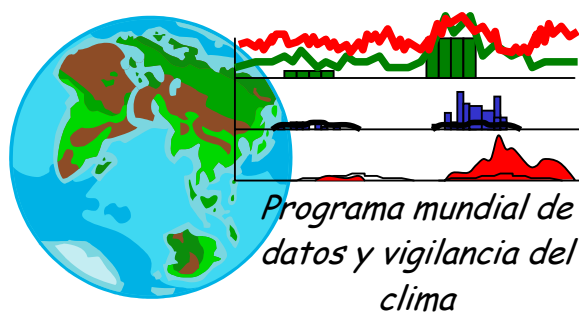


FUNCIÓN DE LAS NORMALES CLIMATOLÓGICAS EN UN CLIMA CAMBIANTE

WCDMP-Nº. 61

OMM-TD Nº. 1377



Organización Meteorológica Mundial

(Ginebra, marzo de 2007)

(Contribuciones de: B. Trewin)

Editado por: Omar Baddour y Hama Kontongomde

©2007 World Meteorological Organization

WMO/TD No. 1377

NOTE

The designations employed and the presentation of material in this publication do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of any of the participating agencies concerning the legal status of any country, territory, city or area, or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries.

This document is not an official WMO publication and has not been subjected to WMO's standard editorial procedures. The views expressed herein do not necessarily have the endorsement of the WMO.

Función de las normales climatológicas en un clima cambiante

Blair C. Trewin
National Climate Centre
Australian Bureau of Meteorology

Contents

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	DEFINICIONES	1
3.	DESARROLLO HISTÓRICO DEL CONCEPTO DE NORMAL CLIMATOLÓGICA	2
4.	CRITERIOS QUE SE PODRÍAN UTILIZAR EN LA EVALUACIÓN DE PERIODOS ADECUADOS DE PROMEDIACIÓN	3
5.	¿HASTA QUÉ PUNTO LAS NORMALES CLIMATOLÓGICAS TRADICIONALES PROPORCIONAN UNA DESCRIPCIÓN ADECUADA DEL CLIMA?	4
6.	PRECISIÓN DE PREDICCIÓN DE LAS MEDIAS CLIMÁTICAS	5
6.1	Análisis previo de la precisión de predicción de las medias climáticas	5
6.2	Variables elegidas para la evaluación de la precisión de predicción de las medias climáticas	6
6.3	Datos utilizados para la evaluación de la precisión de predicción de las medias climáticas	7
6.4	Procedimientos utilizados para la evaluación de la precisión de predicción de las medias climáticas	8
6.5	Evaluación de la precisión de predicción para medias climáticas	9
	6.5.1 Datos de superficie	9
	6.5.2 Datos en altitud	11
7.	USO DE ESTACIONES A CORTO PLAZO	12
7.1	Incorporación de información sobre el clima de corta duración en las normales climatológicas	12
7.2	Ajuste de la información sobre el clima de corta duración para su uso en normales climatológicas	13
8.	VALORES EXTREMOS	14
9.	CUANTILES DE LOS DATOS CLIMÁTICOS	15
9.1	Cálculo de los cuantiles de los datos climáticos	15
9.2	Evaluación de los métodos para calcular quintilas de precipitación	16
	9.2.1 Características deseables en los valores de las quintilas de precipitación	16
	9.2.2 Métodos para evaluar los cálculos de los valores de las quintilas de precipitación	16

9.2.3	Datos utilizados en la evaluación de las quintilas de precipitación	17
9.2.4	Anchura del intervalo de confianza para las quintilas de precipitación	17
9.2.5	Posibles variaciones con una distribución gamma adaptada	18
9.2.6	Variaciones debidas a métodos diferentes de cálculo de los puntos límite de las quintilas	18
10.	DATOS AUSENTES	19
10.1	Directrices sobre datos ausentes en el cálculo de normales climatológicas	19
10.2	Datos acumulados y normales climatológicas	19
10.3	Evaluación del efecto de los datos ausentes en las normales climatológicas	20
11.	HOMOGENEIDAD DE LOS DATOS	22
11.1	Homogeneidad de los datos y su efecto en las normales climatológicas	22
11.2	Adaptación de los datos inhomogéneos para su uso en las normales climatológicas	23
12.	CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	24
13.	AGRADECIMIENTOS	27
14.	REFERENCIAS	27
	LEYENDA DE LAS FIGURAS	29
	LEYENDA DE LAS TABLAS	30
	TABLA 1. NÚMERO DE ESTACIONES AUSTRALIANAS CON CANTIDADES ESPECIFICADAS DE DATOS DISPONIBLES (HASTA AGOSTO DE 2005)	31
	TABLA 2. VALORES MEDIOS (MM) DE LOS LÍMITES DE QUINTILAS PARA LA PRECIPITACIÓN MENSUAL, PARA 100 AÑOS DE DATOS OBSERVADOS Y DISTRIBUCIONES GAMMA ADAPTADAS CON DATOS DE 30 AÑOS.	31
	TABLA 3. FRECUENCIA DE LAS OBSERVACIONES DE PRECIPITACIÓN MENSUAL EN LAS QUINTILAS PARA 1991-2000, UTILIZANDO LOS LÍMITES DE LAS QUINTILAS CALCULADOS A PARTIR DE DATOS DE 1961-1990 UTILIZANDO LOS MÉTODOS ENUMERADOS.	31
	APÉNDICE A. ESTACIONES UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE PREDICCIÓN DE LAS NORMALES CLIMATOLÓGICAS	32
	APÉNDICE B. ESTACIONES UTILIZADAS EN EL ANÁLISIS DE QUINTILAS DE PRECIPITACIÓN	33

1. Introducción

Desde hace mucho tiempo las normales climatológicas han tenido dos fines principales. En primer lugar, constituyen una referencia con la que se pueden evaluar las condiciones (en particular las condiciones actuales o recientes) y en segundo lugar se utilizan extensivamente (de forma implícita o explícita) para fines de predicción, como indicador de las condiciones que es probable que se experimenten en un determinado lugar.

Cualquier debate sobre su función y sobre las prácticas adecuadas para el cálculo de las normales climatológicas debe tener en consideración ambos fines. Las decisiones sobre normales climatológicas deben también tenerlos en cuenta, aunque hay que reconocer que lo que es ideal para uno puede no serlo para el otro. Este asunto se tratará con mayor detalle más adelante en este documento, pero, a modo de introducción, se puede plantear el problema mediante una única frase: cuando se utilizan normales como referencia, es preferible tener un periodo estándar que se modifique con relativa poca frecuencia (como 1961 – 1990) pero durante el cual algún elemento (como la temperatura media) muestre alguna tendencia. Es razonable esperar que una actualización más frecuente y/o un periodo más corto de medición darán lugar a una normal con una mayor precisión de predicción.

Este documento trata en detalle diversas consideraciones para el cálculo de las normales climatológicas. También incluye una evaluación completa de la capacidad de predicción de normales con diversas duraciones y frecuencias de actualización, la evaluación de posibles indicadores estadísticos del clima, además de las normales climatológicas tradicionales, y el tratamiento de las incertidumbres que surgen con datos no homogéneos y cuando faltan datos.

2. Definiciones

El *Reglamento Técnico* y ediciones anteriores de la *Guía de Prácticas Climatológicas* incluyen algunas definiciones explícitas, así como términos que no están formalmente definidos pero que tienen un significado claro. Estos términos son:

Medias: Valor medio de los valores mensuales de los datos climatológicos (que pueden ser valores medios o totales mensuales) durante cualquier periodo de tiempo especificado (sin definición específica). También se citan en la segunda edición (1983) de la *Guía de Prácticas Climatológicas* como “normales provisionales”.

Medias de un periodo: Medias de los datos climatológicos calculadas para cualquier periodo de por lo menos diez años que comience el 1 de enero de un año que acabe en 1 (*Reglamento Técnico*).

Normales: Medias calculadas tomando un periodo uniforme y relativamente largo que comprende por lo menos tres periodos consecutivos de diez años (*Reglamento Técnico*).

Normales climatológicas estándares: Medias de datos climatológicos calculadas para periodos consecutivos de 30 años, a saber: desde el 1 de enero de 1901 hasta el 31 de diciembre de 1930, desde el 1 de enero de 1931 hasta el 31 de diciembre de 1960, etc. (*Reglamento Técnico*).

Esta terminología se utiliza en el resto del documento.

Las definiciones anteriores se refieren sólo al valor medio de los valores mensuales. No obstante, muchas publicaciones sobre normales climatológicas incluyen normalmente

estadísticas, por ejemplo de valores extremos de un elemento durante un periodo especificado u otros parámetros relativos a las propiedades estadísticas de ese elemento como los límites de las quintilas para los valores mensuales de precipitación. En lo que respecta al presente documento estas estadísticas también se incluyen en el tratamiento de las medias y las normales.

Otras dos definiciones que también se utilizan en el resto de este documento son:

Elemento: Aspecto del clima que se puede describir de forma estadística, como la temperatura diaria máxima o mínima, la precipitación o la presión de vapor.

Parámetro: Indicador estadístico de un elemento climático. En la mayoría de los casos se trata de la media aritmética, aunque también puede incluir valores tales como la desviación típica, los puntos de percentil el número de veces que se excede un umbral o los valores extremos.

3. Desarrollo histórico del concepto de normal climatológica

El desarrollo histórico del concepto de normal climatológica ha sido descrito por Guttman (1989). El término “normal” surgió por primera vez en la literatura meteorológica en 1840, y se utilizó formalmente en primer lugar en 1872, cuando el Comité Meteorológico Internacional decidió recopilar los valores medios durante un periodo uniforme con el fin de garantizar la compatibilidad entre los datos recogidos en diversas estaciones.

Durante la mayor parte del siglo siguiente el paradigma dominante fue que el clima es fundamentalmente constante para escalas de tiempo de décadas a siglos y las variaciones de este estado constante durante un periodo específico de tiempo se deben al método de muestreo. De este concepto se deduce que las medias a largo plazo deberían converger hacia ese estado constante cuando se considera un periodo de promediación suficientemente largo. Tras muchos debates internacionales, a finales del siglo XIX y principios del XX se fijó un periodo 30 años como el periodo de promediación más adecuado.

El concepto de normal climatológica estándar de 30 años data de 1935 cuando en la conferencia de Varsovia el Comité Meteorológico Internacional recomendó que se utilizara 1901 – 1930 como periodo estándar mundial para el cálculo de las normales. En 1956, la OMM recomendó el uso del periodo de 30 años disponible más reciente, que finalizara en el año más próximo que terminara en 0 (que en aquel momento era 1921 – 1950). Esta decisión se tomó, por lo menos en parte, gracias al creciente conocimiento de las fluctuaciones climáticas a largo plazo, aunque un informe en 1967 del grupo de trabajo para la Comisión de Climatología (Jagannathan y otros, 1967) todavía considera que:

“En su gran mayoría, las fluctuaciones climáticas a gran escala están constituidas por variaciones no lineales que a largo plazo oscilan de una forma irregular en torno a un valor medio climatológico”.

A pesar de la recomendación 1956 de la OMM, el *Reglamento Técnico* sigue definiendo la normal climatológica estándar como en la sección 2 anterior.

Actualmente se reconoce (IPCC, 2001) que las temperaturas medias mundiales han aumentado $0,6 \pm 0,2$ °C durante el periodo 1900 - 2000 y se espera un mayor calentamiento como resultado de las concentraciones crecientes de gases de efecto invernadero debidos a la actividad humana. Aunque los cambios en otros elementos no han tenido lugar de una forma tan evidente como para la temperatura, no se puede descartar la posibilidad de

cambios seculares a largo plazo para esos elementos. La importancia de estas tendencias seculares radica en que, en un determinado lugar, reducen la representatividad de los datos históricos como indicadores del clima actual, y probablemente del futuro. Además, la existencia de fluctuaciones climáticas que se extienden durante años (Karl, 1988), en cierta medida superiores a las que se pueden explicar mediante la variabilidad aleatoria, sugiere que, incluso sin cambio climático antropogénico a largo plazo, puede que no exista un estado estable hacia el que converja el clima, sino más bien una acumulación de fluctuaciones en múltiples escalas de tiempo.

La aceptación prácticamente universal del paradigma de que el clima sufre un cambio secular a largo plazo todavía no ha producido ningún cambio en las directrices formales de la OMM sobre el periodo apropiado para el cálculo de las normales (incluidas las normales climatológicas estándar). La directriz general de la OMM más reciente sobre normales climatológicas, publicada en 1989 (OMM, 1989), no considera la cuestión de los periodos de promediación, sino que se centra en los elementos o parámetros que se deben utilizar, en los procedimientos de cálculo y en el tratamiento de la falta de datos.

4. Criterios que se podrían utilizar en la evaluación de periodos adecuados de promediación

Como se ha descrito anteriormente, los dos fines principales de las normales climatológicas implican que se podrían utilizar ciertos criterios para la evaluación de periodos de promediación adecuados. Algunos de estos criterios sólo se pueden evaluar de forma subjetiva mientras que otros, en particular la precisión de predicción de las normales climatológicas, se pueden evaluar de forma objetiva. La elección de un periodo de promediación adecuado dependerá de la aplicación en la que se estén utilizando las normales y, por lo tanto, de la importancia relativa de los criterios siguientes. Algunos criterios (como (b) y (c)) son, en cierta medida, mutuamente incompatibles.

Una lista no exhaustiva de criterios incluye:

- (a) Reducir en lo posible el error de predicción cuando se utilicen normales de un determinado periodo para predecir condiciones en un periodo futuro independiente;
- (b) Disponer de un conjunto de normales tan actualizado como sea posible para potenciar la importancia de esas normales en la comunidad;
- (c) Disponer de un conjunto de normales estable durante un periodo largo para reducir lo más posible el trabajo necesario para volver a calcular las normales y los datos asociados tales como las anomalías;
- (d) Maximizar el número de estaciones en las que se disponga de normales para un determinado parámetro.
- (e) Disponer en una red de observación de un conjunto de normales durante un periodo uniforme para todas las estaciones y/o parámetros con el fin de proporcionar una base común para la comparación espacial.
- (f) Disponer de un periodo de promediación al que el público en general se pueda referir y que parezca "lógico".
- (g) Disponer de un conjunto de normales que se puedan calcular con facilidad utilizando programas informáticos comerciales de gran difusión.

La precisión de predicción de las medias climáticas es el criterio de esta lista que mejor se puede aplicar a la evaluación objetiva y es en lo que se fundamentan las secciones 6 y 7. El hecho de que optimizar la precisión de predicción de las medias climáticas debería ser el criterio principal para la evaluación de periodos de promediación apropiados, asunto que se

tratará con más detalle en la sección 12, no debe tomarse necesariamente como una recomendación

5. ¿Hasta qué punto las normales climatológicas tradicionales proporcionan una descripción adecuada del clima?

Tradicionalmente, las normales climatológicas se han centrado en el valor medio de un elemento climático durante un periodo de tiempo. Algunos autores, desde Landsberg (1944) hasta más recientemente Guttman (1989) y Kunkel y Court (1990), han argumentado que la media aritmética de un elemento es una descripción inadecuada del clima y que muchas aplicaciones precisan información sobre otros aspectos de la distribución de probabilidad de ese elemento, u otras características del comportamiento estadístico del elemento, tales como la frecuencia de periodos extensos en los que su valor supera un umbral (que será una función tanto de la distribución de probabilidad del elemento como de su autocorrelación).

En el contexto de las normales climatológicas, esto plantea la cuestión de qué parámetros se pueden utilizar para proporcionar información adicional sobre la distribución de probabilidad del elemento. Esto se puede realizar proporcionando parámetros que definan una distribución de probabilidad idealizada, que se pueda considerar representativa del elemento considerado, o parámetros basados en algunos aspectos de la distribución de probabilidad obtenida de forma empírica del elemento.

Se han realizado muchas pruebas para determinar qué distribuciones teóricas son las más apropiadas para determinados elementos climáticos. Entre las distribuciones más utilizadas habitualmente con este objetivo se encuentran las distribuciones Gaussiana ("normal") y gamma. Ambas distribuciones se pueden especificar totalmente mediante dos o tres parámetros. Sin embargo, las distribuciones teóricas no concuerdan necesariamente con los datos reales. Por ejemplo, se ha supuesto a menudo (por ejemplo, Thom (1973), Klein y Hammons (1975) y la edición de 1983 de la *Guía de Prácticas Climatológicas*) que las temperaturas máxima y mínima diarias siguen aproximadamente la distribución Gaussiana, aunque Trewin (2001a) descubrió que no es cierto para los datos de Australia. New y otros (2002) han descubierto que, mientras la distribución gamma generalmente resulta adecuada para representar datos mensuales de precipitación, existen algunas variaciones sistemáticas en la representación de la frecuencia esperada de los valores extremos, asunto que se tratará con más detalle en la sección 9.2.5.

Un planteamiento más común ha sido calcular parámetros asociados con la distribución de probabilidad obtenida de forma empírica. Los parámetros habituales utilizados para este fin incluyen el número de días durante el que un elemento se encuentra por debajo o por encima de un nivel especificado (por ejemplo, el número de días con temperaturas superiores a 30°C), los valores de diversos cuantiles de un elemento (por ejemplo, el percentil 10 ó 90) y los valores extremos superior e inferior de un elemento durante un periodo especificado. Los parámetros más frecuentes de este tipo intercambiados en el ámbito nacional e internacional son el número de días con precipitación mensurable (normalmente con un umbral de 0,2 ó 1,0 mm) y los límites de las quintilas de precipitación. Debido a su uso habitual, las quintilas de precipitación se consideran en detalle en la sección 9.2.

