

## **GESTIÓN DE DATOS CLIMÁTICOS: RETOS EN LOS PAÍSES MENOS DESARROLLADOS**

José Antonio GUIJARRO PASTOR

*Retirado de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Palma de Mallorca.*

*Miembro del Expert Team on Data Development and Stewardship de la*

*Organización Meteorológica Mundial (OMM)*

[jaguijarro21@gmail.com](mailto:jaguijarro21@gmail.com)

### **RESUMEN**

Las observaciones meteorológicas alimentan las bases de datos climáticas, básicas para el estudio del clima y su variabilidad. Sin embargo la gestión de estos datos es muy heterogénea entre los diferentes países. Este artículo presenta la problemática existente en los servicios meteoro-hidrológicos nacionales (SMHN) de los países menos desarrollados y los proyectos en marcha para, mediante mejoras en dicha gestión, sentar las bases para aumentar el conocimiento del clima local, regional y global.

**Palabras clave:** control de calidad, relleno de lagunas, homogeneización, sistemas de gestión de datos climáticos.

### **ABSTRACT**

Meteorological observations feed the climatic databases, which are essential for studying the climate and its variability. However, the management of these data varies widely across countries. This article presents the problems existing in the national meteoro-hydrological services of less developed countries and the projects underway to, through improvements in such management, lay the foundations for increasing the knowledge of the local, regional and global climate.

**Key words:** quality control, gap filling, homogenization, climate data management systems.

### **1. INTRODUCCIÓN**

Los datos observacionales son básicos para el estudio del clima local o regional y su variabilidad, así como para la calibración de los modelos usados para generar proyecciones del clima futuro, piezas clave para una adecuada provisión de servicios climáticos. Pero los países menos desarrollados afrontan graves dificultades para la gestión de sus propios datos, tanto en tareas de preservación y digitalización de observaciones en soporte papel como en la utilización y mantenimiento de sistemas informatizados que permitan la integración de nuevas observaciones en una base de datos, su control de calidad, la homogeneización de sus series y la generación de productos para los distintos sectores económicos y para el público en general.

En los siguientes apartados pasaremos revista a estas necesidades y al apoyo brindado por la Organización Meteorológicos Mundial (OMM) y muchos de sus países miembros, entre los que cabe citar a España, representada por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), organizadora y participante (junto con otras entidades colaboradoras) en cursos de capacitación en diversos aspectos de gestión de datos y generación de escenarios climáticos.

## **2. RECUPERACIÓN DE DATOS EN RIESGO DE DESAPARICIÓN**

Muchos servicios meteoro-hidrológicos nacionales (SMHN) de países menos desarrollados tienen una parte de sus datos (los de las décadas más recientes) digitalizados, pero los más antiguos todavía se encuentran únicamente en soporte de papel, frecuentemente en condiciones precarias que hacer temer por su supervivencia. La figura 1 presenta imágenes de archivos con diferente grado de organización.



*Fig. 1: Ejemplos de archivos de datos climáticos conservados en papel. Fuente: WMO (2016): INDARE (Indian Ocean Data Rescue Initiative). Summary Report. Arusha, United Republic Of Tanzania, 9-14 November 2015.*

La OMM ofrece un conjunto de directrices para desarrollar proyectos de recuperación de datos en papel (WMO, 2016), tareas también denominadas de rescate de datos (*data rescue* en inglés, con DARE como acrónimo). Estas tareas se resumen en cuatro apartados:

