



Montevideo, 10 de enero de 2023

SEQUÍA METEOROLÓGICA en URUGUAY 2020 - 2023

- Informe final -

Introducción

El Instituto Uruguayo de Meteorología, ha emitido dos informes de situación de la sequía sobre Uruguay (INUMET, febrero y mayo 2023), asimismo Organismos como la Unión Europea, en abril 2023, se han hecho eco de este fenómeno que no solo ha afectado Uruguay sino también a la región (Toreti et al. 2023).

El término "sequía" puede ser interpretado según el punto de vista del afectado por este fenómeno. El comienzo de dicho evento climático puede tener fechas diferentes en un mismo punto del país, según las necesidades no cubiertas en cada sector socioeconómico.

En este estudio nos basaremos en la definición de sequía pluviométrica o meteorológica en una comparación de las **deficiencias de la precipitación desde enero 2020 y hasta octubre 2023**, en comparación a la normal climática.

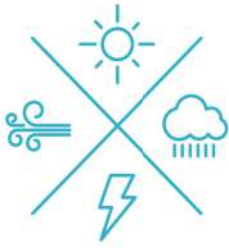
Definición

De acuerdo a la **Organización Meteorológica Mundial** la sequía es *“un período de tiempo con condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitación cause un grave desequilibrio hidrológico”* (OMM, 1992).

Distintos tipos de sequía

Siguiendo las definiciones de la Organización Meteorológica Mundial las sequías pueden clasificarse en meteorológicas, agrícolas, hidrológicas y socioeconómicas.

Definimos como *deficiencia pluviométrica* toda precipitación acumulada mensual que está por debajo de un valor climático de referencia. Sin embargo, para definir **sequía meteorológica** debemos tener un criterio más estricto en el tiempo y en el espacio.



Las sequías agrícola, hidrológica y socioeconómica, sin embargo, se caracterizan en mayor medida por sus facetas humanas o sociales y su definición refleja la interacción entre las características naturales de las sequías meteorológicas y las actividades humanas que dependen de la precipitación para proporcionar un abastecimiento de agua que permita cubrir las demandas de la sociedad y del medio ambiente.

La sequía meteorológica es un fenómeno natural que responde a muy diversas causas según la región, y la definimos como tal, a partir de un período de 3 o más meses donde el quintil de precipitación es igual o inferior a 2, en una localidad determinada. Para ello, utilizamos diversos indicadores, entre los que se encuentran el Índice de Precipitación Estandarizado (IPE).

La sequía agrícola se define habitualmente en términos de disponibilidad de agua en los suelos para el sostenimiento de los cultivos y para el crecimiento de las pasturas.

La sequía hidrológica suele definirse como la desviación de las pautas de flujo de agua en la superficie y en el subsuelo, tomando como referencia valores promediados en distintas fechas cronológicas.

La sequía socioeconómica se diferencia de los demás tipos de sequía, porque refleja la relación entre la oferta y la demanda de mercaderías básicas, como lo son el agua, las raciones o la energía hidroeléctrica, que dependen de las precipitaciones.

Variabilidad anual de precipitación

La precipitación acumulada anual en Uruguay presenta una gran variabilidad (figura 1), el acumulado promedio a escala país es de 1305 mm (período de referencia 1981-2010).

Existen años extremadamente secos, como por ejemplo 2008 con 758 mm y 1989 con 872 mm, mientras que el 2002 fue excepcionalmente húmedo con 1988 mm.

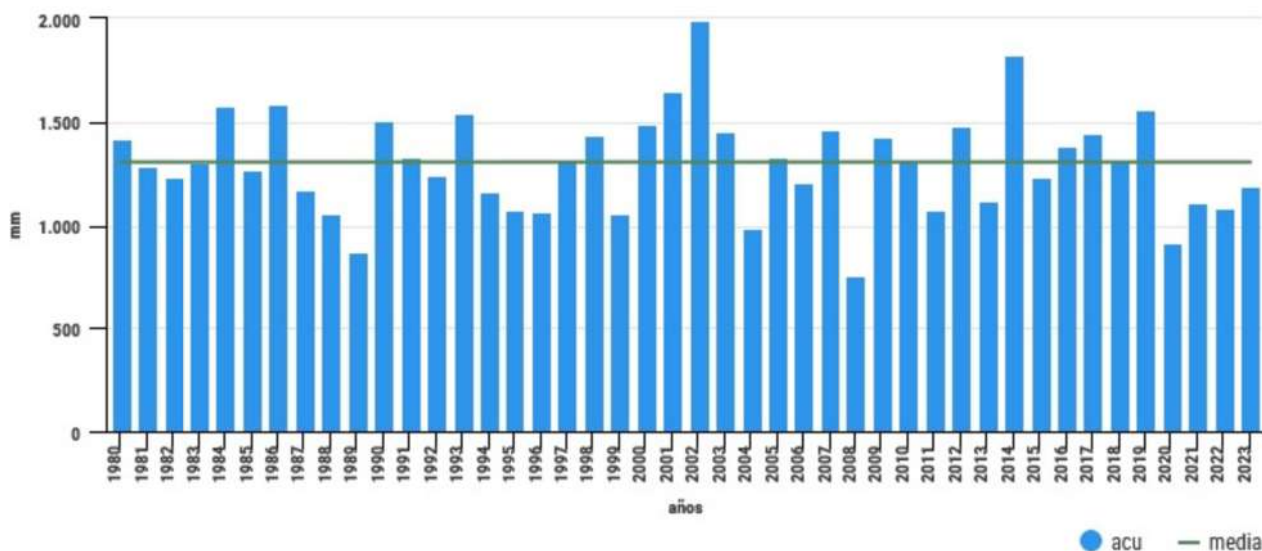


Figura 1 - Promedio acumulado anual en Uruguay desde 1980 a 2023

Fenómeno ENSO (El Niño - Oscilación del Sur)

Las desviaciones con respecto a las condiciones medias de la circulación atmosférica definen las llamadas anomalías climáticas. El fenómeno El Niño - Oscilación del Sur (ENSO en inglés) es el ejemplo más notable de variabilidad climática de un año para otro.

