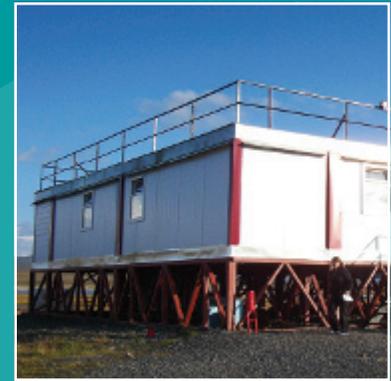


# El Observatorio hidrometeorológico internacional de Tiksi

## Una asociación de miembros para el Ártico

por Taneil Uttal<sup>1</sup>, Alexander Makshtas<sup>2</sup> y Tuomas Laurila<sup>3</sup>



Durante los últimos años, la comunidad internacional ha reconocido la importancia de la meteorología y del clima de las regiones polares de la Tierra. Y a su vez, especialmente sensibles a las actividades humanas, las regiones polares han mostrado su capacidad para influir en las condiciones de habitabilidad de las mucho más pobladas regiones de latitudes medias y bajas. En respuesta a ello, se creó el Grupo sobre observaciones, investigaciones y servicios polares de la OMM (PORS) para “[...] promover y coordinar aquellos programas de interés que se lleven a cabo por naciones o grupos de naciones en las regiones ártica y antártica”<sup>4</sup>. La Resolución sobre Actividades Polares del Grupo de expertos del Consejo Ejecutivo de la OMM sobre observaciones, investigaciones y servicios polares anima asimismo a “los Miembros, en particular a los que mantienen actividades operativas en las regiones polares, a considerar la posibilidad de cooperar con otros Miembros para compartir los gastos de reapertura y operación de estaciones que funcionaron en el pasado, para ampliar estaciones que ya existen, o para desplegar nuevos sistemas de observación y de comunicación”<sup>5</sup>. El Observatorio hidrometeorológico internacional de Tiksi, en el norte de Rusia, a orillas del mar de Láptev, constituye un ejemplo único de la clase de esfuerzo multinacional que recomienda la Resolución sobre Actividades Polares.

El impulso inicial para establecer el Observatorio de Tiksi, que fue anterior a la resolución, llegó con el Año polar internacional —en realidad, un bienio comprendido entre marzo de 2007 y marzo de 2009—. El Servicio Federal Ruso para la Hidrometeorología y la Vigilancia del Medio Ambiente (Roshydromet) presentó una propuesta a la comisión del Año polar internacional titulada: “Desarrollo del Observatorio atmosférico de Tiksi para

la vigilancia del clima”, que la comisión agrupó, junto a otras propuestas de observatorios árticos, bajo la actividad “Sistemas internacionales en el Ártico para observar la atmósfera”. Como resultado, la modernización y la integración de la estación de Tiksi en una red de observación para todo el Ártico se convirtió en una prioridad, no solo para Rusia, sino también para los socios de las agencias de Finlandia y de Estados Unidos de América, quienes reconocieron la necesidad de ampliar los puntos de vista en las observaciones específicas realizadas en la región del Ártico.

### La estación Polyarka original

El embrión del nuevo Observatorio de Tiksi fue la preexistente estación “Polyarka”, que se halla a siete kilómetros de la ciudad de Tiksi y que, durante muchos años, fue un importante centro de medición medioambiental. Fundada en 1932, la estación ha conseguido que su localización tenga uno de los registros de observaciones medioambientales más prolongados en el Ártico. En su época de esplendor, en las décadas de 1960 a 1980, Polyarka tenía entre 50 y 80 científicos, técnicos e ingenieros que vivían allí con sus familias. La estación contaba con su propia guardería, con un supermercado y con una central térmica. Existían distintos departamentos con tareas de observación diferentes. Se realizaban observaciones meteorológicas de superficie, que incluían la temperatura del aire y del suelo, la humedad, la velocidad y la dirección del viento, la presión y la precipitación; medidas que se incrementaron posteriormente al añadirse el espesor de nieve y la radiación solar diaria. Se realizaban registros de visibilidad y de nubosidad, en un principio observaciones visuales que fueron posteriormente reemplazadas por observaciones instrumentales al inicio de 1967. En 1966 se amplió la frecuencia de las observaciones meteorológicas de superficie hasta alcanzar la elevada cifra de ocho mediciones al día. En 1993 comenzaron las mediciones de ozono atmosférico. Las observaciones de la atmósfera superior se iniciaron con la apertura de la estación en 1935 y, desde 1946, se vienen haciendo dos sondeos diarios conforme al protocolo estándar de la OMM. La estación Polyarka también actuaba como centro de comunicaciones que