6. Precisión de predicción de las medias climáticas

6.1 Análisis previo de la precisión de predicción de las medias climáticas

Algunos de los autores anteriores han intentado evaluar el periodo de promediación que se debe utilizar para optimizar el valor predictivo de una media climática. Estos estudios incluyen los de Lamb y Changnon (1981), Dixon y Shulman (1984), Angel y otros (1993), Huang y otros (1996) y Srivastava y otros (2003). Todos estos estudios tratan la cuestión siguiente: Para maximizar la capacidad de predicción de una variable climática en el año n utilizando la media de k años que finalizan en el año $n-1$, ¿cuál es el valor óptimo de k ? La principal diferencia entre los estudios se encuentra en los parámetros climáticos para los que se evalúa la capacidad de predicción y en las parámetros utilizados para la evaluación.

Los cinco estudios evalúan por separado los resultados para cada estación agregando los resultados a lo largo del tiempo mediante el submuestreo de un conjunto de datos más grande. Por ejemplo, Lamb y Changnon (1981) utilizaron un conjunto de datos que cubre el periodo 1901-1979 y calcularon diferencias para cada año en el periodo 1931-1979 entre el valor de ese año y las medias de los 5, 10, 15, 20, 25 y 30 años anteriores; posteriormente, agregaron sus resultados durante los 49 años entre 1931 y 1979.

Si se define el número de muestras utilizado como m , el primer año del periodo de muestreo como año a , el valor en el año n como X_n , la media anual de los k años que finalizan en el año n como $\bar{X}_{k,n}$ y la diferencia entre el valor en el año n y la media de los k años que finalizan en el año $(n-1)$ como $d_{k,n} = X_n - \bar{X}_{k,(n-1)}$, los parámetros utilizados para evaluar los resultados en los cinco estudios incluyen:

- Una clasificación: número de veces en las m muestras que el valor de $d_{k,n}$ es menor para un determinado valor de k que para cualquier otro valor de k .
- El error absoluto medio (MAE) que se define mediante la ecuación

$$E_k = \left(\sum_{n=a}^{a+m-1} |d_{k,n}| \right) / m$$

- El error cuadrático medio (RMS) que se define mediante la ecuación

$$E_k = \sqrt{\left(\sum_{n=a}^{a+m-1} (d_{k,n})^2 \right) / m}$$

- La correlación de los valores anómalos en el año n (calculados con respecto a un periodo de referencia fijo) cuando finaliza la anomalía de la media del año k en el año $n-1$ con respecto a ese mismo periodo de referencia:

$$COR_k = \frac{\sum_{n=a}^{a+m-1} (\bar{X}_{k,(n-1)} - \bar{X}_{ref})(X_n - \bar{X}_{ref})}{\sqrt{\sum_{n=a}^{a+m-1} (\bar{X}_{k,(n-1)} - \bar{X}_{ref})^2 \sum_{n=a}^{a+m-1} (X_n - \bar{X}_{ref})^2}}$$

Donde \bar{X}_{ref} es la media de X durante algún periodo de referencia fijo.

Aunque los resultados detallados de estos estudios difieren, normalmente encuentran un periodo de promediación óptimo en cada estación que es claramente inferior a los 30 años. Por ejemplo, Srivastava y otros (2003) consideran que valores de 5 a 20 años son típicos para la temperatura máxima y mínima en estaciones de la India, Huang y otros (1996) consideran valores de 5 a 15 años para la temperatura media en los Estados Unidos y Angel y otros (1993) consideran valores de alrededor de 11 años para los grados por día de calefacción en Illinois. Dixon y Shulman (1984) tratan las diferencias entre los diversos métodos de cálculo y destacan que, en relación con los métodos MAE y RMS, el método de "categorización" tiende a obtener periodos de promediación óptimos más cortos, puesto que un periodo de promediación corto es más probable que genere errores más pequeños o más grandes que un periodo más largo.

La mayoría de estos estudios incluyen periodos de promediación óptimos independientes para cada estación. Huang y otros (1996) también consideran dos cuestiones adicionales: en primer lugar, hasta qué punto, al utilizar un periodo de promediación óptimo, la capacidad de predicción adicional, superior o inferior a la de la normal climatológica estándar, se debe a un periodo más corto que el de la que se obtiene mediante una actualización anual de los promedios óptimos y, en segundo lugar, el efecto de los resultados cuando se evalúan sobre el terreno en todas las estaciones con un periodo de promediación fijo, en lugar de con periodos de promediación variables entre estaciones. Descubrieron que, en estaciones individuales, la capacidad de predicción adicional se obtiene en parte del periodo más corto y en parte de la actualización anual, pero que, una vez que se fija el periodo de promediación en todo el campo, la longitud del periodo tiene muy poco efecto sobre la capacidad de predicción en una gama de 10 a 30 años, debiéndose cualquier capacidad adicional superior a la de la normal climatológica estándar a una actualización más frecuente. Se trata de un resultado importante cuando se está considerando el periodo de promediación adecuado que debe utilizarse en toda una red.

6.2 Variables elegidas para la evaluación de la precisión de predicción de las medias climáticas

Para evaluar la precisión de predicción de las medias climáticas se eligieron las variables siguientes:

(a) Aquellos parámetros definidos como "principales elementos climatológicos de superficie" en la OMM (1989) que son:

- Precipitación total
- Número de días con precipitación superior a o igual a 1,0 mm.
- Temperatura máxima media diaria
- Temperatura mínima media diaria
- Presión al nivel medio del mar
- Duración total de la insolación (evaluada en este estudio como duración diaria media de insolación).
- Presión media del vapor de agua

(b) Los parámetros en altitud que se transmiten en mensajes CLIMAT TEMP o constituyen la base de estas variables que son:

- Altura geopotencial media
- Temperatura media
- Valor medio de los componentes u y v del vector viento
- Tasa media de persistencia del viento

El punto de rocío medio también se transmite en mensajes CLIMAT TEMP, aunque no se incluye en este estudio debido a la falta de datos sobre el punto de rocío en estaciones de radiosonda australianas anteriores a 1991.

Estos parámetros se evaluaron por separado para niveles de 500 y 200 hPa para ilustrar las condiciones en gran parte de la atmósfera.

Con el fin de proporcionar un punto de referencia coherente para la comparación, se calcularon valores diarios de la presión media al nivel del mar y de la presión de vapor como la media de los valores observados a las 0900 y 1500 hora local, y sólo se utilizaron observaciones a las 0000 UTC para las medias en altitud. Mientras que la OMM (1989) recomienda que se calcule la presión media al nivel del mar como el valor medio de las cuatro observaciones a las 0000, 0600, 1200 y 1800 UTC, la presión de vapor como el valor medio de 24 u 8 observaciones igualmente espaciadas durante el día y que los promedios en altitud se calculen por separado para las horas 0000, 0600, 1200 y 1800 UTC, las horas elegidas se utilizaron para optimizar la cantidad de datos históricos disponibles para el análisis. (Históricamente, la práctica de observación en Australia ha consistido en realizar observaciones en superficie a las 0000, 0300, 0600, ..., 2100 hora local. Únicamente a partir de la introducción de estaciones meteorológicas automáticas a mediados de los años 90, se dispuso de cantidades significativas de datos a las 0000, 0600,... UTC, o con una resolución temporal menor de tres a la hora).

Las quintilas de precipitación constituyen un caso particular que se trata en detalle en la sección 9.2.

6.3 Datos utilizados para la evaluación de la precisión de predicción de las medias climáticas

Para la evaluación de la precisión de predicción de las medias climáticas se utilizaron los datos de Australia, ya que el autor no disponía de conjuntos de datos internacionales adecuados. (Mientras que los datos de la GSN o conjuntos de datos similares podrían resultar adecuados para algunos análisis, la evaluación de los procedimientos de ajuste descritos en la sección 7.2 requiere un conjunto de datos de densidad espacial similar al que estaría disponible en un servicio meteorológico nacional). Esto no implica que los resultados, en detalle, sean válidos para otros climas y un análisis similar en otras regiones sería una aportación valiosa a la base de conocimientos en este ámbito.

El conjunto básico de estaciones en superficie utilizado en el análisis de esta sección está constituido por 32 estaciones. Estas estaciones son las incluidas en el conjunto de datos de temperaturas diarias de alta calidad de la oficina meteorológica de Australia (Trewin, 2001b) y que tienen valores medios mensuales de la temperatura diaria máxima y mínima definidos en la base de datos climáticos de la oficina para todos los meses en el periodo de 1961 a 1990, ambos incluidos. (Esto no significa forzosamente que esos valores mensuales cumplan en su totalidad los criterios de la OMM (1989) cuando faltan datos, como se describe en la sección 10.)

El análisis para la presión media al nivel del mar, la presión de vapor, la precipitación mensual total y el número de días con precipitación superior o igual a 1 mm se realizó utilizando un subconjunto de las 32 estaciones que dispusiera de datos mensuales para la variable considerada para todos los meses en el periodo 1961-2003. Este conjunto estaba constituido por 30 estaciones para la temperatura máxima y mínima, 26 estaciones para la presión media al nivel del mar, 24 para la precipitación mensual total, 14 para el número de días con precipitación superior o igual a 1 mm y 17 para la presión de vapor. Debido a la escasez de datos sobre la duración de la insolación en Australia (sólo existen 8 estaciones

australianas que todavía siguen abiertas y que iniciaron observaciones de la duración de la insolación en 1961 con anterioridad), se utilizaron las 7 estaciones que disponen de datos de duración de la insolación mensuales para todos los meses en el periodo 1961-2003, estuvieran o no en el conjunto original de 32 estaciones.

Para el análisis en altitud, se utilizaron 9 estaciones. Los criterios de inclusión fueron que la estación hubiera estado abierta hasta finales de 2003 y que no le faltaran datos mensuales en el periodo 1961-1990. (No fue posible requerir datos completos para todo el periodo 1961-2003, puesto que en la base de datos de la oficina meteorológica faltaban datos en altitud del mes de mayo de 1994 para prácticamente todas las estaciones australianas, debido a un problema en el almacenamiento de los datos).

No se hicieron consideraciones explícitas sobre la homogeneidad de los datos en la elección de la estación, aunque se excluyeron la mayoría de las grandes inhomogeneidades para los datos en superficie, en virtud de la inclusión original de las estaciones en el conjunto de datos de temperaturas diarias de alta calidad de la oficina meteorológica australiana. Se incluyeron tres estaciones urbanas (Sydney, Melbourne y Hobart) en el conjunto, aunque en los tres casos los efectos de la edificación sobre las temperaturas se habían prácticamente estabilizado en 1970 y, por lo tanto, los valores medios tomados en el periodo 1961-1990 (o algún subconjunto de ellos) se pueden considerar razonablemente comparables con los datos del periodo posterior a 1990. El efecto de las inhomogeneidades de los datos en las medias climáticas se trata con mayor detalle en la sección 11.

En la Figura 1 se muestran los emplazamientos de las estaciones utilizadas, mientras que sus ubicaciones y las variables para las que se utilizaron se muestran en el Apéndice A.

6.4 Procedimientos utilizados para la evaluación de la precisión de predicción de las medias climáticas

Para cada uno de los parámetros descritos en la sección 6.2, se llevaron a cabo los procedimientos siguientes en cada estación durante cada uno de los 12 meses:

(a) Comparación de los periodos de promediación que finalizan en 1990 con las medias de 1991-2000

Esta prueba pretendía investigar la precisión de predicción de un valor medio con una determinada duración que finalizara en un año fijo, cuando se compara con un periodo fijo de datos (“periodo de evaluación”) independiente del periodo de promediación.

Para cada estación x y con una duración k de promediación, se calculó la diferencia entre el valor medio del parámetro para el periodo situado entre los años $(1990 - k + 1)$ y 1990 y su valor medio para el periodo 1991-2000.

Estas diferencias se agregaron para todas las estaciones y meses. Se calculó el error absoluto medio (MAE) y el error cuadrático medio (RMS) mediante dos métodos, utilizando definiciones análogas a las de la sección 6.1.

(b) Comparación de los periodos de promediación que finalizan en 1990 con periodos submuestreados de 1961-1990

Esta prueba pretendía identificar hasta qué punto los resultados de las pruebas (a) se podían atribuir a problemas de muestreo y hasta qué punto podrían atribuirse a cambios en el clima, haciendo que los datos hacia finales del periodo 1961-1990 fueran más representativos de las condiciones probables en 1991-2000.

Esta prueba se realizó como en la sección (a), salvo que, para cada duración k de promediación, en lugar de utilizar k años consecutivos finalizando en 1990, se utilizó un conjunto de k años submuestreados aleatoriamente dentro del periodo 1961-1990. Cabe destacar que este método es equivalente al de la sección (a) cuando se realiza para $k = 30$.

(c) Comparación de los periodos de promediación que finalizan en 1990 con periodos medios que finalizan en 2000

En esta sección, se utilizó un periodo de evaluación de 2001-2003 (en lugar de 1991-2000), para permitir una comparación de los periodos de promediación que finalizan en 1990 y 2000 utilizando datos independientes.

Para cada duración de promediación k se calculó por separado para $n = 1990$ y $n = 2000$ la diferencia entre el valor medio del parámetro para un periodo de promediación de k años que finaliza en el año n y su valor medio para el periodo 2001-2003.

Para cada uno de los dos casos, se añadieron posteriormente estas diferencias en todas las estaciones y meses, utilizando de nuevo los parámetros MAE y RMS.

6.5 Evaluación de la precisión de predicción para medias climáticas

6.5.1 Datos de superficie

(a) Comparación de los periodos de promediación que finalizan en 1990 con las medias de 1991-2000

En las figuras 2(a) a 2(g) se muestran los errores MAE y RMS para los periodos de promediación entre 1 y 30 años que finalizan en 1990.

El error se optimiza para todos los parámetros (utilizando cualquiera de los errores) para un periodo de promediación de un año. Normalmente disminuye al aumentar el periodo de promediación antes de estabilizarse, manteniendo sólo pequeñas fluctuaciones, en un punto que varía en función de los parámetros pero que se sitúa generalmente entre 10 y 15 años. Como punto de referencia (arbitrario) el número mínimo de años necesario para que un MAE no supere en más de un 10% el de un periodo de promediación de 30 años varía entre 7 años para la presión media al nivel del mar y 21 años para la presión media de vapor.

El único parámetro para el que un periodo de promediación de 30 años muestra un error claramente mayor que para algún periodo más pequeño es la presión media al nivel del mar (MSLP), donde el MAE se reduce al mínimo para un periodo de promediación de 11 años y el error RMS para uno de 13 años (Fig. 2(c)). Esto se debe muy probablemente a la naturaleza de las tendencias en la MSLP en Australia, en lugar de a una característica más general de las MSLP que cabría esperar que se repitiera en otros lugares del mundo. La MSLP promediada en la región australiana (definida aquí como 10-45°S, 110-155°E) aumentó aproximadamente en 0,7 hPa entre 1960 y 1980, antes de estabilizarse a partir de 1980 (análisis NCEP/NCAR, mediante el explorador climático KNMI). En conclusión, las medias predominantes en el periodo 1980-1990 es probable que sean más representativas del periodo 1991-2000 que las obtenidas en periodos anteriores (aunque para periodos muy cortos este efecto está enmascarado por el efecto del error de muestreo). Cuando se consideran periodos de promediación que finalizan en 2000 (parte (c) de esta sección) las medias de 30 años muestran errores similares a los de periodos de entre 10 y 20 años.

Los promedios de las temperaturas medias máxima y mínima no muestran un comportamiento similar a pesar de tener tendencias durante 1961-2000 que son comparables en magnitud a las tendencias de la MSLP cuando se expresan en términos de variabilidad interanual del parámetro. Al contrario que para la MSLP, las temperaturas en Australia sólo muestran una tendencia ligeramente ascendente en 1961-1975, seguida de una tendencia ascendente constante en 1975-2000 y, por lo tanto, los años 1980 muestran valores medios generalmente inferiores a los de los años 1990, al contrario que la situación para la MSLP en la que los valores medios fueron en general similares.

(b) Comparación de los periodos de promediación que finalizan en 1990 con periodos submuestreados de 1961-1990

Las Figuras 3(a) a 3(g) muestran una comparación de los errores de predicción para el periodo 1991-2000 a partir de periodos de promediación que finalizan en 1990 con aquellos de longitud idéntica submuestreados aleatoriamente durante el periodo 1961-1990. Puesto que los parámetros MAE y RMS obtienen resultados similares sólo se muestran los resultados para MAE.

Para los cuatro parámetros que no mostraron una tendencia secular sustancial en Australia durante el periodo 1961-2000 (cantidad de lluvia, número de días de lluvia, presión media de vapor, insolación total) los resultados son similares: el submuestreo aleatorio genera errores de predicción menores para periodos de promediación inferiores a unos 10 años (6 años para los días de lluvia), no apreciándose diferencias para periodos más largos. (Como se ha indicado anteriormente, por definición, las dos técnicas obtendrán resultados que convergen en un periodo de promediación de 30 años).

Para la temperatura máxima y mínima y la MSLP, los periodos de promediación fijos que finalizan en 1990 generan errores inferiores a los del submuestreo aleatorio para periodos de promediación de entre 10 y 20 años para la temperatura y de entre 5 a 15 años para la MSLP. Para periodos más cortos, el submuestreo aleatorio se comporta mejor, mientras que para periodos más largos ambos métodos producen resultados similares. Esto indica que es preferible disponer de un periodo de promediación que incluya datos recientes, para algunas longitudes de las medias de un periodo, para los parámetros que muestren una tendencia sustancial.