El Niño se refiere, en su concepto original, a la aparición de una corriente cálida en el verano del hemisferio sur (diciembre, enero y febrero), frente a las costas de Perú y Ecuador. Esta corriente oceánica se repite anualmente. Se ha observado que en forma aperiódica (dos a siete años) este calentamiento es más intenso y prolongado, y se extiende hacia gran parte del Pacífico central ecuatorial.

La Oscilación Sur (O.S.) se manifiesta como una tendencia de la presión atmosférica en superficie a variar en forma opuesta, en los extremos oriental y occidental del sector tropical del Pacífico. De esta manera cuando la presión es anormalmente alta en el sector oriental del Pacífico, se registran anomalías negativas de presión en la región al norte de Australia y viceversa.

En relación a las anomalías pluviométricas asociadas a la fase cálida del ENSO, durante el verano del hemisferio sur, la más notable sobre Sudamérica, es la intensa precipitación en la región árida al norte del Perú. Se ha percibido también una tendencia a la sequía en el nordeste brasileño durante la ocurrencia de la fase cálida del ENSO. En contraste con lo que sucede en el nordeste brasileño, las precipitaciones en el sur de Brasil, región oriental del Paraguay, Uruguay y noreste de Argentina tienden a ser anormalmente abundantes durante la fase positiva (cálida) del El Niño



y negativa de la OS. Esta situación posiblemente está asociada con el desplazamiento hacia el sur de la zona de convergencia del Atlántico Sur (ZCAS) y con una mayor actividad frontal al sur de la misma (Carvalho, 2002).

El índice del Niño Oceánico (ONI) es el principal indicador para monitorear la componente oceánica de El Niño, mientras que la componente atmosférica se monitorea a través del índice de Oscilación del Sur (siendo este la diferencia de presión atmosférica entre Tahití y Darwin).

La ONI rastrea las temperaturas promedio de la superficie del mar durante 3 meses en el océano Pacífico tropical centro-oriental entre los 120° y los 170° W, y si estas son más cálidas o más frías que el promedio (figura 2).

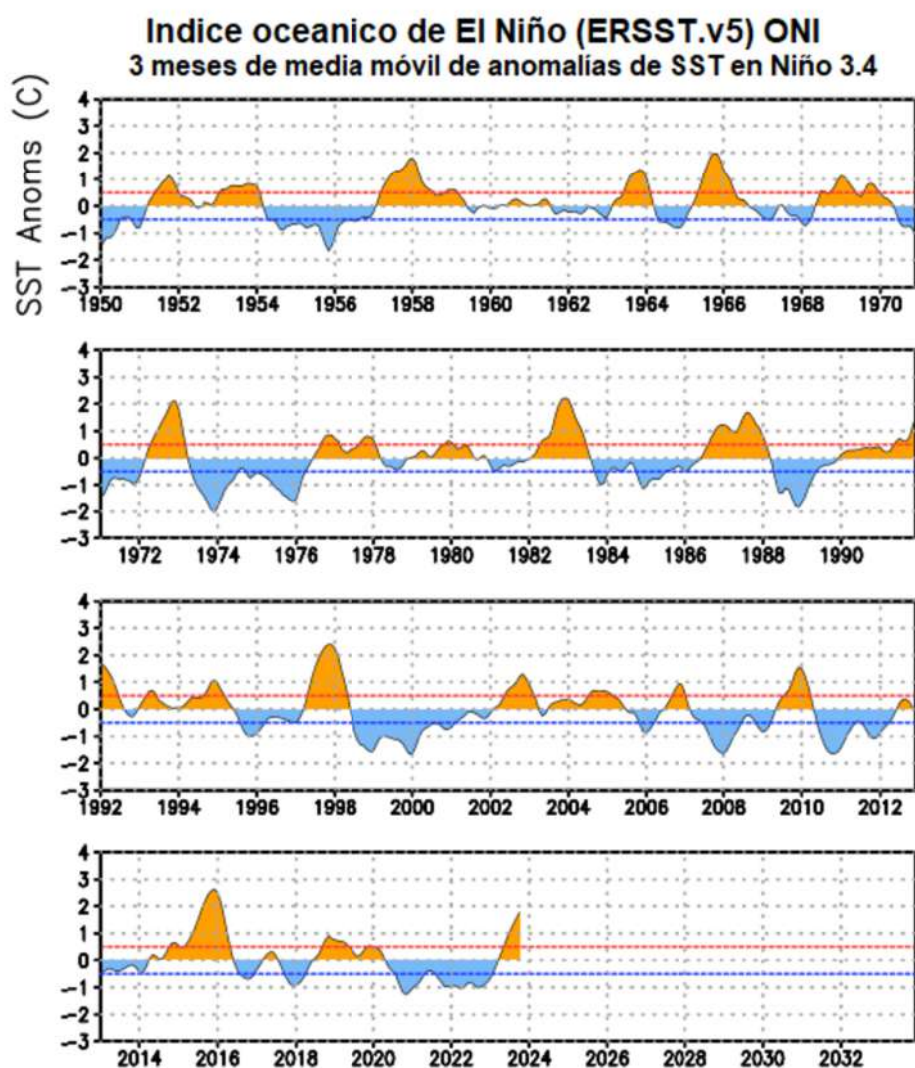


Figura 2 - Índice ONI desde 1950 (fuente: NOAA)



AÑO	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
2010	1.5	1.2	0.8	0.4	-0.2	-0.7	-1.0	-1.3	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.0	-1.1	-1.0
2012	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7
2015	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4	2.6	2.6
2016	2.5	2.1	1.6	0.9	0.4	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-0.8	-1.0
2018	-0.9	-0.9	-0.7	-0.5	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.8	0.9	0.8
2019	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2
2021	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.7	-0.8	-1.0	-1.0
2022	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.9	-1.0	-1.0	-0.9	-0.8
2023	-0.7	-0.4	-0.1	0.2	0.5	0.8	1.1	1.3	1.6	1.8	1.9	

Tabla 1 - Valores del Índice ONI trimestral (Fuente: NOAA-EUUU)

Observando la tabla 1, los valores del índice ONI (Oceanic Niño Index) indican que desde el trimestre julio, agosto, setiembre 2020 y hasta el trimestre diciembre 2022 y enero, febrero 2023, estuvimos bajo la influencia de una fase fría o Niña (valores resaltados en azul). Coincidiendo la fase fría con el período prolongado de déficit de lluvias sobre Uruguay, entendiendo que no fue el único factor responsable de la sequía meteorológica. A partir del trimestre abril, mayo, junio 2023 ingresamos a una fase cálida o Niño (valores resaltados en rojo).