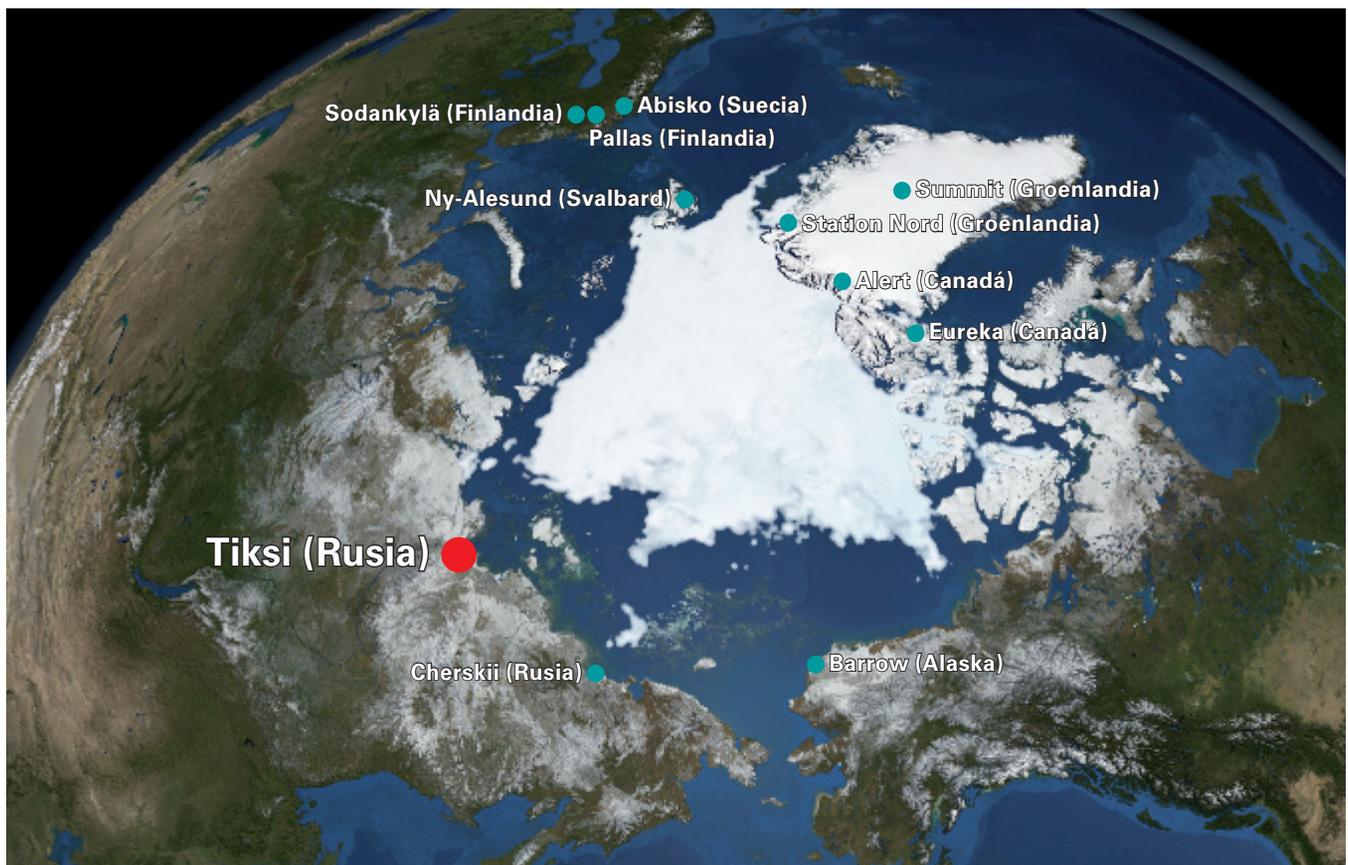
<sup>1</sup> Laboratorio de investigación del sistema Tierra de la NOAA, [Taneil.Uttal@noaa.gov](mailto:Taneil.Uttal@noaa.gov)