1. Archivar adecuadamente los documentos para su preservación, inventariando las existencias de los diferentes tipos de formatos y las variables que contienen.
2. Tomar imágenes de los documentos, mediante cámara fotográfica o escáner, aunque éste resulta más lento y puede no ser apto para los formatos de mayores dimensiones. Si se usa una cámara, lo ideal es que pueda transferir las imágenes a un ordenador automáticamente. En todo caso, es necesario verificar que la calidad de las imágenes permitirá la lectura de los datos, y habrá que renombrar los ficheros con un patrón preestablecido que identifique el observatorio, mes y año de los datos y las variables que contiene.
3. Digitalizar los datos contenidos en las imágenes a partir de estas. De este modo se evita una excesiva manipulación de los documentos originales que pondría en riesgo su conservación. Además, las imágenes se pueden distribuir para ser digitalizadas por grupos de personas diferentes, posiblemente dentro de proyectos de ciencia ciudadana o mediante convenios con centros de enseñanza que podrían ofrecerlas como trabajos de fin de curso. (El servicio meteorológico de Irlanda ha tenido experiencias muy exitosas en este sentido).
4. Tras un primer control de calidad, incorporar los datos al sistema de gestión correspondiente, sin olvidar su adecuado mantenimiento (copias de seguridad, adecuación a los cambios tecnológicos, etc).

La coordinación internacional de los proyectos de recuperación de datos climáticos se realiza conjuntamente por la OMM y Copernicus con la colaboración de otras entidades (IEDRO, ACRE, etc). Los diferentes proyectos pueden visualizarse en el portal <https://datarescue.climate.copernicus.eu/>.

En España están digitalizados los datos mensuales y la mayor parte de los diarios, pero todavía quedan series diarias antiguas sin digitalizar, como por ejemplo las primeras décadas de los observatorios de Palma de Mallorca (desde 1862) y Mahón (desde 1863). Sobre estos últimos había incluso incertidumbre sobre su localización, pero se hallan en el Institut Menorquí d'Estudis (IME) y en el Ateneu de Maó. Con una beca del IME se abordó su digitalización, pero únicamente de las precipitaciones (Carreras, 2009), y se hizo directamente desde los documentos originales. Si se hubieran tomado imágenes sería mucho más sencillo digitalizar también las temperaturas. Además, al comparar las sumas mensuales de los datos digitalizados con los valores existentes en la Base Nacional de Datos Climatológicos de AEMET, se observaron algunas discrepancias que no es posible investigar sin volver a examinar las fuentes. La más notoria de ellas es la de noviembre de 1906, cuyo dato mensual, obtenido de los anuarios del Observatorio Central Meteorológico, indica un total de 336 mm, mientras que la suma de los datos diarios digitalizados por Carreras arroja un valor de 33,6 mm, de lo que se deduce que no se reparó en la coma decimal al publicar el dato en el anuario (Guíjarro et al., 2017).

Por tanto son necesarias más acciones para completar la digitalización de los datos diarios más antiguos. No contar con el equipamiento óptimo no es excusa: con la cámara de un móvil y un simple ordenador se puede llevar a cabo. La principal

dificultad reside en lo laborioso de la tarea, de ahí la conveniencia de recurrir a iniciativas como las de ciencia ciudadana comentada anteriormente.

### 3. GESTIÓN DE LOS DATOS CLIMÁTICOS

Lamentablemente, muchos SMHN de los países menos desarrollados que tienen una parte de sus datos ya digitalizados no cuentan con una base de datos operativa, con lo que su información climatológica muchas veces reside en hojas de cálculo tipo Excel. Estas hojas pueden estar muy elaboradas, conteniendo los logotipos de la institución, tablas (a veces coloreadas), e incluso gráficos resumiendo los datos. Esto permite atender las consultas de los valores de diversos parámetros climáticos en meses y años concretos, pero es evidente que obtener series diarias o mensuales de 30 o más años de alguna de las variables de interés supone tener que extraer los datos de un enorme número de ficheros, cuando esta tarea resultaría trivial de contar con un adecuado Sistema de Gestión de Datos Climáticos (SGDC. *Climate Data Management System* -CDMS- en inglés).