Figura 3 - Períodos y zonas con anomalías de precipitación asociadas a la fase fría del ENSO (Niña) sobre Sudamérica (Fuente: IRI)



Evolución de los indicadores de sequía meteorológica del 2020 al 2023

Se destaca que los últimos 4 años (en color rojo en la figura 4), han sido extremadamente secos siendo el tercero más seco el 2020 (914 mm), el décimo primero más seco el 2021 (1108 mm), el décimo más seco el 2022 (1086 mm) y el décimo quinto el 2023 (1189 mm), de la serie 1981-2023.

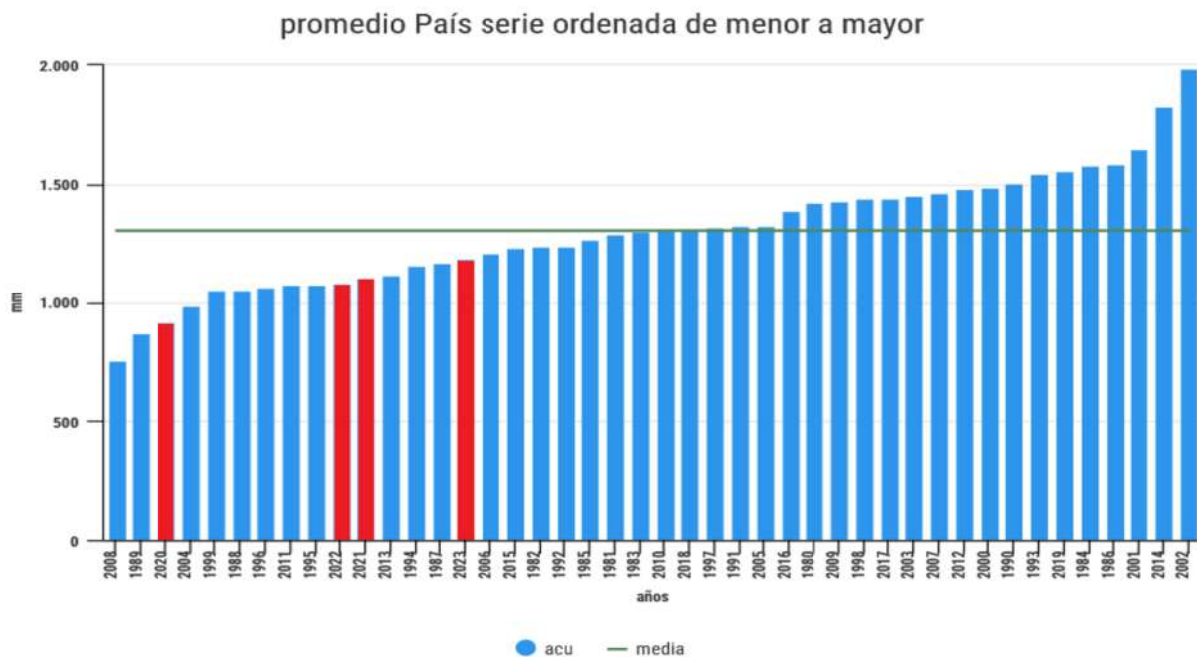


Figura 4 - Precipitaciones acumuladas anuales sobre Uruguay, ordenadas de menor a mayor en 1980-2023.

Haciendo un estudio para la Estación Meteorológica del Prado (Ciudad de Montevideo), en el período 1900-2023, utilizando acumulados de cuatro años móviles y ordenando la serie cronológicamente, se observa que en 2020-2021-2022-2023 los acumulados alcanzaron valores de 3341 mm, siendo este acumulado el más bajo de la serie desde 1915-1916-1917-1918.

Por lo tanto, el período de retorno (empírico) de un evento similares características en dicha estación, es de 114 años.

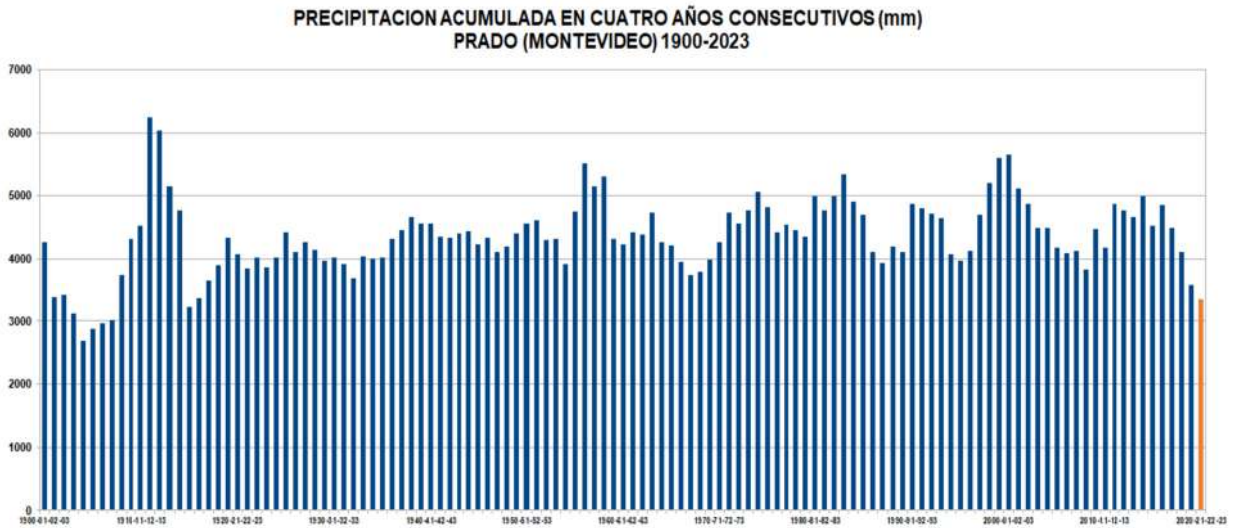


Figura 5 - Precipitación acumulada en 4 años móviles en la Estación meteorológica Prado (Montevideo).

