



SISSA

INFORME TÉCNICO

OLAS DE CALOR RÉCORD DEL VERANO 2023 Y SU ROL EN EL DESARROLLO DE SEQUÍAS DE RÁPIDO DESARROLLO EN LA PAMPA HÚMEDA ARGENTINA

Autores: Kucheruk, Lucas; Spennemann, Pablo; Rivera, Juan;
Naumann, Gustavo y Otkin, Jason

SISSA - IT 002-2024
MARZO 2024



SISSA SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE
SEQUÍAS PARA EL SUR DE SUDAMÉRICA

INFORME TÉCNICO

OLAS DE CALOR RÉCORD DEL VERANO 2023 Y SU ROL EN EL DESARROLLO DE SEQUÍAS DE RÁPIDO DESARROLLO EN LA PAMPA HÚMEDA ARGENTINA

**AUTORES: KUCHERUK, LUCAS¹; SPENNEMANN, PABLO¹; RIVERA, JUAN²; NAUMANN,
GUSTAVO³ Y OTKIN, JASON⁴**

¹ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) – Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

² Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA)

³ European Research Executive Agency, Bruselas, Bélgica

⁴ Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies, Space Science and Engineering Center, University of Wisconsin-Madison, Estados Unidos.

MARZO 2024



INTRODUCCIÓN

La sequía es un fenómeno meteorológico cuya ocurrencia está principalmente relacionada con un déficit de precipitación que se establece en forma lenta, extendiéndose a lo largo de meses a años. Sin embargo, existen situaciones en las que el déficit de precipitación se combina con elevadas temperaturas y/o menor humedad atmosférica, generando como consecuencia una rápida disminución de la humedad del suelo, en lapsos de días a semanas, a causa de un aumento sustancial en la evapotranspiración. A este tipo de eventos se los denomina Sequías de Rápido Desarrollo (SRD) o Flash Droughts (ver Otkin et al., 2018; y [NIDIS-Flash Drought](#)).

Si bien no hay actualmente un consenso general sobre qué variables y qué enfoque metodológico es el más apropiado para caracterizar las SRD, las variables más utilizadas son la humedad del suelo y la evapotranspiración (Lisonbee et al., 2021). Un enfoque metodológico se basa en caracterizar estos eventos como de corta duración (ej. dos semanas, Mo y Lettenmaier, 2015), mientras que el enfoque más frecuentemente abordado en la literatura se basa en una marcada tasa de disminución/aumento de humedad del suelo/evapotranspiración en un período corto de tiempo previo al inicio de la sequía (Otkin et al., 2018).

A su vez, dentro de la tipificación posible de eventos, se reconoce que las SRD pueden iniciarse durante un evento de sequía ya establecido si durante el mismo hay un período de rápida disminución de la humedad del suelo (Otkin et al., 2022). Esto podría ocurrir en periodos de fuerte demanda atmosférica de vapor de agua, como por ejemplo durante olas de calor, favoreciendo así incrementos en la evapotranspiración y también disminuciones en la humedad del suelo.

La Pampa Húmeda es una región de gran importancia agrícola, donde los cultivos son de secano y, por lo tanto, vulnerables a la ocurrencia de sequías y SRD. La importancia de las SRD en la región fue documentada por Kucheruk et al. (2024), donde se identificó que alrededor de 40% de los eventos totales de sequía ocurridos en esta región en las últimas cuatro décadas corresponden a eventos de SRD, caracterizados por una rápida disminución de la humedad del suelo. Como consecuencia de la ocurrencia de tres años consecutivos del



fenómeno de La Niña, la región se vio afectada por condiciones de sequía durante el periodo 2020-2023 (Naumann et al., 2023), que mostró su mayor intensidad durante los meses de febrero y marzo de 2023. En particular, el estrés hídrico generado en la vegetación por el déficit de precipitación se ve representado en la **figura 1** a través de las anomalías negativas de la fracción de radiación fotosintéticamente activa (fAPAR). El impacto en la vegetación muestra mayor intensidad en la región central de la Pampa Húmeda.

