

Evolución de los sistemas de monitoreo de sequía agrícola en los valles de Guantánamo y Caujerí, Cuba

Evolution of agricultural drought systems in the valleys of Guantánamo and Caujerí, Cuba

Autores:

Loexis Rodríguez-Montoya¹, <https://orcid.org/0000-0001-9984-9247>

Nathali Ramírez-Negrín¹, <https://orcid.org/0009-0003-0734-9192>

Yusmira Savón-Vaciano¹, <https://orcid.org/0000-0002-9640-8478>

Taimy Negrín-Rodríguez², <https://orcid.org/0000-0002-0914-9050>

Filiación institucional: ¹Centro provincial de Meteorología Guantánamo. ²Centro de información y Gestión Tecnológica (CIGET), Guantánamo, Cuba.

E-mail: loexissrm@gmail.com, natalyramireznegrin@gmail.com, yusmira.savon@gtm.insmet.cu, lotoleal82@gmail.com

Fecha de recibido: 7 de enero de 2026

Fecha de aprobado: 11 de marzo de 2026

Resumen

Los valles de Guantánamo y Caujerí constituyen zonas agrícolas estratégicas en la región más seca de Cuba, caracterizada por alta vulnerabilidad a la sequía. Este trabajo presenta una búsqueda y sistematización de antecedentes sobre los sistemas de monitoreo de sequía agrícola desarrollados en estos territorios. Se identifican tres etapas principales: observación empírica y agrometeorología de campo (previo a 1990), institucionalización y primeros sistemas integrados (1990-2000), y modernización con teledetección y sistemas de monitoreo geográfico (2000 en adelante). Los resultados muestran avances en la integración de datos meteorológicos, hidrológicos y agrícolas, así como en el uso de índices de vegetación y humedad derivados de imágenes satelitales. Sin embargo, persisten limitaciones relacionadas con la resolución espacial de los datos, la escasez de estaciones automáticas y la integración operativa entre instituciones. Es evidente que la resiliencia agrícola aquí, depende no solo de la tecnología, sino también de la gobernanza colaborativa de la información.

Palabras clave: Sistema de monitoreo; Sequía agrícola; Datos meteorológicos.

Abstract

The valleys of Guantánamo and Caujerí are strategic agricultural areas in Cuba's driest region, highly vulnerable to drought. This study presents a search and systematization of background information on agricultural drought information systems developed in these territories. Three main stages were identified: empirical observation and field agrometeorology (before 1990), institutionalization and early integrated systems (1990-2000), and modernization with remote sensing and geographic information systems (2000 onwards). However, limitations remain regarding spatial resolution, scarcity of automatic stations, and operational integration among institutions. Strengthening these systems requires greater farmer participation, incorporation of new technologies (high-resolution sensors, machine learning), and development of accessible digital platforms. The search highlights that agricultural resilience in these valleys depends not only on technology but also on collaborative information governance.

Keywords: Information systems; Agricultural drought; Meteorological data.

5

Introducción

La gestión de la sequía no puede limitarse a la reacción ante las pérdidas, sino que exige sistemas de monitoreo capaces de anticipar, monitorear y orientar decisiones. Sin embargo, la adaptación de estas herramientas a escalas locales, con sus particularidades socioeconómicas y ambientales, constituye un desafío pendiente (FAO, 2016). A nivel internacional, organismos como la FAO y la Organización Meteorológica Mundial han promovido el desarrollo de sistemas de alerta temprana y el uso de índices multivariados para reducir riesgos.

La sequía agrícola es uno de los fenómenos climáticos más devastadores para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural, especialmente en regiones semiáridas como la provincia de Guantánamo. Los valles de Guantánamo y Caujerí, considerados polos productivos estratégicos, enfrentan una vulnerabilidad con respecto a la norma debido a la baja y errática precipitación anual, la alta evapotranspiración (ETP), así como la dependencia de sistemas de riego que no siempre garantizan estabilidad. En este escenario, disponer de información confiable y oportuna se convierte en un recurso tan vital como el agua misma

En Cuba, los avances en la articulación y tecnológicos han permitido transitar desde observaciones empíricas hacia sistemas más integrados que combinan datos meteorológicos, hidrológicos y agrícolas con herramientas de teledetección y SIG (García, Fernández, 2020). No obstante, persisten brechas significativas: la escasez de estaciones de monitoreo, la limitada resolución espacial de la vigilancia, y la fragmentación de la información entre instituciones.

