asimilación variacional de datos y la técnica de conjuntos, y la tecnología necesaria para el desarrollo de centros de PNT. Esos centros de PNT están interesados en poner a punto el programa del modelo y en desarrollar preprocesadores y posprocesadores adecuados, y un modelo conceptual para los mecanismos de corrección de errores. Esto, a su vez, desanima a los investigadores y a los estudiantes universitarios locales a adquirir el conocimiento necesario para el centro operativo de PNT. Además, los predictores tienden a dar importancia a las salidas de los modelos más consistentes y precisas. Las salidas de modelos de centros de PNT en vías de desarrollo y recién desarrollados no son superiores a las de los centros avanzados, como el CEPMMMP. Por ello, hay poca retroalimentación por parte de los predictores locales al centro de PNT, lo que sigue desanimando a los investigadores del centro de PNT a mejorar su sistema.

Mientras la tecnología operativa de vanguardia de asimilación de datos no pueda diagnosticar del todo las líneas de convergencia mesoescalares, los frentes estrechos y las tormentas convectivas aisladas, los modelos conceptuales basados en la meteorología sinóptica podrían ser herramientas complementarias para la interpretación de productos de modelos con alguna ampliación al diagnóstico de inestabilidad para el tiempo adverso potencial. Durante la modernización, los predictores están acostumbrados a algunos productos básicos de centros avanzados de PNT, tales como la vorticidad a 500 hPa, la velocidad vertical a 700 hPa, la distribución de la precipitación, etc. En muchos casos es difícil comprender, con las salidas básicas, qué está pasando en la atmósfera del modelo sin un estudio detallado del caso, incluida la sensibilidad

2 Se agradece que algunos centros de PNT, como el de la Armada de los EE.UU. (NOGAPS), realicen un esfuerzo por suministrar la característica de error del modelo a través de Internet.



del modelo a los parámetros cambiantes de la física, las condiciones iniciales y las condiciones de contorno. Aunque los investigadores de los centros de PNT en vías de desarrollo tienen poco tiempo o poca mano de obra para controlar un caso de estudio similar y crear un modelo conceptual, el colectivo local de investigadores exteriores al Servicio Meteorológico no muestra demasiado interés en el problema, pasado de moda, de la meteorología sinóptica. Esto causa a su vez problemas en la creación de capacidad para el buen sinóptico, y para el buen predictor o intérprete de la salida del modelo. "La falta de incentivos internos para los investigadores para que destaquen en su trabajo" se considera uno de los principales factores que dificultan la producción de información meteorológica en los países en vías de desarrollo (Crouthamel y Scotti, 1997) y parece aplicable también a los centros de PNT en desarrollo o en rápido desarrollo.

### Espíritu científico

La ciencia es un sistema abierto que evoluciona, en cierto modo, con falsificaciones (Popper, 1982). La ciencia se desarrolla como sigue: (a) los descubrimientos no encajan con la teoría, (b) se evalúa la teoría y se reflexiona sobre ella, y (c) se revisa la teoría o se desarrolla una nueva (Dewey, 1966). La predicción meteorológica es un proceso científico (Tribbia y Anthes, 1987) que funciona con ordenadores, software y mano de obra. La modelización numérica y la asimilación de datos asociada es una teoría desarrollada y mantenida por un grupo de investigadores que trabajan en centros de PNT, institutos o universidades. Hay áreas en las que un modelo tiene una utilidad limitada, como la predicción inmediata y la predicción a largo plazo más allá de 5 ó 7 días. Para dichas áreas, los modelos conceptuales y los estadísticos complementan a los modelos de PNT. Los predictores aplican la teoría al problema práctico de la predicción meteorológica con el apoyo de ordenadores y de tecnología de telecomunicaciones. La evaluación objetiva del funcionamiento del modelo la realizan en parte el centro de PNT con métodos estadísticos y en parte los predictores mediante análisis sinóptico. La red de observaciones terrestres y la tecnología de teledetección apoyan la validación de la teoría. Las conclusiones sobre los defectos de la PNT y los modelos conceptuales y estadísticos complementarios hacen que la investigación adicional tenga en cuenta las últimas conclusiones.