En relación con las olas de calor, que como se mencionó previamente pueden contribuir a la ocurrencia de SRD, existen evidencias del incremento en su frecuencia de ocurrencia en Argentina desde mediados del siglo XX hasta la fecha (ej. Seneviratne et al., 2021). En particular, la temporada cálida 2022/2023 registró la mayor cantidad de olas de calor de los últimos 60 años (SMN, 2023a). El evento registrado durante los primeros días de diciembre de 2022 fue 60 veces más probable como consecuencia del cambio climático generado por las actividades humanas (Rivera et al., 2023). Asimismo, el evento ocurrido entre el 8 y el 19 de marzo de 2023 registró récords de temperatura en el sur del litoral y el norte de la provincia de Buenos Aires (SMN, 2023b). No obstante, hasta el momento no se documentó la ocurrencia de SRD en la Pampa húmeda durante los meses de febrero y marzo del 2023.

Ante la relevancia de estos fenómenos en la modulación de la evapotranspiración a escala regional, este informe tiene como objetivo caracterizar las SRD en la región de la Pampa Húmeda a lo largo del período enero 2022-marzo 2023, documentando por un lado las condiciones previas a los eventos de ola de calor de febrero-marzo 2023, y por otro analizando los desfases temporales entre una marcada tasa en la disminución de la humedad del suelo y la ocurrencia de olas de calor.

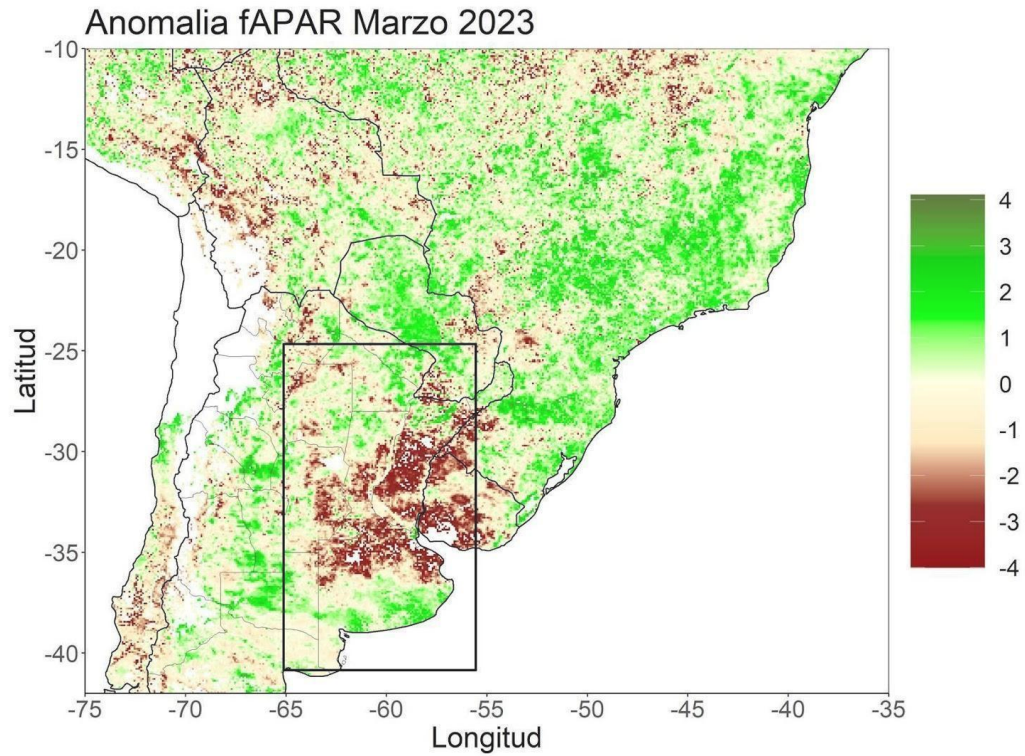


Figura 1. Anomalías de fAPAR (fracción de radiación fotosintéticamente activa, por sus siglas en inglés) correspondientes a la 3era década de marzo de 2023 respecto al período 2012-2022. Datos del sensor VIIRS descargado de <https://edo.jrc.ec.europa.eu/gdo>.



DATOS Y METODOLOGÍA

En este reporte se utilizará el criterio de Otkin et al. (2021) para caracterizar las SRD. Este criterio considera que una sequía es una SRD si, en un período de cuatro pñtadas previas al inicio de la sequía, hay una disminución de al menos 15 percentiles de humedad del suelo. A su vez, el inicio de la SRD se establece cuando el percentil de humedad del suelo está por debajo del percentil 20 durante al menos cuatro pñtadas consecutivas. Pero también una SRD puede ocurrir en el transcurso de una sequía ya establecida, si dentro de la misma ocurre una rápida disminución en la humedad del suelo (Otkin et al., 2022).

