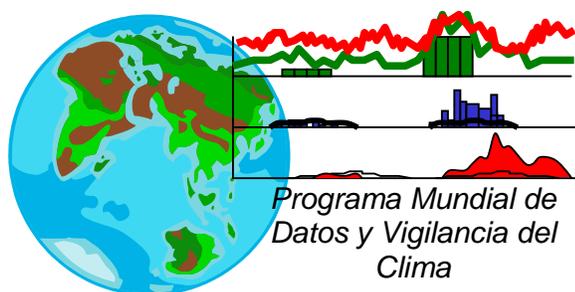


Directrices para la gestión de las modificaciones en los programas de observación del clima

WCDMP-Nº 62

WMO-TD Nº 1378



Organización Meteorológica Mundial

(Ginebra, marzo de 2007)

Directrices para la gestión de las modificaciones en los programas de observación del clima

Roger B. Street¹, Debra Allsopp² y Yves Durocher³

Índice

Introducción

Las capacidades de las plataformas e instrumentos de monitoreo del clima, y sus efectos sobre la utilidad de los datos, evolucionan inevitablemente. Por ello, a fin de mantener la integridad de los datos y de la información vinculados a los programas de monitoreo del clima es fundamental gestionar sus modificaciones.

En un programa de monitoreo del clima, la gestión de las modificaciones tiene por objeto mantener la intercomparabilidad del registro climático a lo largo del proceso de modificación. Es esencial poder dar respuesta a las exigencias de la investigación, de las aplicaciones y de los usuarios de los servicios climáticos, así como de los encargados de definir y aplicar las políticas en ese sector. A diferencia de las observaciones destinadas únicamente a elaborar predicciones y avisos, la posibilidad de disponer de un registro climático continuo e ininterrumpido permite afrontar importantes estudios en diversos ámbitos del sector climatológico, en los que la necesidad de datos climáticos homogéneos es de la mayor importancia.

Estas directrices tienen por objeto ofrecer a los gestores y operadores de redes de monitoreo del clima una serie de procedimientos/prácticas recomendados que permitan gestionar las modificaciones introducidas en los programas de observación conservando, en la medida de lo posible, la integridad del registro climático. No se abordarán en este texto otros procedimientos y prácticas recomendados para el análisis de datos afluyentes, particularmente para los análisis de homogeneidad, ni se abordarán en detalle las necesidades de las redes de observación del clima. Estos temas han sido ampliamente tratados en las directrices del PMDVC sobre metadatos y homogeneidad (Aguilar, E. et al., 2003), y en las directrices sobre redes y sistemas de observación del clima (Plummer, N. et al., 2003), respectivamente; quien desee una más amplia información sobre alguno de estos temas puede consultar estos documentos.

Desencadenantes de los cambios

Ciertas modificaciones, como la sustitución de sensores, la reubicación o el emplazamiento de instrumentos, forman parte de la evolución natural de los programas, y son esenciales para su longevidad. Así, por ejemplo, la necesidad de mejorar o sustituir un sensor o toda una serie de sensores en determinado lugar puede estar prevista (por ejemplo, si se va a emprender una modernización introduciendo nuevas tecnologías o sensores más apropiados) o puede ser

¹ Environment Canada, Downsview, Canadá.

² Environment Canada, Downsview, Canadá.

³ Environment Canada, Downsview, Canadá. Damos las gracias particularmente a Rod Hutchinson, a Margaret Kaskin y al Dr. Blair Trewin (Centro Nacional sobre el Clima) por la ayuda prestada

imprevista, si el sensor ha experimentado roturas o daños, si ha envejecido prematuramente o si ha sido robado. Con el paso del tiempo, las observaciones en las instalaciones no automáticas pueden reflejar también los cambios experimentados por los observadores, sea por enfermedad, agotamiento o desmotivación, o por la sustitución de las instalaciones por estaciones meteorológicas automáticas (EMA). La variación de las características locales de un sistema de observación que cambia de emplazamiento (por ejemplo, por incorporarse un nuevo edificio), o la necesidad de desplazar un sensor en respuesta a los cambios de uso de la tierra, son factores que hay que tener también en cuenta en los lugares de observación.

La sustitución de observaciones manuales por observaciones EMA plantea un problema específico. Para ciertos elementos meteorológicos objetivos o determinísticos, como la temperatura, la presión, la humedad relativa o la precipitación. Las observaciones de una EMA son comparables o superiores a las obtenidas manualmente. La existencia de funciones de transferencia, ya sea mediante observaciones paralelas o por otros métodos, es esencial para poder definir la continuidad de los datos. Sin embargo, cuando los elementos meteorológicos son objetivos, una EMA no puede replicar observaciones realizadas por una persona, ni hay que esperar que lo haga. Un problema que plantean las observaciones mediante EMA es el de la continuidad de los conjuntos de datos. Aunque, a corto plazo, este tipo de observaciones conlleva un ahorro, ya que permite prescindir de observadores directos, suele tener como consecuencia una disminución del número de observadores locales adecuadamente preparados. En los países en desarrollo, donde los presupuestos son muy limitados, cualquier problema de mantenimiento de una EMA puede dar lugar, sino se dispone de observadores de refuerzo adecuadamente formados, a largos períodos sin observaciones hasta que se repare la estación.

Como ya se ha indicado, a veces es necesario trasladar las instalaciones cuando el desarrollo urbano o natural hace a un emplazamiento inadecuado o inutilizable para la observación del clima. La construcción o demolición de edificios, el desarrollo industrial o residencial, o la plantación o tala de árboles pueden alterar de manera repentina o inadvertida el entorno en el que operan los instrumentos.

Las modificaciones pueden deberse también a un cambio de miras del programa de observación (por ejemplo, para pasar de la investigación o de la predicción al estudio del clima) o de las prácticas de observación.