La falta de estos sistemas supone no poder desarrollar adecuadamente servicios climáticos y dificulta cumplir los compromisos de intercambio de datos. Como ejemplo, en 1935 se acordó en el seno de la Organización Meteorológica Internacional (antecedente de la OMM) la conveniencia de intercambiar datos mensuales de los principales observatorios, para lo que se diseñó el mensaje CLIMAT, que cada país debe transmitir mensualmente al Sistema Mundial de Telecomunicación de la OMM. Sin embargo, en el periodo 2007-2016, más de un 50% de los mensajes de los SMHN menos desarrollados no se recibieron o contenían errores (figura 2).

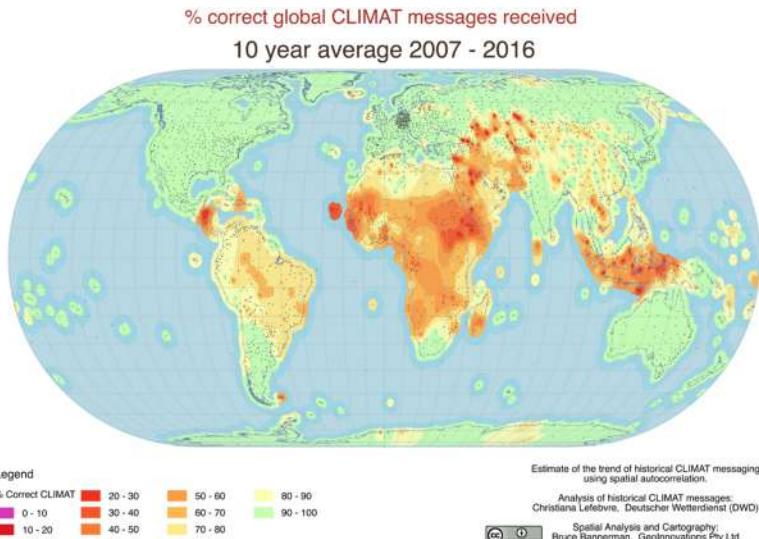


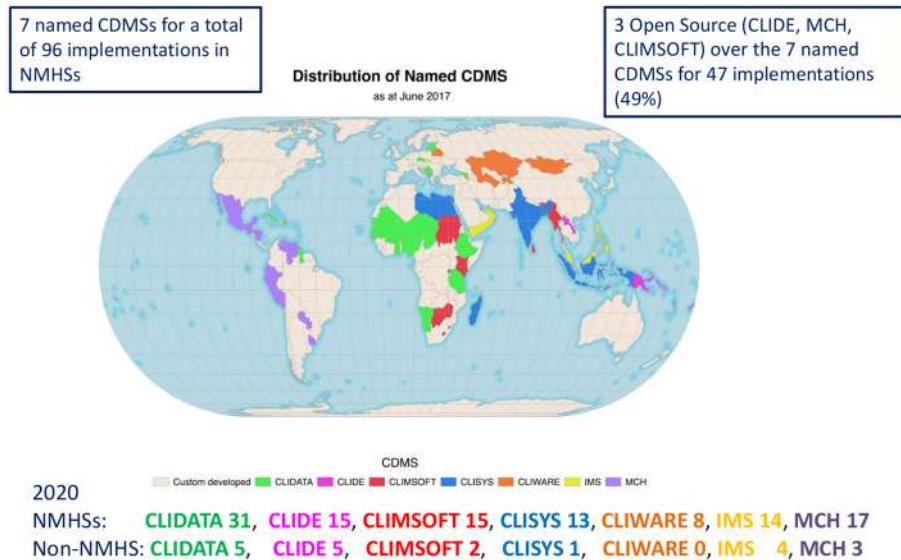
Fig. 2:

Porcentaje de mensajes CLIMAT recibidos correctamente en el periodo 2007-2016.

Fuente: Stuber (2023), Climate Data Management Systems (CDMS), Presentación para un taller de intercambio de datos.

