

R_SVsequia: Nuevo servicio climático automatizado para el monitoreo de la sequía meteorológica en Cuba



<https://cu-id.com/2377/v29n4e06>

R_SVsequia: A New automatic climate service for meteorological drought monitoring in Cuba

✉ Abel Centella-Artola*, ✉ Cecilia Fonseca-Rivera, ✉ Idelmis González-García

Instituto de Meteorología, C.P. 11700, Regla, La Habana, Cuba.

RESUMEN: En este trabajo se describe el desarrollo de *R_SVsequia*, un nuevo sistema automático para procesamiento de la lluvia y el monitoreo de la sequía en el INSMET. La aplicación se desarrolló utilizando RStudio IDE y el software R, y tiene la capacidad de realizar todas las tareas con un alto nivel de eficiencia y operatividad. La ejecución de *R_SVsequia* sólo depende de los datos pluviométricos del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y de un conjunto de parámetros que se pasan a través de un archivo de lista de nombres. El sistema produce muchos archivos de datos que se resumen en tablas, gráficos y mapas, con fines de seguimiento o pueden utilizarse para actividades de investigación. En esencia, *R_SVsequia* representa una innovación en el marco de servicios climáticos del INSMET, relacionados con el monitoreo de la sequía y añade eficiencia, versatilidad y confiabilidad en la ejecución de los procesos y sus resultados, respecto a sistemas anteriores.

Palabras clave: Sequía, Vigilancia del Clima, SPI, Sistema Automatizado.

ABSTRACT: In this work we describe the development of *R_SVsequia* a new automatic system for rainfall processing and drought monitoring at INSMET. The application was developed using RStudio IDE and the R software and has the ability to perform all the tasks with a high level of efficiency and operability. The execution of *R_SVsequia* only depends on rainfall data from the National Institute of Hydraulic Resources and of a set of parameters that can be passed through a name list file. The system produces many data files which are summarized as tables, graphs and maps for monitoring purposes or can be used for research activities. Several types of the system outputs are totally new and could increase the ability of climate experts to produce better analysis and reports. In essence, *R_SVsequia* represents a innovation to the climate service framework related with drought monitoring adding efficiency, versatility and reliability in the execution of processes and their results, compared to previous systems.

Key words: Drought, Climate Monitoring, SPI, Automated System.

INTRODUCCIÓN

Desde hace varias décadas el Instituto *R_SVsequia* de Meteorología (INSMET) de Cuba realiza el monitoreo de los procesos de sequía meteorológica que ocurren en el país. La actividad se sustenta en los resultados de las investigaciones sobre el fenómeno en Cuba (p.ej. Lapinel et al., 2006 y Lapinel y Cutié, 2014), empleando diferentes índices de sequía como los basados en los deciles (Gibbs, 1987) y el SPI (McKee et al., 1993), así como otros indicadores utilizados internacionalmente. En la implementación

operativa del servicio de monitoreo de la sequía en el INSMET, se crearon y utilizaron programas computacionales para facilitar los cálculos de los diversos indicadores y sintetizar la información en diferentes escalas espaciales (Lapinel et al., 2007 e INSMET, 2014). Sin embargo, esos softwares (en lo adelante serán referidos en su conjunto como SAQ) presentaban limitaciones para crear resultados gráficos, así como en la capacidad de realizar todo el proceso con un mínimo de intervención humana y de producir información precisa, ágil y oportuna.