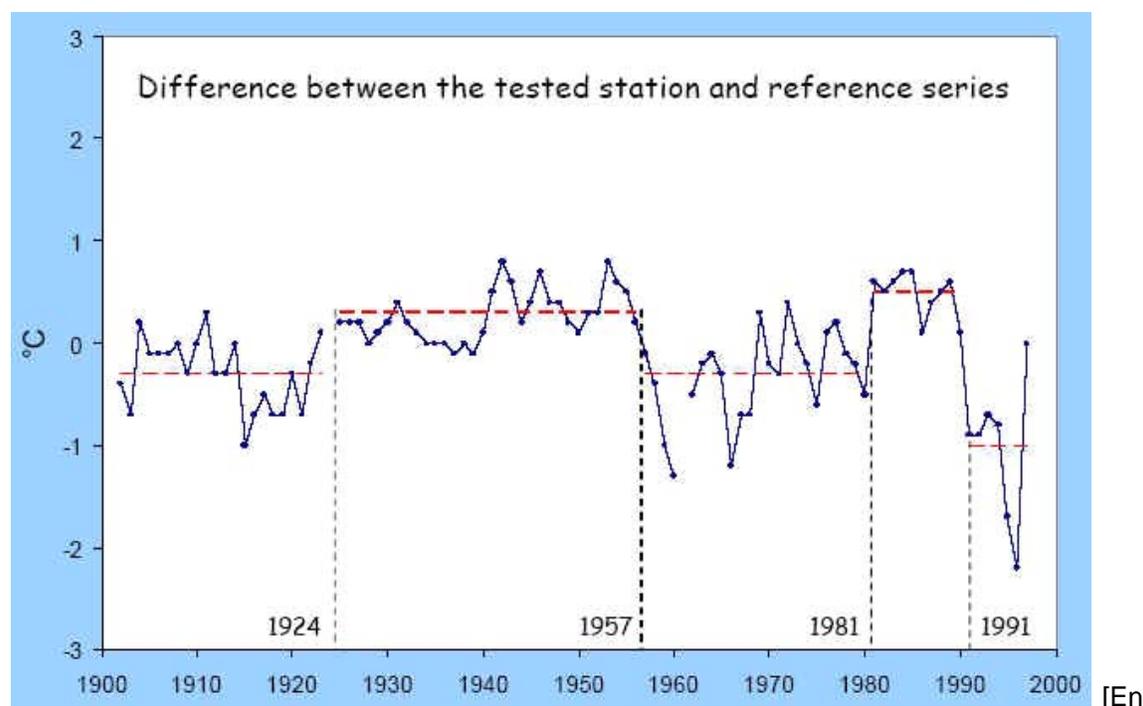
En Canadá cabe señalar a ese respecto el caso del día climatológico. Antes de que existieran directrices meteorológicas nacionales, los observadores meteorológicos decidían sus propias normas y prácticas para el registro de los fenómenos meteorológicos, hasta que se vio que era necesario normalizar las observaciones a fin de que los datos reunidos arrojaran resultados comparables. En las estaciones primarias, un día climatológico comienza y termina a una misma hora de dos días consecutivos (por ejemplo, comienza con las observaciones del día 1 a las 0600 GMT, y concluye con la observación del día 2 a las 0600 GMT). Según la variable observada, su valor puede asignarse al día 1, como se hace con la temperatura máxima y la precipitación, o al día 2, en casi todos los demás casos. Cuando las observaciones son realizadas por voluntarios, se admite una excepción. En tales casos, las observaciones se notifican a las 0800 LST y a las 1700 LST aproximadamente y, en función del fenómeno observado, se asignan al día anterior (por ejemplo, la temperatura mínima, o los cambios en el estado del tiempo, a las

0800 LST) o al día natural en curso (todas las demás variables).

Efectos de las modificaciones

Las modificaciones pueden introducir discontinuidades en el registro, o alteraciones por efecto de alguna variación en el programa de monitoreo, y no necesariamente por una alteración del clima. Para el usuario, la interrupción o la discontinuidad del registro pueden falsear el verdadero clima y/o las verdaderas tendencias u otras alteraciones del clima.

Los efectos de un cambio o deterioro del emplazamiento pueden apreciarse en las observaciones de temperatura notificadas desde un emplazamiento situado en Vernon, British Columbia, Canadá. Tras comparar estas observaciones con una serie de referencia, se evidenciaron saltos e interrupciones en la continuidad de los datos. Tras analizar los informes de la inspección, se vio que esas discontinuidades estaban claramente relacionadas con ciertos cambios acaecidos en 1957, cuando se desmontó la pantalla de la casa del observador para depositarla sobre el césped, y en 1981, cuando se volvió a colocar y a nivelar. Se produjo también una discontinuidad perceptible a raíz de la limpieza y repaso de la pintura de la pantalla y de la sustitución de termómetros en 1991. (Véase la Figura 1).



[En la figura:]

Diferencia entre la estación revisada y la serie de referencia

Figura 1: Las líneas de trazos denotan las discontinuidades vinculadas al emplazamiento de Vernon, B.C.. En 1957, la pantalla de observación fue desmontada de la casa del observador y depositada sobre el césped. En 1981, la pantalla fue reinstalada en una superficie más nivelada. En 1991, se lavó y se pintó la pantalla, y se sustituyeron los termómetros. Caso descrito por Lucie Vincent, Homogenization of Temperature in Canadá, en el Cursillo sobre homogeneización de datos climáticos celebrado en el Marriot Eaton Centre Hotel de Toronto, Canadá, del 19 al 21 de abril de 2004.

Otros ejemplos:

1) La sustitución de los pluviómetros manuales por otros automáticos en los años 70: los pluviómetros automáticos informan de la precipitación total, pero no distinguen entre lluvia y nieve. En este caso, el cambio de instrumento no afectó a la continuidad de los datos, sino que ocasionó una pérdida de información permanente, en este caso sobre la nieve. En la calle Bloor Street de Toronto, la sustitución de una pantalla manual por otra de tipo Geonor/Alter creó un problema importante, ya que impedía proporcionar información a las empresas contratadas para retirar la nieve. Para resolverlo, se efectuaron mediciones manuales de la nieve, que se notificaban en virtud de contratos estacionales.

2) La sustitución de estaciones manuales por EMA para la observación de cambios del tiempo, visibilidad, techo de nubes, etc. La observación manual de estos elementos es subjetiva, y puede abarcar un campo visual muy extenso. Estos elementos no deben evaluarse del mismo modo que las observaciones obtenidas de una EMA, que son discretas y abarcan un campo de observación limitado.

3) Beneficios del cambio: mayor disponibilidad y puntualidad de los datos, mayor coherencia, y menor tiempo de respuesta para hacer frente a los problemas en el emplazamiento.

Gestión de las modificaciones

La necesidad de gestionar este tipo de cambios se señala en los principios sobre vigilancia del clima del Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC) (véase <http://www.wmo.ch/web/gcos/Publications/gcos-73.pdf>). Estos principios, adoptados en términos muy parecidos por la Conferencia de las Partes en la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas mediante la Decisión 5/CP.5 de la COP-5, celebrada en Bonn en noviembre de 1999, son esenciales para poder utilizar y gestionar eficazmente los sistemas de monitoreo del clima respetando fielmente, al mismo tiempo, las necesidades de los usuarios.

Atendiendo a estas directrices, Canadá ha adoptado las prácticas generales siguientes para las modernizaciones planificadas de los programas de monitoreo del clima:

1) A fin de cerciorarse de los efectos de las modificaciones antes de su introducción, se ponen a prueba y se evalúan todos los sensores y sistemas. Las operaciones de las plataformas de observación nueva y antigua se someten a mediciones espaciales y temporales. Cuando se introduce una modificación hay que procurar conservar el mayor número posible de aspectos similares (por ejemplo, el mismo lugar de exposición, los mismos procedimientos, o los mismos sensores) en ambas configuraciones durante un año por lo menos, preferiblemente dos. Durante el período de aprobación, denegación o aplazamiento del cambio se archivarán las observaciones correspondientes a ambas situaciones. La realización exhaustiva de pruebas y evaluaciones antes de proceder a la instalación debería facilitar mucho la transición a la nueva configuración, ya que permitiría determinar y documentar las diferencias esperadas.