<sup>2</sup> Instituto de investigación ártica y antártica del Roshydromet, [maksh@aari.ru](mailto:maksh@aari.ru)

<sup>3</sup> Instituto Meteorológico Finlandés, [Tuomas.Laurila@fmi.fi](mailto:Tuomas.Laurila@fmi.fi)

<sup>4</sup> [www.wmo.int/pages/prog/www/polar/index\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/prog/www/polar/index_en.html)

<sup>5</sup> [www.wmo.int/pages/prog/www/Antarctica/Polar\\_Activities\\_Res.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/www/Antarctica/Polar_Activities_Res.pdf)



recopilaba los datos meteorológicos regionales que se transmitían desde las estaciones meteorológicas, tanto las cercanas como las más remotas, desplegadas por todo el norte de la región rusa de Yakutia.

También se medían regularmente las características del hielo fijo costero y de las aguas subyacentes de la bahía de Sogo, incluyendo la temperatura de la superficie del mar, la salinidad, el nivel del mar y las características morfológicas del hielo fijo, la cubierta nivosa y la extensión de la banquisa, tanto en el espacio como en el tiempo, a lo largo del invierno. A partir de los registros anotados a mano, se ha generado laboriosamente un archivo totalmente digitalizado de estos conjuntos de datos que abarcan varias décadas; y los métodos y las prácticas iniciales de medida de parámetros medioambientales, atmosféricos y oceanográficos, han sido complementados, pero no reemplazados, con modernos instrumentos de observación. Se han creado archivos digitales con largas series de datos meteorológicos procedentes de 18 estaciones situadas en la región circundante a Tiksi para ofrecer una perspectiva complementaria del clima de la región.

Estos registros continuos y coherentes del entorno atmosférico y oceánico de la estación Polyarka y de sus zonas circundantes proporcionan una base inestimable para interpretar las nuevas mediciones que se están poniendo en marcha como parte del programa del Observatorio de Tiksi. La dedicación del numeroso conjunto de personas de la estación meteorológica, que contribuyó a la recolección de estos registros medioambientales decenales en una de las regiones más inhóspitas del planeta, es casi imposible de imaginar.

Durante la década de 1990, la estación Polyarka se vio forzada a reducir de manera drástica su actividad debido a las restricciones económicas hasta quedar convertida en una sencilla y remota estación meteorológica. Esta situación se mantuvo hasta 2005, cuando un equipo de científicos y directores técnicos rusos, estadounidenses y finlandeses visitaron Polyarka para examinar el lugar y discutir la viabilidad de una colaboración internacional para modernizarla y revitalizarla como observatorio atmosférico internacional.

### El proceso de planificación y de puesta en marcha

Aunque el proyecto del Observatorio hidrometeorológico internacional de Tiksi se concibió como parte de una gran idea científica internacional articulada por el Año polar internacional, solo pudo llevarse a cabo gracias a un marco de políticas ruso y estadounidense y a acuerdos bilaterales. El proyecto oficial "Establecimiento de una estación meteorológica moderna y de un observatorio de investigación en Tiksi (Rusia)", se definió en un Memorando de entendimiento entre la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA) y el Roshydromet en 2006, en el que se exponían los siguientes objetivos:

