

Mejoras en la investigación y la predicción meteorológicas en apoyo de los Juegos Olímpicos y Paralímpicos de Invierno de Pekín 2022

por **Mingxuan Chen**¹, **Jiannong Quan**, **Shiguang Miao**, **Ju Li** y **Min Chen**², **Walter Dabberdt**³, **Zongmin Wang**⁴, **Guo Deng**⁵, **Chongping Ji**⁶, **Jinjun Pan** y **Wei Tang**⁷

El tiempo constituye un factor determinante para el éxito de los Juegos de Invierno. Los próximos Juegos Olímpicos de Invierno se celebrarán del 4 al 20 de febrero de 2022 en Pekín y en la provincia vecina de Hebei (China). Los Juegos Paralímpicos tendrán lugar un mes después, del 4 al 13 de marzo. La planificación de eventos al aire libre dependerá de la predicción meteorológica inmediata y a muy corto plazo.

La emisión de avisos y predicciones fiables y precisas de temperatura, humedad, visibilidad y valores extremos de viento influye en la planificación, el rendimiento de los atletas y las condiciones de las distintas pruebas a celebrar. Son también importantes para garantizar la seguridad de atletas, personal de apoyo, espectadores y operaciones de tránsito. Además, los procesos de fabricación y almacenamiento de nieve artificial necesitan predicciones inmediatas y de muy corto plazo, precisas y de alta resolución en lo que se refiere a la temperatura, la humedad y el viento en superficie y en cotas bajas.

En la zona urbana de Pekín tendrán lugar las ceremonias de inauguración y clausura de los Juegos, todas las competiciones sobre hielo y la modalidad de "salto gigante" de *snowboard*. Las actividades de esquí alpino y descenso en trineo se desarrollarán en la zona montañosa de

Haituoshan, en el distrito de Yanqing (a unos 60 km al noroeste del centro de Pekín). El esquí nórdico y los saltos de esquí tendrán lugar en Chongli, condado de la ciudad de Zhangjiakou, en la provincia de Hebei (a unos 100 km al noroeste del centro de Pekín).

Proyecto de investigación y desarrollo

La predicción para los Juegos de Invierno de 2022 resulta especialmente problemática por las condiciones de monzón de invierno del este asiático y por la falta de investigación, de técnicas operativas y de experiencia en predicción de muy alta resolución en estas dos zonas montañosas de orografía compleja.

Se ha puesto en marcha un proyecto de investigación y desarrollo de cinco partes, patrocinado por el Programa nacional de investigación básica y desarrollo de China para abordar los retos en la predicción y las necesidades especializadas de las diferentes actividades al aire libre, lo que involucra a numerosas organizaciones dentro de la Administración Meteorológica de China (CMA). El proyecto se compone de cinco programas:

1. Mejoras en las observaciones meteorológicas.
2. Predicción inmediata y a muy corto plazo.
3. Predicción a corto y medio plazo.
4. Predicción sin discontinuidad y alerta temprana de riesgos para situaciones y eventos concretos.
5. Servicios inteligentes de apoyo meteorológico.

El programa de mejoras en las observaciones meteorológicas mantendrá y aumentará una serie de observaciones experimentales de alta resolución que actualmente se llevan a cabo en las zonas de montaña de Chongli y

1 mxchen@ium.cn

2 Instituto de Meteorología Urbana, Administración Meteorológica de China (CMA), Pekín (China)

3 Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas (emérito) y Vaisala Inc. (jubilado), Boulder, Colorado (Estados Unidos de América)

4 Oficina de Predicción Meteorológica, Servicio Meteorológico de Hebei, Shijiazhuang, Hebei (China)

5 Centro Meteorológico Nacional (CMA), Pekín (China)

6 Oficina de Predicción Meteorológica, Servicio Meteorológico de Pekín

7 Centro de Servicios Meteorológicos para el Público (CMA), Pekín (China)

Haituoshan. En la **tabla 1** se relacionan los sistemas de observación directa y teledetección usados, entre los que se incluyen estaciones meteorológicas automáticas (EMA), estaciones meteorológicas HOBO®, radares Doppler de banda X y polarización dual, radares de nubes, radiómetros y perfiladores de viento de microondas, lidars Doppler para la observación de viento, dispositivos sodar, radiosondeos, satélites, aviones bimotores de investigación, etc. Dos nuevos radares meteorológicos Doppler de banda S se están instalando en la zona montañosa de

Haituoshan y en el condado de Kangbao de la ciudad de Zhangjiakou.