2) Siempre que sea posible, se efectuarán mediciones para mantener el funcionamiento de las estaciones y/o sistemas de observación con continuidad histórica, a fin de disponer de una referencia teórica o práctica. Así, por ejemplo, en Canadá había un emplazamiento meteorológico prístino (Beatrice, Ontario, en funcionamiento desde el decenio de 1860) cuya permanencia se vio amenazada

cuando el propietario del terreno decidió vender éste, y no se sabía si los posibles compradores estarían dispuestos a permitir la permanencia de un emplazamiento de observación. Una parte de esta propiedad, la que contenía el emplazamiento, hubo de ser comprada al propietario de la tierra, a precio de mercado, para poder seguir efectuando en ella operaciones paralelas durante más de dos años.

3) Cada seis meses se realizará una reevaluación periódica obligatoria del emplazamiento, de la exposición, de las calibraciones y de los procedimientos empleados en la estación. Aunque esta reevaluación debe formar parte de las inspecciones ordinarias, suele sustituirse por comprobaciones de mantenimiento.

4) Se recomienda una auditoría o revisión nacional de todas las estaciones con una periodicidad fija (de 5 a 10 años), para cerciorarse de que las inspecciones, las operaciones y la documentación de la estación se ajustan a las normas.

Además, Canadá ha desarrollado un proceso de gestión de modificaciones para la instalación progresiva de nuevos sensores, equipos, etcétera, y a tal fin ha creado una junta de gestión de modificaciones, integrada por representantes del programa de monitoreo y de las comunidades de investigación y archivado de datos. Constituye una oportunidad para los planificadores de redes, para los gestores de operaciones y para cuantos participan en las actividades de monitoreo, que pueden así debatir sus necesidades climáticas a largo plazo. La junta actual coordina todas las modificaciones propuestas para el sistema de monitoreo, determina sus implicaciones, y señala sus beneficios en términos de costo. Coordina también las decisiones, evalúa y tramita las peticiones de modificación, y adopta resoluciones por consenso en tiempo oportuno.

El funcionamiento satisfactorio de la junta dependerá en gran medida de la existencia de un proceso claro y transparente para la solicitud de modificaciones (formulario de presentación de solicitud, instrucciones, e información) que sea fácilmente accesible y comprensible para quienes deseen proponer alguna modificación. Todas las peticiones de modificación relacionadas con el monitoreo del clima son revisadas y evaluadas; la gestión de modificaciones abarca todos los sistemas, instrumentos, algoritmos, procedimientos, procesos y documentos conexos que pudieran influir en la recopilación, procesamiento, notificación y archivado de observaciones de las redes meteorológicas y climatológicas. Abarcará, asimismo, el archivo de datos climáticos cuando los cambios en la gestión de la base de datos pudieran afectar a los sistemas de monitoreo del clima. En caso necesario, se encargarán análisis o investigaciones ulteriores.

Queda excluida de sus competencias la gestión de las operaciones de los sistemas de monitoreo. No entrarán tampoco en sus competencias las decisiones sobre la densidad o la distribución de las redes, cuya incumbencia es de los propios comités de gestión de la red.

Por último, deberán documentarse todas las modificaciones aprobadas de los sistemas, configuraciones y aplicaciones especificadas, para tener un elemento de referencia cuando se examinen las solicitudes de modificación. Toda modificación o desviación respecto de lo aprobado en los documentos deberá considerarse como una nueva modificación, y será sometida a la junta de gestión de modificaciones.

Importancia de los metadatos

Rara vez son los metadatos más importantes que a la hora de documentar las modificaciones de una red. Los metadatos sobre búsqueda y localización de datos durante el acceso a éstos, o la información básica sobre el emplazamiento, consistente por lo general en el identificador de estación, el nombre, la latitud, la longitud, la elevación y las fechas inicial y final, son insuficientes para identificar la historia de la estación y los efectos que las modificaciones pudieran haber surtido en ella. Para que los metadatos sean correctos, deberán contener información completa sobre la estación desde el momento de su puesta en marcha. Todas las modificaciones que afecten al emplazamiento, como la exposición, los cambios en los instrumentos (altura sobre el suelo, calibraciones, visitas de inspección, ajustes de los datos) o las aplicaciones de control de la calidad son información imprescindible para adoptar unas decisiones científicas adecuadas y para valorar adecuadamente la utilidad de los datos. De los metadatos no se debe excluir la información obtenida de documentos históricos (por ejemplo, manuales sobre prácticas de observación, informes de inspección de la estación, políticas estatales, programas sobre recursos y financiación, e incluso noticias de la prensa local).

La gestión y el mantenimiento de los metadatos son dos elementos inherentes a los problemas de recopilación y coordinación de aquéllos. Las tecnologías de bases de datos actualmente utilizadas para alojar metadatos digitalizados permiten, además, acceder a éstos, vincularlos a los datos observacionales, y transferirlos. Para facilitar la introducción masiva de metadatos, habrá que desarrollar aplicaciones que introduzcan en la base de datos o infieran el mayor número posible de metadatos sobre las operaciones ordinarias (por ejemplo, las inspecciones de la estación). Como suplemento del sistema de gestión de la base de datos, habría que mantener en el conjunto de la red una serie de políticas y prácticas de observación, algoritmos de cálculo, procedimientos de control de la calidad, ajustes de los datos, unidades, formatos de los datos, etc. Todos los metadatos contenidos en la base de datos pueden y deben exhibir una filiación con algún tipo de norma de metadatos descriptiva y aceptada, como ISO 19115, a fin de que sean más accesibles a la comunidad climatológica.

Otro problema que afecta a los usuarios de metadatos es la imposibilidad de acceder a informaciones o datos valiosos contenidos en el soporte original. Los documentos históricos (informes de observación o informes de inspección de la estación) que subsistan todavía en papel deben ser protegidos de los efectos perjudiciales del uso frecuente. Por desgracia, las implicaciones financieras y su enorme volumen impiden frecuentemente la digitalización o transferencia de esos acervos a un soporte, por ejemplo escaneándolos en formato PDF o TIFF. Los documentos históricos deberían ser, como mínimo, inventariados y adecuadamente conservados hasta el momento en que la información que contienen pueda ser transferida a un soporte que permita el acceso de múltiples usuarios.

Los metadatos deben responder al mismo nivel de exigencia que los datos observados. Los metadatos incompletos, obsoletos o inexactos pueden ser tan perjudiciales o más que la ausencia de metadatos. La revisión periódica de los metadatos para confirmar su contenido y su exactitud debería ser parte integrante de las operaciones ordinarias. La investigación de nuevas fuentes de metadatos, las tecnologías de gestión de la información y las capacidades para compartir información deberían recibir apoyo constante, a fin de que los datos recopilados

sean accesibles, y para preservar la inversión histórica que ello representa.