Este trabajo se fundamenta en una búsqueda y sistematización de antecedentes que permite comprender cómo han evolucionado los sistemas de monitoreo de sequía agrícola en los valles de Guantánamo y Caujerí. Esta evolución es clave para identificar fortalezas, limitaciones y oportunidades de mejora.

Materiales y métodos

El presente trabajo se basa en una búsqueda documental y sistematización de antecedentes sobre los sistemas de monitoreo de sequía agrícola en los valles de Guantánamo y Caujerí. La elección de este enfoque responde a la necesidad de comprender cómo se han configurado históricamente estos sistemas en un contexto semiárido. Se utilizaron como

fuentes de información la búsqueda en apoyo de documentos institucionales y académicos que reflejan la evolución de los sistemas:

- Instituto de Meteorología (INSMET): datos de estaciones meteorológicas, pronósticos y boletines agrometeorológicos.
- Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH): reportes sobre niveles de embalses, acuíferos y caudales de ríos.
- Ministerio de la Agricultura (MINAG): evaluaciones de daños en cultivos y necesidades de riego.
- Universidad de Guantánamo e Instituto de Geografía Tropical (IGT): proyectos de investigación con imágenes satelitales (NOAA/AVHRR, MODIS, Landsat) y sistemas de información geográfica.
- Documentos locales y reportes especiales: sobre eventos de sequía intensa en los valles.

Durante esta investigación se realizó un procedimiento de análisis en tres pasos (Gómez-luna et al., 2014):

- Recolección cronológica: se identificaron las etapas de desarrollo de los sistemas (observación empírica, institucionalización, modernización tecnológica).
- Clasificación temática: se agruparon los antecedentes en subsistemas (meteorológico, hidrológico, agronómico y socioeconómico), lo que permitió visualizar la interacción entre ellos.
- Sistematización crítica: se evaluaron las limitaciones señaladas en los documentos (resolución espacial de datos, escasez de estaciones automáticas, integración institucional) y las oportunidades de mejora (uso de sensores Sentinel-2, ciencia ciudadana, plataformas digitales).

La búsqueda documental se considera el método más adecuado porque los sistemas de monitoreo de sequía en Cuba han evolucionado dentro de un marco institucional y tecnológico específico, y gran parte de ese conocimiento está disperso en informes y proyectos. La sistematización permite dar coherencia a la información fragmentada, reconstruyendo la trayectoria de los sistemas y ofreciendo una base sólida para futuras investigaciones y decisiones de gestión agrícola.

Resultados y discusión

La búsqueda documental y la sistematización de permitieron reconstruir la evolución de los sistemas de monitoreo de sequía agrícola en los valles de Guantánamo y Caujerí, mostrando cómo se ha transitado desde prácticas empíricas hacia enfoques tecnológicos más integrados. Los resultados se organizan en etapas históricas, componentes operativos y limitaciones críticas, lo que ofrece una visión amplia de los avances y desafíos (Gutiérrez, Crespo, 1990).

La evolución en los sistemas de monitoreo de la sequía agrícola se resume en tres etapas (Figura 1).

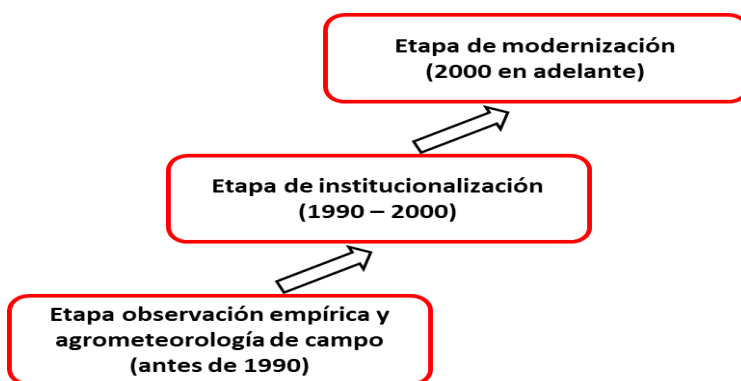


Figura 1. Etapas de la evolución en los sistemas de monitoreo de la sequía agrícola en los valles de Guantánamo y Caujerí.