- desarrollo de un Observatorio hidrometeorológico de investigación en Tiksi, equipado con modernos instrumentos de observación y de comunicaciones, con un sistema de suministro de energía, con un laboratorio y oficinas aptos como para recoger datos cuantitativos sobre la estructura y los procesos atmosféricos, así como otros parámetros asociados al

suelo y al océano, para su uso posterior en estudios del tiempo atmosférico y del clima; e

- integración de las medidas realizadas por el observatorio en redes internacionales, tales como la Vigilancia de la Atmósfera Global (gases y aerosoles atmosféricos), la Red de referencia para la medición de radiaciones en superficie (radiación atmosférica), la Red de referencia del clima (observaciones meteorológicas con significación climática), las Redes terrestres mundiales para el permafrost, y las Redes de micropulso lidar (nubes y aerosoles).

El proyecto se caracterizó desde sus inicios por las aportaciones de los socios participantes, sin las cuales hubiera sido imposible cualquier progreso. La Fundación nacional para la ciencia de Estados Unidos de América, actuando a partir de una “Propuesta para un observatorio del clima mixto ruso-estadounidense”, y la República de Sajá (Yakutia) de la Federación de Rusia —de la que depende la región de Tiksi— contribuyeron decisivamente al desarrollo de la infraestructura. La NOAA, el Roshydromet, el Instituto Finlandés de Meteorología y la Academia rusa de las ciencias han aportado de manera constante contribuciones significativas a los programas de nuevas observaciones y de formación. Roshydromet se hizo cargo, durante los primeros años, de los crecientes costes de operación de la instalación.

Después de cinco años —y tras los esfuerzos combinados del Departamento de Estado de Estados Unidos, del Ministerio de Asuntos Exteriores de la Federación de Rusia, y de toda una legión de directores de instituto rusos, estadounidenses y finlandeses así como directores de programa, funcionarios regionales, oficiales del ejército, científicos, legisladores, ingenieros, técnicos, estudiantes, personal destacado en el lugar, diplomáticos, directores de observatorio, directivos logísticos y financieros, gestores inmobiliarios estatales, gestores de bases de datos, especialistas en tecnologías de la información, electricistas, albañiles, fontaneros, directores de logística, agentes de viajes, agentes marítimos y de aduanas, chóferes y secretarios— la inauguración oficial del Observatorio de Tiksi tuvo lugar el 25 de agosto de 2010.

## La ciencia en Tiksi

---

El escenario científico de larga tradición aportado por la estación soviética Polyarka, la relativa accesibilidad proporcionada por el aeropuerto de Tiksi, la idea de completar una cadena de observatorios en el Ártico desde un punto de vista geográfico, y los compromisos políticos de alto nivel, convirtieron a Tiksi en el lugar adecuado para unas instalaciones internacionales. Sin embargo, el factor más determinante en la selección del emplazamiento fue la oportunidad que la región de Tiksi ofrecía para comprender los procesos árticos característicos de la escala regional. La región ártica está compuesta por subregiones singulares, entre las que se cuentan el archipiélago canadiense, el glaciar groenlandés, la región del estrecho de Bering (flanqueado por las penínsulas de Alaska y de Chukotka), el norte de la península escandinava, Svalbard y la

cuenca del centro del Ártico (el océano Ártico). Tiksi es una región ártica única, situada en los confines del enorme continente euroasiático, que posee los valores más bajos de temperatura registrados en el hemisferio norte durante el invierno.