Por último, con respecto a los metadatos se ha señalado ya que la ubicación de los instrumentos de la estación en las distintas estructuras y superficies es muy importante para mantener un conjunto homogéneo de datos observacionales, por lo que es esencial determinar con certeza en qué medida las eventuales variaciones regionales de las temperaturas del aire observadas podrían deberse a algún cambio de uso de las tierras en el propio emplazamiento (Davey and Pielke, 2005). Como se indica en Davey and Pielke, tales cambios pueden consistir en procesos de desarrollo urbano a escala local en torno al emplazamiento, cambios en las características de la vegetación local, etc. Por consiguiente, para documentar completamente las características importantes del emplazamiento son necesarias al menos cinco fotografías: una del sensor de temperatura, y otras cuatro desde los cuatro puntos cardinales (norte, este, sur y oeste), más cualesquiera otras que resulten necesarias.

Esta iniciativa ha sido emprendida en Estados Unidos por el Centro Nacional de Datos Climáticos (NCDC) en nombre de la red climática histórica de ese país, que interconecta 1221 emplazamientos; el costo estimado para comenzar a reunir esos metadatos fotográficos se estima en 46 dólares por emplazamiento, con un costo total inicial de 56.000 dólares. En el Apéndice A se reproduce una lista de comprobación de la documentación fotográfica utilizada por el NCDC. Naturalmente, el almacenamiento y actualización permanentes de los datos tiene un costo, pero se considera que el material fotográfico es un elemento esencial del archivo de metadatos relativos al conjunto de la estación. En el marco del programa SMOC de Estados Unidos, que se desarrolla en el NCDC, se está investigando también la posibilidad de crear un registro de metadatos fotográficos en nombre de las aproximadamente 1000 estaciones de la red de estaciones de observación en superficie del SMOC, ya que esa tarea se considera un aspecto importante del cometido del NCDC como centro principal de datos del SMOC. Su costo es considerablemente mayor (1,4 millones de dólares aproximadamente), pero abarcará un período más prolongado en el contexto de otras actividades, como los tres proyectos de apoyo técnico (PAT) del SMOC actualmente en marcha en las islas del Pacífico y en las regiones del Caribe/Pacífico y del sur y este de América Central. Por ejemplo, en las visitas de mantenimiento de los PAT se tomarán fotografías de la configuración de las estaciones de la ROSS. Siempre que sea posible, el NCDC seguirá aportando material a esa base de datos.

Metodologías eficaces para la gestión de las modificaciones

Para mantener la integridad de los registros climáticos a pesar de los cambios, lo más acertado sería utilizar los sistemas o sensores antiguos en paralelo con los nuevos. Un programa de observaciones en paralelo permite identificar las transferencias necesarias, reduciendo así a un mínimo o eliminando los efectos del cambio sobre el registro climático. Para conseguir una eficacia máxima, las modificaciones han de estar previstas o ser, al menos, predecibles.

Los cambios, sin embargo, no siempre están previstos, sino que a veces son forzados (por decisión de un tercero), o se deben a una falta de fondos (que obligaría a interrumpir parcialmente el programa de observación, o que impediría emprender un programa de observaciones en paralelo) o a circunstancias

imprevistas (por ejemplo, desastres naturales o antropógenos). Cuando no sea posible o viable efectuar observaciones en paralelo, será necesario emplear otras prácticas o metodologías, como las observaciones pareadas, la modelización, o los métodos de homogeneización, a fin de restablecer la integridad del registro climático.

Observaciones en paralelo: la metodología preferida

Los métodos de observación en paralelo son especialmente aconsejables cuando las modificaciones no son obligadas, sino que han sido previstas. Permiten establecer las nuevas instalaciones conservando y respetando en lo posible la configuración original (la misma ubicación, los mismos procedimientos y sensores) y documentando, en los metadatos correspondientes, los elementos de la nueva configuración que hayan cambiado. La coexistencia de observaciones en paralelo mediante ambos programas o sistemas de observación climática durante un período de transición antes de obliterar la configuración original está considerada como la mejor opción de gestión de las modificaciones (con arreglo a los principios de monitoreo del SMOC).

Esta metodología permite identificar y documentar los efectos indirectos, y ayuda al posible usuario a averiguar los factores de corrección (relación) necesarios para ajustar los datos de modo que se conserve la homogeneidad con el registro anterior. La duración de este régimen de observaciones se determinará teniendo en cuenta las características del clima y la necesidad de que ambos sistemas operen en paralelo bajo todos los climas posibles en el emplazamiento (es decir, en todo tipo de estaciones del año y/o en un conjunto razonablemente completo de estados del clima). Podrá aplicarse una metodología estadística para calcular las incertidumbres asociadas a los distintos valores de ajuste mensuales. La finalización del programa en paralelo se decidirá, por ejemplo, cuando se hayan reunido datos comparativos suficientes para determinar que las incertidumbres de los ajustes mensuales no exceden de $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ con un nivel de confianza del 95%. Desde el punto de vista de las operaciones, la situación económica y otras consideraciones prácticas (por ejemplo, la disponibilidad de personal o de terrenos, o la viabilidad de mantener en funcionamiento la antigua configuración) serán frecuentemente factores limitativos a la hora de definir la duración del período de observaciones en paralelo. Habrá que tener presente la demanda adicional que ello impondrá sobre los recursos humanos y financieros presupuestados, ya de por sí precarios, en función de los beneficios que la nueva información aporte con respecto a la utilidad de los datos. Debería procurarse que el período de observaciones en paralelo se prolongara durante un año como mínimo y, preferiblemente, durante dos años.

Igualmente importante para el mantenimiento de estas series de observaciones es el establecimiento y mantenimiento de los metadatos pertinentes en las configuraciones nueva y antigua. Esas dos series de metadatos, que describirán en particular las fechas y la progresión de los cambios, ayudarán a los usuarios y a los investigadores a fundamentar la introducción de ajustes con objeto de mantener la homogeneidad, y permitirán en un futuro analizar la validez de esas correcciones a tenor de los nuevos datos o acontecimientos.

Es también esencial que archivar ambas series de observaciones durante el período de transición. Dependiendo del sistema utilizado, el archivado de dos series de observaciones de un mismo emplazamiento puede obligar a designar de manera especial la configuración nueva o la antigua, a fin de poder archivar y recuperarlas indistintamente en el futuro.

Costos anejos:

En términos de recursos humanos, esta metodología obligará a mantener dos configuraciones distintas en cada emplazamiento en que se efectúe la modificación. Esto significa que, durante el período de observación en paralelo, el personal del emplazamiento deberá tener tiempo para inspeccionar ambos sistemas, para efectuar las reparaciones necesarias y/o para sustituir el equipo defectuoso en ambas configuraciones. Esta necesidad adicional agravará las limitaciones de los recursos humanos durante el paso a la nueva configuración (por ejemplo, para la dotación del emplazamiento y del sistema y para impartir la formación correspondiente). Hay también otras necesidades de recursos humanos, relativamente menores, para las tareas de archivado y control de la calidad de la serie adicional de observaciones generadas por el sistema.