### 3.1. Sistemas de Gestión de Datos Climáticos

Mientras que los países más avanzados han desarrollado sus propios SGDC, otros han implementado sistemas ya disponibles. En la figura 3 vemos la distribución geográfica de los siete SGDC más utilizados, de los que cerca de la mitad de los instalados corresponden a los tres SGDC de código abierto (CLIDE, CLIMSOFT y MCH).



*Fig. 3: Distribución geográfica de los siete SGDC más utilizados en países sin sistema propio. Fuente: Stuber (2023), Climate Data Management Systems (CDMS), Presentación para un taller de intercambio de datos.*

La OMM presta apoyo para la instalación de algunos de estos SGDC y capacitación sobre su uso, pero contribuir a su desarrollo para añadirles funcionalidades supone una multiplicidad de recursos que no resulta sostenible. Debido a eso, la OMM ha iniciado el proyecto OpenCDMS para construir un SGDC de código abierto que cumpla con los requerimientos definidos en la publicación WMO-No. 1103 (WMO, 2014), de modo que en el futuro sea el único sistema al que prestar apoyo para los países que lo soliciten.

### 3.2. Requerimientos de los CDMS

La citada publicación WMO-No. 1103 establece tres niveles para las especificaciones que debería cumplir cualquier CDMS: requeridos, aconsejables y opcionales. Sintetizando al máximo, estos requisitos se pueden agrupar en:

1. Gobernanza de los datos: Políticas de acceso, trazabilidad, seguridad.
2. Gestión de los datos: Ingestión de datos y metadatos, monitorización de las redes de observación, controles de calidad.
3. Análisis de los datos: Análisis de series temporales, homogeneización, cálculo de variables derivadas e índices climáticos.

4. Presentación de los datos: interfaz gráfica de usuario, búsqueda y descarga de datos y metadatos, generación de mensajes para intercambio internacional, generación de tablas y gráficos (series, diagramas, mapas, etc).

5. Infraestructura: Hardware y sistema operativo, base de datos, redes informáticas, copias de seguridad.

### 3.3. Contribución de la aplicación informática *climatol*

Esta aplicación, programada en R y cuya versión 1 fue presentada en el IV congreso de la AEC (Guíjarro, 2004), ha ido evolucionando a lo largo de estos 20 años, de modo que en su versión 4 (Guíjarro, 2024a y 2024b) contiene funciones para facilitar varias de las tareas requeridas o recomendadas para la gestión de datos climáticos, a saber:

1. Nuevos controles de calidad iniciales permiten descartar valores claramente anómalos y series de valores repetidos que perjudicarían el proceso posterior de los datos (figura 4).

2. Homogeneización, relleno de lagunas (figura 5) y detección de datos espacialmente anómalos. (El relleno de datos ausentes se puede proyectar también hacia el futuro usando como referencia series de modelos climáticos).

3. Con las series homogenizadas y llenadas permite el cálculo de percentiles extremos, útiles para incorporar a los SGDC umbrales de control de calidad individualizados para cada observatorio y mes del año.

4. A los dos productos gráficos disponibles en las versiones anteriores (rosa de los vientos y climograma de Walther y Lieth) se han añadido curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia de la precipitación, tendencias móviles de períodos de diferente longitud, isopletas horas-meses y meteogramas (figura 6).

Al tratarse de una aplicación de código abierto, estas funciones se pueden incorporar a los SGDC que mantengan esa condición.