Porcentaje de precipitación normal (PPN)

El análisis de las anomalías de precipitación expresadas en porcentaje, del valor de referencia (1991-2020) para la precipitación acumulada anual de 2020, 2021, 2022 y 2023, como se aprecia en la figura 6; la cual fue construida en base a un valor aproximado de 250 estaciones pluviométricas convencionales; indican que, en 2020, 2021, 2022 tuvimos deficiencias de precipitación sobre todo el país, mientras en 2023 las mismas se mantuvieron en el sur y suroeste.

Durante 2020, las máximas deficiencias estuvieron en la zona Suroeste (Colonia y Soriano, principalmente) y en el extremo Sur (sur de Canelones), donde superaron el -50% mientras que el resto del territorio nacional promedió entre -25% y -50%.

En el 2021, las máximas deficiencias oscilaron entre un -25% y -50% en el litoral Oeste y Centro-Sur (Artigas, Salto, Paysandú, Rio Negro, Soriano, Durazno, Flores, Florida, Colonia, San José, Canelones y Montevideo, principalmente). En algunas localidades de Soriano y Colonia se observaron deficiencias mayores a -50%.

Durante 2022, las máximas deficiencias estuvieron en el extremo Sur y Suroeste del Uruguay (Colonia, San José, Canelones y Florida).

En 2023, las deficiencias más importantes, se ubicaron en el extremo sur y suroeste, afectando los Departamentos de Soriano, Colonia, San José, Canelones, Montevideo, Florida, sur de Lavalleja y sur Maldonado, con valores de déficit entre -50% y -25%. Solo algunas regiones de Salto,



Tacuarembó, Rivera, Cerro Largo y Treinta y Tres experimentaron desvíos positivos entre +25% y +50%.

Cabe destacar, que interpretar la sequía meteorológica exclusivamente en función de la magnitud del déficit de precipitaciones, puede resultar arriesgado, debido a que la climatología de la precipitación varía entre diferentes regiones geográficas y escalas temporales.

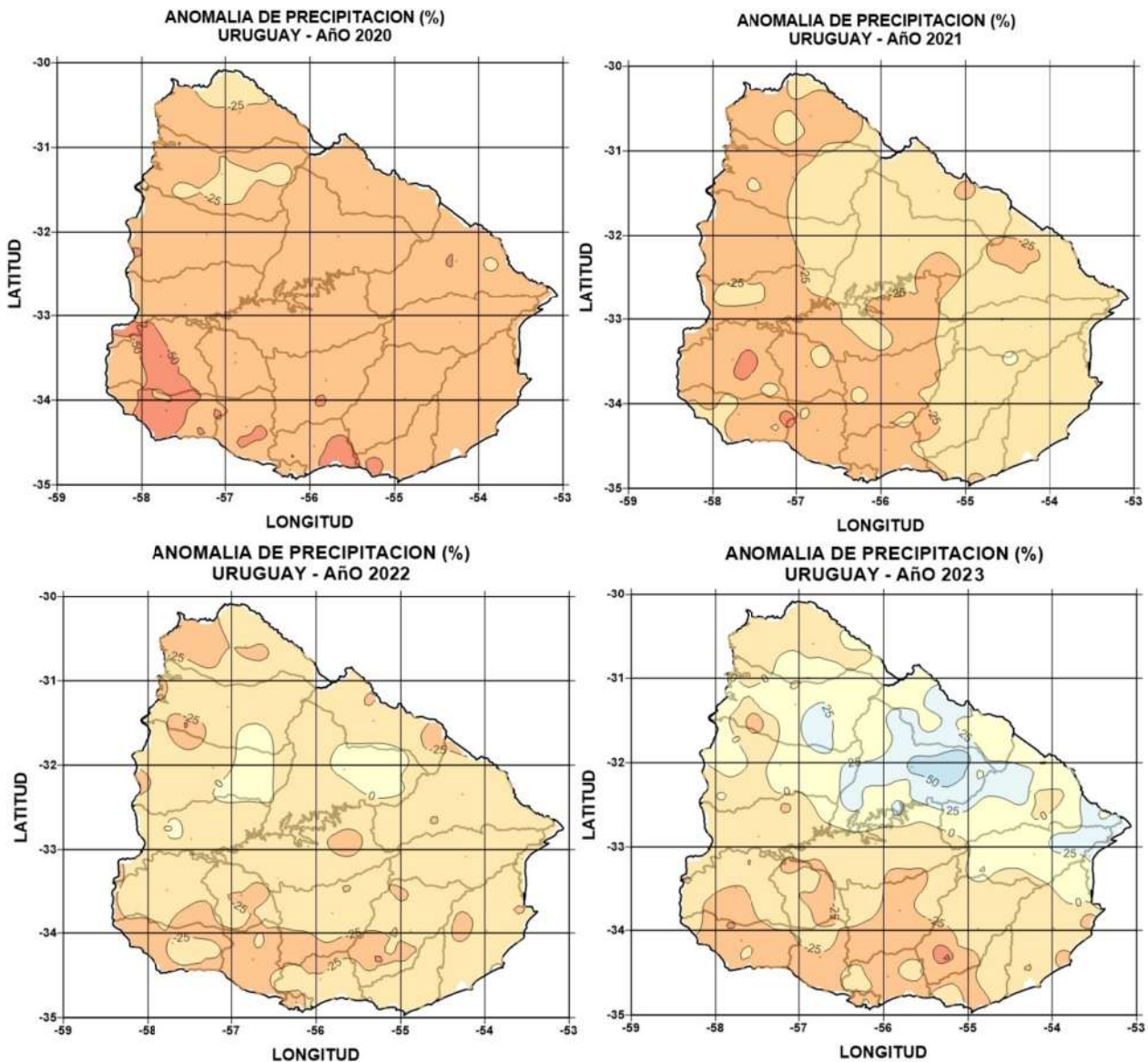


Figura 6 - Porcentaje de la precipitación normal para el 2020, 2021, 2022 y 2023.



Índice estandarizado de precipitación

El Índice Estandarizado de Precipitación (IPE o SPI en inglés), es un índice ampliamente aceptado para la cuantificación de la sequía. De hecho, el SPI fue recomendado a través de la Declaración de Lincoln sobre la Sequía, como el índice preferido internacionalmente para la sequía meteorológica (Hayes et al., 2011). El SPI aborda específicamente la intensidad de la sequía meteorológica o déficit de precipitaciones.