Dado que la configuración original sigue en pie, los costos financieros vinculados a su funcionamiento, y en particular los viajes del personal técnico al emplazamiento para su inspección y mantenimiento, pueden reflejarse en cierta medida en el presupuesto original. Sin embargo, hay que señalar que todo equipo adicional conlleva mayores necesidades de protección y un mayor riesgo de fallo, que podrían incrementar el tiempo y el costo exigidos por las reparaciones.

El establecimiento de una configuración de observación en paralelo para el nuevo equipo, en un lugar apropiado y con una infraestructura de apoyo, conlleva asimismo un costo financiero. En algunos casos, la ubicación de un sensor (por ejemplo, de precipitación o de viento) no puede ser compartida, o se necesitará más espacio y más infraestructura (por ejemplo, torres o cables). Además del costo financiero adicional que ello conlleva, no siempre será viable adquirir espacio adicional, y esta circunstancia limitaría el funcionamiento de las operaciones en paralelo. En ciertos emplazamientos puede haber costos específicos, como los derivados del arrendamiento de nuevos terrenos o de la concertación de contratos de mantenimiento especiales con el propietario del terreno, la empresa de mantenimiento o los observadores (por ejemplo, para mantener un ambiente adecuado en torno al emplazamiento), de los trabajos necesarios para restituir el estado original del emplazamiento tras concluir el programa de observaciones, o del desmantelamiento de estructuras que impidan configurar el nuevo equipo de observación (por ejemplo, vallas y/o estructuras de hormigón). Puede haber también costos asociados a la contratación y formación de nuevos observadores que absorban el trabajo adicional.

Ejemplos:

El Organismo Meteorológico de Australia⁴ tiene en marcha, desde mediados de los años 90, un programa de observaciones en paralelo (11 comparaciones), particularmente para sus estaciones climáticas de referencia. El programa nació con el fin de sustituir estaciones manuales por estaciones meteorológicas automáticas, y para velar por la homogeneidad del registro climático. En septiembre de 2005 había datos comparativos en 31 emplazamientos, y las variables climáticas prioritarias eran

⁴ Nota de agradecimiento: Deseamos dar las gracias a Neil Plummer (Centro Nacional sobre el Clima, Organismo de Meteorología), Helmut Abt (Programa de Observaciones, Organismo de Meteorología) y a los colegas de la Dirección Regional de Observaciones, que han identificado los costos indicados en la Tabla 1. Damos las gracias particularmente a Rod Hutchinson, a Margaret Kaskin y al Dr. Blair Trewin (Centro Nacional sobre el Clima) por la ayuda prestada.

las precipitaciones de lluvia, el punto de rocío y las temperaturas máxima y mínima diarias. Aunque el programa tenía por objeto efectuar observaciones en paralelo durante dos años, en muchos de esos emplazamientos se han obtenido ya más de cinco años de datos.

En la Tabla 1 se ofrece una estimación de los costos directos asociados al programa de observaciones en paralelo en 31 emplazamientos de Australia durante dos años. La mayoría de esos costos están vinculados al mantenimiento de dos observaciones manuales diarias de las variables prioritarias. El costo directo total es de aproximadamente 506.000 dólares australianos (382.000 dólares de Estados Unidos), cifrándose el costo medio en torno a 16.300 dólares australianos (12.300 dólares de Estados Unidos) por cada emplazamiento. En la Tabla 2 se ofrece una estimación de los costos indirectos, que incluyen el costo del análisis de los datos, dado que un dato comparativo no tiene utilidad real hasta que no es utilizado. El costo indirecto total asciende a aproximadamente 43.000 dólares australianos (32.000 dólares de Estados Unidos).

En determinados emplazamientos, los costos pueden ser mucho mayores. El arrendamiento de las tierras puede ser oneroso, al igual que la concertación de un contrato de mantenimiento especial con los observadores (por ejemplo, para mantener un entorno adecuado en el emplazamiento). Los costos de clausura pueden ser también elevados, en razón de las obligaciones que imponga el medio ambiente y de la necesidad de restituir el estado original del emplazamiento. Puede ser también especialmente costosa la eliminación de ciertas estructuras del emplazamiento, como vallas o planchas de cemento. Lo mismo cabe decir de la contratación y formación de nuevos observadores, si éstos fueran necesarios.

En resumen, los programas de observación en paralelo conllevan en Australia costos importantes. Sin embargo, en comparación con los gastos totales invertidos por el Organismo de Meteorología para la obtención de datos observacionales (89 millones de dólares australianos anuales en 2003/04) y para la gestión de la base de datos climáticos (cinco millones de dólares australianos anuales), el gasto destinado a conservar la homogeneidad del registro climático representa tan sólo un 0,3% del total, es decir, de la recopilación y gestión de los datos durante dos años: una buena inversión.

Descripción del componente	Costo unitario (en dólares australianos)	Cantidad	Nº de emplazamientos	Costo total (en dólares australianos)
1. Inspecciones	200	1	31	6,200
2. Comunicaciones	0.15	40150	31	6,022
3. Clausura del emplazamiento: actividad no cíclica	1,500	1	31	46,500
4. Emolumentos				444,638
5. Sustitución de instrumentos	200	0.4	31	2,480
6. Total				505,840

Tabla 1. Costos directos estimados del programa de observación en paralelo del Organismo Meteorológico de Australia. Están basados en la comparación de observaciones efectuadas en dos horas diferentes (0900 y 1500, hora local ordinaria) de sus estaciones en 31 emplazamientos durante dos años. Para los cálculos se ha utilizado la información siguiente: los costos de inspección incluyen sueldos, transportes e incidencias; los costos de comunicación se destinan a la transmisión de datos; la clausura del emplazamiento engloba los costos de inspección, además del tiempo o los fondos adicionales necesarios para la contrata; los emolumentos son pagos destinados a observadores cooperantes; y los costos de sustitución de instrumentos están basados en el supuesto que cada termómetro se sustituirá cada cinco años.

Descripción del componente	Costo total (dólares australianos)
1. Administrativos	3,462
2. Gestión de datos	5,500
3. Análisis y notificación de los datos	33,750
4. Total	42,712

Tabla 2. Costos adicionales del programa de observación en paralelo del Organismo Meteorológico de Australia. Para los cálculos se ha utilizado la información siguiente: los costos generales administrativos abarcan el establecimiento de nuevas estaciones, la concertación de acuerdos con los observadores, la administración de los pagos, el material de oficina y las instrucciones por escrito; los costos de gestión de los datos incluyen la introducción de los datos en cinco de los 31 emplazamientos, la introducción de metadatos en 31 emplazamientos, y los costes adicionales que conlleva la gestión de los datos adicionales en la base de datos; los costos del análisis y notificación de los datos se han calculado suponiendo que un meteorólogo tardará 4,5 meses en analizar todos los datos y elaborar un informe.

Pueden consultarse también las estimaciones pormenorizadas del costo de funcionamiento de los emplazamientos de la red de referencia de datos climáticos de Canadá. Estas estimaciones se han obtenido gracias a los trabajos de modernización de la red climática de referencia de Canadá, y a las actividades en apoyo de la sustitución de observadores humanos por sistemas automatizados en cierto número de emplazamientos de datos climáticos de referencia.