(c) Comparación de los periodos de promediación que finalizan en 1990 con periodos de promediación que finalizan en 2000

En la Figura 4 se muestra una comparación de los errores de predicción para el periodo 2001-2003 con los de periodos de promediación que finalizan en 1990 y 2000. Como en el apartado (b) anterior, sólo se muestran resultados para MAE. Cabe destacar que, debido al periodo de evaluación considerado (2001-2003 en lugar de 1991-2000), los resultados de MAE para los periodos de promediación que finalizan en 1990 son diferentes de los que se muestran en los apartados (a) y (b) anteriores. En particular, la temperatura media máxima y la precipitación mensual total muestran errores mucho mayores para el periodo de evaluación 2001-2003 que para 1991-2000, puesto que 2001-2003 fue muy cálido en Australia (la temperatura media máxima para toda Australia en 2001-2003 fue superior a la de cualquier otro periodo de tres años entre 1961 y 2003), y también fue bastante más seco de lo normal en la mayoría de las estaciones utilizadas en el estudio.

Para la mayoría de los parámetros y longitudes de los periodos de promediación, los que finalizan en 2000 generan errores de predicción inferiores a los que finalizan en 1990, aunque en la mayoría de los casos las diferencias son relativamente pequeñas: por ejemplo, normalmente son del orden de 0,1°C para la temperatura media máxima y de 0,05°C para la temperatura media mínima. Esta última diferencia tiene una magnitud comparable a la

diferencia (0,11°C) entre los valores medios de 1961-1990 y de 1971-2000 para la temperatura media máxima en toda Australia.

6.5.2 Datos en altitud

(a) Comparación de los periodos de promediación que finalizan en 1990 con las medias de 1991-2000

En las Figuras 5 y 6 se muestran los errores MAE y RMS para los periodos de promediación de entre 1 y 30 años que finalizan en 1990.

Como en el caso de los datos de superficie, para todos los parámetros, el error (utilizando cualquier método de cálculo) es máximo para un periodo de promediación de 1 año. En el caso de la mayoría de las variables relativas al viento (u, v y persistencia), los errores MAE y RMS disminuyen al aumentar la longitud de promediación antes de estabilizarse a partir de los 10 años (aunque la disminución es inferior para 500 hPa que para 200 hPa).

La temperatura y la altura geopotencial se comportan de forma ligeramente diferente. En ambos casos los errores son mínimos para periodos de promediación entre unos 4 y 12 años y después crecen constantemente al aumentar la longitud de promediación. Salvo para temperaturas a 200 hPa, estos parámetros muestran errores similares para periodos de promediación de 3 años y para periodos de 30 años.

En la región australiana, tanto la temperatura como la altura geopotencial, en particular esta última, muestran grandes cambios bruscos en torno a los primeros años de 1980. En el caso de la temperatura, la mayor parte de este incremento se ha atribuido a inhomogeneidades en el registro asociadas con cambios de los instrumentos entre 1983 y 1987-88 (Parker y otros, 1997). No se ha realizado ningún estudio formal de hasta qué punto el aumento de la altura geopotencial es un fenómeno climático real o se debe a los cambios de instrumento. Independientemente de la causa, los grandes cambios bruscos, como para la MSLP en superficie, hacen que los datos recientes resulten más útiles para la predicción que los datos anteriores a 1980.

(b) Comparación de los datos de promediación que finalizan en 1990 con periodos submuestreados de 1961-1990

En las Figuras 7 y 8 se muestra una comparación de los errores de predicción para el periodo 1991-2000 a partir de periodos de promediación que finalizan en 1990 con aquellos de longitud idéntica submuestreados aleatoriamente durante el periodo 1961-1990. Puesto que los parámetros MAE y RMS obtienen resultados similares, sólo se muestran los resultados de MAE.

Las submuestras aleatorias generan errores de predicción sustancialmente mayores que los periodos fijos que finalizan en 1990 durante la mayoría de los periodos de promediación para la altura neopotencial, tanto para 200 como para 500 hPa, y para la temperatura en 500 hPa. Como se ha tratado en las secciones anteriores, se trata de parámetros en los que los datos muestran grandes cambios durante el periodo 1961-1990 y, por lo tanto, es previsible que los datos de finales del periodo 1961-1990 muestren errores de predicción inferiores a los datos obtenidos durante todo ese periodo.

Para periodos de promediación entre 5 y 20 años, las submuestras aleatorias de los datos de viento, así como las temperaturas a 200 hPa, en general se comportan ligeramente peor que para los periodos que finalizan en 1990, aunque las diferencias son mucho menores que las observadas en otras variables y para 500 hPa son prácticamente despreciables.

(c) Comparación de los periodos de promediación que finalizan en 1990 con periodos de promediación que finalizan en 2000

Las Figuras 9 y 10 muestran una comparación de los errores de predicción para el periodo 2001-2003 con los de periodos de promediación que finalizan en 1990 y 2000. Como en el apartado (b) anterior sólo se muestran los resultados de MAE.

Para la mayoría de los parámetros, los errores de predicción que utilizan datos que finalizan en 2000 son inferiores a los que utilizan datos que finalizan en 1990 para la mayoría de las longitudes de los periodos de promediación, salvo para el componente u del viento a 500 hPa y para la persistencia del viento en ambos niveles.

La diferencia es particularmente pronunciada para la altura geopotencial en ambos niveles y para las temperaturas a 500 hPa. De nuevo, este comportamiento es coherente con las tendencias observadas en esos parámetros durante el periodo 1961-1990.

7. Uso de estaciones a corto plazo

7.1 Incorporación de información sobre el clima de corta duración en las normales climatológicas

Independientemente del periodo elegido para el cálculo de las normales climatológicas, es probable que existan muchas estaciones que disponen de datos, aunque no en cantidad suficiente para satisfacer los requisitos establecidos sobre la cantidad mínima de datos necesaria para el cálculo de una normal climatológica. Los resultados de la Tabla 1 ilustran este hecho mostrando que sólo el 16% de las estaciones australianas que tienen algunas medidas de temperatura durante el periodo 1961-1990 disponen de suficientes observaciones para satisfacer los requisitos de datos mensuales totales de la OMM (1989) para el cálculo de una normal climatológica estándar en ese periodo, mientras la cifra equivalente para la precipitación es del 32%.

Aunque los datos de corta duración por sí mismos pueden ser útiles para algunas aplicaciones, en muchos casos es preferible disponer de datos que sean comparables con las normales climatológicas estándar. Por ejemplo, al cartografiar variables climatológicas, es importante que todas las observaciones cartografiadas lo sean con respecto a un periodo normalizado.

La utilización de la interpolación espacial para estimar los valores de los parámetros climáticos en puntos en las que no existen observaciones en este campo ha sido estudiada ampliamente (por ejemplo, Koch y otros, 1983; Seaman y Hutchinson, 1985; Hutchinson, 1998). Se ha prestado menos atención a la utilización de observaciones de corta duración para modificar un campo paramétrico interpretado espacialmente, aunque Sansom y Tait (2004) descubrieron que el uso de una pequeña cantidad de datos de un lugar mejoraba sustancialmente la precisión de los campos de temperatura y de lluvia en ese lugar en comparación con la que se podría conseguir únicamente mediante interpolación espacial. Perry y Hollis (2005) utilizaron técnicas basadas en la regresión, a partir de datos observados (de 4 años como mínimo), para introducir datos mensuales que faltaban en el periodo 1961-1990 en estaciones con datos incompletos durante dicho periodo y aportar un conjunto completo de datos de 1961-1990 en estaciones en las que pretendían calcular normales.

Jones y Trewin (2002) encontraron que la precisión de la interpolación para un campo de temperatura mejoraba en función del número de estaciones con datos disponibles, aunque

la mejora debida a la inclusión de estaciones adicionales disminuía al aumentar el número total de estaciones disponibles.

7.2 Ajuste de la información sobre el clima de corta duración para su uso en normales climatológicas

Para comprobar la posibilidad de obtener información adicional en estaciones con pequeñas cantidades de datos, ajustando los parámetros a partir de valores de estaciones colindantes, se repitió la prueba de la sección 6.4, salvo que se ajustó el valor del parámetro para cada mes como se describe a continuación para las siguientes variables:

- Temperatura media mensual máxima y mínima
- Precipitación mensual total
- Media mensual de la presión media al nivel del mar

Estos parámetros se eligieron debido a la existencia de una importante red de estaciones en Australia, sin contar las 24 a 30 estaciones elegidas para el análisis, que se podría utilizar para ajustar los datos en la estación candidata.

Para un valor mensual X_n del parámetro X en el año n , el valor ajustado $X_{ad,n}$ se calculó como

$$X_{ad,n} = X_n - a_n \text{ (temperatura y presión), } X_{ad,n} = X_n / a_n \text{ (precipitación)}$$

donde a_n es la anomalía interpolada (para la temperatura y la presión) o el porcentaje (para la precipitación) en la ubicación de la estación candidata. Si $a_{j,n}$ es el valor de anomalía en el año n y la estación j y se utilizan N estaciones en la interpolación, se calcula como:

$$a_n = \sum_{j=1}^N w_j a_{j,n} \quad w_j = 0.5^{d^2/gD^2}$$

Donde d es la distancia entre la estación j y la estación candidata (en kilómetros) y g y D son parámetros fijados a $g = 1,0$ y $D = 200$. Se trata efectivamente de un análisis de Barnes de interpolación única que se inicia con un campo igual a cero.

Para la precipitación, existía un límite inferior de 0,1 en a_n , para evitar que surgieran inconvenientes en la interpolación de algunos valores pequeños distintos de cero durante la estación tropical seca.

Las anomalías y porcentajes se calcularon con respecto a la media de 1981-1990 en todas las estaciones con 8 ó más años de datos en el periodo 1981-1990. Este periodo fue elegido tras algunos experimentos para lograr el mayor número de estaciones disponibles para la interpolación.

El procedimiento de análisis de Barnes de interpolación única se eligió por motivos ilustrativos. Existen muchos métodos de interpolación más complejos: Jones y Trewin (2000) mostraron que algunos de estos métodos superan claramente al esquema de Barnes en la interpolación de los campos de temperatura media mensual. Es probable que estos métodos aumenten la capacidad de incorporar información sobre el clima de corta duración en las normales climatológicas.

Los resultados de este procedimiento se muestran en la Figura 11. Para todos los parámetros el valor medio basado en datos ajustados mostró una precisión de predicción

claramente superior a la que se obtenía utilizando datos sin ajustar para periodos de promediación inferiores a 8 ó 10 años. Para la temperatura y la precipitación, la precisión de predicción, utilizando un año de datos ajustados, era comparable con la obtenida utilizando 4 a 5 años de datos sin ajustar, mientras que para la MSLP un año de datos ajustados generaba resultados comparables a los obtenidos para todos los periodos de promediación de 2 a 30 años. Este resultado se puede probablemente atribuir a las escalas de gran longitud sin correlación de las anomalías MSLP frente a las de la temperatura y la lluvia.

Para periodos de promediación superiores a 10 años, para la temperatura y la precipitación, los valores medios basados en datos sin ajustar tienen algo más de precisión de predicción que los basados en datos ajustados, aunque las diferencias son relativamente pequeñas. Esto sugiere que, para periodos de promediación superiores a 10 años (el punto en el que, como se ha descrito en la sección 6.5.1 anterior, el aumento incremental en la capacidad predictiva con una longitud del periodo de promediación creciente es mínima o deja de existir), los datos observados en este punto muestran una representación mejor del clima que la combinación de los datos observados en ese mismo punto y los provenientes de estaciones colindantes.

8. Valores extremos

Los valores extremos a menudo se incluyen con las normales climatológicas y las medias publicadas. Los valores más comunes publicados son las temperaturas más altas y más bajas registradas durante un periodo especificado y la precipitación diaria más alta y la más alta y más baja mensual registradas en un periodo especificado. En algunos casos, los extremos se obtienen durante el mismo periodo en el que se calcularon las normales y las medias; en otros casos, los valores extremos cubren todos los años en los que se realizaron observaciones.

El uso de un periodo estándar para el cálculo de los valores extremos resulta más útil cuando se desea estimar el valor mayor o menor que se puede esperar en un determinado periodo, así como cuando se estén llevando a cabo análisis espaciales u otros análisis que requieran un periodo de referencia común. Muchos usuarios de datos climáticos estarán, sin embargo, interesados en los valores más altos y más bajos que se hallan registrado en el lugar, en cuyo caso se deben utilizar todos los años disponibles del registro, sin incluir datos que no sean representativos en absoluto de las normas de observación (véase también la sección 11).

Un problema que surge a veces es el de saber lo grande que debe ser el conjunto de datos antes de que se puedan considerar significativos los valores extremos obtenidos de él (por ejemplo, en el contexto de la notificación de la inclusión de un nuevo registro en una estación). Para cuantificarlo se calcula la diferencia media entre los valores extremos en submuestras aleatorias de n años y las de todo el periodo 1961-1990 en esa estación para ese mes, para todos los valores de n desde 1 hasta 30 inclusive. Este análisis se realizó para la temperatura diaria máxima más alta, la temperatura diaria mínima más baja y la precipitación diaria más alta para cada una de las estaciones utilizadas en la sección 6.3 anterior.

El resultado de este análisis se muestra en la Figura 12. Se infiere que, en promedio en las estaciones australianas, la temperatura más alta registrada para un determinado mes de calendario durante un periodo de 12 años es probable que no varíe más de 1°C con respecto al valor extremo de los 30 años, mientras que para la temperatura más baja los valores extremos de 8 años son suficientes. (La diferencia entre los dos refleja el hecho de que la distribución de probabilidad de las temperaturas máximas diarias en muchas estaciones australianas, en particular en el sur, está muy desvirtuada en sentido positivo, mientras que la distribución de las temperaturas diarias mínimas está menos desvirtuada). Para la cantidad de lluvia diaria más alta, el valor extremo para 10 años representa

normalmente cerca del 75% del valor extremo de 30 años. En todos los casos estos resultados varían considerablemente en función del mes y de la estación.

9. Cuantiles de los datos climáticos

9.1 Cálculo de los cuantiles de los datos climáticos

Los cuantiles (también conocidos como fractales) son indicadores estadísticos comunes de la distribución de probabilidades de un elemento climático. Los cuantiles más comúnmente utilizados en la OMM, debido a su inclusión en mensajes CLIMAT, son cuantiles de precipitación mensual, aunque el término también incluye otros valores de percentiles incluida la mediana.

Un gran problema en el cálculo de cuantiles es que, aunque el percentil de orden n de una distribución de probabilidad se define como el punto en la distribución por debajo del cuál se encuentra el n % de los valores, no existe un método aceptado universalmente para estimar valores de cuantiles de una muestra finita de datos a partir de la distribución de probabilidad (Hyndman y Fan, 1996). El problema fundamental es el tratamiento del conjunto de observaciones disponibles, como población completa o solamente como muestra representativa de una población más amplia. Esto plantea cuestiones tales como si se debe considerar el valor observado más bajo en una muestra de n observaciones como el percentil de orden 0 (datos disponibles como población completa), el percentil de orden $100/n$ (datos disponibles como muestra representativa de una población mayor) o como algún otro valor.

Las directrices existentes de la OMM sobre el cálculo de cuantiles muestran que no existe ningún método universalmente aceptado. En la edición de 1983 de la Guía de Prácticas Climatológicas, sección 5.2.4.1 sobre el cálculo de los valores de percentiles en general, recomienda que el percentil de orden k de un conjunto de datos con n valores se calcule como el valor de orden $[(k/100) \times (n+1)]$ más bajo que implique que los límites superiores de las quintilas 1, 2, 3 y 4 ($k = 20, 40, 60$ y 80) sean los valores más bajos de orden 6,2; 12,4; 18,6 y 24,8 respectivamente en un conjunto de datos de 30 años. Se trata del caso "conjunto de observaciones disponibles que representan a una población más amplia". No obstante, la sección 8.2.1, sobre el cálculo específico de las quintilas de precipitación para mensajes CLIMAT especifica los valores más bajos de orden 6,5; 12,5; 18,5 y 24,5 respectivamente.

(En este contexto, el valor inferior a de un conjunto de datos, donde a no es un número entero, se determina mediante la interpolación lineal entre los valores m y $(m+1)$ más bajos, siendo m la parte entera de a .)

Teóricamente, si cualesquiera valores observados que se encuentren en una de las cinco quintilas deben ser equiprobables, es necesario que cada quintila tenga la misma amplitud (con respecto al rango). En el caso de un conjunto de 30 años en el que el valor más bajo se fija como el límite inferior de la primera quintila y el valor más alto como el límite superior de la quinta quintila, esto implicaría que la "amplitud" de cada quintila sería de $(30-1)/5 = 5,8$, y, por lo tanto, que los límites superiores de las quintilas 1, 2, 3 y 4 serían los valores inferiores de orden 6,8; 12,6; 18,4 y 24,2 del conjunto de datos. Este es el método "conjunto de observaciones disponibles como población completa". Se denomina el método de cálculo de "población completa" en el resto de esta sección.

Cuál de estos dos métodos es más adecuado depende del contexto. Si lo que interesa es describir lo que ha ocurrido durante un periodo de 30 años, resulta totalmente apropiado

designar el valor más alto (más bajo) del percentil de orden 100 (de orden 0) (el segundo método). Esto también permite aportar información, mediante los límites de las quintilas, de los valores más alto y más bajo registrados en un periodo de promediación. Si en cambio lo que interesa es describir qué puede ocurrir en el futuro, no resulta apropiado en absoluto considerar el valor observado más alto (más bajo) como un límite superior (inferior) de un suceso futuro, en cuyo caso es mucho más apropiado designar el valor más alto (más bajo) como el percentil de orden 96,77 (3,23) (aproximadamente). Los dos métodos obtienen el mismo valor para la mediana (percentil 50).