Desde el punto de vista de la circulación global, Tiksi se halla situada en una región fronteriza en la que confluyen las masas de aire del Atlántico y del Pacífico. El resultado es un amplio abanico de condiciones atmosféricas, con características variadas de nubosidad, aerosoles y sustancias contaminantes, que hacen del lugar un laboratorio natural para estudiar la influencia que ejercen sobre los procesos atmosféricos las diversas regiones de Rusia, América del Norte, Europa y Asia Central en las que estos se originan. Tiksi se encuentra, además, en la desembocadura del río Lena, el segundo mayor de los que confluyen en el océano Ártico. Su caudal medio de 524 km<sup>3</sup>/año es el segundo más alto, superado solo por el del Yenisei (586 km<sup>3</sup>/año). El Lena es el único río ruso importante cuya cuenca hidrográfica se encuentra en su mayor parte conformada por permafrost, lo que la convierte en un sistema hídrico complejo especialmente vulnerable al calentamiento climático. En la actualidad, el permafrost de esta cuenca retiene enormes cantidades de carbón, y la evolución de los patrones de precipitación y de evaporación es muy importante para determinar los cambios regionales en los flujos superficiales de CO<sub>2</sub> y de metano. Tiksi se encuentra a orillas del mar de Láptev, un área de producción tan alta de hielo que se ha calificado como la “factoría de hielo del océano Ártico”. Los cambios en la producción de hielo en esta región pueden afectar a los procesos de convección profunda en el mar de Groenlandia, proceso considerado como uno de los agentes de la variabilidad a largo plazo del clima mundial.

Resumiendo, Tiksi es un lugar ideal para la investigación intensiva de los componentes interconectados del sistema climático ártico, incluidos los procesos atmosféricos e hídricos, los mecanismos de degradación del permafrost y de erosión costera, el desarrollo de la formación anual del hielo marino y su fusión, y los procesos de la plataforma continental. Todos ellos tienen un protagonismo clave en la definición y en la determinación de la evolución del clima a escala local y mundial.

## Situación actual

---

Además de las nuevas instalaciones e instrumentación, e igualmente importantes, hay que mencionar los centros de datos que respaldan el Observatorio de Tiksi. La cantidad y variedad de los datos que se recogen en el Observatorio aumentan continuamente. El Centro de datos de Tiksi, emplazado en el Instituto de investigaciones árticas y antárticas de San Petersburgo (Rusia), es el responsable de la recogida, almacenamiento y distribución iniciales de estos datos. Los datos se encuentran también disponibles en archivos que mantienen la NOAA (Boulder, Colorado) y el Instituto Meteorológico de Finlandia (Helsinki), cuya transmisión, tanto de los datos originales como de los datos procesados, se realiza entre los centros mencionados en tiempo casi real.

Los datos se transmiten también a programas de la red mundial de observación como la Red de referencia para la medición de radiaciones en superficie (BSRN)<sup>6</sup>, la Red robotizada para el estudio de los aerosoles (AeroNET)<sup>7</sup> y la Red de referencia del clima (CRN)<sup>8</sup>. El Observatorio de Tiksi está estableciendo puntos de contacto con el Sistema de información de las estaciones del Programa de Vigilancia de la Atmósfera Global (GAW SIS)<sup>9</sup>, que coordina los metadatos de los seis centros mundiales de datos. La puesta en marcha de la normalización de metadatos de la Organización Internacional de Normalización (ISO) facilitará la integración de los datos de Tiksi en los centros mundiales de datos.

## Resultados iniciales

En septiembre de 2012, cuando se reunieron los socios del Observatorio de Tiksi para examinar los resultados del primer año de actividad, quedó patente que aparecían muchos patrones interesantes, tanto en el análisis multidecenal de los datos históricos, como en las señales del ciclo anual de los nuevos programas de medida. Hasta la fecha, los registros detallados no muestran tendencias significativas en la temperatura del aire, ni en los ciclos de congelación-deshielo de la capa activa, ni en el espesor estacional del hielo fijo costero. Se han detectado episodios de disminución de ozono en superficie durante la primavera, pero con un ciclo anual desplazado respecto a los detectados en Barrow (Alaska). Las medidas realizadas en el Observatorio de Tiksi no muestran aumentos de los flujos de metano que pudieran apoyar la hipótesis de que un Ártico más cálido conduciría a una emisión hacia la atmósfera del metano atrapado en el permafrost. Tiksi presenta niveles

comparativamente altos del contaminante orgánico persistente DDT (dicloro difenil tricloroetano), lo que tiene implicaciones en la redistribución mundial de las sustancias contaminantes orgánicas persistentes.

Los intercambios entre la superficie y la atmósfera son —como era de esperar— muy pequeños durante los fríos meses de invierno en los que el hielo y la nieve actúan como barrera; pero los flujos en verano presentan claros ciclos diarios con absorciones netas de CO<sub>2</sub>. Se ha observado que los pulsos de temperatura atmosférica se propagan por los niveles superiores del permafrost, y que la variada distribución de diferentes tipos de vegetación parece tener efectos observables tanto en los flujos entre la superficie y la atmósfera como en el espesor de la capa activa. Las características de los aerosoles presentan ciclos estacionales bien marcados que pueden explicarse por la variación de las diferentes fuentes —tierra, océano, contaminación local— y por procesos troposféricos dependientes de la radiación solar. Este muestreo aleatorio de los resultados preliminares se combinará próximamente para obtener una imagen global de los procesos medioambientales dominantes en la región de Tiksi.

## El futuro

Entre los programas internacionales de observación que contaban con apoyo a comienzos de 2013 se encuentran el de Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG)<sup>10</sup>, la BSRN, AeroNET y la CRN. El plan de desarrollo actual contempla ampliar las contribuciones a la VAG (en particular mediante la transformación de una estación regional en estación global), a la Vigilancia de la Criosfera Global (CryoNET<sup>11</sup>), al Programa de vigilancia de la capa activa circumpolar (CALM)<sup>12</sup>, al Programa de vigilancia de

<sup>6</sup> [www.bsrn.awi.de](http://www.bsrn.awi.de)

<sup>7</sup> [aeronet.gsfc.nasa.gov](http://aeronet.gsfc.nasa.gov)

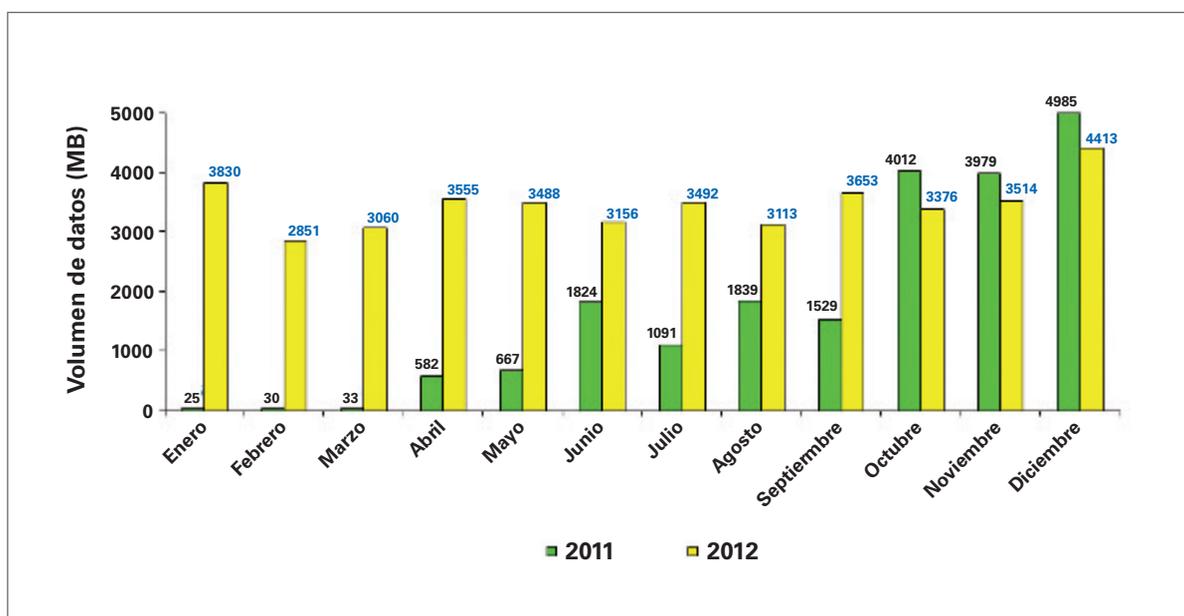
<sup>8</sup> [www.ncdc.noaa.gov/crn](http://www.ncdc.noaa.gov/crn)