La mayor parte de los recursos de un Servicio Meteorológico están implicados en el proceso científico de la predicción meteorológica, de la que la modelización numérica y la asimilación de datos son sólo una parte. Se necesita una gran coordinación para mante-

ner el proceso científico, para facilitar el flujo de información, clarificar los canales de retroalimentación y garantizar un desarrollo equilibrado entre las subcomponentes. Para aquellos centros de PNT que adopten el sistema de PNT extranjero, dicha coordinación debería ampliarse para permitir la retroalimentación de información de los que desarrollaron el modelo originariamente. Sin embargo, el proceso de modernización se produce a menudo tan rápidamente que sólo se ejecuta la parte técnica, como la programación, mientras que los demás elementos, como la estructura institucional para la coordinación de los procesos científicos y el apoyo a los recursos humanos, se descuidan. Hay mucho escepticismo sobre el valor de la PNT, sencillamente porque tiene limitaciones para identificar el momento y lugar en el que se produce una tormenta y falla en la predicción de la cantidad exacta de precipitación cuantitativa asociada a la lluvia convectiva. Obviamente, este es un campo de la ciencia atmosférica que plantea desafíos y progresa lentamente con el avance de la asimilación continua de datos, la tecnología de teledetección y el estudio de la predictibilidad. Se observa que los modelos actuales de PNT podrían ofrecer potencial para predecir tiempo violento con el apoyo de modelos conceptuales. La técnica de conjuntos puede aportar una nueva percepción al problema suministrando una medida cuantitativa de la incertidumbre o de la predictibilidad. La coordinación de la predicción meteorológica también incluye la clarificación de lo que está disponible y de lo que queda más allá de nuestra capacidad, y una apreciación de los últimos logros científicos.

Las decisiones finales sobre avisos y predicciones de tiempo adverso las toman los predictores humanos, sin importar cuán perfecta sea la teoría en la que se basa la PNT. La predicción meteorológica es una especie de servicio de consultoría. Resulta difícil imaginar una autoridad de prevención y preparación frente a desastres que evacue zonas costeras por un aviso de trayectoria de ciclón tropical hecho por un robot, o una torre de control aéreo que emita un aviso de descenso violento del aire en área restringida basándose simplemente en una máquina automática. Además, hay varias áreas, como el reconocimiento de esquemas o configuraciones, que se basan en herramientas de visualización y en un examen crítico de la deficiencia de las condiciones iniciales, en las que los humanos trabajan mucho mejor que las máquinas o donde hace falta un juicio de valor (McIntyre, 1988; Brooks y Doswell, 1993). La salida del modelo debe ser interpretada por predictores humanos y el valor de un sistema de PNT depende en gran medida del papel de los predictores humanos. Hace falta un desarrollo equilibrado para mejorar la predicción meteorológica entre el sis-



tema de PNT y la creación de capacidades de los predictores. Sin embargo, a menudo se da importancia al desarrollo de un sistema de PNT durante la modernización y se descarta la inversión en predictores.

### Bifurcación del interés

Parece que la colaboración mundial en el intercambio de observaciones sinópticas tiene una base fuerte ya que cada Miembro tiene un interés común en las observaciones de los demás para su predicción meteorológica. Así, el Sistema Mundial de Observación (SMO) y el Sistema Mundial de Telecomunicaciones (SMT) de la Vigilancia Meteorológica Mundial están en una posición favorable a este respecto. El Sistema Mundial de Proceso de Datos (SMPD) está en una situación bastante distinta, porque los centros de PNT desarrollados tienen intereses distintos a los de los centros de PNT en vías de desarrollo o en rápido desarrollo. Mientras que el primer grupo quiere que las salidas de su modelo y los productos recién desarrollados, como los productos de conjuntos, se prueben en otros países para tener información sobre el rendimiento del modelo, el segundo grupo quiere adoptar modelos de PNT o desarrollar sus propios modelos de PNT con algo de apoyo técnico de los centros avanzados de PNT. El último grupo espera con entusiasmo recibir más productos de modelos del primer grupo de manera oportuna, pero el primer grupo está interesado, al contrario, en obtener más observaciones a cambio. Parece que no funciona el concepto de "concesiones mutuas" dentro del SMPD, y en su lugar parece más apropiado el concepto de "donante y receptor". La predicción a largo plazo sería una excepción. Su base teórica sigue evolucionando con éxito parcial en el caso de forzamientos externos destacados, como El Niño (Hartmann y otros, 2002). La mayoría de los productos numéricos a largo plazo están disponibles en Internet a pesar de su potencial valor de mercado si se aplican correctamente y están a disposición de los usuarios para evaluar el rendimiento del modelo.