Otra consideración es la representatividad y la estabilidad de los cuantiles calculados a partir de una muestra relativamente pequeña. Esta consideración resulta especialmente importante para la precipitación, que tiene una variabilidad interanual particularmente grande. Los cuantiles, sobre todo los que se encuentran en los extremos de una distribución de probabilidad, son muy sensibles a la presencia (o a la ausencia) de un pequeño número de valores atípicos en un periodo de promediación. Un planteamiento seguido por algunos autores, en particular New y otros (2002), en el cálculo de un conjunto de datos de normales mundiales consiste en calcular los cuantiles con una distribución de los datos idealizada (como una distribución gamma), en lugar de con la distribución empírica de los datos observados, basándose en parámetros tales como la media y la desviación típica que son menos sensibles a valores atípicos individuales de lo que puede ser el valor de un cuantil calculado empíricamente.

9.2 Evaluación de los métodos para calcular quintilas de precipitación

9.2.1 Características deseables en los valores de las quintilas de precipitación

En lo que respecta a la presente sección, se supone que las características deseables de los valores de quintilas de precipitación son las siguientes:

- El límite inferior de la primera quintila es la mejor estimación del menor valor que es probable que se registre en un periodo de n años, siendo n el número de años utilizado en el cálculo de los valores, y el límite superior de la quinta quintila es la mejor estimación del mayor valor que es probable que se registre durante ese periodo.
- La precipitación en una determinada estación y en un cierto mes es igual de probable que caiga en las quintilas 1^a, 2^a, 3^a, 4^a ó 5^a (descartando el caso especial de estaciones/meses en los que más del 20% de los valores registrados son ceros).

9.2.2 Métodos para evaluar los cálculos de los valores de las quintilas de precipitación

Como en el caso de los valores medios, existen diversos parámetros diferenciados para evaluar el cálculo de los valores de las quintilas de precipitación. Puesto que, por definición, no conocemos cuál es la distribución de probabilidad completa de la precipitación mensual, un planteamiento alternativo consiste en comparar los valores de las quintilas calculados mediante un determinado método con los determinados de forma empírica a partir de una muestra más amplia que se utiliza como referencia.

El planteamiento principal seguido en esta sección consiste en utilizar datos provenientes de todo el periodo 1901-2000 para proporcionar una distribución de probabilidad de referencia.

Para evaluar el efecto del error de muestreo (al contrario que cualesquiera tendencias seculares) en el cálculo de las quintilas a partir de muestras de datos más pequeñas, se llevaron a cabo los procedimientos siguientes para periodos de n años, donde n se tomó igual a 10, 20, 30, ..., 90 años.

(a) Se generaron 1000 submuestras de n años elegidas aleatoriamente en el periodo 1901-2000 y se calcularon los valores de las quintilas para cada submuestra, utilizando el método de "población completa" descrito anteriormente. Posteriormente se calcularon intervalos de confianza del 95% para cada valor de quintila. El parámetro principal para la evaluación, como comprobación de la estabilidad de los valores de las quintilas, fue la amplitud del intervalo de confianza del 95%.

(b) Para 100 de esas 1000 submuestras (fue necesario reducir su número debido al tiempo de cálculo necesario) se adaptó a los datos una distribución gamma, como en el procedimiento propuesto por New y otros (2002), en el que los parámetros de la distribución gamma se calculan a partir de los momentos de la muestra mediante:

$$\alpha = (\mu^2/\sigma^2), \beta = (\mu/\sigma^2)$$

donde μ y σ son la media y la desviación típica de la muestra.

Los valores de las quintilas se calcularon entonces para esa distribución, fijando el límite inferior de la primera quintila como el percentil de orden $(100/n)$ de la distribución gamma, basándose en que la probabilidad del valor $(n+1)$ de una serie de tiempo estacionaria, inferior a cualesquiera de los n valores anteriores, es $(1/n)$ (por ejemplo, Benestad, 2003). El valor superior de la 5ª quintila se fijó entonces como el percentil de orden $(100(n-1)/n)$ y los puntos intermedios de la quintila se fijaron utilizando 4 valores equiespaciados entre $(100/n)$ y $(100(n-1)/n)$.

Los intervalos de confianza del 95% se calcularon para los puntos de las quintilas a partir de submuestras como en (a) anterior. Además, para evaluar cualquier variación debida a la adaptación de una distribución a los datos, se calculó el valor medio de los puntos de las quintilas en las submuestras.

9.2.3 Datos utilizados en la evaluación de las quintilas de precipitación

Las estaciones utilizadas en la evaluación de las quintilas de precipitación fueron todas aquellas estaciones australianas de las que se tenían valores de precipitación mensuales en la base de datos de la Oficina Australiana de Meteorología para cada mes desde enero de 1901 a diciembre de 2000 inclusive. No se realizó ninguna evaluación sobre la homogeneidad de los datos o la calidad de esas estaciones.

Un total de 379 estaciones cumplieron los requisitos. Estas estaciones estaban concentradas en el sudeste y sudoeste de Australia (Figura 13, Apéndice B), situándose sólo unas pocas estaciones en la Australia tropical. Por si mismos, estos resultados no se pueden considerar representativos de todo el continente australiano.

9.2.4 Anchura del intervalo de confianza para las quintilas de precipitación

En la Figura 14 se muestra la anchura media del intervalo de confianza del 95% para cada uno de los 6 puntos límite de las quintilas de precipitación. A diferencia de la situación

descrita anteriormente para los valores medios, la anchura del intervalo medio de confianza, disminuye constantemente al aumentar la longitud del periodo de promediación. En parte se debe al procedimiento de submuestreo utilizado en el que (por definición) la anchura del intervalo de confianza converge a 0 para un periodo de promediación de 100 años, aunque la falta de estabilización de las anchuras del intervalo de confianza para periodos de promediación de entre 10 y 50 años sugiere que, aunque los periodos de promediación superiores a los 10-20 años aportan muy poco al cálculo de los valores medios, sí resultan útiles en la evaluación de otras propiedades de la distribución de probabilidad de un parámetro.

Para las tres quintilas mayores de la distribución de probabilidad de la precipitación, la anchura del intervalo de confianza para todos los periodos de promediación que utilizan datos brutos es mayor que para los que utilizan una distribución gamma adaptada, lo que indica que la distribución gamma muestra una mayor estabilidad cuando varía el muestreo de la que los puntos percentiles obtienen directamente de los datos brutos. Esto resulta especialmente pronunciado para el límite superior de la 5ª quintila (la estimación del valor más alto en un periodo de 30 años), pero incluso para los demás puntos, por ejemplo, la anchura del intervalo de confianza con una distribución gamma basada en 30 años de datos es similar a la obtenida utilizando 40 años de datos brutos. No existe una diferencia apreciable entre las anchuras del intervalo de confianza para los límites de las quintilas inferiores utilizando las dos técnicas.

9.2.5 Posibles variaciones con una distribución gamma adaptada

La Tabla 2 y la Figura 15 muestran las diferencias entre los puntos límite de las quintilas calculados a partir de los valores medios obtenidos de una distribución gamma basada en submuestras de 30 años y los puntos límite para todos los datos de 100 años.

Esto indica que, en relación con los datos brutos, la distribución gamma tiende a infravalorar la probabilidad de los valores máximos en ambos extremos de la distribución. Sólo en el 14% de los casos el límite superior de la 1ª quintila, calculado utilizando las distribuciones gamma, es menor que el obtenido de los datos brutos, mientras que para el límite inferior de la 5ª quintila, la cifra correspondiente es del 83%. Estos resultados son coherentes con los de New y otros (2002), que encontraron variaciones similares, especialmente pronunciadas en estaciones con una gran proporción de meses sin o casi sin precipitación.

9.2.6 Variaciones debidas a métodos diferentes de cálculo de los puntos límite de las quintilas

La prueba final que se llevó a cabo para las quintilas de precipitación fue una comparación de los diferentes métodos para calcular los puntos límite de las quintilas en conjuntos de datos finitos, como se describe en la sección 9.1 anterior. Para evitar complicaciones con el cálculo de las quintilas en conjuntos de datos con valores cero, sólo se utilizaron aquellas combinaciones estación/mes donde no había totales mensuales registrados con valores cero en el periodo 1961-1990.

Los límites de las quintilas se calcularon utilizando diferentes métodos para los 30 años del periodo 1961-1990. Se calculó la frecuencia de los valores mensuales para cada categoría de quintila en un periodo de 10 años de datos independientes entre 1991 y 2000.

Los resultados de esta comparación se muestran en la Tabla 3. Estos resultados indican que, como se esperaba, el método de “población completa” ofrece la distribución de valores más uniforme entre las cinco quintilas, encontrándose los valores de las cinco quintilas dentro de un 0,7% del valor esperado (18,7%), suponiendo una probabilidad idéntica, en comparación con las diferencias de entre 1,6% y 2,5% de los otros métodos. El método de

“población completa” también es el único de los tres métodos para el que la hipótesis de que los cinco valores de las quintilas son equiprobables se cumple para el 99%, utilizando una prueba de chi-cuadrado (aunque no se cumple para el 95%).

10. Datos ausentes

10.1 Directrices sobre datos ausentes en el cálculo de normales climatológicas

La edición de 1983 de la Guía de Prácticas Climatológicas recomendaba que no se calculara un valor mensual si faltaban más de 10 valores diarios, o 5 ó más valores diarios consecutivos. En el caso de variables en las que el valor mensual es la suma de los valores diarios en lugar de un valor medio (por ejemplo, lluvia, insolación), un valor mensual sólo se puede calcular si se dispone de todos los valores diarios o si se incorporan todos los días en los que falten datos en una observación que incluya el periodo de los datos ausentes en el día en el que se reinician las observaciones. La OMM (1989) recomienda criterios más estrictos, estableciendo los límites a más de 5 días con datos ausentes o a más de 3 consecutivos, respectivamente.

La OMM (1989) establece que las normales climatológicas estándar para un mes de calendario sólo se deben calcular si se dispone de valores de por lo menos 25 de los 30 años, con no más de 2 años consecutivos sin datos.

No existen directrices formales para el número máximo de años sin datos en el cálculo de las normales o de las medias del periodo que no sean normales climatológicas estándar.

10.2 Datos acumulados y normales climatológicas

En algunos casos, la primera observación tras un periodo sin datos será un valor acumulado durante dos o más días. Esto es normalmente cierto para la precipitación y la evaporación diarias (donde la primera medida tras una pausa a menudo es la precipitación total o la evaporación total acumulada desde la última observación), pero también puede ser cierto para las temperaturas máxima y mínima, en particular si se miden utilizando termómetros de máximo y mínimo con lectura manual en lugar de hacerlo con un sistema automático.

Para elementos aditivos como la precipitación, un periodo con datos ausentes no genera una variación en el registro mensual, siempre que:

- Los valores acumulados incluyan el periodo completo en el que faltan datos (por ejemplo, si faltan 3 días consecutivos, la siguiente observación debe ser la acumulada durante 4 días).
- Se haga una observación el último día del mes.
- El instrumento sea tal que no exista riesgo de interferencia en los registros entre observaciones (por ejemplo, evaporación, pérdidas por infiltración o debidas a animales/pájaros).

Como caso extremo, aunque se recomiendan observaciones más frecuentes, un pluviómetro que se lea el último día del mes (probablemente uno en una zona alejada) puede todavía proporcionar información útil para una climatología mensual a largo plazo.

Pueden surgir errores en los totales mensuales individuales, aunque los valores acumulados se ciñan a todo el periodo con datos ausentes, cuando falta el último día de un mes o cuando la primera observación de un mes incluye valores provenientes del mes anterior. En función de la naturaleza de los datos que falten, estos errores se pueden compensar entre ellos. Por ejemplo, si una estación normalmente no dispone de observaciones el sábado ni el domingo y notifica una acumulación de 3 días el lunes (una situación habitual en Australia), los totales mensuales serán demasiado grandes los meses en los que el primer o segundo día sea un lunes y serán demasiado pequeños los meses en los que el día 31 sea sábado o domingo. Puesto que estos dos acontecimientos se producen con la misma frecuencia a largo plazo, no cabría esperar una variación en el promedio a largo plazo. Estos datos no necesariamente deben descontarse del cálculo de las normales climatológicas sino que hay que utilizarlos con mucho cuidado. Revfeim (1990) considera con más detalle el uso de conjuntos de datos en los que faltan observaciones los fines de semana.

Las temperaturas diarias máximas y mínimas acumuladas mostrarán una variación, puesto que la temperatura máxima en un periodo de varios días será la temperatura más alta registrada durante ese periodo (y a la inversa la temperatura mínima mostrará una variación negativa). Trewin (2001) descubrió que, si se perdía un día de observación a la semana y si el valor del día siguiente se acumulaba sobre los dos días, se producía una variación típica de 0,1 a 0,3°C en las temperaturas máxima y mínima de Australia (positiva para los valores máximos y negativa para los valores mínimos), superando 0,4°C en algunos casos. Cuando faltaban dos días por semana, estas variaciones aumentaban hasta una variación típica entre 0,2 y 0,6°C. Estas variaciones son una función de la varianza de las temperaturas diarias máxima y mínima y serán más altas en algunos climas continentales no tropicales donde las temperaturas diarias varían más que en cualquier otro lugar en Australia.

Se recomienda que, para las temperaturas diarias máxima y mínima, no se incluya ningún dato acumulado en el cálculo de los valores mensuales medios y que los días con datos acumulados se consideren como si no tuvieran datos a la hora de determinar el número de días sin datos en el mes. No obstante, los datos acumulados siguen siendo útiles en la medida de los valores mensuales extremos. Si la documentación sobre observaciones acumuladas está incompleta o no existe, se recomienda considerar que todas las observaciones realizadas con termómetros manuales de mínimo y máximo después de un periodo sin datos se acumulan durante ese periodo.

10.3 Evaluación del efecto de los datos ausentes en las normales climatológicas

Como se ha indicado en la sección 2 anterior, las normales y las medias climatológicas se definen como el valor medio de una serie temporal de valores mensuales. En el contexto del cálculo de las normales y de las medias, se deben considerar dos tipos de datos ausentes:

- (a) Datos ausentes diarios que contribuyen a un valor mensual para un mes/año específico.
- (b) Valores mensuales ausentes (incluidos valores sin calcular por no disponer de suficientes valores diarios) durante el periodo de tiempo en el que se calculan las medias/normales.

El efecto de los datos ausentes, en ambos casos, se evaluó estimando la incertidumbre del promedio de periodo que se obtendría suprimiendo aleatoriamente un número determinado de observaciones, como se describe a continuación. La "serie temporal de interés" se definió, en el caso (a), como el conjunto de valores para una determinada estación en un determinado mes/año y, en el caso (b), como el conjunto de 30 valores para una determinada estación en un determinado mes durante el periodo 1961-1990.

Los parámetros evaluados fueron la temperatura máxima y mínima media diaria, la presión media al nivel del mar, la presión media de vapor y la duración de insolación media diaria, en las mismas estaciones que se utilizaron para el análisis de la sección 6. En el caso (a), el conjunto de datos utilizados fue el de todos los meses en los que no faltaran observaciones para una determinada estación durante el periodo 1961-1990. (En el caso (b) no faltaban valores mensuales por definición debido a la elección de las estaciones como se describe en la sección 6).

- Para cada serie temporal de interés, se generaron 100 series temporales modificadas. Estas se modificaron suprimiendo m observaciones elegidas aleatoriamente, con la condición de que por lo menos n de las m observaciones tenían que ser consecutivas (El caso $n = 1$ conduce a una elección totalmente aleatoria de m observaciones).
- Se calculó la media de cada una de las 100 series temporales modificadas y se calculó un intervalo de confianza del 95% para la media utilizando estas series modificadas.
- Para cada valor m y n , se dividió la anchura del intervalo de confianza del 95% por la desviación típica del conjunto de datos. Estos valores se promediaron entonces para todas las estaciones, meses y, en el caso (a), años. La desviación típica del conjunto de datos se define como la desviación típica de todos los valores diarios (para todos los años del periodo 1961-1990) para ese mes en el caso (a), o de todos los valores mensuales para ese mes en el caso (b).

La razón de dividir por la desviación típica es que la anchura del intervalo de confianza se comporta linealmente con la desviación típica del conjunto de datos (esto se puede demostrar sustituyendo los valores brutos X con $X = \mu + z\sigma$, donde μ y σ son la media y la desviación típica del conjunto de datos). Este procedimiento mostrará por lo tanto la anchura esperada del intervalo de confianza por unidad de desviación típica.

El procedimiento se llevó a cabo para todos los valores de m de 1 a 15, o para cada m , para todos los valores de n de 1 a m . La evaluación por separado de los conjuntos de datos con un cierto número de valores consecutivos suprimidos se llevó a cabo para evaluar hasta qué punto la imposición de una condición en el número máximo permitido de valores consecutivos reducía la incertidumbre en los valores medios estimados. Esta condición sólo tiene efecto si la serie temporal que se está examinando está autocorrelada positivamente (como lo están la mayoría de las series temporales meteorológicas), ya que en una serie temporal autocorrelada positivamente, un conjunto de datos constituido por los valores medios de grupos aleatoriamente seleccionados de n valores consecutivos tendrá una varianza superior a la de un conjunto constituido por los valores medios de grupos de n observaciones seleccionadas aleatoriamente (no necesariamente consecutivas).

El resultado para $n = 1$ (sin limitación en los valores consecutivos) se muestra en la Figura 16, mientras que en la Figura 17 se muestran los resultados de diversos valores de n para valores seleccionados de m .

Como cabría esperar, cuando no existe ninguna limitación sobre los valores consecutivos, los diferentes parámetros muestran comportamientos similares. Sin embargo, existen diferencias entre los parámetros cuando se impone una limitación sobre valores consecutivos, lo que refleja las diversas estructuras de autocorrelación de los diferentes parámetros.