En este reporte se propone que esta situación sucede si se cumple, como mínimo, una caída de 10 percentiles de humedad del suelo en 4 pñtadas. En la **figura 2** se muestran ejemplos teóricos de ambos criterios. En el panel izquierdo se muestra un caso idealizado, que parte de condiciones de no sequía donde la SRD surge a partir de una rápida disminución de la humedad del suelo (caída de al menos 15 percentiles en 4 pñtadas). En el panel derecho se muestra un caso donde ocurre una rápida disminución de la humedad del suelo dentro de una sequía ya establecida, considerando una caída de al menos 10 percentiles de humedad del suelo en un período de 4 pñtadas.

Para describir las SRD en la región de la Pampa Húmeda argentina (25-40°S, 65-56°O) se utilizó la base de datos diarios promediados cada 5 días (pñtadas) de humedad del suelo del reanálisis ERA-5 Land en el espesor correspondiente al primer metro del suelo. Se calcularon los percentiles para cada punto de retícula utilizando la distribución climatológica de la humedad del suelo del período enero 1981-marzo 2023. En base a los informes elaborados por el SMN sobre las olas de calor ocurridas durante los períodos 2-15 de febrero, 28 de febrero al 7 de marzo y 8-19 de marzo de 2023, se tomaron como referencia las estaciones meteorológicas afectadas por estos eventos y ubicadas a lo largo de la región de la Pampa Húmeda (**figura 3**).

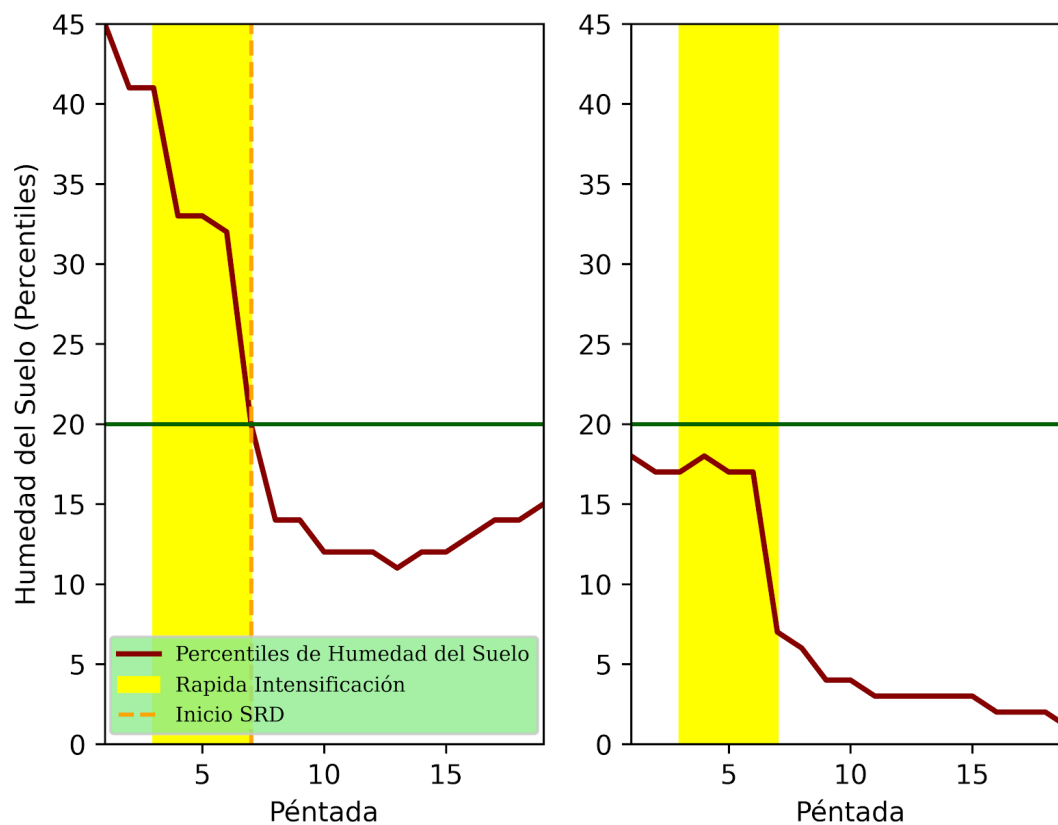


Figura 2. Ejemplos teóricos de eventos de SRD. **Izquierda:** SRD que comenzó luego de condiciones de no sequía. **Derecha:** SRD que comenzó dentro de una sequía ya establecida.