*Autor para correspondencia: Abel Centella-Artola. E-mail: abelcentella@gmail.com

Cecilia Fonseca-Rivera. E-mail: ceciliafonseca91@gmail.com

Idelmis González-García. E-mail: idelmisggt@gmail.com

Recibido: 18/09/2023

Aceptado: 17/10/2023

Conflicto de Intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Declaración de contribución: Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Software, Redacción-borrador inicial, Redacción - revisión y edición, Visualización, Supervisión: Abel Centella Artola. Investigación, Metodología. Redacción - revisión y edición, Validación: Cecilia Fonseca Rivera. Metodología, Redacción - revisión y edición, Validación: Idelmis González García.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Actualmente los conceptos, técnicas o métodos básicos de lo que hoy se conoce como Ciencia de Datos, son una gran ayuda para desarrollar sistemas que realicen todas las etapas que van desde la limpieza de los datos, hasta la comunicación de la información, de manera ininterrumpida y totalmente automatizada. De esta forma se decidió realizar el trabajo que aquí se presenta con el objetivo de : “Desarrollar un sistema automatizado de los procesos de producción, análisis y comunicación de la información relativa a la lluvia y la sequía, facilitando el trabajo operativo del Servicio de Vigilancia del Clima y otras actividades de investigación relacionadas.” De esta forma se creó el sistema *R_SVsequia* como resultado de un proceso de innovación y desarrollo, que tomó en cuenta las experiencias de los softwares anteriores, así como los conceptos empleados en la creación del sistema CARiDRO (Bezanilla et al., 2021).

MATERIALES Y MÉTODOS

En el desarrollo de *R_SVsequia* se utilizó el lenguaje de programación R en su versión 4.2.0. R es un lenguaje de código abierto, gratuito y muy versátil para el desarrollo de aplicaciones como la que aquí se presenta. En el proceso de programación se utilizó RStudio, el cual es el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE en inglés) de R.

Antes de iniciar el proceso de diseño y programación de *R_SVsequia*, se hizo una evaluación de las características del SAQ, de la documentación existente (Lapinel et al., 2007 e INSMET, 2014) y de las experiencias de los especialistas que trabajan directamente en el monitoreo de la sequía. Esto permitió identificar que las tareas de preparación, procesamiento de datos y creación de información gráfica no se realizaba como un proceso automatizado continuo. También se comprobó que varios pasos dentro de la preparación de datos, el procesamiento y la creación de salidas gráficas se realizaba con distintas plataformas, que al no estar conectadas con el sistema principal ralentizaban el tiempo de trabajo, obligaban a la participación directa de los especialistas. Esto último hacía más probable la introducción de errores involuntarios, que cuando ocurrían, generaban retrasos en todo el proceso de trabajo.

La metodología empleada siguió la filosofía del esquema general del ciclo de vida de los datos, la cual, según Wickham y Grolemund (2017) se puede resumir en 3 etapas: 1) Importar-ordenar los datos; 2) comprender los datos; y 3) comunicar. Al margen de que todas las etapas (Importar, Ordenar, Comprender y Comunicar) resultan importantes, en el desarrollo de *R_SVsequia* se decidió hacer gran énfasis en la comunicación y por eso es una característica que distingue a este sistema respecto al SAQ.

La creación de *R_SVsequia* se desarrolló mediante 6 módulos principales (Figura 1). En la estructura del sistema los ficheros shapes, juegan un papel clave en el procesamiento y representación de la información a nivel de municipios, provincias y regiones. La filosofía de utilizar los shapes asegura que cualquier cambio en la división política administrativa o la inclusión de nuevas áreas (pej cuencas hidrográficas) resulte fácil de asimilar y ajustar a los requisitos del sistema.

La gran ventaja del nuevo sistema es que toma los datos provenientes del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) y los utiliza para generar el resto de la información necesaria (promedios municipales, provinciales y regionales) de forma totalmente automática.

Los códigos desarrollados permiten la limpieza-formato y preparación de datos de forma rápida y segura. Los valores mensuales son interpolados hacia una rejilla de 4km, utilizando el método de la distancia inversa al cuadrado (IDW2). Este método fue considerado, tomando en cuenta que es el que ya se utiliza en el trabajo operativo actual.