Un sistema de PNT es parte indispensable del proceso científico de predicción meteorológica. Debería tenerse en cuenta la implicación de un sistema de PNT en la investigación y la asimilación de datos además de la implicación aparente de la predicción. Para alcanzar el objetivo de mitigar la pérdida de vidas y de propiedades, en su mayor parte debidas a situaciones de tiempo adverso, todos los centros de predicción necesitan la capacidad de acceder a una salida de modelo de centros avanzados de PNT y de interpretarla o de ejecutar sistemas de PNT por sí mismos. Hay muchos productos de PNT de distintos centros de investigación u operativos disponibles a través del SMT o de Internet, pero con directrices limitadas sobre las características de error y frecuentes cambios de modelo.

El desarrollo del mecanismo de corrección de errores se deja a los predictores receptores. Hay unos pocos modelos del colectivo de investigadores (Serafín y otros, 2002) que constituyen un punto de partida útil. Sin embargo, y debido al limitado mantenimiento o a la poca consulta, se deja al receptor la aplicación del programa del modelo al entorno informático existente. A medida que la comercialización progresa y se extiende a los países en vías de desarrollo el intercambio gratuito de productos procesados del modelo aporta más tensiones al desarrollo de un sistema independiente de PNT.

En vista de estos intereses tan dispares entre Miembros dentro del SMPD, la OMM debe reconocer que existen dichas diferencias, buscar programas de modelo colectivos y salidas procesadas de modelos y presentar estos recursos a los Miembros que los necesiten. Teniendo en cuenta que la transferencia de procesos científicos lleva mucho tiempo y preparación, la transferencia sencilla de un programa o de las salidas de un modelo no significa mucho a este respecto. Esto también está bien reflejado en las tres primeras prioridades de la Región II, que son la formación profesional, la cooperación técnica y la investigación (OMM, 2002). Es importante ofrecer una oportunidad a los investigadores de sistemas operativos de PNT para que se enfrenten a problemas similares, para lograr juntos una sinergia que pueda superarlos y para recibir consulta y experiencia sistemática de los centros avanzados de PNT. Mientras tanto, sería útil que los investigadores de centros desarrollados y en vías de desarrollo de PNT se reunieran para estudiar sus problemas bajo el parapeto de la VMM comprendiendo que la colaboración en el SMPD necesita, definitivamente, una asociación con el SMO y el SMT.

### Recomendación

Un proyecto de demostración sería especialmente útil para destacar el valor positivo y el resultado esperado de la inversión en el desarrollo o mejora de sistemas de PNT en centros en vías de desarrollo o en rápido desarrollo de PNT. Puede que esos centros quieran mostrar el proyecto a las autoridades, pero puede que no tengan los recursos financieros y humanos para hacerlo. El examen del progreso en un centro avanzado de PNT resultaría útil para comprender cómo desarrollan su sistema de PNT, qué implica eso para la sociedad, y qué se necesita para su aplicación y funcionamiento. La experiencia de los centros de PNT recién desarrollados es especialmente útil porque ofrece un ejemplo más vívido sobre cómo mejorar el sistema de PNT en un entorno socioeconómico similar. La demostración necesita una investigación detallada del valor económico de las predicciones meteorológicas y de la



sensibilidad del sistema de PNT a las predicciones meteorológicas. Se recomienda a la OMM que estudie desarrollar proyectos de demostración sobre la utilidad de los sistemas de PNT. El proyecto de demostración puede inducir al apoyo voluntario de las compañías comerciales de los países avanzados, ya que están interesadas en presentar sus actividades y contribuciones, a la vez que se destaca la importancia de las infraestructuras, como la PNT. El tema de demostración depende del grupo al que se dirige. La aplicación y el funcionamiento de un modelo comunitario de PNT y el posproceso de los productos de valor de punto de rejilla (GPV) serían adecuados para centros en desarrollo de PNT. La asimilación de datos, incluidas observaciones no sinópticas y técnicas de conjuntos, serían importantes para centros en rápido desarrollo de PNT.