La etapa inicial se basó en la observación empírica y agrometeorología de campo (antes de 1990). En esta fase, la información se obtenía principalmente de estaciones meteorológicas convencionales operadas por el Instituto de Meteorología (INSMET) y de observaciones directas realizadas por técnicos agrícolas en empresas estatales.

Las principales fortalezas se centraron en el aporte de datos básicos de precipitación, temperatura y evaporación, además de evaluaciones visuales del estado de los cultivos y la humedad del suelo. A pesar de esto la información era fragmentada, poco sistemática y difícil de integrar en procesos de toma de decisiones, lo cual constituyó una de sus principales limitaciones. (Gutiérrez, Crespo, 1990)

Este resultado evidencia que la gestión inicial dependía más de la experiencia acumulada y del conocimiento práctico de los productores que de sistemas científicos estructurados.

En la etapa de institucionalización (1990-2000) se desarrollaron los primeros sistemas integrados. La creación del Grupo Nacional de la Sequía en el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) marcó un punto de inflexión que permitió el avance en el monitoreo sistemático de los niveles de agua en presas, acuíferos y caudales de ríos, lo que permitió vincular la sequía meteorológica con la disponibilidad hídrica. (INRH), 2020). Se introdujeron índices como el de Palmer (aunque su adaptación a escala local fue limitada

El resultado más relevante de esta etapa es la formalización de la gestión del riesgo, con un enfoque interinstitucional que reconocía la sequía como un fenómeno complejo que requería coordinación entre meteorología, hidráulica y agricultura.

Finalmente, en la etapa de modernización fue marcada por la introducción de investigaciones apoyadas por métodos de teledetección y sistemas de información geográfica (2000 en adelante). Con el avance de la tecnología, se incorporaron imágenes satelitales (NOAA/AVHRR, MODIS, Landsat) y se calcularon índices de vegetación y humedad (NDVI, NDWI, VHI, ASI).

Estos indicadores permitieron vigilar la salud de la vegetación y detectar síntomas de estrés hídrico con mayor precisión. Se diseñaron prototipos de sistemas de alerta temprana (SAT) que integraban pronósticos meteorológicos, estado de embalses y respuesta de la vegetación (Rivera, Tirzo ,Revista Cubana, 2020 - scielo.sld.cu).

Este resultado muestra cómo la tecnología permitió superar parcialmente las limitaciones de observación en tierra, aunque persisten brechas de resolución espacial y capacidad de procesamiento local.

Integración actual de subsistemas

La búsqueda revela que el sistema actual se organiza en cuatro subsistemas interdependientes (Figura 2)



Figura 2. Componentes del sistema de monitoreo de la sequía agrícola

El subsistema Meteorológico-climático (INSMET) se encarga de los pronósticos estacionales, mapas de precipitación acumulada y cálculo de índices como el SPI. Además, se encuentra el subsistema Hidrológico-hidrogeológico (INRH que nos brinda información acerca del monitoreo de embalses, acuíferos y calidad del agua. También está el subsistema Agronómico-vegetal (MINAG y centros de investigación): observaciones de campo y teledetección para evaluar el estado de los cultivos y el subsistema Socioeconómico (Gobierno provincial y MINAG): inventario de recursos, evaluación de impactos y pérdidas en cultivos y ganado. Todos estrechamente relacionados con el sistema de información de sequía agrícola. El resultado más significativo es que, aunque existe una red multisectorial, la integración operativa aún presenta dificultades, lo que limita la agilidad en la respuesta.