El sistema calcula los indicadores de sequía con algoritmos creados a partir de los procedimientos del sistema de vigilancia del clima (Lapinel et al., 2007; INSMET, 2014). En el caso particular del SPI se empleó el paquete de R SPEI, que es el mismo utilizado por el sistema Climpact (<https://climpact-sci.org/>), desarrollado bajo la supervisión de un grupo de expertos de la OMM. Un mérito del algoritmo implementado, es que se puede emplear de forma independiente en actividades de investigación, usando datos de entrada distintos a los establecidos en el sistema operativo, ya sean puntos de rejilla o estaciones pluviométricas.

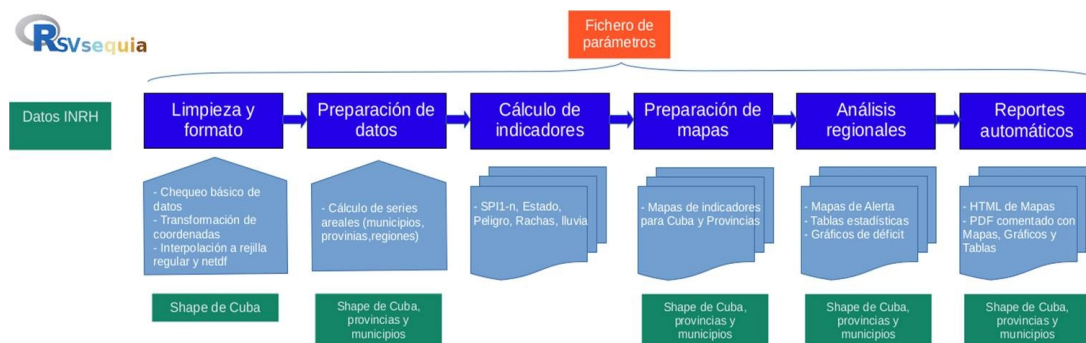


Figura 1. Diagrama de flujo del sistema *R_SVsequia*

El código de *R_SVsequia* puede generar un variado conjunto de mapas, gráficos y tablas con la información de los indicadores de sequía. A diferencia de los mapas que anteriormente se preparaban por los especialistas del servicio de vigilancia climática del INSMET, ahora se producen como raster coloreados (retículas coloreadas) y no como mapas de contornos rellenos de colores, lo cual resulta más preciso. También se introdujo una nueva versión del mapa de sequía, a partir de la categorización los valores negativos del SPI3, para hacer posible la representación de las áreas afectadas por distintas intensidades del fenómeno. Así mismo, se incluyó el cálculo del índice de peligro por sequía meteorológica, utilizando la metodología propuesta por Lapinel et al. (2014).

Otras novedades son los algoritmos para representar los déficit notables de lluvia por municipios o provincias en forma de mapas de calor (“heat maps”), la cual es una técnica utilizada para resaltar, mediante colores, las agrupaciones dentro de mapas, matrices o tablas (Wilkinson y Friendly, 2009). Los déficit notables de lluvia y sus categorías se identifican de acuerdo a lo establecido en las normas operativas del sistema de vigilancia (Lapinel et al., 2007; INSMET, 2014), utilizando los valores del SPI3. También se adicionaron salidas gráficas de alertas por sequía, tomando en cuenta los elementos del procedimiento general del sistema de alerta y acciones tempranas para la sequía (Fonseca et al., 2018), el cual fue preparado conjuntamente por expertos de un grupo de instituciones entre las que destacan el INSMET, INRH y el Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil (EMNDC).

R_SVsequia también se distingue de los sistemas anteriores por su capacidad de producir reportes automáticos que facilitan el proceso de comunicación de los resultados del monitoreo de la sequía.

En general, la metodología de trabajo utilizada incluyó un proceso de consulta permanente a los expertos del sistema nacional de vigilancia del clima, haciendo posible que sus opiniones fueran consideradas. De esta forma se pudo lograr que la nueva aplicación diera respuestas a las necesidades existentes en cuanto a eficiencia de procesamiento, reducción de posibles errores involuntarios y diversidad en la cantidad y calidad de los productos operativos.