Cuando se efectúen observaciones en paralelo (y pareadas) en un mismo emplazamiento, los servicios públicos básicos (electricidad y agua) no entrañarán costos anuales adicionales importantes. Sí serán apreciables, sin embargo, los costos en concepto de comunicaciones y apoyo de TI (1.150 dólares canadienses por emplazamiento) y de inspección, reparación y conservación (11.060 dólares canadienses por emplazamiento), partiendo del supuesto de que se conservará un 5% de los elementos y de que se realizarán un 10% de los viajes de emergencia para reparaciones; y en concepto de monitoreo del funcionamiento y de aseguramiento de la calidad/control de la calidad en tiempo real (290 dólares canadienses por emplazamiento). Conllevará también un costo adicional el tiempo necesario para realizar inspecciones de rutina y mantenimiento de sistemas adicionales (1.365 dólares canadienses por emplazamiento), sobre la base de unos periodos de inspección de dos días por emplazamiento, viajes incluidos. Cuando, por razones de salud y seguridad laboral, se necesite enviar a un auxiliar (técnico de corta experiencia) para acompañar a un inspector durante una visita ordinaria de inspección y mantenimiento a un emplazamiento distante, los costos anuales (2.493 dólares canadienses por emplazamiento) pueden ser bastante mayores (por ejemplo, en concepto de viajes adicionales a lugares distantes).

Observaciones pareadas

Cuando no sea viable o posible efectuar observaciones en paralelo, como sucede cuando la modificación es ineludible por tener que restituir elementos de equipo dañados o perdidos, por la imposibilidad de seguir accediendo a un emplazamiento,

o por actuaciones emprendidas por entidades asociadas o por los propietarios de la tierra, o ante una situación de hechos consumados (es decir, cuando las instalaciones originales no están ya disponibles o no pueden ser restablecidas), una posibilidad alternativa consistiría en reproducir en la medida de lo posible las antiguas instalaciones para, seguidamente, obtener observaciones pareadas mediante unas instalaciones nuevas ubicadas en el mismo lugar o cierto número de emplazamientos de observación próximos, junto con la nueva configuración. Como en el caso de las observaciones en paralelo, las observaciones pareadas deberían efectuarse durante el mayor tiempo posible, de modo que abarquen todas las estaciones climáticas (es decir, durante uno o dos años, o hasta que las incertidumbres respecto a los ajustes mensuales se consideren suficientemente pequeñas; véase la sección anterior).

Un programa de observaciones pareadas implica la ubicación de al menos dos instalaciones; una de ellas, aproximadamente igual a la configuración original, y la nueva instalación. Si la configuración original, la nueva y el medio ambiente tuvieran una homogeneidad similar, podría instalarse la configuración original junto con la nueva a fin de desarrollar los factores de corrección (o de relación) necesarios para otras ubicaciones similares.

Las observaciones pareadas no son tan efectivas como las observaciones en paralelo, pero constituyen una opción viable para mantener la continuidad de los registros. De ellas pueden obtenerse factores de corrección (de relación) que permitan interrelacionar las observaciones obtenidas con la nueva configuración y con la antigua.

Los inconvenientes de este método son la necesidad de duplicar la configuración original, que implica la búsqueda y mantenimiento de una serie de sensores originales, y de replicar la configuración del sistema, del programa de observación y del entorno (edificios y vegetación). Para la sustitución de un programa de observación manual por otro de EMA, la duplicación de la configuración original podría ser impracticable, por lo que las observaciones pareadas podrían no ser una solución viable. Además, el restablecimiento y mantenimiento de un gran número de configuraciones originales podría ser prohibitivo.

Costos anejos:

Para la realización de observaciones pareadas es necesario un esfuerzo adicional y, por consiguiente, un mayor gasto financiero y en recursos humanos. Estos gastos serían similares a los del programa de observación en paralelo (véanse los ejemplos en el apartado correspondiente). No obstante, el restablecimiento de la configuración original en respuesta a una situación de hechos consumados entrañaría costos adicionales. Se trataría de costos necesarios para atender a la demanda adicional de personal técnico, y en particular a la necesidad de adquirir y mantener en funcionamiento (por ejemplo, verificando la operabilidad, o renovando y reparando elementos) el conjunto de sensores originales y de restablecer la configuración original, particularmente para emplazar de manera adecuada los sensores y para establecer la infraestructura requerida. Al igual que en el caso de las observaciones en paralelo, las limitaciones de espacio (escasa disponibilidad de espacio adicional o dificultad de acceso a éste) pueden incrementar los costos y/o limitar la aplicabilidad de este método.

Metodología de modelización o de homogeneización

Una alternativa a las dos metodologías anteriores consiste en modelizar los datos obtenidos mediante las instalaciones originales (es decir, modelizar las propiedades instrumentales de los sensores anteriormente utilizados tomando como referencia los sensores de sus inmediaciones) y compararlos con los datos que se obtienen de las nuevas instalaciones. Aunque no es tan eficaz como las dos anteriores, esta metodología permite establecer una relación climatológica que podrá utilizarse posteriormente para homogeneizar los datos obtenidos en las nuevas instalaciones con los obtenidos de la configuración original.

Se han desarrollado procedimientos de comprobación de homogeneidad para detectar discontinuidades en la cronología climatológica como consecuencia de la reubicación de la estación, de modificaciones de la instrumentación, de cambios de observador o de modificaciones en los procedimientos de observación. Estos procedimientos están basados en metodologías estadísticas. Necesitan de un gran volumen de observaciones del emplazamiento que se somete a verificación y de cierto número de estaciones vecinas, y proporcionan únicamente una estimación grosera de los valores que simulan la homogeneidad. Son adecuados para introducir ajustes en los registros ya efectuados, pero para los registros futuros lo más adecuado será coubicar instrumentos que obtengan observaciones diarias coincidentes durante al menos dos (preferiblemente, cinco) años, y desarrollar relaciones matemáticas para obtener los valores de ajuste.

Las pruebas de homogeneidad podrán efectuarse cuando las observaciones en paralelo sean imposibles, teniendo presentes las limitaciones de los procedimientos. La exactitud estimada será directamente proporcional al número de estaciones vecinas utilizadas (como mínimo, entre tres y cinco) para la obtención de los valores. Estas estaciones deberían estar muy próximas al lugar de las pruebas, y representar un régimen climático similar. Para las observaciones de temperatura, un emplazamiento próximo puede estar situado a 20 o 30 km, según la topografía del lugar, pero para las de precipitación no debería estar a más de unos pocos kilómetros. Las estaciones vecinas escogidas deberían ser siempre las mismas hasta, como mínimo, dos años después de concluida la modificación. Los datos proporcionados durante ese periodo son necesarios para construir un modelo de relación que sea válido para todos los regímenes climáticos experimentados en el emplazamiento considerado. Cuanto más largo sea ese periodo, mayor confianza podrá atribuirse a la validez de la relación.