En Australia, las desviaciones típicas habituales de los valores diarios se sitúan en torno a 3°C para la temperatura máxima y mínima, 3 hPa para la presión de vapor, 3 horas para la insolación diaria y 6 hPa para la presión media al nivel del mar (aunque algunas estaciones pueden tener desviaciones típicas de hasta el doble de estos valores en algunos meses). Al aplicar estos resultados en la Figura 17, por ejemplo para el caso en que falten cinco valores

de los que por lo menos tres sean consecutivos, la anchura del intervalo de confianza del 95% es normalmente similar a, o inferior a, el error medio absoluto en la normal de 1961-1990, al predecir valores para 1991-2000 (como se describe en la sección 6.4) – por ejemplo, para la temperatura máxima, la anchura típica del intervalo de confianza del 95% es 0,35 para 0,40°C, frente a un error medio absoluto de predicción para la normal de 30 años de 0,39°C.

La incertidumbre que se introduce cuando faltan valores mensuales en las medias de un periodo (Figura 18) es incluso inferior al que se produce cuando faltan valores diarios en un valor mensual, lo que indica la desviación típica más baja de los valores mensuales (normalmente 1,2°C para las temperaturas máxima y mínima, 1,2 hPa para la presión de vapor, 2,0 hPa para la presión media al nivel del mar y 1,0 para la duración media diaria de la insolación). Este resultado es coherente con los resultados de la sección 6.4, dado el efecto reducido que un periodo de promediación tan corto como 10 años tiene en el valor predictivo de las medias de un periodo, y no es sorprendente que la supresión aleatoria de un pequeño número de años en un promedio de 30 años tenga un efecto reducido en el intervalo de confianza de esa media de periodo.

La Figura 17 muestra que, generalmente, los conjuntos de datos diarios con un número especificado de valores consecutivos indican una incertidumbre ligeramente mayor en sus medias a la que se obtendría sin ellos. Normalmente, cuando faltan entre 1 y 2 valores consecutivos (con un número total fijo de valores ausentes) se produce un efecto similar a cuando falta un valor adicional, lo que refleja la autocorrelación de la mayoría de los conjuntos de datos.

Por otra parte, para series temporales mensuales (Figura 19), el número de valores ausentes consecutivos tiene poco efecto sobre la incertidumbre del valor medio para un número fijo determinado de valores ausentes, salvo cuando estos valores son todos o casi todos consecutivos, el valor de la incertidumbre del valor medio disminuye realmente, debido probablemente al número limitado de conjuntos posibles de valores consecutivos que se puede elegir (por ejemplo, si se suprimen n valores consecutivos de un conjunto de 30 valores, sólo hay $(31-n)$ formas en las que esto se puede hacer). Para valores más pequeños, el hecho de que no afecte el número de valores consecutivos ausentes refleja que, salvo para parámetros que muestran una tendencia muy evidente a lo largo del tiempo, las series temporales meteorológicas con intervalos anuales no están tan fuertemente autocorreladas como las series temporales diarias.

11. Homogeneidad de los datos

11.1 Homogeneidad de los datos y su efecto en las normales climatológicas

La homogeneidad de los datos debe tenerse en cuenta al considerar cualquier serie temporal meteorológica. El conjunto de datos se puede considerar como homogéneo si cualquier cambio en los datos refleja un cambio en las condiciones meteorológicas, en lugar de un cambio en las condiciones bajo las cuales se realizaron las observaciones.

Pueden surgir inhomogeneidades en una serie temporal meteorológica por un gran número de razones.

Entre ellas:

- Un cambio en la ubicación de un emplazamiento de observación
- Un cambio en los instrumentos utilizados para realizar una observación

- Un cambio en los procedimientos utilizados para realizar observaciones o para procesar datos
- Un cambio en el entorno local del emplazamiento de la observación

Entre los ejemplos específicos conocidos en el contexto australiano se incluye el cambio en las radiosondas utilizadas para observaciones en altitud indicadas en la sección 6.5.2, el efecto de la urbanización creciente sobre las temperaturas y vientos en algunas ubicaciones urbanas y la introducción de la pantalla de Stevenson como protección habitual para los termómetros a principios del siglo XX.

Las inhomogeneidades de los datos han sido consideradas por muchos autores. Karl y otros (1995) trataron los problemas de las inhomogeneidades de los datos en sistemas de observación existentes y futuros, mientras que Torok y Nicholls (1996) y Lavery y otros (1992) consideraron en Australia asuntos específicos relativos a las temperaturas y precipitaciones respectivamente.

En el contexto del cálculo de las normales climatológicas, la importancia de la homogeneidad de los datos radica en que, si se utiliza un conjunto de datos no homogéneo para calcular las normales, entonces alguno o todos los datos con los que se han calculado las normales no serán totalmente representativos de las observaciones realizadas en esa ubicación. Esto limita el valor de predicción de las normales en ese lugar y también reduce la conveniencia de las normales como punto de referencia con el que se pueden comparar las condiciones presentes en ese emplazamiento.

11.2 Adaptación de los datos no homogéneos para su uso en las normales climatológicas

Una práctica común en los conjuntos de datos que se utilizan para el análisis del cambio climático a largo plazo consiste en realizar ajustes a algunos datos, para generar una serie temporal que sea homogénea. En la mayoría de los casos se realiza aplicando un diferencia fija (que puede ser añadir o sustraer una cantidad, o multiplicar por una cantidad) a todos los datos observados antes de una inhomogeneidad identificada. Un ejemplo de un conjunto de datos generado utilizando este método es el conjunto homogeneizado de las temperaturas medias anuales para Australia desde 1910 descrito por Torok y Nicholls (1996) y Della-Marta y otros (2004). Peterson y otros (1998) describen los problemas generados por la identificación y ajuste de inhomogeneidades, así como un análisis de los métodos documentados en ese momento.

Los dos pasos para ajustar datos inhomogéneos son:

- Identificar la existencia de una inhomogeneidad y la hora en la que tuvo lugar;
- Determinar los ajustes pertinentes para lograr que los datos inhomogéneos produzcan una serie temporal homogénea.

Una inhomogeneidad se puede identificar mediante metadatos, examen visual o mediante métodos estadísticos (por ejemplo, comparación con lugares vecinos). La ventaja de utilizar metadatos es que los cambios documentados en un lugar de observación proporcionan un conocimiento *a priori* y las fechas de la posible existencia de inhomogeneidades. No obstante, en muchos casos, los metadatos están incompletos o son incorrectos, lo que requiere el uso de métodos estadísticos. Estos métodos a menudo dependen de la existencia de una serie temporal adecuada con la que el conjunto de datos se pueda comparar. Algunas inhomogeneidades son demasiado pequeñas para poderse detectar mediante métodos estadísticos y puede resultar difícil determinar la fecha exacta de una inhomogeneidad de esta forma.

El ajuste de datos no homogéneos también requiere un tratamiento cuidadoso. En muchos casos, los datos se ajustan aplicando una corrección uniforme a los valores medios pero, aunque esto puede dar lugar a un conjunto de datos cuyos valores medios sean homogéneos, no necesariamente implica que otras propiedades estadísticas del conjunto de datos sean también homogéneas. Trewin y Trevitt (1996) y Trewin (2005) descubrieron que las variaciones de temperatura entre emplazamientos próximos, aunque topográficamente diferentes, diferían en gran medida entre las noches más calientes y las más frías. Allen y DeGaetano (2000), Trewin (2001) y Della-Marta (2005) describen diversos métodos para generar conjuntos de datos de temperaturas diarias con propiedades estadísticas de orden superior homogéneas.

Es más, puesto que existen diferentes métodos para identificar y ajustar inhomogeneidades, los resultados de un procedimiento de ajuste pueden depender del método. También puede resultar difícil detectar inhomogeneidades que se produzcan al principio o al final de un registro, lo que resulta particularmente importante cuando una inhomogeneidad (por ejemplo el traslado de una estación) ha tenido lugar recientemente y se están comparando los datos actuales con un conjunto de normales climatológicas que puede no ser representativo del emplazamiento ni de las condiciones actuales de observación.

Entre los factores que deben ser considerados antes de decidir si se utilizan o no datos ajustados en el cálculo de las normales climatológicas se incluyen:

- ¿Es mejor utilizar un periodo corto de datos homogéneos o un periodo largo de datos ajustados? Esto dependerá de las aplicaciones para las que se utilicen los datos, así como de la cantidad de datos homogéneos disponible. Cualquier ajuste de los datos tiene asociado un nivel de incertidumbre (en la magnitud del ajuste y normalmente en la situación temporal de cualquier inhomogeneidad) y esta incertidumbre adicional puede resultar mayor que los beneficios de utilizar un conjunto más grande de datos dependiendo de los periodos temporales implicados.
- ¿Es la inhomogeneidad demasiado pequeña para tener un efecto significativo en las normales? Esto puede depender de la aplicación en la que se utilicen los datos.
- Puede resultar más difícil dar explicaciones a los usuarios de los datos ajustados, cuando muchos de estos usuarios no estén familiarizados con el concepto de homogeneidad de los datos climáticos, que ofrecer un conjunto basado en datos observados brutos.

Estas consideraciones no descartan automáticamente el uso de datos ajustados y homogeneizados en el cálculo de las normales climatológicas, sin embargo, si se realizan ajustes, se deben documentar con cuidado las horas de los ajustes y los métodos utilizados.

12. Conclusión y recomendaciones

Como se ha indicado en la introducción, las normales climatológicas sirven para dos fines fundamentales: como referencia con la que comparar observaciones en un instante determinado y para la predicción (implícita o explícita) de las condiciones que es probable que un determinado emplazamiento experimente en el futuro. Estos dos fines no son necesariamente totalmente compatibles. La primera parte de este estudio se ha centrado en el aspecto predictivo de las normales climatológicas, que se puede deducir de evaluaciones objetivas.

Cuando las normales climatológicas se utilizan como referencia, no existen ventajas claras que justifiquen la actualización frecuente de las normales. Una actualización frecuente tiene el inconveniente de que requiere volver a calcular muchos conjuntos de datos, no sólo las propias normales, sino numerosos conjuntos de datos que utilizan las normales como referencia. (Por ejemplo, actualmente se calculan conjuntos de datos de temperatura

mundiales como anomalías durante un período de referencia (normalmente 1961-1990)). Al utilizar un periodo de promediación más reciente, como 1971-2000, se mejora ligeramente la precisión de predicción (como se ha indicado en la sección 6.5.1(c)) para parámetros que muestren una tendencia secular, y muchos usuarios podrían considerar las normales de 1971-2000 más “actuales” que las de 1961-1990, aunque se podría objetar que los inconvenientes de una actualización frecuente superan esta ventaja cuando las normales se están utilizando como referencia.

Aunque un periodo fijo de 30 años como periodo de referencia puede resultar adecuado cuando se utilizan las normales para fines de predicción, los resultados descritos anteriormente sugieren que los periodos de promediación más cortos (10 años o más para la mayoría de los parámetros) tienen un comportamiento igual de bueno que los periodos de promediación de 30 años, permitiendo además que se calculen las normales para una gama mucho más amplia de estaciones de la que es normalmente posible para el periodo de referencia de 1961-1990. Es más, la utilización adecuada de datos de estaciones próximas para modificar los valores medios de periodos cortos pueden permitir el cálculo de normales estimadas a partir de datos de periodos tan cortos como 4 ó 5 años con una precisión de predicción comparable a la que se obtiene con periodos más largos e incluso se puede obtener información útil a partir de datos de un único año. Para parámetros que muestran una tendencia subyacente importante (tales como la temperatura media), la precisión de predicción también mejora al actualizar las normales con frecuencia.

Como han indicado algunos autores, la media aritmética de una variable climática sólo es una descripción parcial de su comportamiento y una descripción completa del clima requiere la especificación de la distribución de probabilidad completa, así como otras propiedades estadísticas como la correlación. Esto plantea la cuestión de cómo maximizar la cantidad de información que se puede proporcionar sobre las propiedades estadísticas de una variable utilizando un número finito de parámetros numéricos. La desviación típica se ha utilizado algunas veces para este propósito, aunque sólo define la distribución de probabilidad si una variable tiene una distribución gaussiana, lo que no es el caso para muchas variables climáticas. Otras opciones incluyen la definición de cuantiles (tales como las quintilas) o del número de ocasiones en que se superan umbrales. Se puede considerar el establecimiento de distribuciones idealizadas a un conjunto de datos, pero de los resultados anteriores se desprende que esto se debería realizar con mucha precaución, puesto que se pueden introducir variaciones sistemáticas (como la infravaloración sistemática de la probabilidad de meses con sequía extrema cuando se fija la distribución gamma a los valores mensuales de precipitación, como se ha descrito anteriormente). Hasta la fecha, la única información de cuantiles que se proporciona habitualmente como parte de los conjuntos de datos de las normales climatológicas son los límites de las quintilas para la precipitación mensual.

Mientras que 10 años de datos resulta un periodo adecuado para la mayoría de los casos en el cálculo de las medias aritméticas, se requieren más datos para propiedades estadísticas de orden superior tales como los límites de los cuantiles. Se recomienda un mínimo de 30 años para los cálculos de los límites de los cuantiles con un nivel razonable de confianza. Los valores extremos alto y bajo de una variable son un caso especial, puesto que muchas aplicaciones de estos datos requieren información sobre los valores más altos y más bajos registrados en un lugar, utilizando todos los datos disponibles. Los resultados de la sección 8 sugieren que, en promedio, un conjunto de datos de 10-15 años proporcionará información global útil sobre los extremos más probables a largo plazo en ese emplazamiento, aunque estos conjuntos pequeños de datos pueden proporcionar resultados nada representativos para parámetros y meses individuales.

Los resultados obtenidos también sugieren que la falta de datos, siempre que implique parámetros no aditivos y que no se produzca de forma sistemática, sólo añade una cantidad limitada de incertidumbre en la estimación de una normal climatológica (por ejemplo, se producirá una falta sistemática de datos si no se observaran las temperaturas del punto de

rocío cuando la temperatura del bulbo se encontrara por debajo del punto de congelación). Es más, sólo se produce un pequeño error adicional si muchos de los valores ausentes son consecutivos (y no se produce ninguna incertidumbre adicional si la variable implicada no está autocorrelada, como es el caso para la mayoría de las series temporales anuales). Por tanto, parece poco justificado utilizar criterios más estrictos para los datos ausentes utilizados en la OMM (1989) (en relación con los utilizados en la *Guía* de 1983), teniendo en cuenta el número de estaciones adicionales en las que se podrían calcular las normales si se utilizaran criterios menos estrictos para la disponibilidad de los datos. Tampoco parece muy justificado disponer de un criterio de “años consecutivos” en el número máximo de años con ausencia de datos.

De ello se deducen las recomendaciones siguientes:

1. Es preciso definir una nueva forma de normales climatológicas, las “normales operacionales”. Estas pretenden ser normales definidas de tal manera que se optimice la precisión de predicción que se puede obtener mediante su uso.
2. Las normales climatológicas estándar se deben seguir calculando para un periodo de referencia de 1961-1990 y este periodo debe mantenerse en uso hasta que se disponga de datos de 1991-2020. El objetivo principal de las normales climatológicas estándar es servir de referencia con la que comparar observaciones (pasadas, presentes o futuras). Las normales climatológicas estándar sólo se deben calcular cuando se disponga de valores durante por lo menos 25 de los 30 años entre 1961 y 1990 (pero sin ninguna limitación adicional sobre años consecutivos sin datos).
3. Las normales operacionales pueden calcularse para cualquier estación con datos de 10 o más años utilizando los propios datos de esa estación. Los 10 años pueden no ser consecutivos, dependiendo de las disposiciones sobre homogeneidad de la recomendación 7. También se pueden estimar utilizando una combinación de los datos propios de la estación con datos provenientes de estaciones colindantes en estaciones con datos de menos de 10 años. Las normales operacionales se deben actualizar tan a menudo como sea posible y, en estaciones con datos disponibles de 30 o más años, se pueden calcular utilizando todos los datos disponibles o solo los datos de los últimos 30 años. En todos los casos el periodo utilizado para el cálculo de las normales operacionales y, cuando sea posible, cualesquiera procedimientos de estimación utilizados deberían estar documentados.
4. Se insta a los países a que calculen tanto las normales climatológicas estándar como las normales operacionales.
5. Además de las medias aritméticas, se insta a los países a que calculen una gama más amplia de parámetros estadísticos para las variables climatológicas, tales como la desviación típica de valores diarios y mensuales, los límites de los cuantiles o el número medio de días en los que se superan los umbrales. Cuando se calculen límites de cuantiles, se debe utilizar el método de “población completa” descrito en la sección 9.1.
6. Para parámetros no aditivos, no se debe calcular un valor mensual si faltan más de 10 valores diarios, o si faltan 5 o más valores diarios consecutivos.
7. Cuando un conjunto de datos contenga una inhomogeneidad importante, se deben calcular las normales utilizando únicamente observaciones realizadas después de la inhomogeneidad o se deben ajustar los datos anteriores a la inhomogeneidad (cuando sea necesario) para ser coherentes con las observaciones más recientes. En este último caso es preciso documentar el periodo de los datos ajustados y el método utilizado.
8. Cuando se calculen los valores extremos mayores y menores de una variable, se deben utilizar todos los datos disponibles en un emplazamiento, teniendo en cuenta las disposiciones sobre homogeneidad de la recomendación 7 anterior.
9. Se deben seguir utilizando todos los procedimientos descritos en OMM (1989) y en la *Guía* de 1983 que son conformes con las recomendaciones 1 a 8 anteriores.