RESULTADOS

La Figura 2 muestra ejemplos de los mapas de acumulados de lluvia e indicadores para las provincias y Cuba, mientras que la Figura 3 refleja dos variantes de la representación de la marcha por trimestres del por ciento del área afectada por sequía de diferente intensidad.

La Figura 3, por su parte, presenta una muestra de los mapas de alerta, un producto adicionado por *R_SVsequia* que ayuda a la mejor interpretación y visualización de los procesos de sequía, junto a otros que reflejan el cambio de afectación del fenómeno respecto a períodos anteriores.

Finalmente, la pagina web estática que el sistema produce (Figura 4 izquierda) facilita el acceso de los Centros Meteorológicos Provinciales (CMP) a los resultados del sistema; mientras que el tablero (Figura 4 derecha) presenta un resumen de las principales características de la lluvia y la sequía, el cual puede ser compartido con una amplia comunidad de usuarios.

Es importante indicar que la información que se genera automáticamente con *R_SVsequia*, está en correspondencia con las exigencias establecidas en INSMET (2014) y satisface los requisitos de información inclui-

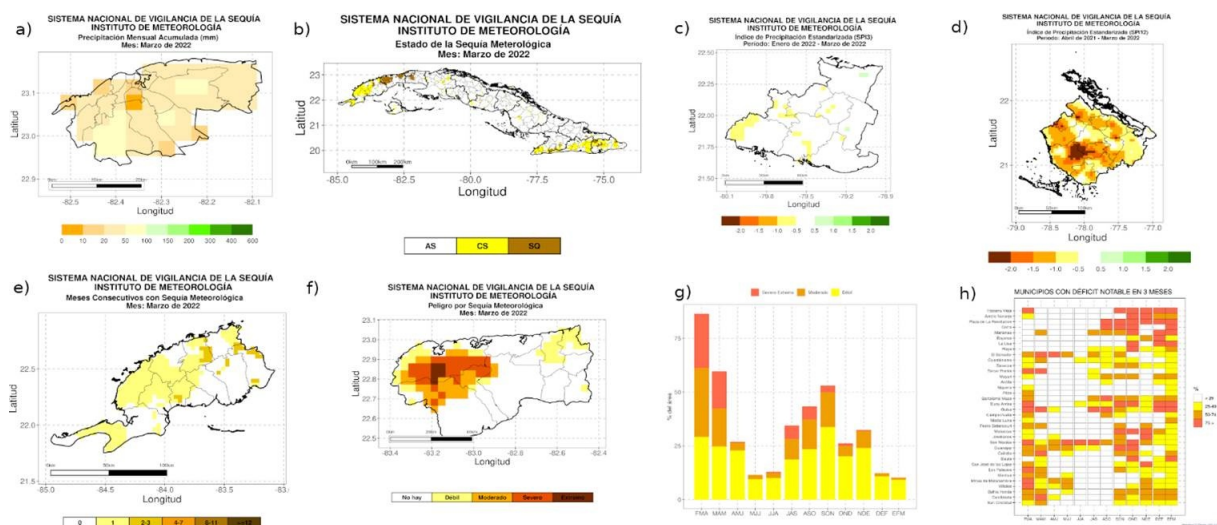


Figura 2. Ejemplos de mapas y gráficos de diferentes indicadores de sequía y lluvia para Cuba y las provincias. a), b) y c): lluvia acumulada mensual, estado de la sequía y SPI3, para La Habana, Cuba y Sancti Spiritus, respectivamente; d), e) y f): SPI12, meses consecutivos con sequía y peligro por sequía para Camagüey, Pinar del Río y Artemisa, respectivamente. g) Variación por trimestres del por ciento del área afectada por sequía y h) Variación del área de los municipios afectados por sequía moderada y severa en los últimos 11 trimestres.