Las técnicas utilizadas para seleccionar el conjunto de estaciones próximas y para desarrollar el modelo de relación serán las utilizadas en los estudios de homogeneidad (Vincent, L.A. et al., 2002). El modelo reflejará las diferencias entre las variables medidas en una escala lineal, como en el caso de la temperatura, y las medidas en una escala proporcional, como en el caso de la precipitación.

Una vez desarrollado el modelo, los datos obtenidos en las nuevas instalaciones podrán experimentar ajustes para adecuarlos a los obtenidos mediante la configuración original. Los factores de ajuste podrán obtenerse promediando por separado las series de diferencias o de proporcionalidades durante el periodo previo y posterior a la modificación. Las medias obtenidas se compararán calculando su cociente o su diferencia, y el factor obtenido se aplicará a los datos posteriores al cambio. Los ajustes corroborarán mediante metadatos, en la medida en que éstos puedan considerarse fiables y completos.

Estudios recientes han evidenciado que los procedimientos de homogeneidad son fiables para la obtención de estimaciones correctas de las temperaturas anuales y mensuales, pero el error aumenta en el caso de los valores diarios y, en particular, de los valores extremos. Se han aplicado pruebas de homogeneidad a otros elementos climáticos, como la presión o la humedad relativa, a fin de identificar discontinuidades en la serie cronológica estacional, pero es necesario introducir nuevos procedimientos de ajuste. Con respecto a la precipitación, es difícil aplicar un procedimiento de homogeneidad, ya que la variabilidad espacial de la precipitación es muy alta; sin embargo, se está investigando para tratar de resolver este problema. Cabe señalar también que no existe todavía una metodología definitiva para ninguna de las variables, por lo que siempre será necesario revisar la evaluación de los datos y los ajustes introducidos. Por ello, es muy importante conservar los datos en bruto, y documentar en los metadatos correspondientes todos los procedimientos aplicados para ajustar los datos.

Este modelo no sólo no es aplicable a todas las variables, sino que no siempre se dispondrá de datos suficientes para construirlo. En los lugares en que las redes de observación están muy espaciadas o en que no es posible mantener las instalaciones originales en emplazamientos próximos, resulta difícil construir el modelo requerido. En tales casos, puede recurrirse a una combinación de los métodos de observación paralela o pareada y de elaboración de un modelo, con lo que podrían reducirse los costos generales de la gestión que conllevaría una modificación en gran escala.

Costos anejos:

En términos de inversión de capital y de recursos humanos, los costos anejos son algo inferiores a los de los dos casos anteriores, y podrían ser la única opción viable. No hay necesidad de mantener dos emplazamientos y, en tanto subsistan los emplazamientos vecinos, no habrá costos adicionales imputables a las operaciones de la red. Los únicos costos son los derivados del establecimiento, utilización y actualización de un modelo relacional, y del mantenimiento de los metadatos correspondientes. Los costos que conlleva esta metodología dependerán de la experiencia de las personas que la apliquen, del tiempo que le dediquen y de los datos de que dispongan, y del elemento climático que deseen modelizar.

Se señalan a continuación algunas consideraciones a propósito de los costos⁵:

- Es esencial disponer de un climatólogo experimentado que conozca la climatología del lugar, y de un informático familiarizado con los algoritmos estadísticos. Ambos deberían recibir una formación adecuada para poder utilizar procedimientos de comprobación mediante modelización u homogeneización.
- Se necesita realizar observaciones diarias por un periodo mínimo de 25 años antes y cinco después de realizadas las modificaciones en el emplazamiento considerado, así como en las estaciones vecinas, con escasos valores faltantes.
- En términos de capacidad de computación, tanto el análisis estadístico como la modelización pueden realizarse en una computadora personal con el programa informático estadístico adecuado.
- Se necesitan metadatos pormenorizados respecto de todos los emplazamientos

⁵ Nota de agradecimiento: deseamos dar las gracias a Lucie Vincent, del Servicio Meteorológico de Canadá, Environment Canada, por su información sobre los costos/recursos de la metodología de modelización u homogeneización.

y equipos considerados, en particular sobre el tipo de instrumentos, los observadores, las horas de observación, las ubicaciones, y los programas de observación, además de una descripción del entorno circundante.

La experiencia de Australia parece indicar que los primeros trabajos sobre la metodología de modelización u homogeneización han llevado mucho tiempo y han sido costosos. Así, por ejemplo, el desarrollo de los primeros conjuntos de datos homogeneizados sobre precipitaciones de lluvia (Lavery et al., 1997) y temperatura (Torok and Nicholls, 1996) en el conjunto de Australia exigió, en cada caso, dos años de trabajo científico a cargo de un climatólogo con formación. (El segundo conjunto de datos se obtuvo en el marco de una tesis doctoral). El trabajo consistió en: recopilar e inventariar metadatos; desarrollar técnicas de detección y ajuste de inhomogeneidades estadísticas; recopilar y analizar datos e introducir ajustes en la serie cronológica; y documentar y redactar informes. El desarrollo de una serie de datos homogeneizados costó al Organismo Meteorológico de Australia aproximadamente 180.000 dólares australianos⁶ (135.000 dólares de Estados Unidos). Sin contar los costos de observación, la actualización y mantenimiento de este conjunto de datos conlleva aproximadamente seis meses de trabajo de un climatólogo cada tres a cinco años, es decir, 45.000 dólares australianos (o 34.000 dólares de Estados Unidos).

Conclusiones

El objetivo práctico del monitoreo climático es disponer de datos coherentes y continuos que abarquen largos períodos de tiempo. Como este tipo de coherencia no suele existir, si se desea simular la continuidad habrá que dar cuenta de posibles errores sistemáticos debidos a cambios ajenos a las modificaciones del clima. Las principales conclusiones de estas directrices son:

- La integridad del registro climático es de la mayor importancia, y existen medios para protegerlo de la degradación;
- Hay que procurar tener adecuadamente en cuenta tanto la legítima necesidad de integridad de las observaciones como los costos y beneficios que el proceso conllevará.
- El establecimiento de un proceso de gestión de las modificaciones es esencial para poder documentar las decisiones referentes al proceso de modificación, para asegurarse de que se conseguirán los resultados deseados, y para disponer de un foro que permita analizar en detalle los costos y beneficios que conllevará ese proceso.
- En términos de viabilidad práctica y financiera, parece apreciarse que, en muchos casos, sería posible combinar las metodologías de observación en paralelo y de modelización.
- Una custodia prudente de los recursos observacionales es esencial para el monitoreo del clima por largos períodos, y para examinar los efectos de la variabilidad y el cambio climáticos sobre las vidas y los bienes.

⁶ Costos estimados por Neil Plummer (Organismo de Meteorología, Australia); incluyen los gastos generales corporativos, los sueldos y el equipo.