Ubicación de las Estaciones Meteorológicas

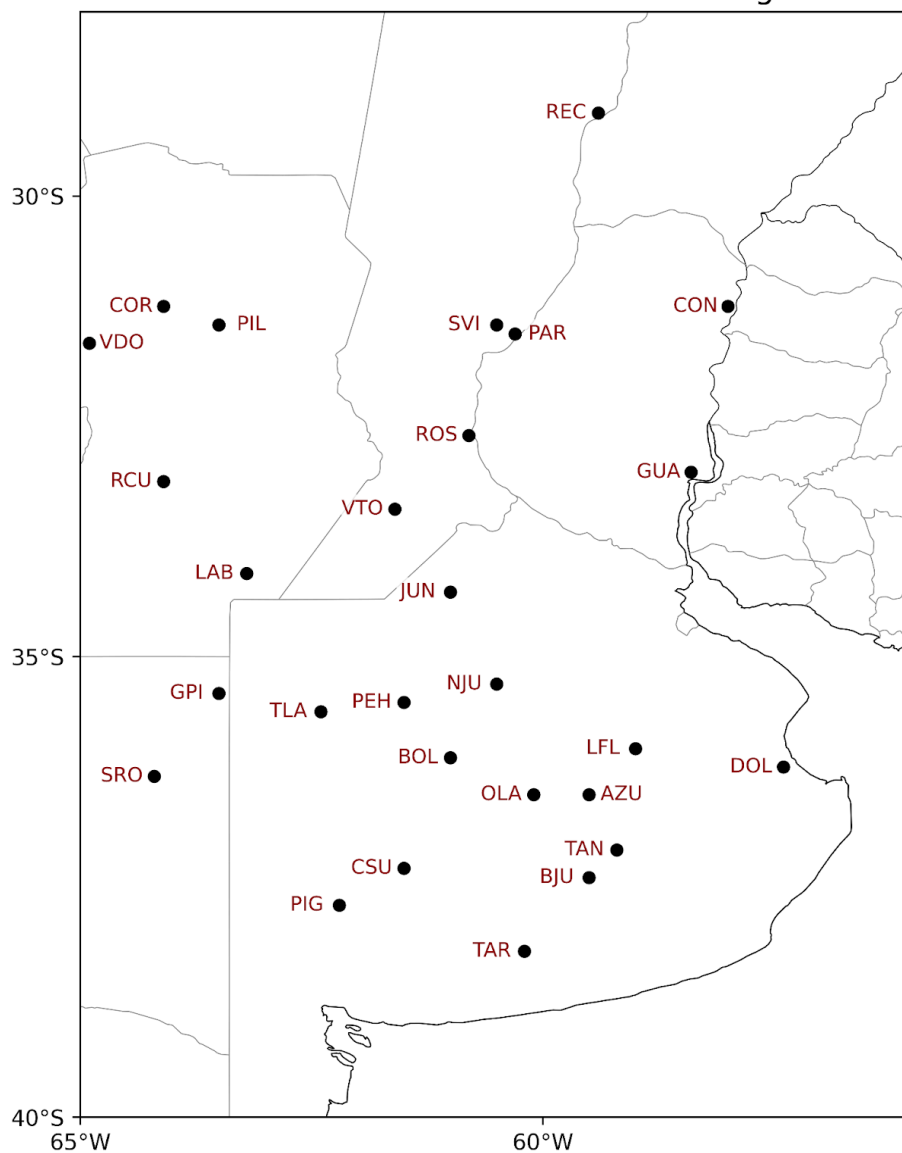


Figura 3. Ubicación de las 28 estaciones meteorológicas consideradas en base a los reportes de olas de calor del SMN de febrero y marzo de 2023. REC: Reconquista; COR: Córdoba; CON: Concordia; PIL: Pilar; SVI: Sauce Viejo; PAR: Paraná; VDO: Villa Dolores; ROS: Rosario; GUA: Gualeguaychú; RCU: Río Cuarto; VTO: Venado Tuerto; LAB: Laboulaye; JUN: Junín; NJU: Nueve de Julio; GPI: General Pico; PEH: Pehuajó; TLA: Trenque Lauquen; LFL: Las Flores; BOL: Bolívar; DOL: Dolores; SRO: Santa Rosa; AZU: Azul; OLA: Olavarría; TAN: Tandil; CSU: Coronel Suárez; BJU: Benito Juárez; PIG: Pigüé; TAR: Tres Arroyos.