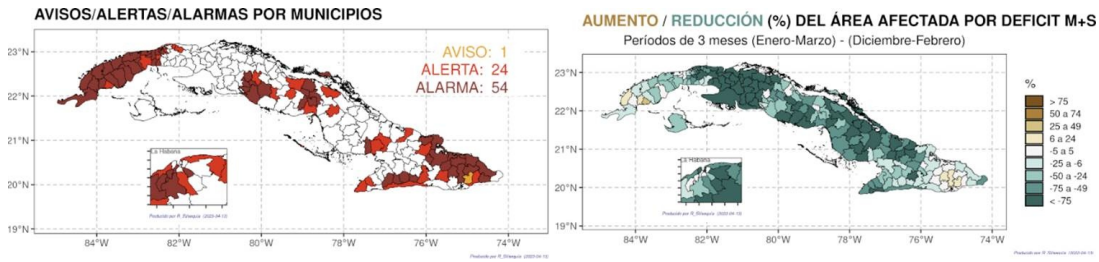


Figura 3. Ejemplos de mapas introducidos por *R_SVsequia*. a) Avisos/alertas/alarma y b) Cambio en la afectación de déficit moderados y severos para la escala de 3. Ambos mapas corresponden al mes de marzo de 2022.

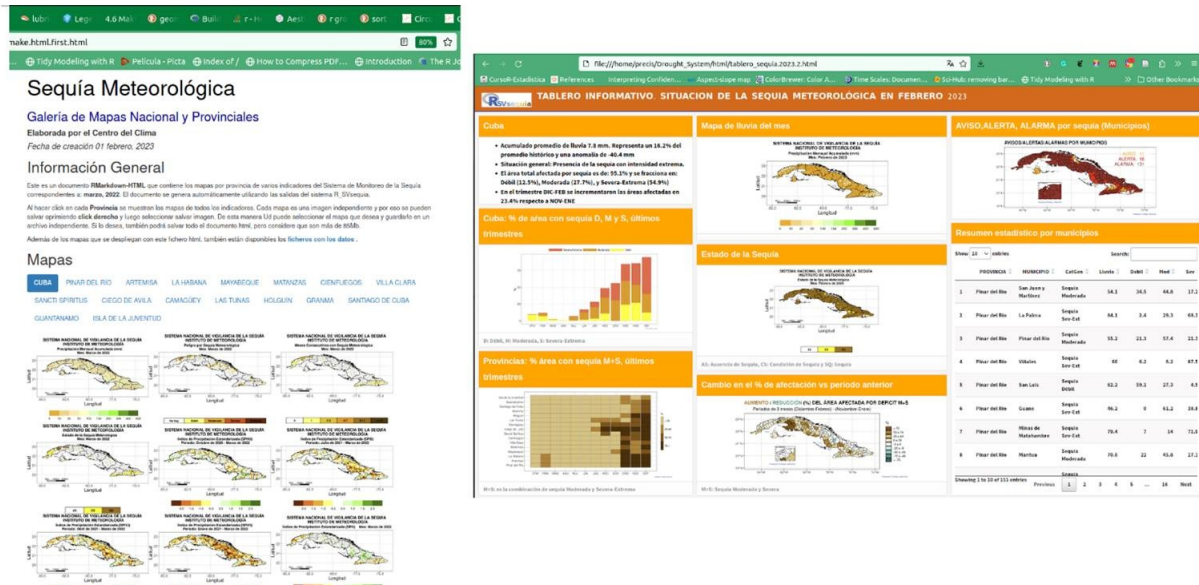


Figura 4. Ejemplo de página web (izquierda) y tablero (derecha) generados automáticamente por *R_SVsequia*

dos en Fonseca et al (2018). El cumplimiento de esos estándares fue asegurado durante todo el proceso de desarrollo del sistema, tomando en consideración las opiniones y sugerencias de los especialistas que participan en la vigilancia de la sequía y que son, en primera instancia, los usuarios sistemáticos del sistema.