13. Agradecimientos

Se agradecen los comentarios al borrador del manuscrito de Dean Collins y Robert Fawcett tanto como los recibidos durante el proceso de revisión de la *Guía de Prácticas Climatológicas* y de versiones anteriores de este documento realizados por algunos revisores anónimos.

14. Referencias

- Allen, R.J. y DeGaetano, A.T. 2000. A method to adjust long-term temperature extreme series for nonclimatic inhomogeneities. *J. Climate*, 13, 3680-3695.
- Angel, J.R., Easterling, W.R. y Kirtsch, S.W. 1993. Towards defining appropriate averaging periods for climate normals. *Clim. Bulletin*, 27, 29-44.
- Benestad, R.E. 2003. How often can we expect a record event? *Clim. Res.*, 25, 3-13.
- Della-Marta, P., Collins, D., y Braganza, K. 2004. Updating Australia's high-quality annual temperature dataset. *Aust. Meteor. Mag.*, 53, 75-93.
- Della-Marta, P. 2005. A potential new method of homogenizing daily temperature data. *IAMAS 2005, Beijing, China, 2-11 de agosto de 2005*.
- Dixon, K.W. y Shulman, M.D. 1984. A statistical evaluation of the predictive abilities of climatic averages. *J. Clim. Appl. Meteor.*, 23, 1542,1552.
- Guttman, N.B. 1989. Statistical descriptors of climate. *Bull. Amer. Met. Soc.*, 70, 602-607.
- Huang, J., van den Dool, H.M. y Barnston, A.G. 1996. Long-lead seasonal temperature prediction using optimal climate normals. *J. Climate*, 9, 809-817.
- Hutchinson, M.F. 1998. Interpolation of rainfall data with thin plate smoothing splines: I. Two dimensional smoothing of data with short range correlation. *J. Geog. Inf. And Dec. Ana.*, 2, 152-167.
- Hyndman, R.J. y Fan, Y. 1996. Sample quantiles in statistical packages. *Amer. Statistician*, 50, 361-365.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. *Climate change: the scientific basis: contribution of Working Group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge and New York.
- Jagannathan, P., Arlery, R., ten Kate, H. y Zavarina, M. 1967. Nota sobre normales climatológicas. *Organización Meteorológica Mundial, Nota Técnica 84*, OMM, Ginebra.
- Jones, D.A. y Trewin, B.C. 2000. The spatial structure of monthly temperature anomalies over Australia. *Aust. Meteor. Mag.*, 49, 261-276.
- Jones, D.A. y Trewin, B.C. 2002. On the adequacy of digitized historical Australian daily temperature data for climate monitoring. *Aust. Meteor. Mag.*, 51, 237-250.
- Karl, T.R. 1988. Multi-year fluctuations of temperature and precipitation: the gray area of climatic changes. *Clim. Change*, 12, 179-197.
- Karl, T.R., Derr, V.E., Easterling, D.R., Folland, C.K., Hofmann, D.J., Levitus, S., Nicholls, N., Parker, D.E. y Withee, G.W. 1995. Critical issues for long-term climate monitoring. *Clim. Change*, 31, 185-221.
- Klein, W.H. y Hammons, G.A. 1975. Maximum/minimum temperature forecasts based on model output statistics. *Mon. Wea. Rev.*, 103, 796-806.
- Koch, S.E., DesJardins, M. y Kocin, P.J. 1983. An interactive Barnes objective map analysis scheme for use with satellite and conventional data. *J. Clim. Appl. Meteor.*, 22, 1487-1503.
- Kunkel, K.E. y Court, A. 1990. Climatic means and normals – a statement of the American Association of State Climatologists (AASC). *Bull. Amer. Met. Soc.*, 71, 201-203.
- Lamb, P.J. y Changnon, S.A. 1981. On the 'best' temperature and precipitation normals: the Illinois situation. *J. Appl. Meteor.*, 20, 1383-1390.
- Landberg, H. 1944. *Physical Climatology*, Pennsylvania State College, State College, Pennsylvania.
- Lavery, B., Kariko, A. y Nicholls, N. 1992. A historical rainfall data set for Australia. *Aust. Meteor. Mag.*, 40, 33-39.

- New, M., Lister, D., Hulme, M. y Makin, I. 2002. A high-resolution data set of surface climate over global land areas. *Clim. Res.*, 21, 1-25.
- Parker, D.E., Gordon, M., Cullum, D.P.N, Sexton, D.M.H., Folland, C.K. y Rayner, N. 1997. A new global gridded radiosonde temperature data base and recent temperature trends. *Geophys. Res. Lett.*, 24, 1499-1502.
- Perry, M. y Hollis, D. 2005. The development of a new set of long-term climate averages for the United Kingdom. *Int. J. Climatol.*, 25, 1023-1039.
- Peterson, T.C., Easterling, D.R., Karl, T.R., Groisman, P., Nicholls, N., Plummer, N., Torok, S., Auer, I., Boehm, R., Gullett, D., Vincent, L., Heino, R., Tuomenvirta, H., Mestre, O., Szentimrey, T., Salinger, J., Førland, E.J., Hanssen-Bauer, I., Alexandersson, H., Jones, P. y Parker, D. 1998b. Homogeneity adjustments of *in situ* atmospheric climate data: a review. *Int. J. Climatol.*, 18, 1493-1517.
- Revfeim, K.J.A. 1990. Daily observations: necessity, ritual or imposition? *Int. J. Climatol.*, 10, 105-110.
- Sansom, J. y Tait, A. 2004. Estimation of long-term climate information at locations with short-term data records. *J. Appl. Meteor.*, 43, 915-923.
- Seaman, R.S. and Hutchinson, M.F. 1985. Comparative real data tests of some objective analysis methods by withholding observations. *Aust. Meteor. Mag.*, 33, 37-46.
- Srivastava, A.K., Guhathakurta, P. y Kshirsagar, S.R. 2003. Estimation of annual and seasonal temperatures over Indian stations using optimal normals. *Mausam*, 54, 615-622.
- Thom, H.C.S. 1973. The distribution of wet bulb temperature depression. *Arch. Meteor. Geophys. Bioklimatol., Ser. B*, 21, 43-54.
- Torok, S.J. y Nicholls, N. 1996. A historical annual temperature dataset for Australia. *Aust. Meteor. Mag.*, 45, 251-260.
- Trewin, B.C. y Trevitt, A.C.F. 1996. The development of composite temperature records. *Int. J. Climatol.*, 16, 1227-1242.
- Trewin, B.C. 2001a. *Extreme temperature events in Australia*. Ph.D thesis, School of Earth Sciences, University of Melbourne.
- Trewin, B.C. 2001b. The development of a high-quality daily temperature data set for Australia. *11th Symposium on Meteorological Observations and Instrumentation, Albuquerque, New Mexico, 14-18 de enero de 2001*, 279-284.
- Trewin, B.C. 2005. A notable frost hollow at Coonabarabran, New South Wales. *Aust. Meteor. Mag.*, 54, 15-21.
- Organización Meteorológica Mundial. 1983. *Guía de prácticas climatológicas (2ª edición)*, OMM, Ginebra.
- Organización Meteorológica Mundial. 1989. Cálculo de las normales estándar mensuales y anuales de 30 años: preparado por una reunión de expertos, Washington, D.C., EE.UU., marzo de 1989. *Organización Meteorológica Mundial, WCDP N° 10*, OMM, Ginebra.

Leyenda de las Figuras

Figura 1. Ubicación de las estaciones utilizadas en el análisis de la sección 6. (a) Temperatura; (b) Presión media al nivel del mar; (c) Presión de vapor; (d) Precipitación; (e) Duración de insolación; (f) Observaciones en altitud.

Figura 2. Errores RMS (línea continua) y MAE (línea de puntos) para periodos de promediación de los datos de superficie de 1 a 30 años que finalizan en 1990: (a) Temperatura máxima (°C); (b) Temperatura mínima (°C); (c) Presión media al nivel del mar (hPa); (d) Duración media de la insolación diaria (horas); (e) Presión de vapor (hPa); (f) Precipitación (mm); (g) Número de días con precipitación ≥ 1.0 mm.

Figura 3. MAE para periodos que finalizan en 1990 (línea continua) y submuestra aleatoria de 1961-1990 (línea de puntos) para los datos de superficie: (a) Temperatura máxima (°C); (b) Temperatura mínima (°C); (c) Presión media al nivel del mar (hPa); (d) Duración media de la insolación diaria (horas); (e) Presión de vapor (hPa); (f) Precipitación (mm); (g) Número de días con precipitación ≥ 1.0 mm.

Figura 4. MAE para periodos que finalizan en 1990 (línea continua) y 2000 (línea de puntos) para datos de superficie: (a) Temperatura máxima (°C); (b) Temperatura mínima (°C); (c) Presión media al nivel del mar (hPa); (d) Duración media de la insolación diaria (horas); (e) Presión de vapor (hPa); (f) Precipitación (mm); (g) Número de días con precipitación ≥ 1.0 mm.

Figura 5. Errores RMS (línea continua) y MAE (línea de puntos) para periodos de promediación de 1 a 30 años que finalizan en 1990 para el nivel de 500 hPa: (a) Altura geopotencial (m); (b) Temperatura (°C); (c) Componente u del viento (m/s); (d) Componente v del viento (m/s); (e) Persistencia del viento (%).

Figura 6. Errores RMS (línea continua) y MAE (línea de puntos) para periodos de promediación de 1 a 30 años que finalizan en 1990 para el nivel de 200 hPa: (a) Altura geopotencial (m); (b) Temperatura (°C); (c) Componente u del viento (m/s); (d) Componente v del viento (m/s); (e) Persistencia del viento (%).

Figura 7. MAE para periodos que finalizan en 1990 (línea continua) y submuestra aleatoria de 1961-1990 (línea de puntos) para el nivel de 500 hPa: (a) Altura geopotencial (m); (b) Temperatura (°C); (c) Componente u del viento (m/s); (d) Componente v del viento (m/s); (e) Persistencia del viento (%).

Figura 8. MAE para periodos que finalizan en 1990 (línea continua) y submuestra aleatoria de 1961-1990 (línea de puntos) para el nivel de 200 hPa: (a) Altura geopotencial (m); (b) Temperatura (°C); (c) Componente u del viento (m/s); (d) Componente v del viento (m/s); (e) Persistencia del viento (%).

Figura 9. MAE para periodos que finalizan en 1990 (línea continua) y 2000 (línea de puntos) para el nivel de 500 hPa: (a) Altura geopotencial (m); (b) Temperatura (°C); (c) Componente u del viento (m/s); (d) Componente v del viento (m/s); (e) Persistencia del viento (%).

Figura 10. MAE para periodos que finalizan en 1990 (línea continua) y 2000 (línea de puntos) para el nivel de 200 hPa: (a) Altura geopotencial (m); (b) Temperatura (°C); (c) Componente u del viento (m/s); (d) Componente v del viento (m/s); (e) Persistencia del viento (%).

Figura 11. MAE para datos de superficie sin ajustar (línea continua) y ajustados (línea de puntos): (a) Temperatura máxima (°C); (b) Temperatura mínima (°C); (c) Presión media al nivel del mar (hPa); (d) Precipitación (mm).

Figura 12. Comparación del valor extremo esperado para un periodo dado y el valor extremo de 30 años: (a) Diferencia de temperatura (°C) máxima (línea continua) y mínima (línea de puntos); (b) Intensidad diaria de precipitación.

Figura 13. Ubicación de las estaciones pluviométricas utilizadas en el análisis de la sección 9.

Figura 14. Anchura de los intervalos de confianza del 95% para los límites superiores de los cuantiles de precipitación media mensual (mm), utilizando los datos observados (línea continua) y una distribución gamma adaptada (línea de puntos): (a) quintila 0; (b) quintila 1^a; (c) quintila 2^a; (d) quintila 3^a; (e) quintila 4^a; (f) quintila 5^a.

Figura 15. Comparación entre los cuantiles de precipitación mensuales (mm) utilizando una distribución gamma adaptada (submuestras de 30 años) y datos brutos (100 años completos): (a) Límite superior de la 1ª quintila; (b) Límite inferior de la 5ª quintila.

Figura 16. Anchura del intervalo de confianza del 95% (como múltiplo de la desviación típica) de los valores medios con un determinado número de días en los que faltan datos para la temperatura diaria máxima (Tmax), la temperatura mínima (Tmin), la presión de vapor (Vp), la presión media al nivel del mar (MSLP) y la duración de la insolación (Sun).

Figura 17. Anchura del intervalo de confianza del 95% (como múltiplo de la desviación típica) para valores medios con un número máximo dado de valores ausentes consecutivos, para fijar los números totales de valores ausentes: 15 (línea continua); 10 (línea de puntos); 5 (línea de rayas y puntos); medias mensuales de los valores diarios; (a) Temperatura media máxima; (b) Temperatura media mínima; (c) Presión media al nivel del mar; (d) Presión de vapor; (e) Duración de la insolación.

Figura 18. Anchura del intervalo de confianza del 95% (como múltiplo de la desviación típica) de los valores medios para el número de años dado en los que faltan datos para la temperatura media máxima mensual (Tmax), la temperatura mínima (Tmin), la presión de vapor (Vp), la presión media al nivel del mar (MSLP) y la duración de la insolación (Sun).

Figura 19. Anchura del intervalo de confianza del 95% (como múltiplo de la desviación típica) para los valores medios con un número máximo dado de valores ausentes consecutivos, para fijar números totales de valores ausentes: 15 (línea continua); 10 (línea de puntos); 5 (línea de rayas y puntos); medias mensuales de los valores diarios; (a) Temperatura media máxima; (b) Temperatura media mínima; (c) Presión media al nivel del mar; (d) Presión de vapor; (e) Duración de la insolación.

Leyenda de las Tablas

Tabla 1. Número de estaciones australianas con cantidades especificadas de datos disponibles (hasta agosto de 2005)

Tabla 2. Valores medios (mm) de los límites de las quintilas para la precipitación mensual, con 100 años de datos observados y distribuciones gamma adaptadas a datos de 30 años.

Tabla 3. Frecuencia de las observaciones de precipitación mensual en las quintilas 1991-2000, utilizando los límites de las quintilas calculados a partir de datos de 1961-1990 mediante los métodos enumerados.

Tabla 1. Número de estaciones australianas con cantidades especificadas de datos disponibles (hasta agosto de 2005)

Número de estaciones con datos disponibles	Elemento		
	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Precipitación
Cumple los requisitos actuales de normales de la OMM para 1961-1990	283	284	5581
25 o más años en el periodo 1961-1990, que no necesariamente cumplen los requisitos de la OMM	344	349	6417
20 o más años (en cualquier periodo)	576	586	8297
10 o más años (en cualquier periodo)	1006	1009	12165
5 o más años (en cualquier periodo)	1317	1333	14474
1 o más años (en cualquier periodo)	1768	1770	17232

Tabla 2. Valores medios (mm) de los límites de quintilas para la precipitación mensual, con 100 años de datos observados y distribuciones gamma adaptadas con datos de 30 años.

Quintila (límite superior de)	Datos observados	Distribución gamma adaptada
1 ^a	19,2	21,3
2 ^a	33,3	33,6
3 ^a	50,3	49,0
4 ^a	76,8	72,7

Tabla 3. Frecuencia de las observaciones de precipitación mensual en las quintilas para 1991-2000, utilizando los límites de las quintilas calculados a partir de datos de 1961-1990 mediante los métodos enumerados.

Método	Frecuencia (%) de meses con precipitación en la quintila:				
	1	2	3	4	5
Método CLIMAT	17,1	18,9	19,8	19,4	17,9
Método "población completa"	18,0	18,4	19,0	18,9	18,8
Método <i>Guía</i> de 1983	16,2	19,5	20,4	20,0	17,0

Apéndice A. Estaciones utilizadas para el análisis de la capacidad de predicción de las normales climatológicas

Número de estaciones australianas	Número de estaciones de la OMM	Nombre de la estación	Lat (grados S)	Lon (grados E)	Elemento					
					T	MSLP	Rain	VP	Sun	Upper
3003	94203	Broome	17,95	122,23	Y	Y	Y	N	N	N
5026	94313	Wittenoom	22,24	118,34	Y	N	N	N	N	N
6011	94300	Carnarvon	24,89	113,67	Y	Y	Y	Y	N	N
7045	94430	Meekatharra	26,61	118,54	Y	Y	N	N	N	N
8051	94403	Geraldton	28,80	114,70	Y	Y	Y	Y	N	N
9021	94610	Perth Airport	31,93	115,98	Y	Y	Y	Y	N	Y
9518	94601	Cape	34,37	115,14	Y	Y	Y	N	N	N
10035	94626	Leeuwin	31,66	117,25	Y	N	Y	N	N	N
12038	94637	Cunderdin	30,78	121,45	Y	Y	Y	N	N	Y
13017	94461	Kalgoorlie	25,03	128,30	Y	N	N	N	Y	Y
14015	94120	Giles	12,42	130,89	N	N	N	N	Y	Y
15590	94326	Darwin	23,80	133,89	Y	Y	Y	N	Y	Y
16001	94659	Alice Springs	31,16	136,81	Y	Y	Y	N	N	N
18012	94653	Woomera	32,13	133,70	Y	Y	Y	Y	Y	N
23034	94672	Ceduna	34,95	138,52	N	N	N	N	N	Y
26021	94821	Adelaide	37,75	140,77	Y	Y	Y	Y	N	N
31011	94287	Airport	16,87	145,75	Y	Y	Y	Y	N	N
32040	94294	Mount	19,25	146,77	Y	Y	Y	Y	Y	Y
33119	94367	Gambier	21,11	149,22	Y	Y	Y	Y	N	N
39039	94543	Cairns	25,63	151,61	Y	Y	Y	Y	N	N
39083	94374	Townsville	23,38	150,48	Y	Y	Y	Y	N	N
40004	94568	Mackay	27,63	152,71	Y	Y	Y	Y	N	N
44021	94510	Gayndah	26,42	146,25	N	N	N	N	N	Y
59040	94791	Rockhampton	30,31	153,12	Y	Y	Y	Y	N	N
61078	94776	Amberley	32,79	151,84	N	Y	Y	Y	Y	N
66062	94768	Charleville	33,86	151,20	Y	Y	Y	Y	N	N
70014	94926	Coffs	35,30	149,20	Y	Y	Y	Y	N	N
72150	94910	Harbour	35,16	147,46	Y	N	N	N	N	N
76031	94963	Williamstown	34,23	142,08	Y	Y	Y	Y	N	N
85072	94907	Sydney	38,12	147,13	Y	Y	Y	N	Y	N
86071	94868	Canberra	37,81	144,97	Y	Y	Y	Y	N	N
87031	94865	Wagga	37,86	144,76	Y	Y	N	N	N	N
94008	94975	Wagga	42,84	147,50	N	N	N	N	N	Y
94029	94970	Mildura	42,89	147,33	Y	Y	Y	Y	N	N
94069	95971	East Sale	42,98	147,08	Y	N	N	N	N	N
		Melbourne								
		Laverton								
		Hobart								
		Airport								
		Hobart								
		Grove								

(Y – la estación se utiliza para este elemento; N – la estación no se utiliza para este elemento).