RESULTADOS

Gran parte de la región de la Pampa Húmeda estuvo afectada por una sequía que se inició a mediados del año 2022, la cual se inició como SRD en las estaciones meteorológicas de Azul, Bolívar, Dolores, Las Flores, Trenque Lauquen, Sauce Viejo y Venado Tuerto, y se mantuvo aproximadamente hasta el final del período de análisis.

A modo de ejemplo, en la **figura 4** se muestran las series temporales de humedad del suelo media pentádica para el período enero 2022-marzo 2023 de las estaciones Azul y Olavarría, junto con el umbral de SRD correspondiente a cada estación. Se observa que entre los meses de febrero y marzo de 2023 ocurrió una disminución de más de 10 percentiles de humedad del suelo en un período de 4 péntadas dentro de una sequía ya establecida, lo cual permite determinar la ocurrencia de una SRD en esas estaciones meteorológicas (**figura 4**). Esto se evidencia además en 11 de las 28 estaciones meteorológicas consideradas, ubicadas mayormente en el centro y sur de la provincia de Buenos Aires, lo cual indica que la ocurrencia de olas de calor en los meses de febrero y marzo de 2023 favoreció la rápida reducción de la humedad del suelo en la región.

Durante la tercera péntada de febrero de 2023, la región comprendida por el sur de la Provincia de Santa Fe, el este de La Pampa, extremo sur de Córdoba y norte y centro de la Provincia de Buenos Aires fue afectada por la ocurrencia de una SRD (**figura 5, panel izquierdo**). Al analizar la **figura 6 (panel izquierdo)** se observaron, en las regiones mencionadas, valores de humedad del suelo en torno al percentil 0, lo que indica que la sequía presentó los valores más bajos del período 1981-2023. Cabe destacar que en la primera quincena de febrero se desarrolló una ola de calor de importante extensión espacial (SMN, 2023b), que afectó a 19 de las 28 estaciones consideradas (puntos celestes en la **figura 6**), lo que indica que la ocurrencia de SRD respondió a la ocurrencia de ola de calor en ese período.

Por otra parte, la segunda péntada de marzo de 2023 se caracterizó por la ocurrencia de una SRD en el centro de la Provincia de Santa Fe, sudeste de la Provincia de Santiago del Estero, oeste de la Provincia de Entre Ríos, noreste y



regiones aisladas en el centro de la Provincia de Córdoba y en el centro-este de la Provincia de Buenos Aires (**figura 5, panel derecho**). En las regiones mencionadas predominan valores de humedad del suelo cercanos al percentil 0 (**figura 6, panel derecho**). Previamente y durante la ocurrencia de esta SRD, se registraron eventos de ola de calor entre el 28 de febrero y el 7 de marzo (SMN, 2023c), afectando a 5 estaciones meteorológicas ubicadas en la región, y entre el 8 y el 19 de marzo (SMN, 2023a), afectando a 13 estaciones meteorológicas (puntos celestes en la **figura 6, panel derecho**). En particular, en la estación meteorológica Paraná, el inicio de la SRD coincidió con la ocurrencia de la ola de calor del 8/3-19/3, mientras que en las estaciones meteorológicas Azul y Olavarría, la SRD ocurrió después de la ola de calor del 28/2-7/3 (**figura 4**).

En síntesis, los resultados muestran que la ocurrencia de olas de calor entre febrero y marzo de 2023 pudieron haber favorecido el desarrollo de eventos de SRD en la Pampa Húmeda. En términos de humedad del suelo, la sequía del 2022/2023 presentó los valores más bajos del período 1981-2023.