La escasez de precipitaciones es una métrica fundamental e intuitiva de la sequía, quizás la descripción más básica posible. Las categorías para el IPE son:

CLASIFICACIÓN DEL IPE

IPE	CATEGORÍA
-2.00 o menor	Extremadamente seco (sequía extrema)
-1.50 a -1.99	Muy seco (Sequía severa)
-1.00 a -1.49	Moderadamente seco (Sequía moderada)
-0.50 a -0.99	Ligeramente seco
0.49 a -0.49	Normal
0.50 a 0.99	Ligeramente húmedo
1.00 a 1.49	Moderadamente húmedo (exceso moderado)
1.50 a 1.99	Muy húmedo (exceso severo)
2.00 o mayor	Extremadamente húmedo (exceso severo)

Basados en el denominado Índice de precipitación estandarizado (IPE), hemos seleccionado el IPE12 (Índice estandarizado de precipitación) para 12 meses (enero-diciembre) y este indica que el año 2020 fue muy seco (sequía severa) en casi todo el país, mientras que 2021 fue ligeramente seco y afectó el litoral Oeste y Centro-Sur. El año 2022 también fue seco en casi todo el territorio nacional con categoría de sequía severa en el Sur y Suroeste. Situación que comienza a cambiar durante 2023, cuando se sale de la situación de sequía en el Noreste, mientras se mantiene la sequía sobre el extremo Sur y Suroeste de Uruguay (figura 7).

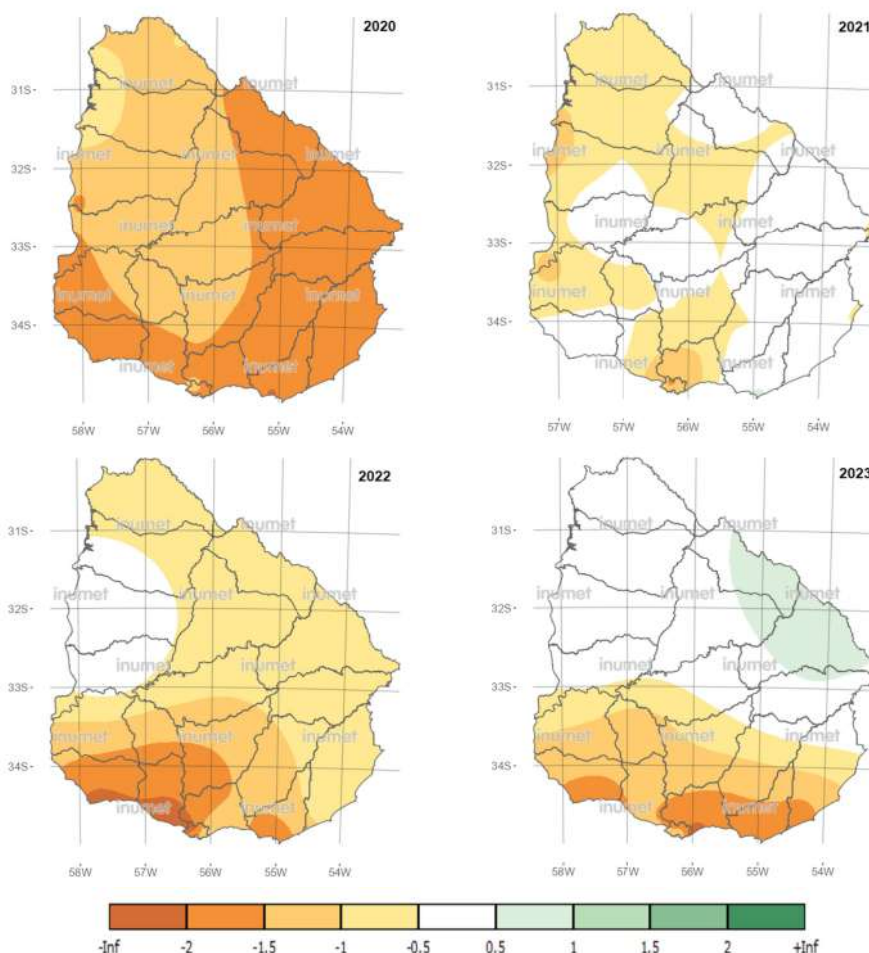


Figura 7 - Índice estandarizado de precipitación de 12 meses, para el 2020, 2021, 2022 y 2023.

Índice estandarizado de precipitación y evaporación (SPEI)

Este índice (Vicente Serrano, 2010), incorpora al antes mencionado IPE, el comportamiento de la evaporación; siendo un indicador más adecuado para climas cálidos o para la estación veraniega en latitudes templadas.

El SPEI12 (12 meses de enero a diciembre) sobre Uruguay, entre el año 2020 y el 2023 (figura 8), ha tenido un comportamiento similar al IPE12, no obstante, se observan diferencias en los valores en la mitad norte del país para 2021 y 2022, con desvíos negativos más acentuados que el IPE12.