Limitaciones críticas identificadas

La búsqueda documental permitió sistematizar las principales limitaciones en el sistema de monitoreo de la sequía agrícola, entre las que se encuentran:

- Resolución espacial insuficiente: los sensores gratuitos (MODIS, 250m-1km) no captan la heterogeneidad de parcelas pequeñas.
- Escasez de estaciones automáticas: la baja densidad de estaciones meteorológicas e hidrométricas afecta la validación de datos satelitales.
- Conectividad y capacidad técnica: limitaciones en el acceso a internet y en el dominio de software especializado en estructuras municipales y cooperativas.
- Integración imperfecta: persisten “silos” institucionales donde cada entidad gestiona sus datos de forma aislada.
- Enfoque reactivo: el sistema se activa plenamente cuando la sequía ya es evidente, en lugar de operar de manera preventiva y continua.

Caso ilustrativo Valle Caujerí 2020-2021

La tabla 1 muestra el comportamiento de variables que se relacionan con la sequía agrícola. Con base en los datos proporcionados, podemos observar que la región analizada presenta características climáticas variadas a lo largo del año, con una clasificación general como semiárida con un índice de aridez anual de 0.36 (Thornthwaite, 1948). Sin embargo, hay meses con condiciones más extremas, como hiperáridos (enero, febrero, abril) y otros con mayor humedad, como húmedo (octubre) o sub-húmedo seco (mayo, junio, agosto). Esto

indica una alta variabilidad en la disponibilidad de agua, lo que puede afectar significativamente la agricultura.

La sequía agrícola se relaciona con la falta de agua suficiente para los cultivos, lo cual depende no solo de la lluvia, sino también de la evapotranspiración potencial (ETP) y la temperatura (Batista, Dámaso, 2016). En este caso, la ETP es alta durante todo el año (promedio anual de 1429.4 mm), lo que sugiere una demanda constante de agua por parte de las plantas y el suelo. La combinación de baja precipitación y alta ETP en ciertos meses (como enero, febrero y abril) agrava el riesgo de sequía agrícola.

Tabla 1. Comportamiento de algunas variables 2020

Meses	Tm. Media	Hr. Media	lluvia	%	ETP	Índ. de aridez (Thornthwaite, 1948)	Categoría
ENE	23.0	73	1.7	6.1	112.0	0.02	Híper Árido
FEB	23.9	70	1.3	4.8	129.1	0.01	Híper Árido
MAR	24.3	69	47.0	106.7	135.6	0.35	Semiárido
ABR	25.1	68	3.2	4.1	144.6	0.02	Híper Árido
MAY	25.9	75	69.9	57.5	116.6	0.60	Sub-húmedo seco
JUN	26.4	78	52.9	58.2	104.6	0.51	Sub-húmedo seco
JUL	27.4	73	48.2	75.3	133.4	0.36	Semiárido
AGO	27.4	73	82.8	84.3	133.4	0.62	Sub-húmedo seco
SEP	26.7	75	28.4	22.4	120.3	0.24	Semiárido
OCT	25.8	81	121.4	66.1	88.3	1.38	Húmedo
NOV	24.7	79	35.5	38.9	93.4	0.38	Semiárido
DIC	24.3	73	25.8	66.4	118.1	0.22	Semiárido
AÑO	25.4	74	518.1	49.5	1429.4	0.36	Semiárido

La temperatura media anual es de **25.4 °C**, con valores más altos en los meses de verano (julio y agosto con 27.4 °C) (Fig. 3). Las temperaturas elevadas aumentan la evaporación y la transpiración, lo que incrementa la demanda de agua. Esto es especialmente crítico en los meses con baja precipitación, ya que la combinación de altas temperaturas y poca lluvia puede generar condiciones de sequía extrema.

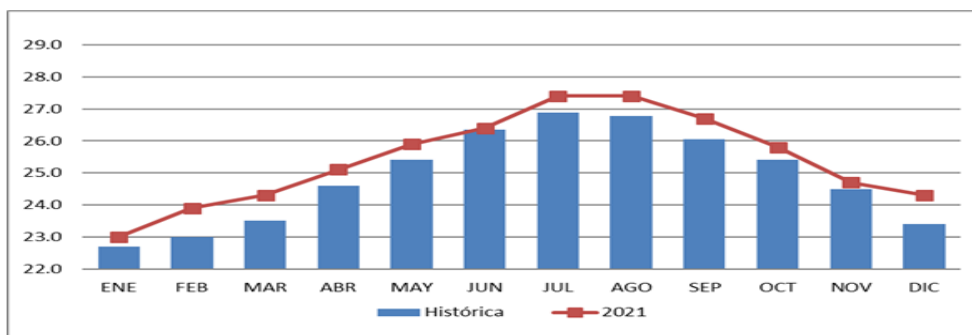


Figura 3. Comportamiento de la temperatura media

En un análisis de las precipitaciones en el periodo (Fig. 4), se aprecia que la precipitación anual es de **518.1 mm**, lo cual es relativamente baja para esta región agrícola, mientras que la distribución de la lluvia es irregular evidenciado con meses con muy bajos acumulados de precipitación entre los que se encuentran, enero (1.7 mm), febrero (1.3 mm) y abril (3.2 mm); meses con precipitación moderada (marzo (47.0 mm), julio (48.2 mm) y noviembre (35.5 mm) y meses con alta precipitación: mayo (69.9 mm), junio (52.9 mm), agosto (82.8 mm) y octubre (121.4 mm). Esta irregularidad puede dificultar la planificación agrícola, especialmente en los meses secos, donde la falta de agua puede afectar el crecimiento de los cultivos.

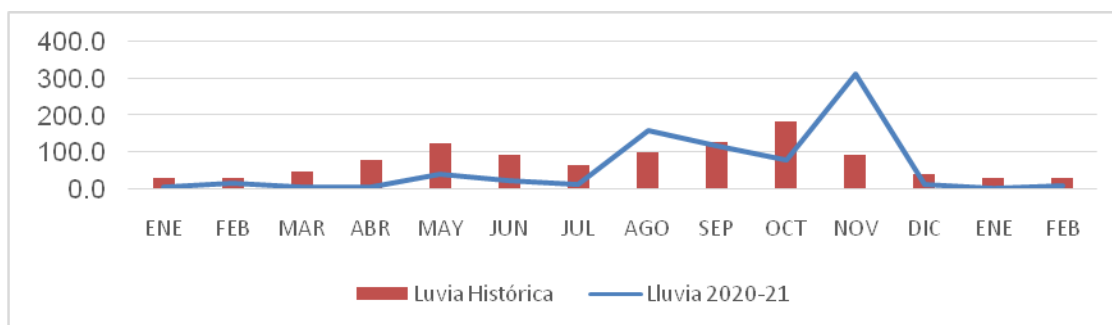


Figura 4 Comportamiento de la lluvia(mm), en Valle de Caujerí. Serie enero 2020-febrero 2021.

La relación entre la lluvia y la ETP (Fig.5), es clave para entender el balance hídrico. El índice de aridez (lluvia/ETP) muestra cómo la disponibilidad de agua varía mensualmente con meses con déficit hídrico severo: enero (0.02), febrero (0.01), abril (0.02) y meses con **balance hídrico más favorable**: octubre (1.38), mayo (0.60), agosto (0.62).

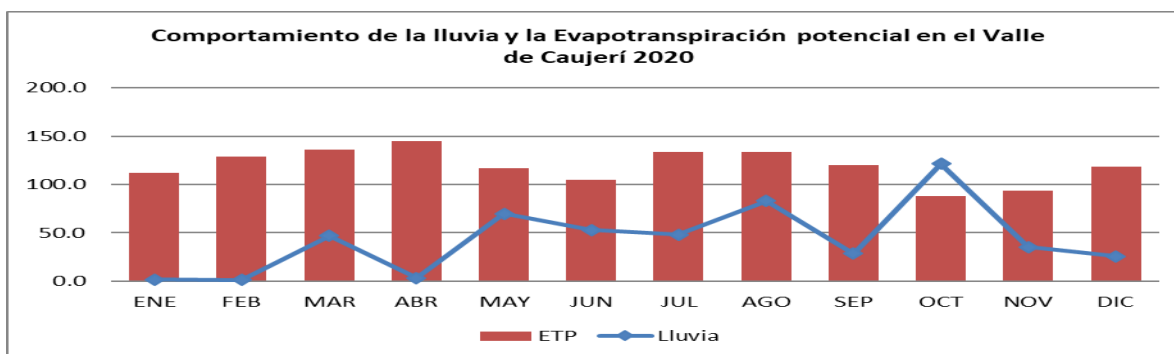


Figura 5. Comportamiento de la lluvia y la evapotranspiración

En los meses con un índice de aridez bajo (como enero y febrero), la ETP supera ampliamente a la lluvia, lo que indica una **pérdida neta de agua** y un alto riesgo de sequía agrícola.

La búsqueda y sistematización de monitoreo sequía agrícola en los valles de Guantánamo y Caujerí se evidencia un esfuerzo sostenido por dotar a la región de mecanismos más precisos y confiables para enfrentar la vulnerabilidad climática. La resiliencia agrícola en esta región semiárida dependerá de la combinación entre innovación tecnológica, capacitación continua de técnicos y productores, y la vinculación de la información con instrumentos de política pública como los seguros agrícolas

Conclusiones

El análisis realizado evidencia que la región estudiada presenta una dinámica climática marcada por una alta variabilidad en la disponibilidad de agua, con una clasificación general como semiárida. Se evidenció las etapas de la evolución en los sistemas de monitoreo de la sequía agrícola en los valles de Guantánamo y Caujerí. Se identificaron las principales limitaciones en el sistema de monitoreo de la sequía agrícola que se encuentran la resolución espacial insuficiente, la escasez de estaciones automática, la baja densidad de estaciones meteorológicas e hidrométricas que afecta la validación de datos satelitales, la conectividad y capacidad técnica la integración imperfecta y el enfoque reactivo.

Bibliografía

- Ponvert-Delisle Batista, D. R. (2016). Algunas consideraciones sobre el comportamiento de la sequía agrícola en la agricultura de Cuba y el uso de imágenes por satélites en su evaluación. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 22–41. Recuperado a partir de <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1250>
- Comité Estatal de Estadísticas. (2023). *Indicadores de sequía agrícola en Cuba*. Ediciones INCA.
- FAO. (2016). *Agricultural Stress Index System (ASIS): Technical description*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fonseca-Rivera, M., & Alpizar-Tirzo, M. (2020). Estado de la sequía en Cuba. *Revista Cubana Met.* Recuperado de <https://scielo.sld.cu>
- García, M., & Fernández, L. (2020). Teledetección y sistemas de información geográfica (SIG) en el desarrollo agrícola cubano. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, *14*(2), 45–60. <https://doi.org/10.xxxx/xxxx>
- Granma. (2017, mayo 30). Cuba: Combating drought. *Granma*. <https://en.granma.cu/cuba/2017-05-30/cuba-combating-drought>
- Gutiérrez Hernández, J., & Crespo, [inicial del segundo autor]. (1990). Intensidad y persistencia en el SW de Guantánamo mediante los índices de ISA e IPS. *Revista* [título de la revista no especificado], *volumen* (número), páginas.
- Instituto de Meteorología (INSMET). (2019). *Boletines agrometeorológicos decadales*. INSMET.
- Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). (2020). *Informe sobre la gestión de la sequía en la cuenca Guantánamo-Guaso*. INRH.
- Prevention Web. (2021). *Cuba: Integrated drought management and early warning for food system resilience*. <https://www.preventionweb.net/resource/case-study/cuba-integrated-drought-management-and-early-warning-food-system-resilience>
- Thornthwaite, C. W. (1948). An approach towards a rational classification of climate. *Geographical Review*, *38*(1), 55–89. <https://doi.org/10.2307/210739>
- Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI). *Journal of Climate*, *23*(7), 1696–1718. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>