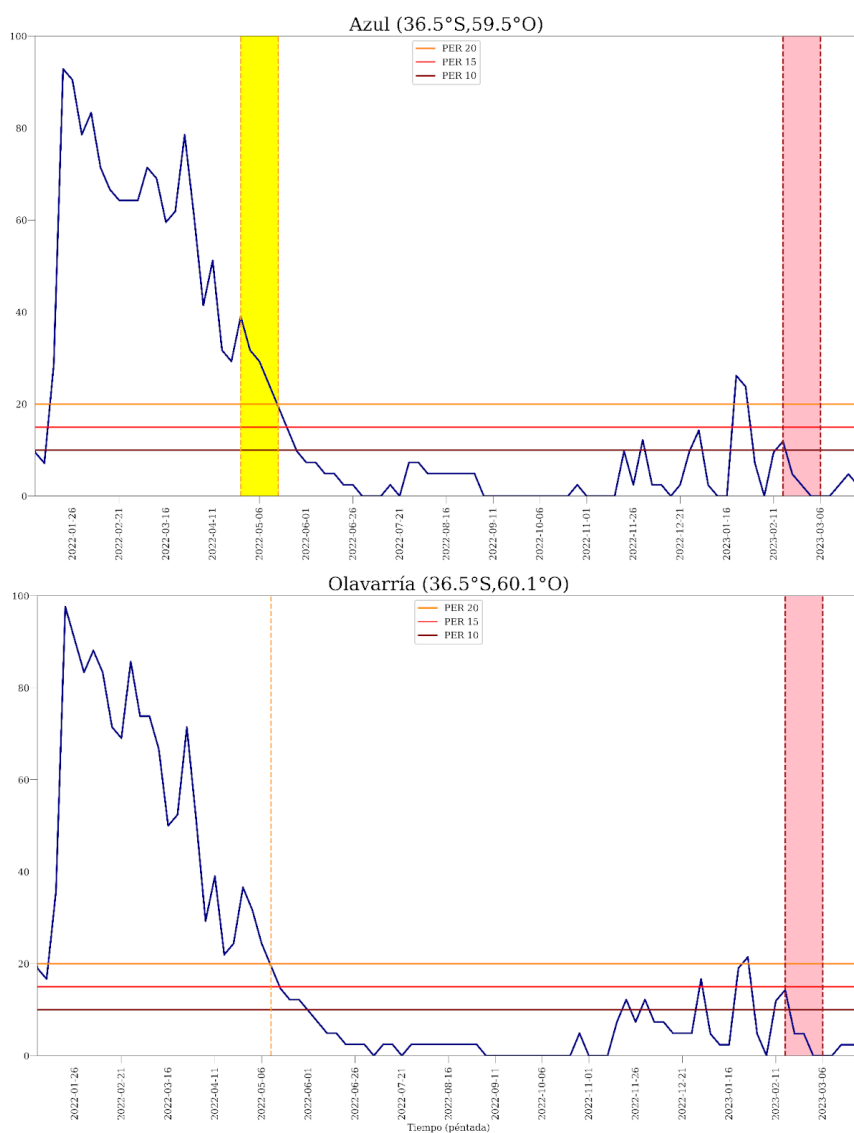


Figura 4. Series temporales de humedad del suelo pentádica (línea azul) y percentil 20 (línea naranja), percentil 15 (línea roja) y percentil 10 (línea bordó) de humedad del suelo pentádico para las estaciones de Azul (arriba) y Olavarría (abajo). En el recuadro amarillo en la estación Azul se muestra el período de rápida intensificación que dio lugar a una SRD en la cuarta péntada de mayo del 2022. En Olavarría no ocurrió una SRD durante el 2022, por lo que la línea naranja punteada corresponde al inicio de la sequía del 2022. El recuadro rosa, en ambas estaciones, señala el rápido período de intensificación que dio lugar a la ocurrencia de una SRD, en el 2023, dentro de la sequía ya establecida que comenzó durante el 2022.