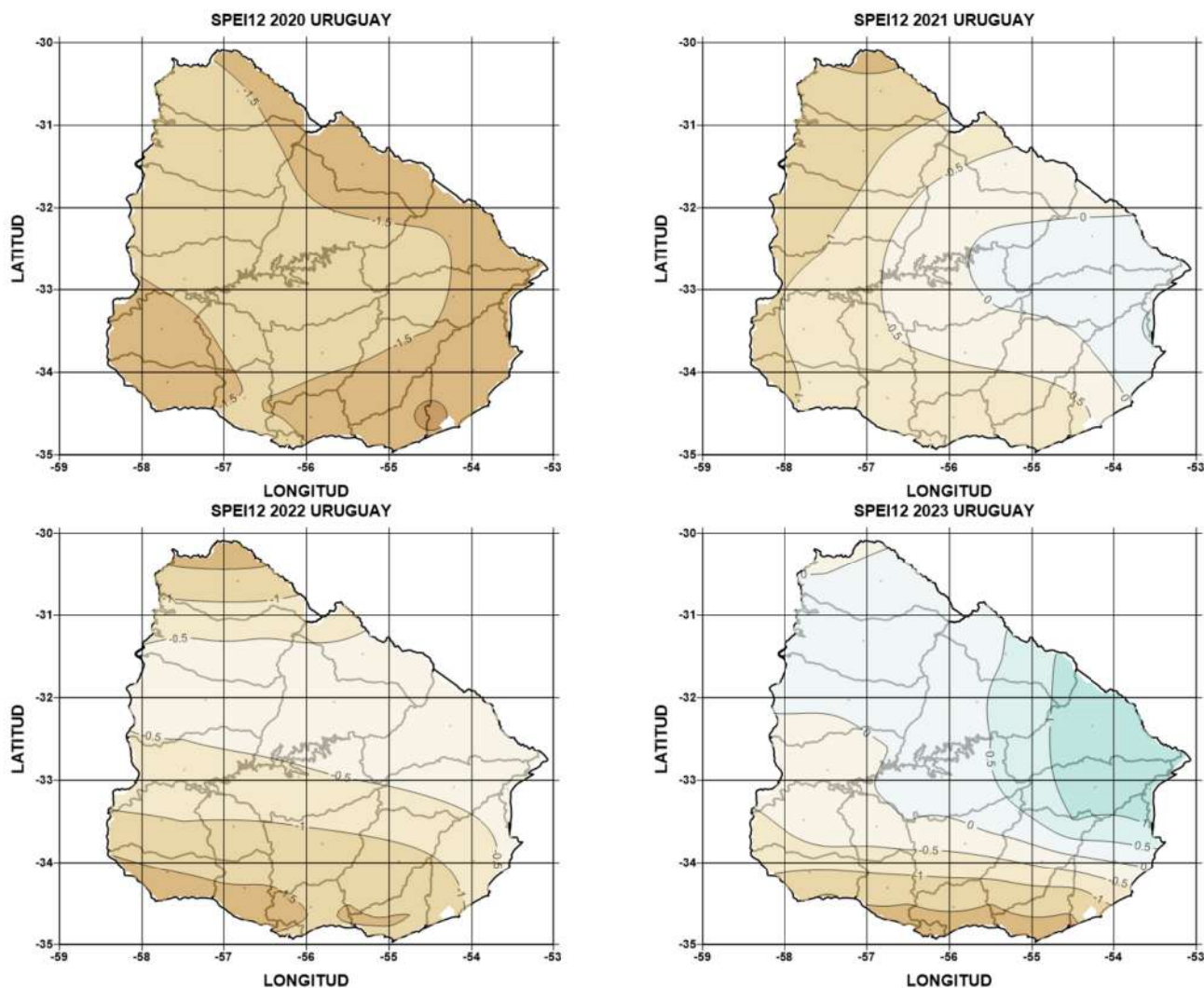


Figura 8 - Índice de precipitación y evaporación IPE12 para 2020, 2021, 2022 y 2023.

Evolución sobre Uruguay del Índice de precipitación (IPE3), considerándolo en forma trimestral para definir la sequía meteorológica.

En el análisis del promedio del IPE3, entre enero 2020 y diciembre 2023; se destaca que todo el país (figura 10), estuvo la mayor parte del período bajo condiciones de sequía, en un total 28 meses sobre 45 (62 %) de los meses.

Desde abril 2022 hasta setiembre 2023, fue el periodo más prolongado con 17 meses consecutivos de sequía. Entre enero y febrero 2023 se alcanzaron los valores mínimos absolutos del período



con valores extremos de -2.1 y -2.2 de anomalías respectivamente (sequía extrema) a nivel nacional. A partir de marzo 2023 el índice fue evolucionando con una lenta normalización, hasta llegar al último trimestre del 2023, alcanzando por primera vez valores positivos del índice.

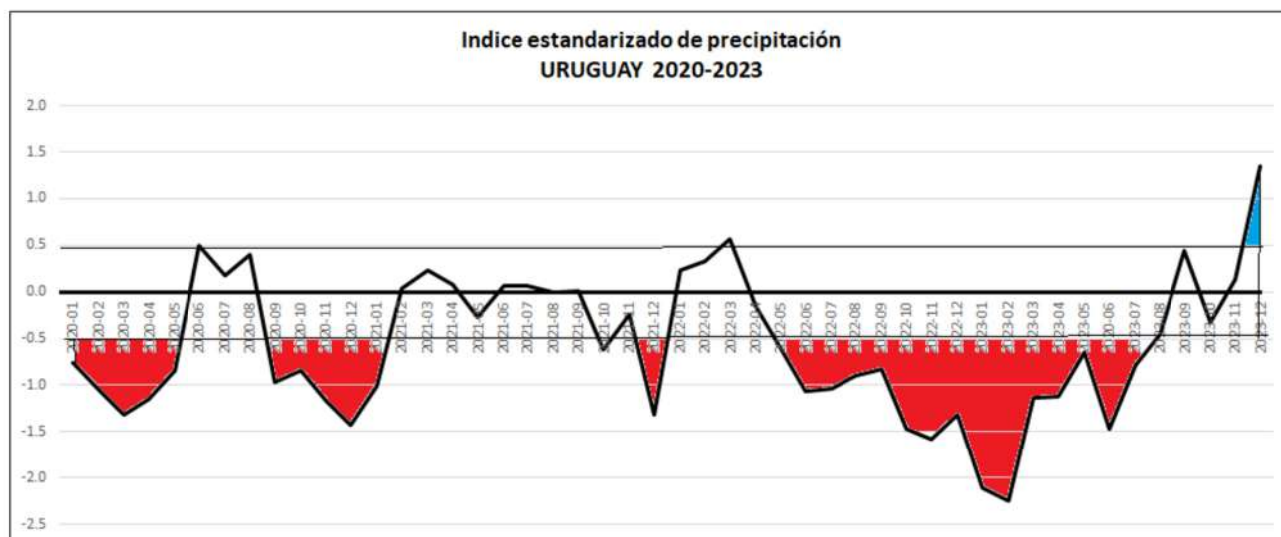


Figura 10 - Índice estandarizado de precipitación (IPE3), promedio sobre todo Uruguay, entre enero 2020 y diciembre 2023.

Caso de estudio: cuenca del río Santa Lucía

La Cuenca del río Santa Lucía es de importancia estratégica, ya que es la principal fuente de abastecimiento hídrico y provee de agua potable al 60% de la población de todo el país.

En la cuenca del Río Santa Lucía Chico se localiza la reserva de Paso Severino, con un embalse de 20 km² de superficie, con 70 millones de m³ de volumen, que recoge aguas en un área de drenaje de 2500 km² (departamento de Florida). El embalse posibilita el control del caudal que se destina aguas abajo, para abastecer a la planta purificadora de OSE, localizada en Aguas Corrientes (departamento de Canelones).