CONCLUSIONES

Los resultados presentados permiten concluir que: 1) *R_SVsequia* es un sistema superior al que anteriormente se ha utilizado en el Centro del Clima del INS-MET en varios aspectos relacionados con la operatividad, la confiabilidad de los procesos y sus resultados, así como en la cantidad de información útil que genera de forma automática; 2) Los productos que se generan con el nuevo sistema incluyen nuevas variantes de tablas, gráficos y mapas que antes no estaban disponibles; 3) La versatilidad del sistema permite que el mismo puede ser utilizado en tareas de investigación y servicio, adicionales a la tarea del trabajo operativo de monitoreo sistemático de la sequía

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean destacar la contribución del proyecto “Building resilience to

drought in Cuba” bajo la subvención de International Development Research Center (IDRC), Ottawa, Canadá. También se reconoce el apoyo del proyecto “Variaciones y Cambios del Clima en Cuba del Programa Nacional “Cambio Climático en Cuba: Impactos, Adaptación y Mitigación”. Finalmente extendemos nuestro agradecimiento al revisor anónimo, pues sus comentarios y preguntas ayudaron a mejorar notablemente el manuscrito original.

REFERENCIAS

Bezanilla-Morlot, A., Centella-Artola, A., Morejón-Loyola, Y. y Vichot-Llano, A. (2021). CARiDRO: Una Herramienta en-línea para evaluar el impacto de la sequía presente y futura en el Caribe. Informe de Resultado. Proyecto SUPERCLIMA, Instituto de Meteorología. 52pp.

Fonseca, C. M., Ramos, I., Puig M. A., Mesias R. (2018). ¡Pon tu Ficha! Procedimiento General del Sistema de Alerta y Acciones Tempranas para la Sequía. proyecto “Fortalecimiento de las capacidades nacionales y locales para el manejo integral de la sequía a fin de reducir sus impactos sobre la seguridad alimentaria y nutricional y el suministro público de agua en las provincias orientales de Cuba”. PMA-PNUD, 49 pp.

- Gibbs, W.J., Maher J.,V. (1967). Rainfall deciles as drought indicators. In: Bureau of Meteorology, Bulletin No. 48, Melbourne. Australia
- INSMET (2014). Manual de Procedimientos del “Sistema de Vigilancia y Alerta Temprana de la sequía meteorológica”. Documento de trabajo del Grupo de Vigilancia de la Sequía. Centro del Clima, Instituto de Meteorología.
- Lapinel, B. P., Rivero, R.E., Rivero, R.R., Varela, N., Cutié, V. y Fonseca, C. (2006): El Sistema Nacional de Vigilancia y Predicción de la Sequía en Cuba: Caso de Estudio. En “Solano, O., H. Shannon y R. Villalobos (Eds.) (2006): Informe del Grupo de Trabajo sobre Meteorología Agrícola de la AR IV”.
- Lapinel, B., V. Cutié, C. Fonseca y R. Báez. (2007). “Sistema de Diagnóstico, Vigilancia y alerta Temprana de la Sequía”. Guía de Técnicas y Procedimientos. Proyecto GEF-PNUD RLA/01/G31.
- Lapinel, B. P., Fonseca C., González I., González C., et al (2014): Metodología para el estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo por intensa sequía. En: “Cuba: metodologías para la determinación de riesgos de desastre a nivel territorial”, PNUD-Cuba, ISBN: 978-959-300-033-8, 114 pp.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. (1993): The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology. Am. Meteorol. Soc., 17, 179-184.
- Wickham Hadley and Garrett Golemund (2017): R for Data Science, O’Reilly Media, Inc. Pp 520
- Wilkinson, L., Friendly, M. (2009): "The History of the Cluster Heat Map". The American Statistician. **63** (2): 179-184. doi: [10.1198/tas.2009.00332014](https://doi.org/10.1198/tas.2009.00332014)