El programa de observación desarrollará también reanálisis de alta resolución y modelos conceptuales de fenómenos meteorológicos de pequeña escala en las dos zonas montañosas, a partir de medidas de varios sensores, asimilación e integración de datos de alta resolución y simulaciones numéricas especiales (por ejemplo, simulaciones de turbulencia y modelos numéricos de dinámica de



Figura 1. Situación de las tres zonas deportivas. La línea roja continua indica el límite de la región Pekín-Tianjin-Hebei (PTH) (figura generada con Google Earth Pro).

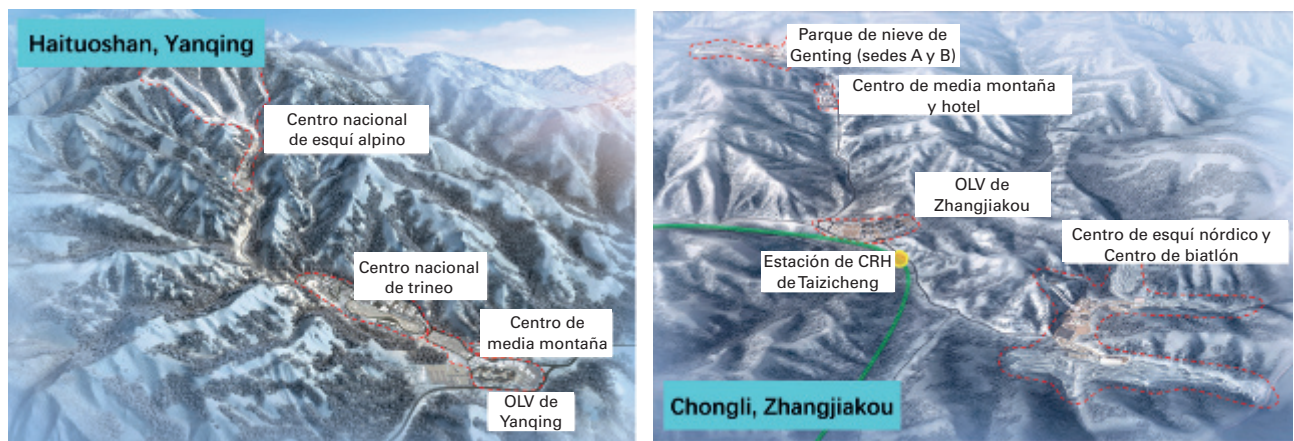


Figura 2. Localizaciones de los principales centros e instalaciones de esquí y trineo (pistas deslizantes) en a) zona de montaña de Haituoshan y b) Chongli (OLV es la Villa Olímpica y CRH el servicio ferroviario chino de alta velocidad).

Tabla 1. Tipo y número de instrumentos meteorológicos que se instalarán para los Juegos Olímpicos de Invierno

Tipo de instrumento	Variables observadas	Zona de instalación (número de instrumentos)
EMA	Temperatura en superficie, humedad, presión, viento y precipitación	Haituoshan (48), Chongli (91)
Estación HOBO	Temperatura en superficie y humedad	Haituoshan (10)
Lidar Doppler de viento	Viento tridimensional	Haituoshan (3), Chongli (1)
Perfilador de viento	Perfil de viento	Haituoshan (2), Chongli (2)
Sodar	Perfil de viento	Haituoshan (1)
Radiómetro de microondas	Perfiles de temperatura y humedad	Haituoshan (1), Chongli (1)
Interferómetro de radiancia emitida por la atmósfera	Perfiles de temperatura y humedad	Haituoshan (1)
Radiosondeo	Perfiles de temperatura, humedad, presión y viento	Haituoshan (1), Chongli (1)
Radar de nubes	Base, grosor y tope de las nubes	Haituoshan (2), Chongli (1)
Lidar de micropulso	Perfil de aerosoles y altura de la capa límite	Haituoshan (2)
Anemómetro ultrasónico	Viento y turbulencia	Haituoshan (5)
Aeronave	Temperatura, humedad, presión, viento y capa de nieve	Haituoshan (1)
Radar Doppler de banda S y polarización dual	Viento Doppler, reflectividad y variables de polarización dual (tipo de precipitación)	Haituoshan (1), Chongli (1)

fluidos bajo diferentes condiciones sinópticas de invierno). Estos esfuerzos se están llevando a cabo bajo la dirección conjunta de la Oficina de Predicción Meteorológica del Servicio Meteorológico de Hebei y del Instituto de Meteorología Urbana del Servicio Meteorológico de Pekín, ambos Servicios pertenecientes a la CMA.