Los números de estaciones de la OMM se han obtenido el 18 de octubre de 2005.

Apéndice B. Estaciones utilizadas en el análisis de quintilas de precipitación

Número de estaciones australianas	Número de estaciones de la OMM	Nombre de la estación	Latitud (grados S)	Longitud (grados E)
2016		Lissadell	16,67	128,55
5008	94306	Mardie	21,19	115,98
5015		Mulga Downs	22,10	118,47
5020		Ningaloo	22,70	113,67
5032		Yarraloola	21,57	115,88
5052		Karratha Station	20,88	116,68
6019		Doorawarra	24,81	114,43
6029		Lyndon	23,64	115,25
6052		Williambury	23,86	115,15
7027		Gabyon	28,25	116,34
7197		Challa	28,28	118,31
9018		Gingin	31,35	115,90
9500	94801	Albany	35,03	117,88
9507		Bannister	32,68	116,52
9510	94616	Bridgetown	33,96	116,14
9515		Busselton Shire	33,66	115,35
9518	94601	Cape Leeuwin	34,37	115,14
9552		Greenbushes	33,84	116,06
9561		Kendenup	34,49	117,63
9575		Marradong	32,86	116,45
9619		Wilgarrup	34,15	116,20
9628		Collie	33,36	116,15
10041		Doongin Peak	31,62	117,44
10073	95603	Kellerberrin	31,62	117,72
10515	95615	Beverley	32,11	116,92
10525		Broomehill	33,85	117,64
10579	94629	Katanning	33,69	117,56
10582		Kojonup	33,84	117,15
10614	94627	Narrogin	32,93	117,18
10626	95616	Pingelly	32,53	117,08
10647	95618	Wagin	33,31	117,34
10648		Wandering	32,68	116,68
12018		Coolgardie	30,95	121,17
12046	94448	Leonora	28,88	121,33
12065	94639	Norseman	32,20	121,78
12074	94634	Southern Cross	31,23	119,33
12093		Yundamindra	29,25	122,10
13012	94439	Wiluna	26,59	120,22
16005		Carriewerloo	32,40	137,22
16043		Woomera (South Gap	31,63	137,62
16055		Station)	32,38	135,52
17031	94480	Yardea	29,65	138,06
17055		Marree	30,02	138,04
17056		Marree (Witchelina)	30,41	139,42
18002		Wooltana	31,83	132,63
18014	94661	Penong (Pennalumba)	33,70	136,49
18043		Cleve	34,41	135,82
18069	94656	Koppio	33,65	134,89
18070		Elliston	34,72	135,86
18079	94654	Port Lincoln	32,80	134,21
19001		Streaky Bay	33,05	138,43
19006		Appila	32,88	138,35
19009		Booleroo Centre	32,42	138,53
19018		Carrieton	31,88	138,84
19024		Hawker (Holowilena)	32,83	138,19
		Melrose		

Apéndice B (continuación). Estaciones utilizadas en el análisis de quintilas de precipitación

Número de estaciones australianas	Número de estaciones de la OMM	Nombre de la estación	Latitud (grados S)	Longitud (grados E)
19032		Orroroo	32,74	138,61
19034		Peterborough	32,98	138,84
19037		Port Germein	33,02	138,00
19038		Quorn	32,36	138,04
19048		Wilmington	32,65	138,10
19062	94679	Yongala	33,03	138,75
20010		Koonamore	32,06	139,38
20012		Lilydale	32,96	139,97
20021		Yunta (Paratoo)	32,73	139,40
20024		Yunta (Winnininnie)	32,47	139,71
21002		Balaklava	34,14	138,42
21003		Blyth	33,84	138,49
21009		Spalding (Bundaleer Reservoir)	33,47	138,54
21010			33,75	138,56
21015		Brinkworth (Bungaree)	33,71	138,29
21019		Snowtown (Condowie)	33,83	138,79
21023		Farrell Flat	33,41	138,89
21027		Hallett	33,20	138,61
21029		Jamestown	33,59	138,33
21031		Koolunga	33,19	138,30
21034		Laura	33,55	138,89
21041		Mount Bryan	33,56	139,10
21043	94669	Burra (Poonunda)	33,17	138,01
21044		Port Pirie	34,18	138,15
21045		Port Wakefield	33,54	138,22
21046		Redhill	33,78	138,21
21050		Snowtown	33,15	138,92
21054		Terowie	33,96	138,64
21057		Watervale	33,57	138,44
21086		Yacka	33,84	139,07
22003		Burra (Worlds End)	34,70	137,71
22006		Curramulka	33,96	137,70
22008	94665	Kadina	34,37	137,67
22009		Maitland	34,77	137,59
22017		Minlaton	34,91	137,80
22020		Stansbury	33,93	137,63
22021		Wallaroo	34,28	137,86
22801	94805	Ardrossan (Winulta)	35,75	136,59
22807		Cape Borda	35,66	137,64
23011		Kingscote	34,92	138,60
23021		North Adelaide	34,53	138,75
23025		Roseworthy	34,68	138,69
23305		Smithfield	34,46	138,93
23310		Greenock	34,00	138,81
23314		Manoora	34,16	138,75
23315		Riverton	34,08	138,78
23319		Saddleworth	34,28	138,77
23707		Tarlee	35,01	138,76
23724		Bridgewater	35,07	139,00
23733	94806	Kanmantoo	35,06	138,85
23739		Mount Barker	35,04	138,91
23751		Nairne	35,55	138,62
23754		Victor Harbor	35,46	138,35
24013		Yankalilla	34,44	140,49
		Loxton (Pyap)		

Apéndice B (continuación). Estaciones utilizadas en el análisis de quintilas de precipitación

Número de estaciones australianas	Número de estaciones de la OMM	Nombre de la estación	Latitud (grados S)	Longitud (grados E)
24016		Renmark	34,17	140,75
24501		Australia Plains	34,10	139,15
24508		Callington	35,12	139,04
24511	94680	Eudunda	34,18	139,08
24515		Langhorne Creek	35,30	139,03
24517		Mannum	34,91	139,30
24518	95814	Meningie	35,69	139,34
24519		Milang	35,41	138,97
24521	95812	Murray Bridge	35,12	139,26
24523		Blanchetown (Wyn-Moor)	34,42	139,78
24530		Sedan (Sandleton)	34,46	139,35
24535		Swan Reach	34,57	139,60
24573		Truro	34,41	139,13
25502		Cooke Plains	35,38	139,56
25509	94688	Lameroo	35,33	140,52
26005		Cape Northumberland	38,06	140,67
26012		Kingston SE	36,83	139,85
26018		Millicent	37,59	140,34
26023		Naracoorte	36,96	140,74
26026	94812	Robe	37,16	139,76
29041		Normanton	17,67	141,07
30018	94275	Georgetown	18,29	143,55
30024		Hughenden	20,84	144,20
30040		Pentland	20,52	145,40
31036		Kuranda	16,82	145,64
31037	94285	Low Isles	16,38	145,56
32004	94292	Cardwell	18,26	146,02
32032		Macknade	18,59	146,25
32044		Valley of Lagoons	18,66	145,10
33012		Collaroy Station	22,03	149,18
33047	95366	Te Kowai	21,16	149,12
33062		Ravenswood	20,10	146,89
33065	94369	St. Lawrence	22,35	149,54
33073		Woodhouse	19,83	147,13
33076		Yaamba	23,13	150,37
35002		Arcturus Downs	24,03	148,41
35019	94359	Clermont	22,82	147,64
35026		Duaringa	23,71	149,67
35056		Rainworth	24,12	147,93
35069	94355	Tambo	24,88	146,26
35070	94525	Taroom	25,64	149,80
36007	94350	Barcaldine	23,55	145,29
36013		Camoola Park	23,04	144,52
36016		Coreena	23,28	145,40
36026	94345	Isisford	24,26	144,44
36037		Muttaburra	22,59	144,55
36143		Blackall	24,42	145,47
36144		Terrick Terrick	24,74	145,07
37025		Katandra	21,55	143,80
37043	94329	Urandangi	21,61	138,31
37051	94339	Winton	22,39	143,04
38003	94333	Boulia	22,91	139,90
39022		Camboon	25,03	150,44
39036		Eidsvold	25,37	151,12

Apéndice B (continuación). Estaciones utilizadas en el análisis de quintilas de precipitación

Número de estaciones australianas	Número de estaciones de la OMM	Nombre de la estación	Latitud (grados S)	Longitud (grados E)
39037		Fairymead	24,79	152,36
39039	94543	Gayndah	25,63	151,61
39069		Walterhall	23,63	150,39
39070		Mt. Perry	25,17	151,64
39085	94390	Sandy Cape	24,73	153,21
40043	94594	Cape Moreton	27,03	153,47
40082	94562	Gatton (Uni of Queensland)	27,54	152,34
40083		Gatton (Allan Street)	27,54	152,30
40094		Harrisville	27,81	152,67
40098		Howard	25,32	152,56
40110		Kilcoy	26,94	152,56
40111		Kilkivan	26,09	152,24
40140		Mt Brisbane	27,15	152,58
40158		Nanango	26,68	151,99
40184		Rosewood	27,64	152,59
40374		Franklyn Vale	27,76	152,46
41018		Clifton	27,93	151,91
41034		Glenelg	28,40	151,47
41056		Killarney	28,33	152,30
41082		Pittsworth	27,72	151,63
41100	95533	Texas	28,85	151,17
41103		Toowoomba	27,58	151,93
42023		Miles	26,66	150,18
43020	94514	Mitchell	26,49	147,98
43035	94521	Surat	27,16	149,07
43043		Yuleba	26,61	149,39
44002		Augathella	25,80	146,59
44012		Boorara	28,66	144,38
44026	94500	Cunnamulla	28,07	145,68
44166		Yamburgan	28,51	148,40
45017		Thargomindah	28,00	143,82
46003		Yanco Glen	31,29	141,44
46043	94695	Wilcannia	31,56	143,37
47000		Gum Lake (Ablemarle)	32,53	143,37
47014		Broken Hill (Kars)	32,22	142,03
47019	94694	Menindee	32,39	142,42
47053		Wentworth	34,11	141,92
48014		Goodooga (Brenda)	29,03	147,31
48020		Mungindi (Burrenbah)	29,04	148,65
48036		Walgett (Dungalear)	29,66	148,12
48053		Cobar (Lerida)	31,70	145,70
48082		Weilmoringle	29,24	146,92
49002	94696	Balranald	34,64	143,56
49004		Euabalong (Booberoi)	33,08	146,57
49008		Hatfield (Clare)	33,40	143,94
50011		Tottenham (Burdenda)	32,13	147,41
50016		Goonumbra (Coradgery)	32,97	148,06
50018		Dandaloo (Kelvin)	32,29	147,67
50031	94721	Peak Hill	32,72	148,19
51010	94718	Coonamble	30,98	148,38
51022		Gulargambone	31,33	148,47
51025		Warren (Haddon Rig)	31,46	147,88
51031		Nyngan (Canonbar)	31,64	147,32
51034		Warren (Mumblebone)	31,50	147,69
51042		Quambone Station	30,93	147,87
51054		Warren	31,70	147,84

Apéndice B (continuación). Estaciones utilizadas en el análisis de quintilas de precipitación

Número de estaciones australianas	Número de estaciones de la OMM	Nombre de la estación	Latitud (grados S)	Longitud (grados E)
52008		Rowena (Bunna Bunna)	29,80	149,20
52020	94520	Mungindi	28,98	148,99
53004		Boggabilla	28,60	150,36
53034		Wee Waa (Pendennis)	30,12	149,32
54003	94761	Barraba	30,38	150,61
54004		Bingara	29,87	150,57
54035		Yetman	28,90	150,77
55002		Mullaley (Bando)	31,23	149,83
55007		Boggabri	30,71	150,05
55018		Mullaley (Garrawilla)	31,17	149,65
55031		Manilla	30,75	150,72
55049	95746	Quirindi	31,51	150,68
55057		Willow Tree (Valais)	31,77	150,29
55067		Goonoo Goonoo	31,30	150,91
56008		Deepwater	29,44	151,85
56009		Emma ville	29,45	151,60
56016		Guyra	30,22	151,67
56029		Emma ville (Strathbogie)	29,46	151,47
56032	94556	Tenterfield	29,05	152,02
57022		Wollomombi (Wallamumbi)	30,49	152,10
58012	94589	Yamba	29,43	153,36
58015		Coraki	28,99	153,29
58037		Lismore	28,81	153,26
58038		Macleay	29,45	153,20
58061		Woodburn	29,07	153,34
59001		Bellingen	30,45	152,90
59002		Bowraville	30,65	152,85
59017	94788	Kempsey	31,08	152,82
60020		Kendall	31,63	152,70
60030		Taree	31,90	152,48
61002		Blackville	31,84	150,34
61010		Clarence Town	32,59	151,78
61014		Branxton	32,64	151,42
61016		Denman	32,39	150,69
61031		Raymond Terrace	32,78	151,73
61055	94774	Newcastle (Nobbys Head)	32,92	151,80
61071		Stroud	32,40	151,97
62013	94732	Gulgong	32,36	149,53
62021		Mudgee	32,60	149,60
63009		Blackheath	33,62	150,30
63012		Running Stream (Brooklyn)	33,02	149,88
63032		Golspie	34,27	149,66
64008	94728	Coonabarabran	31,27	149,27
65000		Arthurville (Cramond)	32,50	148,75
65006		Canowindra	33,57	148,66
65022		Manildra (Hazeldale)	33,16	148,59
65030		Dubbo (Mentone)	32,52	148,52
65034	94723	Wellington	32,56	148,95
65036		Yeoval	32,75	148,65
66006		Sydney Botanic Gardens	33,87	151,22
66062	94768	Sydney (Observatory Hill)	33,86	151,20
67019	94736	Prospect Dam	33,82	150,91
68027		Gerrigong	34,75	150,82
68048		Nowra Treatment Works	34,87	150,62
69006		Bettowind	35,70	149,79

Apéndice B (continuación). Estaciones utilizadas en el análisis de quintilas de precipitación

Número de estaciones australianas	Número de estaciones de la OMM	Nombre de la estación	Latitud (grados S)	Longitud (grados E)
69010		Braidwood	35,45	149,80
69018	94937	Moruya Heads	35,91	150,15
69107		Kameruka	36,74	149,71
70005	94928	Bombala	36,91	149,24
70009		Bukalong	36,80	149,20
70025		Crookwell	34,46	149,47
70032		Fairlight	35,23	148,91
70035		Bungendore (Gidleigh)	35,31	149,47
70071		Goulburn (Pomeroy)	34,65	149,50
70072		Queanbeyan	35,36	149,22
70080	94735	Taralga	34,40	149,82
72000		Adelong	35,31	148,07
72024		Humula	35,50	147,77
72043	94918	Tumbarumba	35,78	148,01
72044		Tumut	35,32	148,23
73014	94725	Grenfell	33,90	148,17
73025		Old Junee (Millbank)	34,79	147,56
73041		Wombat (Tumbleton)	34,41	148,18
73127		Wagga Wagga Ag Institute	35,05	147,35
74008		Grong Grong	34,86	146,82
74009		Berrigan	35,66	145,81
74025		Burrumbuttock	35,85	146,78
74053		Henty	35,52	147,03
74056		Jindera (Wadilock)	35,95	146,90
74087		Urana (Nowranie)	35,33	146,03
74106	94877	Tocumwal	35,81	145,60
74110		Urana	35,33	146,27
74128		Deniliquin	35,53	144,95
74236		Bungowannah (Roseleigh)	36,02	146,76
75004		Wakool (Barratta)	35,28	144,53
75007		Booligal (Belmont)	33,84	144,91
75032	94700	Hillston	33,49	145,52
75034		Hillston (Hunthawang)	33,34	145,75
75039	95707	Lake Cargelligo	33,28	146,37
75046		Moulamein	35,09	144,03
75049		Maude (Nap Nap)	34,45	144,17
75062		Moulamein (Tchelery)	34,81	144,17
75067		Carrathool (Uardry)	34,47	145,30
75075		Conargo (Willurah)	35,00	145,09
77030		Narraport	36,00	143,03
77047		Tyrrell Downs	35,36	142,98
77051		Rainbow (Werrap)	35,94	141,93
78000		Warracknabeal (Ailsa)	36,36	142,33
78014		Glenlee	36,26	141,86
78041		Wooroonook	36,25	143,18
78043		Yanac North	36,11	141,42
79014		Eversley	37,19	143,17
79016		Warranook (Glenorchy)	36,73	142,73
79017		Goroke	36,72	141,47
79019		Great Western	37,16	142,86
79023		Horsham (Polkemmet)	36,65	142,11
79035		Murtoa	36,62	142,47
79039		Redbank	36,91	143,34
80015	94861	Echuca	36,17	144,76