<sup>9</sup> [gaw.empa.ch/gawsis](http://gaw.empa.ch/gawsis)

<sup>10</sup> [www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/gaw\\_home\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/gaw_home_en.html)

<sup>11</sup> [globalcryospherewatch.org](http://globalcryospherewatch.org)

<sup>12</sup> [www.gwu.edu/~calm](http://www.gwu.edu/~calm)



*Aumento del volumen de datos recopilados por los sensores instalados recientemente en el Observatorio de Tiksi durante 2011 y 2012.*



*Funcionarios de Rusia, Estados Unidos y Finlandia junto a danzarines de Yakutia durante la inauguración oficial del Observatorio de Tiksi en agosto de 2010.*

contaminantes atmosféricos del Ártico (AMAP)<sup>13</sup> y a la Red mundial sobre isótopos en la precipitación (RMIP)<sup>14</sup>. Otros programas de realización de mediciones están, bien en fase de evaluación como el de sondeos de ozono en capas altas de la atmósfera, o en fase de ampliación como el de mediciones por teledetección de nubes y aerosoles. Otro objetivo es convertir el Observatorio hidrometeorológico internacional de Tiksi en una estación de primer nivel mundial mediante la incorporación de nuevos países al consorcio inicial formado por Rusia, Estados Unidos y Finlandia; Alemania y Japón ya se han interesado por las opciones de colaboración.

El Observatorio hidrometeorológico internacional de Tiksi se ha puesto en marcha en base a los principios fundamentales de la OMM de colaboración en la observación y en el uso compartido de los datos, y ha resultado providencial para devolver a la vida a una prestigiosa estación de la era soviética y adaptarla a los requisitos que demandan las observaciones árticas del siglo XXI. Hay que advertir que, a pesar del amplio consenso entre países, organismos e instituciones académicas sobre el beneficio mutuo obtenido con el Observatorio de Tiksi, su puesta en marcha ha resultado extraordinariamente lenta y complicada. Las agencias medioambientales de Rusia, Estados Unidos y Finlandia tenían claras e identificadas las órdenes para lograr el objetivo a largo plazo de disponer de series de observaciones del clima ártico en régimen de cooperación; pero carecían de jurisdicción o ejemplos que les permitiesen acelerar los trámites en los consulados y aduanas y los privilegios

para eludir los expedientes de importación y exportación así como los requisitos de seguridad de cada uno de los respectivos países. A los departamentos técnicos de cada organismo les resultó desconcertante y complicado dar con el procedimiento adecuado para formalizar convenios con sus homólogos extranjeros. En conjunto, ha supuesto un considerable esfuerzo y grado de compromiso actuar “sin prejuicios” —pero dentro de los estatutos de cada país y de cada agencia— para culminar la misión de crear el Observatorio hidrometeorológico de Tiksi y dar cumplimiento a las palabras de la Resolución de la OMM sobre Actividades Polares “[...] cooperar con otros Miembros para compartir los gastos de reapertura y operación de estaciones que funcionaron en el pasado”.

Una parte integral del plan del Observatorio hidrometeorológico internacional de Tiksi consiste en mantener un programa de investigación activo y científicamente comprometido para responder a cuestiones no solo de “cómo” sino de “por qué” evoluciona el clima. Esta investigación abordará preguntas concretas, como “¿son las partículas de carbón negro un factor determinante en la disminución de la extensión de la banquisa en verano?”, “¿cómo tendrán que adaptarse las comunidades del Ártico a un medio ambiente en proceso de cambio?”, y “¿cuáles son las contribuciones específicas del Ártico a los balances globales de gases de efecto invernadero?” Además, los datos del Observatorio de Tiksi conducirán sin duda, para todo aquel que se decida, a hallazgos científicos inesperados. Estos descubrimientos deberán su existencia a la contribución de los cientos de personas que han formado parte del equipo de Tiksi.

<sup>13</sup> [www.amap.no/](http://www.amap.no/)

<sup>14</sup> [www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS\\_resources\\_gnip.html](http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS_resources_gnip.html)