Referencias

- Aguilar, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T.C. and Wieringa, J., 2003: WCDMP No. 53, OMM/TD No. 1186: Guidelines on climate metadata and homogenization. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza.
- Davey, C. and Pielke, R.A., 2005: Microclimate Exposures of Surface-Based Weather Stations: Implications for the Assessment of Long-Term Temperature Trends. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 86, 497-504.
- Plummer, N., Allsopp, T. and Lopez, J.A., 2003: WCDMP No. 52, OMM/TD 1185: Guidelines on climate observations networks and systems. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza.
- Lavery, B., Joung, G. and Nicholls, N., 1997: An extended high-quality historical rainfall dataset for Australia. *Australian Meteorological Magazine* 46(1), 27-38.
- Mekis, É. and Hopkinson, R., 2004: Derivation of an improved snow water equivalent adjustment factor map for application on snowfall ruler measurements in Canada. *Proceedings of the 14th Conferencia sobre climatología aplicada*, Seattle, Washington, American Meteorological Society.
- Mekis É. and Hogg, W.D., 1999: Rehabilitation and analysis of Canadian daily precipitation time series. *Atmosphere-Ocean*, 37, 53-85.
- Metcalf, J.R., Routledge, B. and Devine, K., 1997: Rainfall measurement in Canada: changing observational methods and archive adjustment procedures. *J. Climate*, 10, 92-101.
- Milewska, E.J. and Vincent, L.A., 2005: The effect of modernization of climate reference networks on continuity of daily maximum and minimum temperature observations. *Actas del decimotercer Simposio sobre observaciones e instrumentación meteorológicas*. 20 a 24 de junio, Savannah, Georgia.
- Milewska, E.J. and Hogg, W.D., 2002: Continuity of Climatological Observations with Automation - Temperature and Precipitation Amounts from AWOS (Automated Weather Observing System). *Atmosphere-Ocean*, 40(3), 333-359.
- National Monitoring Change Management Board (NMCMB) Charter, issued by T. Allsopp, Servicio Meteorológico de Canadá, 2002, Downsview, Canadá.
- Peterson, T.C., Easterling, D.R., Karl, T.R., Groisman, P., Auer, I., Boehm, R., Plummer, N., Nicholls, N., Torok, S., Vincent, L., Tuomenvirta, H., Salinger, J., Forland, E.J., Hanssen-Bauer, I., Alexandersson, H., Jones, P. and Parker, D., 1998: Homogeneity adjustments of in situ climate data: a review. *International Journal of Climatology*, 18, 1493-1517.
- Torok, S.J. and Nicholls, N., 1996: A historical annual temperature dataset for Australia. *Australian Meteorological Magazine* 45(4), 251-260.
- Vincent, L.A., Zhang, X., Bonsal, B.R. and Hogg, W.D., 2002: Homogenization of daily temperatures over Canada. *Journal of Climate*, 15, 1322-1334.
- Vincent, L.A., 1998: A Technique for the identification of inhomogeneities in Canadian temperature series. *Journal of Climate*, 11, 1094-1104.
- Wang, X. L., 2005: Has Canada Experienced More Frequent Adverse or Fair Weather since 1953? Presentado al *Journal of Geophysical Research*.
- Wang, X. L., 2003: Comments on "Detection of Undocumented Change-points: A Revision of the Two-Phase Regression Model". *Journal of Climate*, 16, 3383-3385.
- Organización Meteorológica Mundial (serie) N° 488: Guía del Sistema Mundial de Observación, 1989, Ginebra, Suiza.
- Organización Meteorológica Mundial (serie) N° 100: Guía de prácticas climatológicas, segunda edición, 1983, Ginebra, Suiza.

- Organización Meteorológica Mundial WMO-Nº8: Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos, sexta edición, 1996, Ginebra, Suiza.
- Organización Meteorológica Mundial WMO-Nº544: Manual del Sistema Mundial de Observación, Volumen 1 (Anexo V al Reglamento Técnico de la OMM) Aspectos mundiales, 1981, Ginebra, Suiza.

Lista de comprobación de la documentación fotográfica para las visitas de mantenimiento anuales al emplazamiento de la Red de referencia climatológica de Estados Unidos (USCRN)

Fotografías obtenidas Por: _____ Fecha: _____

Las fotos deberán tomarse cuando haya buena visibilidad a 100 metros. En días despejados, las fotografías se obtendrán lo más aproximadamente posible al mediodía. En su caso, los nombres de archivo contendrán también la dirección expresada en coordenadas de puntos cardinales. El formato del archivo será jpg. Las fotografías DEBERÁN efectuarse en el orden indicado a continuación, a fin de etiquetarlas adecuadamente.

- 1) Se obtendrán cuatro lpix a 10 metros de la cerca de la torre, para los cuatro puntos cardinales. En cada lpix deberá figurar una rosa de los vientos alineada en la zona de etiquetado central. Las instantáneas de la imagen de 186° formarán parte del archivo oficial. **Si la visita anual al emplazamiento revela algún cambio apreciable, deberán obtenerse de nuevo las instantáneas.**

Fotografía 1: Norte: comenzando en el S, terminando en el N
Fotografía 1: Este: comenzando en el W, terminando en el E
Fotografía 1: Sur: comenzando en el N, terminando en el S
Fotografía 1: Oeste: comenzando en el E, terminando en el W

- 2) Un mínimo de cuatro vistas generales del emplazamiento desde la perspectiva que más información aporte. Dos de las fotografías se obtendrán con el ángulo de la cámara perpendicular a una línea que una la DFIR (referencia de intercomparación de doble cerca) con la torre, dejando un margen de cielo no mayor de 1/3 de la altura de la imagen, en la que la estación ocupará un 75% de la imagen. Se repetirán en cada visita anual al emplazamiento, y se incorporarán al archivo.
- 3) Desde un punto situado a cuatro metros al oeste de la torre, y comenzando por el sur, se obtendrán nueve instantáneas cada 22.5° en el sentido de las agujas el reloj hasta llegar al norte, con denotación de los objetos situados a menos de 100 metros y de sus alturas. Las fotografías se ensamblarán para obtener una imagen única de 180°. **Se repetirán en cada visita anual al emplazamiento, y se incorporarán al archivo.**

Progresión de las tomas: S, SSW, SW, WSW, W, WNW, NW, NNW
Finalizar en el N

Objeto:	Distancia:
Objeto:	Distancia:
Objeto:	Distancia:

Objeto:	Distancia:
Objeto:	Distancia:

35) Desde un punto situado a cuatro metros al este de la torre y comenzando por el norte, se obtendrán nueve instantáneas cada 22.5° en el sentido de las agujas del reloj hasta llegar al sur, con denotación de los objetos situados a menos de 100 metros y de sus alturas. Las fotografías se ensamblaran en una única imagen de 180°. **Se obtendrán de nuevo en cada visita anual al emplazamiento, y se incorporarán al archivo.**

**Progresión: N, NNE, NE, ENE, E, ESE, SE, SSE
Finalizar en el S**

Object:	Distance:

Ubicación de las fotografías originales:

Una vez editadas y guardadas las fotos, se enviarán al NCDC, y se almacenarán en el archivador de la oficina de Gabrielle. El NCDC recibirá un CD con todas las fotografías. El fotógrafo recibirá un CD con todas las fotografías.

Lista de objetos adicionales y de sus distancias:

Object:	Distance:
Object:	Distance: