

**Rescate de datos de fenómenos atmosféricos para la gestión de ecosistemas frágiles en la Provincia de Guantánamo**  
**Rescuing atmospheric phenomenon data for the management of fragile ecosystems in Guantánamo Province**

**Autores:**

MSc. Yurielky Duran - Díaz, <http://orcid.org/0000-0002-2170-3069>

Dr.C. Arisleidys Peña - de la Cruz, <http://orcid.org/0000-0003-3934-5577>

MSc Loexis Rodríguez - Montoya, <http://orcid.org/0000-0001-9984-9247>

Ing: Rodelkys Hernández - Turcás, <http://orcid.org/0000-0001-7592-613X>

Tec.M. Somalis Cordova - Cobas, <http://orcid.org/0009-0005-3480-727X>

**Filiación Institucional:** Centro Meteorológico Provincial Guantánamo, Cuba.

**Email:** [yurielky.duran@gtm.insmet.cu](mailto:yurielky.duran@gtm.insmet.cu), [aris.delacruz@gtm.insmet.cu](mailto:aris.delacruz@gtm.insmet.cu),  
[loexis.rodriguez@gtm.insmet.cu](mailto:loexis.rodriguez@gtm.insmet.cu), [rodelkys.hernandez@gtm.insmet.cu](mailto:rodelkys.hernandez@gtm.insmet.cu)

**Fecha de recibido:** 14 de enero de 2026

**Fecha de aprobado:** 16 de marzo de 2026

**Resumen**

Este estudio abordó la falta de una base de datos digitalizada y homogénea de fenómenos atmosféricos como línea base para estudios de variabilidad y cambio climático. Se adaptó e implementó una metodología integral para el rescate y homogenización de registros en la red de estaciones meteorológicas de Guantánamo, Cuba. Se combinó digitalización manual con rescate de metadatos y almacenamiento. Se obtuvo una base de datos depurada y homogénea, fundamental para caracterización climática local, Sistemas de Información Geográfica y análisis estadísticos avanzados. El trabajo sienta bases científicas para la gestión adaptativa y resiliencia climática de ecosistemas frágiles.

**Palabras clave:** Gestión ambiental; Ecosistemas frágiles; Cambio climático; Rescate de datos

**Abstract**

This study addressed the lack of a digitized and homogeneous database of atmospheric phenomena as a baseline for climate variability and change studies. A comprehensive methodology was adapted and implemented for the recovery and homogenization of records from the meteorological station network in Guantánamo, Cuba. Manual digitization was combined with metadata recovery and storage. A refined and homogeneous database was obtained, essential for local climate characterization, Geographic Information Systems, and advanced statistical analysis. This work lays the scientific foundation for adaptive management and climate resilience of fragile ecosystems.

**Keywords:** Environmental management; Fragile ecosystems; Climate change; Data rescue

## **Introducción**

Las series de datos climáticos de larga duración y alta resolución espacial son fundamentales para caracterizar la variabilidad del clima y el cambio climático, validar modelos, así como entender y estimar incidencias y posibles impactos de los fenómenos meteorológicos severos(OMM, 2019). Esta necesidad es particularmente sensible en el estudio de ecosistemas frágiles, cuyos umbrales de resiliencia y dinámicas internas están determinados por condiciones climáticas específicas. No obstante, una problemática recurrente a nivel global, que se acentúa a escala local, es la discordancia entre la extensión temporal y la densidad espacial de estos datos: por ejemplo, las series prolongadas suelen caracterizarse por una escasa resolución espacial, y viceversa (Peña-de la Cruz et al., 2021)

Para mitigar esta limitación, iniciativas internacionales han dirigido esfuerzos al rescate de datos climáticos, proceso definido como la recuperación y digitalización de registros históricos existentes en formatos analógicos (Ashcroft et al., 2018; Guijarro Pastor et al., 2018). El valor de este rescate trasciende la climatología teórica, se convierte en una herramienta indispensable para la gestión ambiental adaptativa. Entre las muchas utilidades, permite establecer líneas base para evaluar la degradación atribuir causas a los cambios observados en la biodiversidad y generar proyecciones locales confiables que son las bases científicas para diseñar estrategias de conservación efectivas frente al cambio climático.

La provincia de Guantánamo alberga ecosistemas frágiles de singular valor, cuya gestión y conservación efectiva dependen críticamente de una comprensión precisa de la variabilidad climática local y una adecuada proyección del clima futuro. Sin embargo, esta capacidad se ve obstaculizada por la falta de una base de datos climática digitalizada y homogénea de fenómenos atmosféricos: tormentas eléctricas, lluvias, bruma y chubascos para un período de referencia. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) indica normales climatológicas como periodos adecuados para el estudio de la variabilidad del clima y el cambio climático. Las normales climatológicas estándares se calculan por períodos de 30 años, al principio de cada década, a partir del año que termina en el dígito 1: 1981 a 2010, 1991 a 2020, etc.(OMM, 2023). Esta situación crea una paradoja operativa donde, si bien los datos de fenómenos meteorológicos existen en los archivos físicos de las estaciones meteorológicas, su utilidad para análisis científicos avanzados y la modelización ambiental es limitada, constituyendo así una brecha para la toma de decisiones basada en evidencias

Este trabajo tuvo como **objetivo** adaptar e implementar una metodología integral para el rescate y homogenización de los registros de fenómenos atmosféricos en la red de estaciones meteorológicas de la provincia Guantánamo. El producto final de esta investigación es una base de datos climática de fenómenos atmosféricos para la más oriental de la provincia de Cuba.

## **Materiales y métodos**

El estudio se realizó en la red de estaciones meteorológicas del Sistema Meteorológico en Guantánamo, Cuba. Según registros de codificación y nombre de la OMM, las estaciones: 78368, Guantánamo; 78369, Punta de Maisí; 78356, Jamal-Baracoa; 78334, Palenque de Yateras y 78319, Valle de Caujerí (Figura 1).

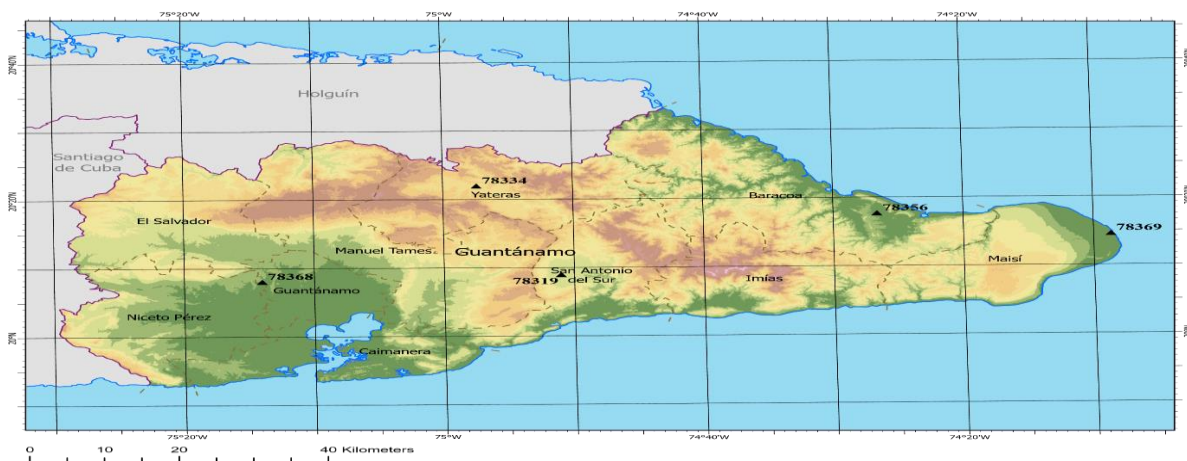


Figura 1. Ubicación de la red de estaciones meteorológica de la provincia Guantánamo

Las fuentes primarias de datos fueron:

- Fuentes analógicas: Los Libros de Asentamiento de Observaciones Meteorológicas y los modelos de fenómenos atmosféricos custodiados en las estaciones pertenecientes al Centro Meteorológico Provincial (CMP) Guantánamo, Instituto de Meteorología (INSMET).
- Fuentes digitales: Los archivos del Sistema de Asentamiento y Revisión de Observaciones Meteorológicas (SAROM) de la red de estaciones, utilizados para contrastar y complementar la información rescatada.

En la adaptación de una metodología integral, el rescate y digitalización de datos se desarrolló por el método de digitalización manual "Key as You See" (teclar tal como se ve), se replica exactamente la información original sin interpretar, corregir o completar, según directrices de la OMM y antecedentes (Brönnimann et al., 2006; OMM, 2023). Análogamente,

se implementó un protocolo estructurado de rescate de metadatos adaptado de Tzorin Herrera y colectivo de autores (2023) para documentar la historia instrumental de cada estación. Este protocolo garantizó la trazabilidad y correcta interpretación de los datos. El software Microsoft Excel se usó como herramienta de gestión de datos.

## **Resultados y discusión**

Como resultado de la adaptación de una metodología integral se obtuvieron tres procesos; uno de ellos para el rescate y digitalización de datos, otro para el estructurado de rescate de metadatos, y un tercero, para el almacenamiento y homogenización (Figura 2).

El proceso de rescate y digitalización de datos implica:

- Transcripción fiel: un operador meteorológico transcribe los valores directamente de la fuente física a una plantilla estandarizada en un software gestor de datos, Microsoft Excel con la estructura de datos: Año, Mes, Día, Hora, Valor del Fenómeno, Códigos Especiales (ej., "---" para dato faltante, "///" para no observado), y una columna para Notas.
- Control de Calidad Intra-digitalización (Autoverificación): el operador Revisor verifica mensualmente los datos transcritos contra la fuente original para identificar y corregir omisiones o repeticiones.
- Control de Calidad Final. Homogenización.

En el estructurado de rescate de metadatos se incluye:

- Trabajo de Gabinete: revisión de documentos históricos, como fichas técnicas, inventarios, actas de instalación, informes.
- Trabajo de Campo: entrevista oral con los observadores responsables de las estaciones para recoger información no documentada. Recolección física de documentos adicionales en el emplazamiento de la estación.
- Consolidación: integración de toda la información en un Informe Técnico Final para cada estación.

En el proceso de almacenamiento y homogenización, los datos digitalizados se organizaron en una base de datos relacional, utilizando Excel como herramienta. Cada archivo se nombró según codificación de la OMM que incluye el nombre de la estación (ej: 78368\_Guantánamo). La homogenización de las series se basó en la identificación de un período común entre estaciones para análisis comparativos. El flujo de la metodología

integral de rescate y homogenización de los registros de fenómenos atmosféricos para la red de estaciones meteorológicas de Guantánamo se muestran en la figura 2.

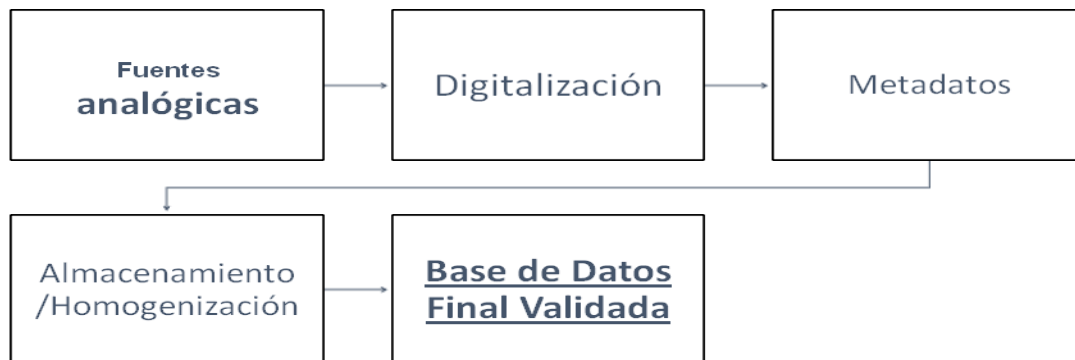


Figura 2. Esquema de la metodología integral de rescate y homogenización de los registros de fenómenos atmosféricos para la red de estaciones meteorológicas, Guantánamo

El número de registros/modelos rescatados fue de 1740, que abarcan los fenómenos de tormentas eléctricas, lluvias, bruma y chubascos. La figura. 3 describe la distribución por estaciones. Las diferencias en el número por estaciones están generalmente asociadas a los años de servicio de las mismas. Otros factores que influyeron en la disponibilidad de las fuentes físicas, en mucho menor grado, fueron las pérdidas y el deterioro por factores ambientales (Figura. 3).

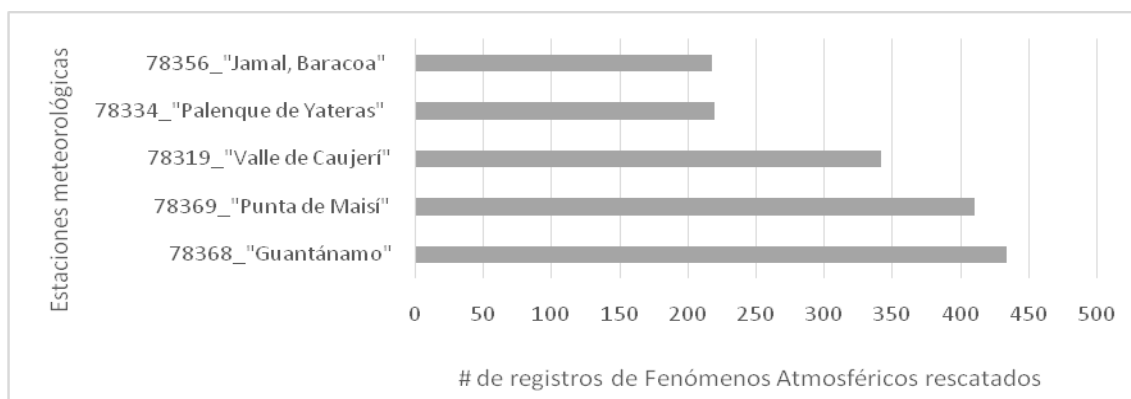


Figura 3. Distribución por estaciones meteorológicas del rescate y homogenización de los registros de fenómenos atmosféricos, Guantánamo

De las cinco estaciones en estudio, solo tres, las 78368, 78369 y 78319: Guantánamo, Punta de Maisí y Valle de Caujerí respectivamente, presentan una base de datos de fenómenos atmosféricos completa y consistente para la normal climática 1991-2020. Las estaciones de

Palenque de Yateras y Jamal-Baracoa, a pesar de aún no contar con registros considerados como “normales climáticas” (30 años) sus bases de datos son relevantes y completan el análisis espacial de los ecosistemas de la provincia. En todos los casos se homogenizó la base de datos climática de fenómenos atmosféricos de la provincia Guantánamo para la serie temporal 1996-2024.

El proceso confirma la afirmación de Brönnimann et al., (2006) sobre la intensiva demanda de tiempo y recursos humanos en la digitalización manual. La implementación de un protocolo estricto de "doble control", durante y después de la digitalización, se confirma como la estrategia más efectiva para garantizar la calidad de los datos sin incurrir en costos tecnológicos elevados, siendo un equilibrio óptimo para contextos con recursos limitados.

El producto final de esta investigación es una base de datos espacialmente explícita, depurada y homogénea que, para las estaciones 78368, 78369 y 78314, se ajusta a la normal climática 1991-2020. Se homogenizó la base de datos climática de fenómenos atmosféricos de la red de estaciones meteorológicas de la provincia Guantánamo, la serie temporal 1996-2024, como Bien Público básico para las investigaciones relacionadas con las ciencias climáticas. Así mismo, esta base de datos climática de fenómenos atmosféricos de la provincia está diseñada como insumo fundamental para la caracterización climática local, la implementación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la aplicación de análisis estadísticos avanzados. De esta manera, este trabajo no solo rescata un patrimonio de datos valioso, sino que sienta las bases científicas para la gestión adaptativa y la resiliencia climática de los ecosistemas frágiles de Guantánamo.

## **Conclusiones**

Se ha diseñado e implementado una metodología integral robusta para el rescate, digitalización y control de calidad de los registros analógicos de fenómenos atmosféricos, adaptable al contexto operativo de la red de estaciones meteorológicas de la provincia de Guantánamo.

Se ha generado una base de datos de alta calidad espacial y temporal, depurada y homogénea que, para las estaciones 78368, 78369 y 78314, se ajusta a la normal climática 1991-2020. Se homogenizó la base de datos climática de fenómenos atmosféricos de la red de estaciones meteorológicas de la provincia Guantánamo, serie temporal 1996-

2024, como base científica para la gestión adaptativa y la resiliencia climática de los ecosistemas frágiles de Guantánamo.

### **Recomendaciones**

Los principales desafíos encontrados son la disponibilidad discontinua de los registros físicos y la significativa inversión en tiempo y capital humano requerida para la digitalización manual; por lo que se recomienda explorar en el futuro, técnicas de digitalización semi-automática, como escaneo y Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR), para agilizar el proceso.

### **Bibliografía.**

- Ashcroft, L., Coll, J. R., Gilabert, A., Domonkos, P., Brunet, M., Aguilar, E., Castella, M., Sigro, J., Harris, I., Uden, P., & Jones, P. (2018). A rescued dataset of sub-daily meteorological observations for Europe and the southern Mediterranean region, 1877–2012. *Earth System Science Data*, 10(3), 1613–1635. <https://doi.org/10.5194/essd-10-1613-2018>
- Brönnimann, S., Annis, J., Dann, W., Ewen, T., Grant, A. N., Griesser, T., Krähenmann, S., Mohr, C., Scherer, M., & Vogler, C. (2006). A guide for digitising manuscript climate data. *Climate of the Past*, 2(2), 137–144. <https://doi.org/10.5194/cp-2-137-2006>
- Guijarro Pastor, J. A., Pérez Zanón, N., Aguilar, E., Sigró, J., Caloiero, T., Carvalho, S., Coscarelli, R., Curley, M., Engström, E., Lledó, Ll., Gamón, J. R., Stepanek, P., Valente, M. A., Van der Schrier, G., & Zahradnicek, P. (2018). *Evaluación de métodos de homogeneización de series climáticas diarias en el marco del proyecto INDECIS*. Asociación Española de Climatología. <https://repositorio.aemet.es/handle/20.500.11765/9912>
- OMM. (2019, Edición). *Reglamento Técnico Documentos fundamentales N°2, Vol. I – Normas meteorológicas de carácter general y prácticas recomendadas*. OMM # 49.
- OMM. (2023). *Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos (OMM-No 8)*. Organización Meteorológica Mundial (OMM).
- Peña-de la Cruz, A., Delgado-Téllez, R., Guevara-Velasco, V., Rodríguez-Montoya, L., & Savón-Vaciano, Y. (2021). Estudios de clima de montaña en Cuba, topoclimas. *Revista Cubana de Meteorología*, 27(3). <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/572/1127>