Apéndice B (continuación). Estaciones utilizadas en el análisis de quintilas de precipitación

Número de estaciones australianas	Número de estaciones de la OMM	Nombre de la estación	Latitud (grados S)	Longitud (grados E)	
80023	94844	Kerang	35,72	143,92	
80029		Lake Marmal	36,15	143,52	
80039		Yarrawalla South	36,19	144,05	
80042		Nathalia	36,06	145,20	
80053		Tandarra	36,43	144,25	
80065		Yarroweyah	35,88	145,55	
81008		Colbinabbin	36,53	144,77	
81026		Laanecoorie Weir	36,83	143,89	
82002		94884	Benalla	36,55	145,97
82010			Chiltern	36,15	146,61
82011	94899	Corryong	36,20	147,90	
82047	94933	Tallangatta (Bullioh)	36,19	147,36	
84016		Gabo Island	37,57	149,92	
85020		Clydebank	38,04	147,18	
85049		Leongatha	38,49	145,93	
86018		Caulfield	37,88	145,04	
86070		Maroondah Weir	37,64	145,55	
86071		94868	Melbourne	37,81	144,97
86085			Narre Warren North	37,99	145,34
86098			Red Hill South	38,37	145,03
86117			Toorourrong Reservoir	37,48	145,15
86121	Warburton		37,75	145,68	
87006	Ballan		37,60	144,23	
87007	Morrison (Ballark)		37,74	144,14	
87011	Beales Reservoir		37,54	144,03	
87014	Bungaree (Kirks Reservoir)		37,55	143,93	
87034	Lovely Banks Reservoir		38,07	144,33	
87043	94849	Meredith (Darra)	37,82	144,15	
87046		Mount Buninyong	37,67	143,94	
88011		Campbelltown	37,22	143,96	
88015		Clunes	37,30	143,78	
88042		Malmsbury Reservoir	37,20	144,37	
88043		Maryborough	37,06	143,73	
89009		Cavendish	37,53	142,04	
89030		Trawalla	37,48	143,46	
89103		Derrinallum	37,97	143,22	
90011		94842	Camperdown	38,23	143,14
90015	Cape Otway		38,86	143,51	
90020	Casterton (Warrock)		37,44	141,34	
90061	Pennyroyal Creek		38,42	143,83	
90063	Penshurst		37,88	142,29	
90067	Port Campbell		38,62	142,99	
90085	Terang (Woorywryite)		38,08	142,99	
90167	Winchelsea		38,24	143,99	
91057	Low Head		41,06	146,79	
92029	Ormley		41,72	147,82	
93014	94967	Oatlands	42,30	147,37	
94010		Cape Bruny	43,49	147,14	
94029		94970	Hobart	42,89	147,33
94041		94962	Maatsuyker Island	43,66	146,27
94061			Sandford	42,93	147,52

Los números de estaciones de la OMM corresponden al 18 de octubre de 2005.

**REPORTS PUBLISHED IN THE
WORLD CLIMATE DATA PROGRAMME (WCDP)/
WORLD CLIMATE DATA AND MONITORING PROGRAMME (WCDMP) SERIES**

- WCDP-1 WMO REGION III/IV TRAINING SEMINAR ON CLIMATE DATA MANAGEMENT AND USER SERVICES, Barbados, 22-26 September 1986 and Panama, 29 September 3 October 1986 (available in English and Spanish) - (WMO-TD No. 227)
- WCDP-2 REPORT OF THE INTERNATIONAL PLANNING MEETING ON CLIMATE SYSTEM MONITORING, Washington DC, USA, 14-18 December 1987 - (WMO-TD No. 246)
- WCDP-3 GUIDELINES ON THE QUALITY CONTROL OF DATA FROM THE WORLD RADIOMETRIC NETWORK, Leningrad 1987 (prepared by the World Radiation Data Centre, Voeikov Main Geophysical Observatory) - (WMO-TD No. 258)
- WCDP-4 INPUT FORMAT GUIDELINES FOR WORLD RADIOMETRIC NETWORK DATA, Leningrad 1987 (prepared by the World Radiation Data Centre, Voeikov Main Geophysical Observatory) - (WMO-TD No. 253. p. 35)
- WCDP-5 INFOCLIMA CATALOGUE OF CLIMATE SYSTEM DATA SETS, 1989 edition (WMO-TD No. 293)
- WCDP-6 CLICOM PROJECT (Climate Data Management System), April 1989 (updated issue of WCP-I 1 9) - (WMO-TD No. 299)
- WCDP-7 STATISTICS ON REGIONAL NETWORKS OF CLIMATOLOGICAL STATIONS (based on the INFOCLIMA World Inventory). VOLUME II: WMO REGION I - AFRICA (WMO-TD No. 305)
- WCDP-8 INFOCLIMA CATALOGUE OF CLIMATE SYSTEM DATA SETS - HYDROLOGICAL DATA EXTRACT, April 1989 - (WMO-TD No. 343)
- WCDP-9 REPORT OF MEETING OF CLICOM EXPERTS, Paris, 11-15 September 1989 (available in English and French) - (WMO-TD No. 342)
- WCDP-10 CALCULATION OF MONTHLY AND ANNUAL 30-YEAR STANDARD NORMALS, March 1989 (prepared by a meeting of experts, Washington DC, USA) - (WMO-TD No. 341)
- WCDP-11 REPORT OF THE EXPERT GROUP ON GLOBAL BASELINE DATASETS, Asheville, USA, 22-26 January 1990 - (WMO-TD No. 359)
- WCDP-12 REPORT OF THE MEETING ON HISTORICAL ARCHIVAL SURVEY FOR CLIMATE HISTORY, Paris, 21-22 February 1990 - (WMO-TD No. 372)
- WCDP-13 REPORT OF THE MEETING OF EXPERTS ON CLIMATE CHANGE DETECTION PROJECT, Niagara-on-the-Lake, Canada, 26-30 November 1990 - (WMO-TD No. 418)

Note: *Following the change of the name of the World Climate Data Programme (WCDP) to World Climate Data and Monitoring Programme (WCDMP) by the Eleventh WMO Congress (May 1991), the subsequent reports in this series will be published as WCDMP reports, the numbering being continued from No. 13 (the last "WCDP" report).*

- WCDMP-14 REPORT OF THE CCI WORKING GROUP ON CLIMATE CHANGE DETECTION, Geneva, 21-25 October 1991
- WCDMP-15 REPORT OF THE CCI EXPERTS MEETING ON CLIMATE CODE ADAPTATION, Geneva, 5-6 November 1991 - (WMO-TD No. 468)
- WCDMP-16 REPORT OF THE CCI EXPERTS MEETING ON TRACKING AND TRANSMISSION OF CLIMATE SYSTEM MONITORING INFORMATION, Geneva, 7-8 November 1991 - (WMO-TD No. 465)
- WCDMP-17 REPORT OF THE FIRST SESSION OF THE ADVISORY COMMITTEE ON CLIMATE APPLICATIONS AND DATA (ACCAD), Geneva, 19-20 November 1991 (also appears as WCASP-18) - (WMO-TD No. 475)
- WCDMP-18 CCI WORKING GROUP ON CLIMATE DATA, Geneva, 11-15 November 1991 (WMO-TD No. 488)
- WCDMP-19 REPORT OF THE SECOND CLICOM EXPERTS MEETING, Washington DC, 18-22 May 1992 - (WMO-TD No. 511)
- WCDMP-20 REPORT ON THE INFORMAL PLANNING MEETING ON STATISTICAL PROCEDURES FOR CLIMATE CHANGE DETECTION, Toronto, 25 June, 1992 (WMO-TD No. 498)
- WCDMP-21 FINAL REPORT OF THE CCI WORKING GROUP ON CLIMATE DATA AND ITS RAPPORTEURS, November 1992 - (WMO-TD No. 523)
- WCDMP-22 REPORT OF THE SECOND SESSION OF THE ADVISORY COMMITTEE ON CLIMATE APPLICATIONS AND DATA (ACCAD), Geneva, 16-17 November 1992 (also appears as WCASP-22) - (WMO-TD No. 529)
- WCDMP-23 REPORT OF THE EXPERTS MEETING ON REFERENCE CLIMATOLOGICAL STATIONS (RCS) AND NATIONAL CLIMATE DATA CATALOGUES (NCC), Offenbach am Main, Germany, 25-27 August 1992 - (WMO-TD No. 535)
- WCDMP-24 REPORT OF THE TENTH SESSION OF THE ADVISORY WORKING GROUP OF THE COMMISSION FOR CLIMATOLOGY, Geneva, 20-22 September 1995 (also appears as WCASP-34) - (WMO-TD No. 711)
- WCDMP-25 REPORT OF THE FIFTH SESSION OF THE ADVISORY COMMITTEE ON CLIMATE APPLICATIONS AND DATA (ACCAD), Geneva, 26 September 1995 (also appears as WCASP-35) - (WMO-TD No. 712)
- WCDMP-26 REPORT ON THE STATUS OF THE ARCHIVAL CLIMATE HISTORY SURVEY (ARCHISS) PROJECT, October 1996 (prepared by Mr M. Baker) - (WMO-TD No. 776)
- WCDMP-27 SUMMARY REPORT OF THE MEETING OF THE THIRD SESSION OF THE CCI WORKING GROUP ON CLIMATE CHANGE DETECTION, Geneva, 26 February - 1 March 1996 - (WMO-TD No. 818)
- WCDMP-28 SUMMARY NOTES AND RECOMMENDATIONS FOR CCI-XII FROM MEETINGS CONVENED TO PREPARE FOR PUBLISHING THE FIFTH AND SIXTH GLOBAL CLIMATE SYSTEM REVIEWS AND FOR A PUBLICATION ON THE CLIMATE OF THE 20TH CENTURY, July 1997 - (WMO-TD No. 830)
- WCDMP-29 CLIMATE CHANGE DETECTION REPORT - REPORTS FOR CCI-XII FROM RAPPORTEURS THAT RELATE TO CLIMATE CHANGE DETECTION, July 1997 (WMO-TD No. 831)

- WCDMP-30 SUMMARY NOTES AND RECOMMENDATIONS ASSEMBLED FOR CCI-XII FROM RECENT ACTIVITIES CONCERNING CLIMATE DATA MANAGEMENT, July 1997 (WMO-TD No. 832)
- WCDMP-31 REPORTS FOR CCI-XII FROM RAPPORTEURS THAT RELATE TO CLIMATE DATA MANAGEMENT, July 1997 - (WMO-TD No. 833)
- WCDMP-32 PROGRESS REPORTS TO CCI ON STATISTICAL METHODS, July 1997 (prepared by Mr Christian-Dietrich Schönwiese) (WMO-TD No 834)
- WCDMP-33 MEETING OF THE CCI WORKING GROUP ON CLIMATE DATA, Geneva, 30 January - 3 February 1995 - (WMO-TD No. 841)
- WCDMP-34 EXPERT MEETING TO REVIEW AND ASSESS THE ORACLE-BASED PROTOTYPE FOR FUTURE CLIMATE DATABASE MANAGEMENT SYSTEM (CDBMS), Toulouse, France, 12-16 May 1997 - (WMO-TD No. 902)
- WCDMP-35 REPORT OF THE ELEVENTH SESSION OF THE ADVISORY WORKING GROUP OF THE COMMISSION FOR CLIMATOLOGY, Mauritius, 9-14 February 1998 (also appears as WCASP-47) - (WMO-TD No. 895)
- WCDMP-36 REPORT OF THE MEETING OF THE CCI TASK TEAM ON CLIMATE ASPECTS OF RESOLUTION 40, Geneva, Switzerland, 10-11 June 1998 - (WMO-TD No. 925)
- WCDMP-37 REPORT OF THE MEETING OF THE JOINT CCI/CLIVAR TASK GROUP ON CLIMATE INDICES, Bracknell, UK, 2-4 September 1998 - (WMO-TD No. 930)
- WCDMP-38 REPORT OF THE MEETING OF THE WMO COMMISSION FOR CLIMATOLOGY (CCI) TASK GROUP ON A FUTURE WMO CLIMATE DATABASE MANAGEMENT SYSTEM (CDMS), Ostrava, Czech Republic, 10-13 November 1998 and FOLLOW-UP WORKSHOP TO THE WMO CCI TASK GROUP MEETING ON A FUTURE WMO CDMS, Toulouse, France, 30 March-1 April 1999 - (WMO-TD No. 932)
- WCDMP-39 REPORT OF THE MEETING OF THE CCI WORKING GROUP ON CLIMATE DATA, Geneva, Switzerland, 30 November-4 December 1998 - (WMO-TD No. 970)
- WCDMP-40 REPORT OF THE MEETING ON CLIMATE STATISTICS, PRODUCT DEVELOPMENT AND DATA EXCHANGE FOCUSING ON CLICOM 3.1, Geneva, 25-29 January 1999 - (WMO-TD No. 971)
- WCDMP-41 PROCEEDINGS OF THE SECOND SEMINAR FOR HOMOGENIZATION OF SURFACE CLIMATOLOGICAL DATA, Budapest, Hungary, 9-13 November 1998 (WMO-TD No. 962)
- WCDMP-42 REPORT OF THE MEETING OF EXPERTS ON THE CLIMATE OF THE 20TH CENTURY, Geneva, 26-30 April 1999 - (WMO-TD No. 972)
- WCDMP-43 REPORT OF THE TRAINING SEMINAR ON CLIMATE DATA MANAGEMENT FOCUSING ON CLICOM/CLIPS DEVELOPMENT AND EVALUATION, Niamey, Niger, 03 May-10 July 1999, (WMO-TD No. 973)
- WCDMP-44 REPRESENTATIVENESS, DATA GAPS AND UNCERTAINTIES IN CLIMATE OBSERVATIONS, Invited Scientific Lecture given by Chris Folland to the WMO Thirteenth Congress, Geneva, 21 May 1999 - (WMO-TD No. 977)
- WCDMP-45 WORLD CLIMATE PROGRAMME - WATER, DETECTING TREND AND OTHER CHANGES IN HYDROLOGICAL DATA, Zbigniew W. Kundzewicz and Alice Robson (Editors) - (WMO-TD No. 1013)
- WCDMP-46 MEETING OF THE WMO CCI TASK GROUP ON FUTURE WMO CLIMATE DATABASE MANAGEMENT SYSTEMS (CDMSs), Geneva, 3-5 May 2000 (WMO-TD No. 1025)

- WCDMP-47 REPORT ON THE ACTIVITIES OF THE WORKING GROUP ON CLIMATE CHANGE DETECTION AND RELATED RAPORTEURS, 1998-2001 (May 2001, updated from March 2001) (WMO-TD No. 1071)
- WCDMP-48 REPORT OF THE FIRST SESSION OF THE MANAGEMENT GROUP OF THE COMMISSION FOR CLIMATOLOGY (Berlin, Germany, 5-8 March 2002) (also appears as WCASP-55) (WMO-TD No. 1110)
- WCDMP-49 1. REPORT ON THE CLICOM-DARE WORKSHOP (San José, Costa Rica, 17-28 July 2000); 2. REPORT OF THE INTERNATIONAL DATA RESCUE MEETING (Geneva, 11-13 September 2001) (WMO-TD No. 1128)
- WCDMP-50 REPORT OF THE CLIMATE DATABASE MANAGEMENT SYSTEMS EVALUATION WORKSHOP (Geneva, 11-13 September 2001) (WMO-TD No. 1130)
- WCDMP-51 SUMMARY REPORT OF THE EXPERT MEETING FOR THE PREPARATION OF THE SEVENTH GLOBAL CLIMATE SYSTEM REVIEW (7GCSR) (Geneva, 16-19 September 2002) (WMO-TD No. 1131)
- WCDMP-52 GUIDELINES ON CLIMATE OBSERVATION NETWORKS AND SYSTEMS (WMO-TD No. 1185)
- WCDMP-53 GUIDELINES ON CLIMATE METADATA AND HOMOGENIZATION (WMO-TD No. 1186)
- WCDMP-54 REPORT OF THE CCI/CLIVAR EXPERT TEAM ON CLIMATE CHANGE DETECTION, MONITORING AND INDICES (ETCCDMI) (Norwich, UK, 24-26 November 2003) (WMO-TD No. 1205)
- WCDMP-55 GUIDELINES ON CLIMATE DATA RESCUE (WMO-TD No. 1210)
- WCDMP-56 FOURTH SEMINAR FOR HOMOGENIZATION AND QUALITY CONTROL IN CLIMATOLOGICAL DATABASES (Budapest, Hungary, 6-10 October 2003) (WMO-TD No. 1236)
- WCDMP-57 REPORT OF THE RA V DATA MANAGEMENT WORKSHOP (Melbourne, Australia, 28 November-3 December 2004) (WMO-TD No. 1263)
- WCDMP-58 GUIDELINES ON CLIMATE WATCHES (WMO-TD No. 1269)
- WCDMP-59 REPORT OF THE MEETING OF THE RA I WORKING GROUP ON CLIMATE MATTERS (Dakar, Senegal, 22 – 24 February 2006) (WMO-TD No. 1351)
- WCDMP-60 GUIDELINES ON CLIMATE DATA MANAGEMENT (WMO-TD No. 1376)
- WCDMP-61 THE ROLE OF CLIMATOLOGICAL NORMALS IN A CHANGING CLIMATE (WMO-TD No. 1377)