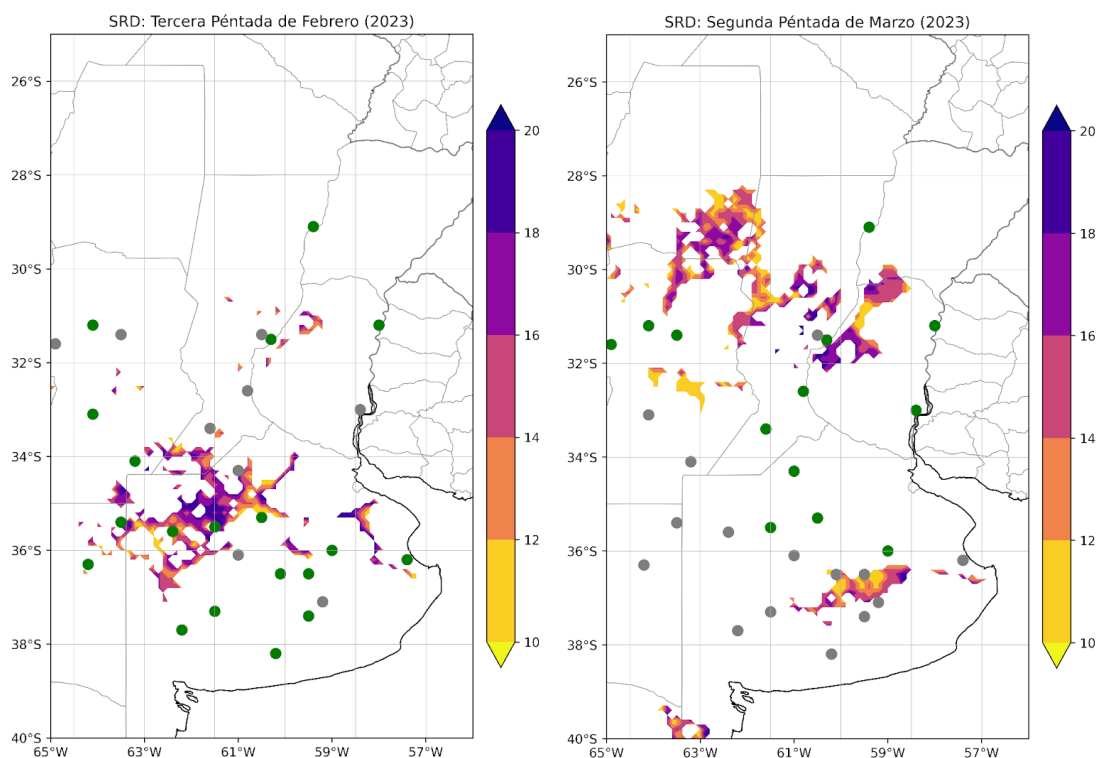


Figura 5. Diferencia de percentiles entre la quinta péntada de enero y la tercera péntada de febrero de 2023 (izquierda) y entre la cuarta péntada de febrero y la segunda péntada de marzo de 2023 (derecha). Se consideraron únicamente las diferencias mayores a 10 percentiles, donde se cumple la ocurrencia de una SRD en la tercera péntada de febrero (izquierda) y en la segunda péntada de marzo (derecha). Los puntos verdes corresponden a estaciones meteorológicas afectadas por una ola de calor en la péntada correspondiente, y los grises a estaciones no afectadas por una ola de calor.

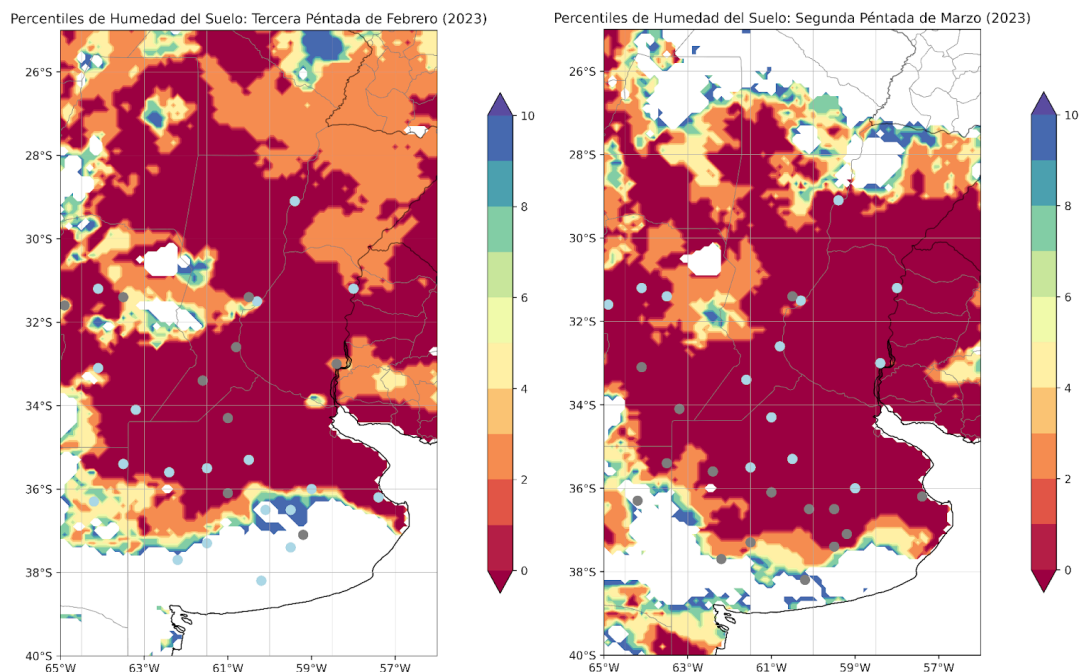


Figura 6. Percentiles de humedad del suelo correspondiente a la tercera péntada de febrero de 2023 (izquierda) y a la segunda péntada de marzo de 2023 (derecha). Únicamente se grafican los percentiles menores a 10. Los puntos celestes corresponden a estaciones meteorológicas afectadas por una ola de calor en la péntada correspondiente y los grises a estaciones no afectadas por una ola de calor.