El análisis del índice estandarizado de precipitación, promediado en 3 meses (IPE3), entre enero 2020 y diciembre 2023, sobre la cuenca del río Santa Lucía, indica que, en la mayor parte del período, hemos estado bajo condiciones de sequía (ligera, moderada, severa o extrema), en un total de 31 meses (69% del período).



Desde abril 2022 a setiembre 2023, fue el periodo más prolongado con 17 meses consecutivos de sequía. En febrero 2023 se alcanzó el mínimo absoluto del periodo con un valor extremo de -2.9 (sequía extrema), y el mismo fue evolucionando, en una lenta normalización, con altibajos, hasta llegar a setiembre 2023, cuando alcanzamos, por primera vez en 17 meses, valores positivos del índice.

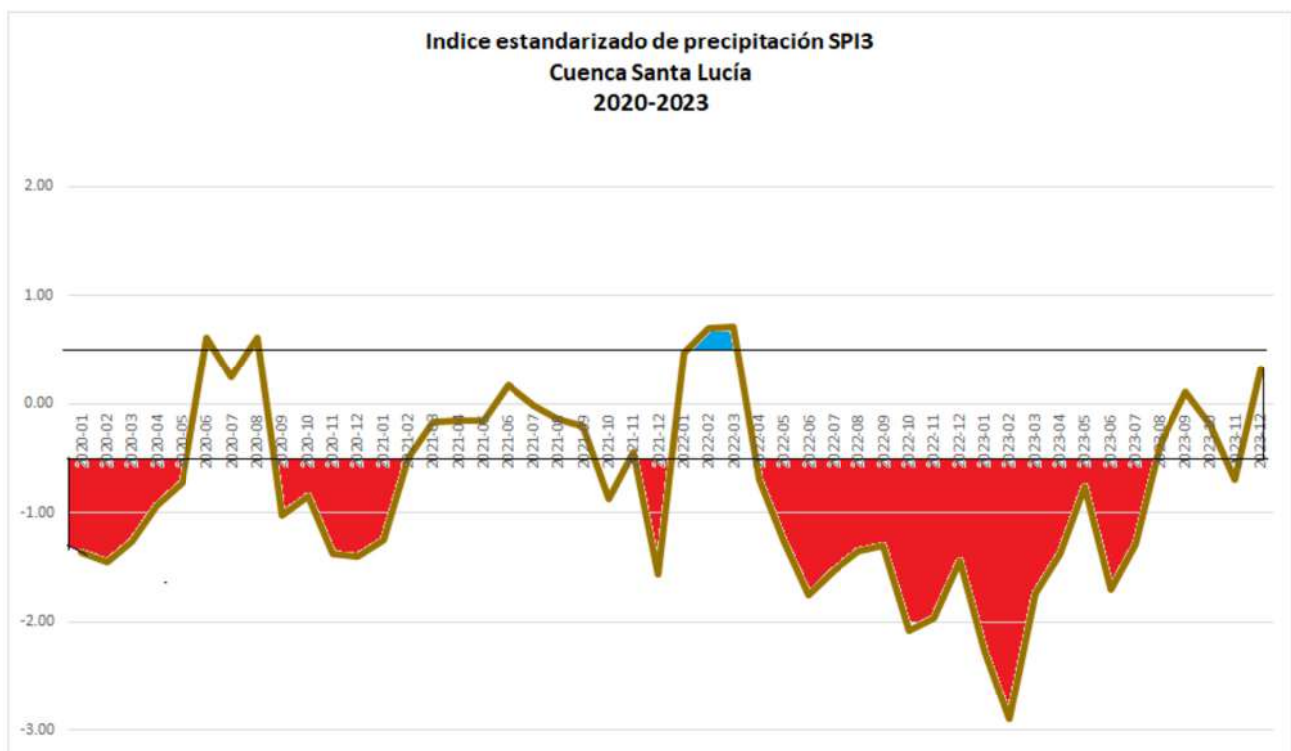


Figura 11 - Índice estandarizado de precipitación (IPE3), para la cuenca de Santa Lucía, entre enero 2020 y diciembre 2023.

Conclusiones

En lo referente a la periodicidad de los eventos con déficit pluviométrico de magnitud similar al registrado para 2020-2023, se puede mencionar que son verdaderamente excepcionales dentro del periodo de referencia analizado. Existen indicios de que se presentan periodos extensos de déficit pluviométrico cada 10 años aproximadamente y que se presentan agrupados (en general) de a 2 años consecutivos (Caffera, 1989).

Analizando la serie más extensa disponible de precipitación en la Estación de Prado (ciudad de Montevideo), observamos que el evento 2020-2021-2022-2023, fue el más importante desde 1915-1916-1917-1918, por tanto, el período de retorno de un evento similar en dicha estación, es de 114 años.



Los estudios de variabilidad climática, indican que la teleconexión entre el fenómeno ENOS ("El Niño-Oscilación Sur") y la precipitación regional, produce meses anormalmente secos entre octubre y marzo, cuando existe una situación de fase fría del fenómeno de El Niño, denominada La Niña (Ropelewski y Halpert, 1989). No se puede concluir que los episodios de déficit pluviométrico están explicados solamente por el fenómeno ENOS, son necesarios estudios más exhaustivos de los efectos de la variabilidad y cambio climático sobre el país y la región (Arias, 2023).

La zona centro de Uruguay, es la que posee mayor variabilidad en la precipitación de un año para el otro; mientras la zona norte y noreste, tiene una mayor correlación de las precipitaciones con el ENSO, y sufre con más intensidad la sequía en los meses de verano. Sin embargo, en este evento de sequía 2020-2023 la mayor intensidad y duración ha sido en el sur y suroeste del país.

De punto de vista del monitoreo de las potenciales deficiencias de agua en los suelos, sería más conveniente, seguir la evolución del índice meteorológico combinado de precipitación y evaporación (SPEI), junto con un índice agronómico como el PAD (porcentaje de agua en los suelos) derivado del balance hídrico, en escalas de 3 o más meses consecutivos.