El objetivo del programa de predicción inmediata y de muy corto plazo es el desarrollo de técnicas de predicción de alta resolución para el periodo de 0 a 24 horas. Dichas técnicas se basarán en frecuencias altas de ciclos de actualización, asimilación local de datos, mejoras en la física esencial de los modelos de alta resolución, integración y combinación de datos procedentes de varias fuentes (observaciones y predicciones), reducción de escala y corrección del sesgo de las predicciones numéricas del tiempo (PNT) de alta resolución en terrenos complejos.

Los esquemas de diagnóstico en la predicción inmediata y a muy corto plazo de parámetros meteorológicos esenciales y especiales para las actividades de esquí y trineo se basarán en observaciones multisensoriales y predicciones de alta resolución. El objetivo final es conseguir una resolución de 500 metros sobre la gran región de Pekín-Tianjin-Hebei (PTH) (véase la **figura 1**) y de 100 metros en dos subdominios que abarquen las principales zonas de esquí y de pistas deslizantes de trineo (las zonas montañosas de Chongli y Haituoshan). Habrá ciclos de actualización cada

10 minutos para las predicciones de 0 a 12 horas mediante técnicas de combinación y de reducción de escala, resoluciones de 1 km y ciclos de actualización de 1 hora para PNT deterministas, y 3 km de resolución para PNT por conjuntos que cubran la región PTH con alcances de 0 a 24 horas. Estos objetivos están siendo coordinados por el Instituto de Meteorología Urbana.

El Centro Meteorológico Nacional de la CMA lidera la predicción a corto y medio plazo. Esta tarea incluye el desarrollo de técnicas de predicción de 1 a 10 días de alcance con arreglo al sistema chino de análisis y predicción global y regional, la asimilación de datos de satélite, la predicción por conjuntos de alta resolución y la corrección del sesgo de la PNT en terreno complejo. Se están desarrollando modelos de diagnóstico en la predicción de 1 a 10 días para situaciones meteorológicas relevantes en los eventos de esquí y trineo basados en la PNT de corto y medio plazo. La meta es mejorar el ciclo de actualización de 3 horas para las predicciones deterministas, la resolución de 3 km para las predicciones por conjuntos de 1 a 3 días, y el ciclo de actualización de 6 horas para las predicciones deterministas de 3 a 10 días.

La Oficina de Predicción Meteorológica del Servicio Meteorológico de Pekín está desarrollando técnicas para proporcionar predicciones continuas de los principales parámetros meteorológicos (velocidad y dirección del viento, rachas, temperatura, humedad, visibilidad, nieve, nubes bajas y