CONCLUSIONES

El análisis realizado en este informe confirmó que gran parte de la región de la Pampa Húmeda estuvo afectada por una sequía persistente que se inició a mediados del 2022 y se extendió hasta marzo del 2023, período en el cual se pudo identificar la ocurrencia de varias SRD, en particular entre mediados de febrero y mediados de marzo del 2023.

La ocurrencia de las SRD, como consecuencia de una rápida disminución de la humedad del suelo, se observó en general durante y en los días posteriores a la ocurrencia de las olas de calor que afectaron a la región pampeana en febrero y marzo de 2023. Estas condiciones generaron que en este período de tiempo se observaran en la región los valores más bajos y extremos de humedad del suelo de los últimos 40 años.

Si bien se logró resaltar la potencial importancia del rol de las temperaturas extremas y persistentes como forzante de las SRD, en trabajos futuros se pretende cuantificar el rol de los distintos forzantes de las SRD –como las condiciones previas de humedad del suelo, anomalías de circulación atmosférica, temperaturas extremas, etc–, dado que una mejora en la comprensión de las SRD y sus forzantes podría contribuir a desarrollar mejores capacidades de monitoreo y pronóstico, con el fin último de reducir los impactos en los sectores socioeconómicos más vulnerables a estos fenómenos.



REFERENCIAS

- Kucheruk, Lucas L., et al. (2024).** Climatología de Sequías de Rápido Desarrollo en la Pampa Húmeda Argentina. *Revista Meteorológica*, vol. 49 (2024). doi: <https://doi.org/10.24215/1850468Xe025>
- Lisonbee J., et al. (2021).** Making sense of flash drought: definitions, indicators, and where we go from here. *Journal of Applied and Service Climatology* (2021), 2021, 1-19. doi: <https://doi.org/10.46275/JOASC.2021.02.001>
- Mo, K. C., y D. P. Lettenmaier (2015).** Heat wave flash droughts in decline. *Geophys. Res. Lett.*, 42, 2823–2829. <https://doi.org/10.1002/2015GL064018>
- Naumann, G., et al (2023).** Extreme and long-term drought in the La Plata Basin: event evolution and impact assessment until September 2022. EUR 31381 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, ISBN 978-92-76-61614-6, doi:10.2760/62557, JRC132245.
- Otkin, J. A., et al. (2018).** Flash Droughts: A Review and Assessment of the Challenges Imposed by Rapid-Onset Droughts in the United States, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 99(5), 911-919. doi: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-17-0149.1>
- Otkin, J.A., et al. (2021).** Development of a Flash Drought Intensity Index. *Atmosphere*, 12, 741. doi: <https://doi.org/10.3390/atmos12060741>
- Otkin, J.A., et al. (2022).** Getting ahead of Flash Drought. *American Meteorological Society*, October 2022, E2188. doi: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-21-0288.1>
- Rivera, J.A., et al (2023).** 2022 early-summer heatwave in Southern South America: 60 times more likely due to climate change. *Climatic Change* 176:102. doi: <https://doi.org/10.1007/s10584-023-03576-3>
- Seneviratne, S.I., et al. (2021).** Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, pp. 1513-1766.
- SMN (2023a).** Informe Especial N°10 por Ola de Calor (Temporada 2022-2023). Período: 8 al 19 de marzo de 2023. https://www.smn.gob.ar/sites/default/files/informe_oladecolor_8al19marzo2023.pdf



SISA SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE SEQUÍAS PARA EL SUR DE SUDAMÉRICA

SMN (2023b). Informe Especial N°8 por Ola de Calor (Temporada 2022-2023). Período: 2 al 15 de febrero de 2023.

<https://www.smn.gob.ar/noticias/informe-especial-resumen-de-la-8%C2%B0-ola-de-calor-de-la-temporada-20222023>

SMN (2023c). Informe Especial N°9 por Ola de Calor (Temporada 2022-2023). Período: 28 de febrero al 7 de marzo de 2023.

<https://www.smn.gob.ar/boletines/informe-especial-n%C2%B09-por-ola-de-calor-28-feb-al-7-mar-2023>