En la figura 12 (izquierda), vemos el IPE3 del último trimestre del año 2023 (octubre, noviembre y diciembre), el cual ha mostrado por primera vez desde el trimestre abril, mayo y junio de 2020, condiciones del IPE normal (suroeste) o por encima de lo normal (litoral oeste), por lo tanto, desde el punto de vista climático **ha finalizado la sequía meteorológica (2020-2023) en todo el Uruguay.**

También cabe destacar también en la figura 12 (derecha); analizando el IPE1 (mensual) del mes de diciembre 2023, fue el primer mes con anomalías positivas (excedente hídrico) en todo el país desde el mes de junio 2020.

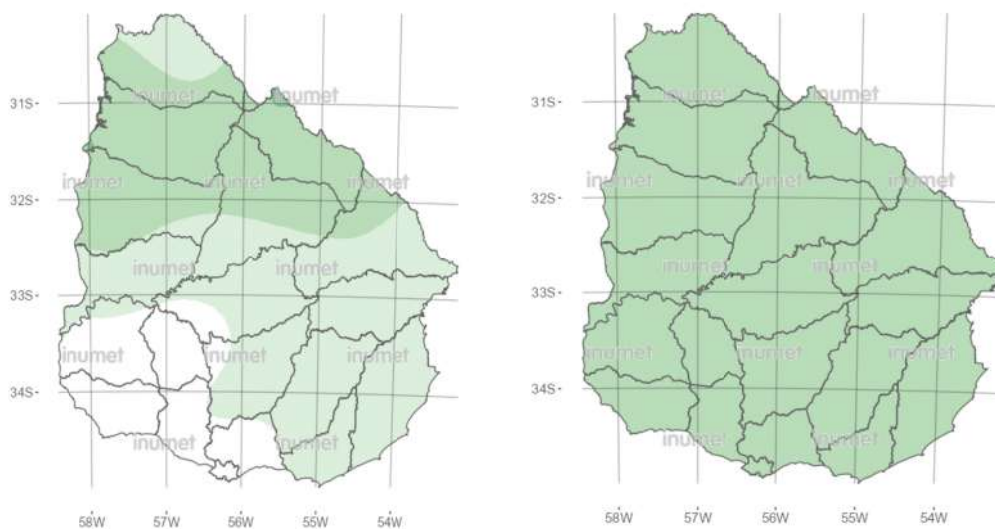


Figura 12 - Índice de Precipitación estandarizado: (izq.) IPE3 de octubre a diciembre 2023, (der.) IPE1 de diciembre 2023.



Referencias

Arias Paola A., Juan Antonio Rivera, Anna A. Sörensson, Mariam Zachariah, Clair Barnes, Sjoukje Philip, Sarah Kew, Robert Vautard, Gerbrand Koren, Izidine Pinto, Maja Vahlberg, Roop Singh, Emmanuel Raju, Sihan Li, Wenchang Yang, Gabriel A. Vecchi, Friederike E.L. Otto. World Weather Attribution. 2023. **Vulnerability and high temperatures exacerbate impacts of ongoing drought in Central South America.**

<https://www.worldweatherattribution.org/wp-content/uploads/WWA-Argentina-Uruguay-drought-Scientific-Report.pdf>

Caffera R.M., M.Bidegain, J.G.Pedrosa. 1989. **Informe Técnico sobre la Sequía 1988-1989. Recurrencia de las anomalías negativas de la precipitación**, Fac. Hum. y Ciencias, UdelaR Montevideo.

Carvalho Leila M. V., Charles Jones, and Brant Liebmann. 2004. **The South Atlantic Convergence Zone: Intensity, Form, Persistence, and Relationships with Intraseasonal to Interannual Activity and Extreme Rainfall.** 17, 88–108 .

Hayes M., M.Svovoda, N.Wall, M.Wilhelm. 2011. **The Lincoln Declaration on Drought Indices: Universal Meteorological Drought Index Recommended.** BAMS. Vol 92.4.

INUMET. **Sequía Meteorológica en Uruguay 2020-2023.**14. Febrero 2023. [https://www.inumet.gub.uy/sites/default/files/2023-02/Sequ%C3%ADa%2020%20a%202023%20Uruguay%20Inumet%201.pdf](https://www.inumet.gub.uy/sites/default/files/2023-02/Sequ%C3%ADa%202020%20a%202023%20Uruguay%20Inumet%201.pdf)

INUMET. **Informe Sequía Meteorológica 2020-2023 (actualización).** Mayo 2023. <https://www.inumet.gub.uy/sala-de-prensa/noticias/informe-sequia-meteorologica-2020-2023-actualizacion>

IRI **¿Qué cambios en la precipitación son típicos durante La Niña?** 2023. <https://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/IFRC/FIC/laninarain.html>

NOAA. **Climate Variability: Oceanic Niño Index.** 2023. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-oceanic-nino-index>

Organización Meteorológica Mundial. 1992. **La Conferencia Mundial sobre el Clima.** Boletín de la OMM, XXVIII. N° 3. Ginebra, Suiza.

Ropelewsky C. y M.S. Halpert. 1989. **Precipitation Patterns associated with the High index phase of the Southern Oscillation.** J. of Climate. Vol.2.

Toreti, A., Bavera, D., Acosta Navarro, J., Arias Muñoz, C., Barbosa, P., de Jager, A., Di Ciollo, C., Fioravanti, G., Grimaldi, S., Hrast Essenfelder, A., Maetens, W., Magni, D., Masante, D., Mazzeschi, M., McCormick, N., Salamon, P., Spinoni, J., **Drought in South America.** April 2023, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:10.2760/873366, JRC133788.



Instituto Uruguayo de Meteorología

Área de Meteorología y Clima para la Sociedad
Dirección

Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S., & López-Moreno, J.I. 2010a. **A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index.** *Journal of Climate*, 23, 1696-1718.

Informe elaborado por:

Met. Néstor Santayana
Director
Meteorología y Clima para la Sociedad

MSc. Mario Bidegain
Asesor Técnico
Directorio del INUMET

Área de Meteorología y Clima para la Sociedad
Instituto Uruguayo de Meteorología

*Informe elaborado por el INUMET, único de carácter oficial en la
República Oriental del Uruguay (Artículo 4° de la Ley 19.158)*

inumet

Instituto Uruguayo de Meteorología
Dr. Javier Barrios Amorin 1488. CP 11200
www.inumet.gub.uy
Montevideo - Uruguay