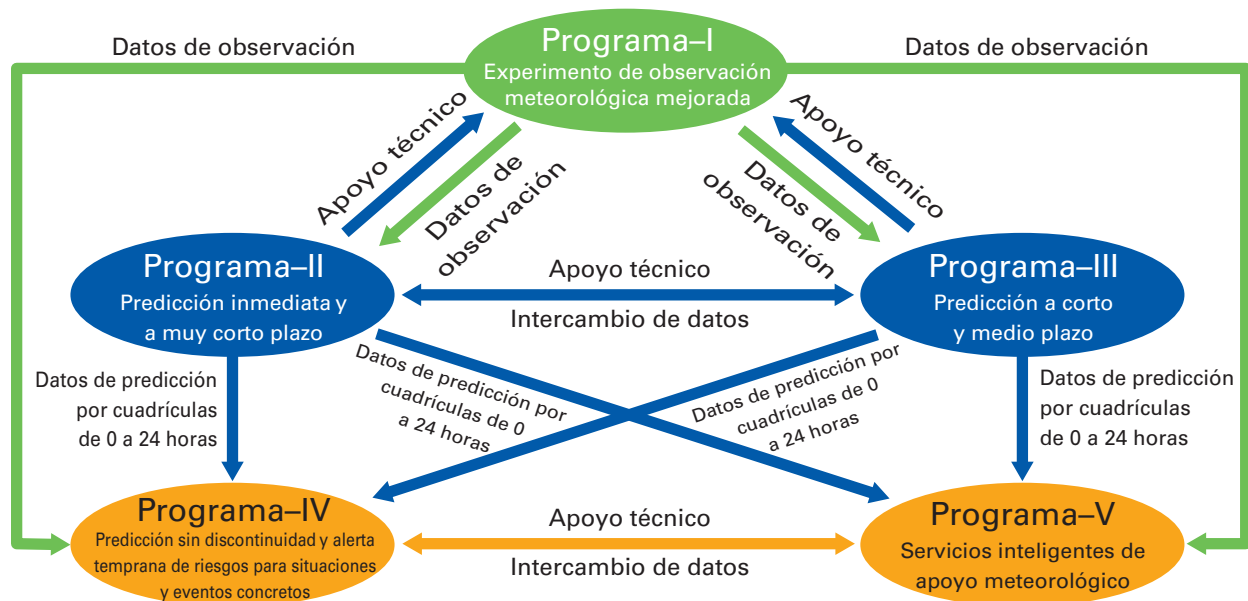


Figura 3. Objetivos e interrelaciones de los cinco programas que componen el proyecto de investigación y desarrollo.

otros) durante las 24 horas del día para diferentes eventos de esquí, lugares e instalaciones. También se están desarrollando técnicas de alerta temprana de riesgos de tiempo adverso para las sedes de las instalaciones deportivas individuales y otros emplazamientos importantes; para ello se utilizan modelos conceptuales, correcciones de sesgos y esquemas interpretativos (por ejemplo, estadísticas de salidas de modelos dinámicos y conjuntos de análogos) y aprendizaje automático utilizando observaciones y datos de predicción por cuadrículas procedentes tanto de los programas mencionados anteriormente como de otras fuentes de datos (por ejemplo, el Centro europeo de predicción meteorológica a medio plazo). Asimismo, se están elaborando redes digitales de predicción sin discontinuidad y avisos de riesgo, incluyendo los criterios de predicción y aviso diseñados especialmente para atender las necesidades específicas del Comité Organizador de los Juegos Olímpicos de Pekín en la programación de los eventos de esquí.

El Centro de Servicios Meteorológicos para el Público de la CMA está desarrollando técnicas para ofrecer servicios meteorológicos inteligentes para distintos usos y usuarios finales, incluyendo eventos de esquí y deportes sobre hielo, canales de tráfico prioritarios, operaciones de rescate con helicópteros, asistencia de público, medios de comunicación y otras aplicaciones a partir de la red de observación mejorada y nuevos y mejores modelos y técnicas de predicción. Dichos servicios usarán varios enfoques innovadores en materia de tecnología de la información, inteligencia artificial, minería de datos y computación en la nube. Asimismo se están preparando más plataformas interactivas inteligentes y aplicaciones de

servicios meteorológicos que satisfagan mejor las necesidades específicas de grupos de usuarios finales.

Un esfuerzo internacional

La organización y coordinación de la investigación, el desarrollo y las operaciones de las cinco principales unidades de la CMA representa un esfuerzo tal vez a la par con la organización de los propios Juegos. Expertos de más de 15 organismos nacionales y algunos internacionales trabajarán con científicos chinos y con especialistas en materia de comunicaciones. Otras unidades operativas de los Servicios Meteorológicos de Hebei y Pekín, de la CMA, del Instituto de Física de la Atmósfera (perteneciente a la Academia China de las Ciencias) y de la Universidad de Pekín, entre otros, formarán parte del equipo nacional. Por otro lado, entre las organizaciones internacionales cooperantes se encuentran el Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas (NCAR) y los Programas Comunitarios de la Corporación Universitaria para la Investigación Atmosférica de los Estados Unidos de América, el Instituto Central de Meteorología y Geodinámica de Austria, el Ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá, la Universidad de Oklahoma, la Universidad de Utah y la Administración Meteorológica de Corea.

Otras organizaciones podrían unirse a los programas durante los próximos meses o años. Juntos, el objetivo es dotar a los Juegos Olímpicos y Paralímpicos de Invierno de 2022 de unos servicios meteorológicos de apoyo que sean "fantásticos, extraordinarios y excelentes"; la meta final de estos grandes juegos deportivos.