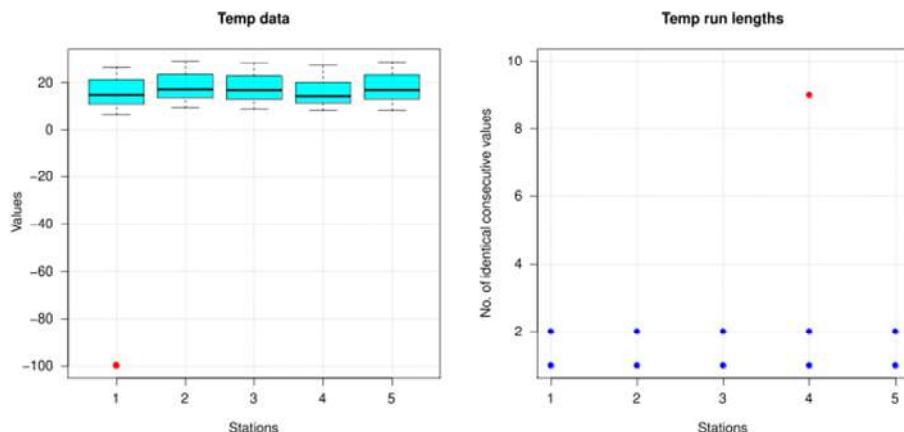


Fig. 4: Controles de calidad iniciales de *climatol 4.x*. Los datos claramente anómalos se eliminan automáticamente. Fuente: Guíjarro (2024b).

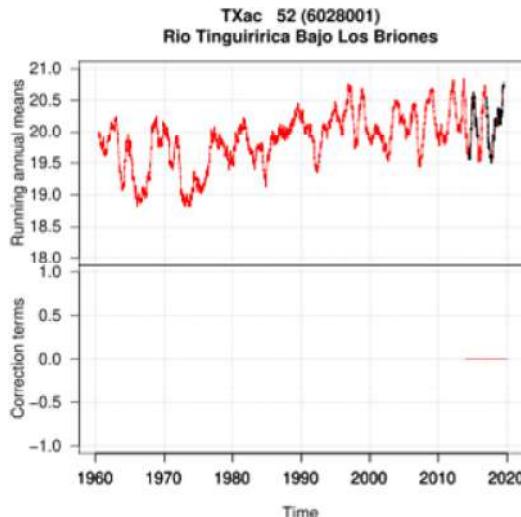


Fig. 5: Serie de temperatura máxima diaria rellenada desde 2013 hacia atrás.

Fuente: Producción propia generada en un taller de servicios climáticos celebrado en Santiago de Chile colaborando con la Universidad de Tarragona.

#### 4. CONCLUSIÓN

El apoyo a los SMHN menos desarrollados sigue siendo necesario, no solo para mejorar su funcionalidad a nivel nacional, sino también para aumentar el conocimiento del clima y su variabilidad a nivel global, básicos para la provisión de servicios climáticos.

#### REFERENCIAS

- Carreras, P. (2009). Sèrie de pluja de Maó del 1864 al 1932 gràcies a Joaquim Carreras i Maurici Hernández. *Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, 2:70-78, DOI: 10.2436/20.2006.01.93
- Guijarro, J.A. (2004). Climatol: Software libre para la depuración y homogeneización de datos climatológicos. En García-Codron et al. (Eds.), *El clima, entre el Mar y la Montaña*, Asociación Española de Climatología, A-4:493-502.
- Guijarro, J.A. (2024a). Climatol: Climate Tools (Series Homogenization and Derived Products). Recuperado de <https://CRAN.R-project.org/package=climatol>
- Guijarro, J.A. (2024b). Guía de uso del paquete de R climatol (versión 4.1.1). <https://www.climatol.eu/climatol4.1.1-es.pdf> (recuperado el 15 de octubre de 2024).
- Guijarro, J.A., Jansà, A., Mora, M. y González, V.M. (2017). Data Rescue of two centennial Spanish series (Mahon and Oviedo). 11th EUMETNET Data Management Workshop (Zagreb, 18-20 de octubre).
- WMO (2014). Climate Data Management System Specifications. WMO-No. 1131, 166 pp, ISBN 978-92-63-11131-9
- WMO (2016). Directrices sobre mejores prácticas para el rescate de datos climáticos. WMO-No. 1182, 36 pp, ISBN 978-92-63-31182-5

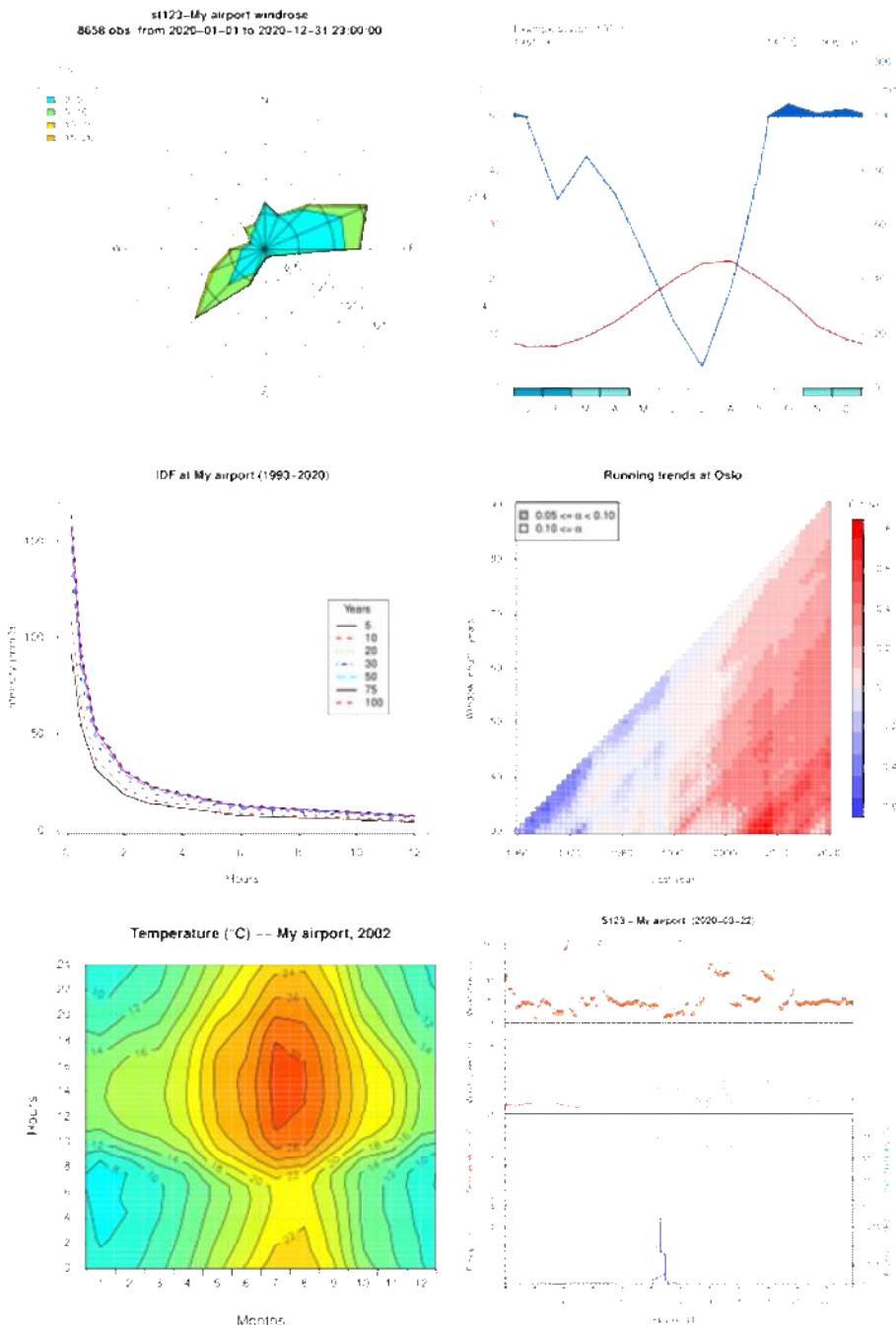


Fig. 6: Productos gráficos de climatol 4.x. Fuente: Guijarro (2024b).