Los recursos humanos son una necesidad acuciante para la mayor parte de los países en los que se está modernizando la PNT. Para ajustar el programa del modelo, y para interpretar la salida del mismo, hacen falta conocimientos técnicos y experiencia de personal capacitado al que se puede animar a través de una comunicación intensa con expertos de centros tanto avanzados como en rápido desarrollo de PNT que se enfrenten a problemas similares. Para acelerar la creación de capacidades se recomienda celebrar un seminario centrado en la puesta en marcha, el funcionamiento y la aplicación de sistemas de PNT. El seminario propuesto estaría diseñado para intercambiar conocimientos técnicos y experiencia en el ámbito de trabajo de la PNT. Investigadores de centros en vías de desarrollo o en rápido desarrollo de PNT compartirían los problemas y la experiencia para superar el problema. Además, los investigadores y los encargados de desarrollar el modelo se reunirían para intercambiar las características de comportamiento del modelo, los problemas de ajuste, el análisis inicial y las condiciones de contorno, y un posible remedio para su mejora. Los investigadores tendrían también la oportunidad de reunirse con los predictores para tratar, en particular, la aplicación de productos del modelo de tiempo adverso. Sería muy útil mantener sesiones sobre la aplicación de modelos conceptuales para corregir errores en la salida del modelo y sobre modelos comunitarios.

Para crear capacidad con muy poca inversión sería útil que expertos en el tema llevaran a cabo un examen exhaustivo de los problemas actuales. En particular, sería muy beneficioso, para que los predictores se animaran en el uso avanzado de la salida del modelo, la interpretación de la salida del mismo para predicción de tiempo adverso y modelos conceptuales para

aplicaciones mesoescalares. El examen global de la asimilación de datos y la actuación en paralelo con los investigadores operativos sería de gran ayuda para crear conocimientos técnicos en el futuro. La Guía del SMPD es útil, pero esperamos que sea revisada para destacar el papel del elemento humano y de la coordinación científica de recursos, que resultan esenciales para que el SMPD funcione correctamente.

### Bibliografía

- BENGTSSON, L., 1991: Advances and prospects in numerical weather prediction. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 117, 855-902.
- BERNARD, E.A., 1975: Cost and structure of meteorological services with special reference to the problem of developing countries. Technical Note No. 146, WMO-No. 426, Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, 51 pp.
- BOUQUIER, F. y G. KELLY, 2001: Observing system experiments in the ECMWF 4D-Var data assimilation system. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 127, 1469-1488.
- BROOKS, H.E. y C.A. DOSWELL, III, 1993: New technology and numerical weather prediction—a wasted opportunity? *Weather*, 48, 173-177.
- CROUTHAMEL, R. y R. SCOTTI, 1997: Factores que impiden que se elabore y se utilice información meteorológica en los países en desarrollo. *Boletín de la OMM* 46, 151-160.
- DEWEY, J., 1996: Democracy and education. Macmillan Publishing Co., Inc., 378 pp.
- FRITSCH, J.-M., J. HILLIKER y J. ROSS, 2000: Model consensus. *Weather and Forecasting*, 15, 571-582.
- HARTMANN, H.C., T.C. PAGANO y R. BALES, 2002: Confidence builders: evaluating seasonal climate forecasts from users perspectives. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 83, 683-698.
- KUHN, T.S., 1970: The structure of scientific revolutions. The University of Chicago Press, 210 pp.
- LAMBERGEON, D., 1992: Algunas reflexiones sobre la cooperación norte-sur en el ámbito de la meteorología. *Boletín de la OMM* 41, 280-294.
- MCINTYRE, M.E., 1988: Numerical weather prediction: a vision of the future. *Weather*, 43, 294-298.
- POPPER, K.R., 1982: *The open universe*. Hutchinson, Londres.
- SERAFIN, R.J., A.E. MACDONALD y R.L. GALL, 2002: Transition of weather research to operations: opportunities and challenges. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 83, 377-391.
- SIMMONS, A.J. y A. HOLLINGSWORTH, 2002: Some aspects of the improvement in skill of numerical weather prediction. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 128, 647-677.
- TENNEKES, H., 1988: Numerical weather prediction: illusions of security, tales of imperfection. *Weather*, 43, 165-170.
- TRIBBIA, J. J. y R. ANTHES, 1987: Scientific basis of modern weather prediction. *Science*, 237, 493-499.
- TYPHOON COMMITTEE, 2002: Final report 35th session, 19-25 November 2002, Chiang Mai.
- WILSON, J.W., N.A. CROOK, C.K. MUELLER, J. SUN y M. DIXON, 1998: Nowcasting thunderstorms: a status report. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 79, 2079-2099.
- OMM, 2002: Algunas conclusiones del cuestionario de la OMM sobre el papel y el funcionamiento de los Servicios Meteorológicos Nacionales. *Boletín de la OMM*, 51, 374-378.