

## Situación actual de la sequía hidrológica en Cuenca Río Uruguay

*Elaborado por: Ing. José Rodolfo Valles León MSc.  
Fecha: 29 de junio 2020*

---

### 1. Introducción

En este documento se pretende brindar una descripción y caracterización de la situación actual de la sequía que está afectando en la cuenca del río Uruguay. Para lo anterior se realizó el análisis de los productos generados por el Sistema de Información sobre Sequías para el sur de Sudamérica (SISSA), el cual es una institución virtual que funciona en el marco del Centro Regional del Clima para el sur de América del Sur (CRC-SAS). Asimismo, se presenta el análisis en los caudales registrados en el cauce principal del río Uruguay, las cuales pertenecen a Comisión Técnica Mixta (CTM) Salto Grande.

Entre los productos utilizados del SISSA se encuentra los percentiles y el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) para escala temporal de 12 meses. Estos índices de precipitación para sequía son generados a partir del producto CHIRPS, el cual combina estimaciones satelitales con datos in situ. La escala mensual de 12 meses permite identificar mayormente sequía del tipo hidrológica, es decir aquel tipo de sequía relacionada con periodo de caudales circulantes por cursos de agua o de volumen en embalses por debajo de lo normal.

Los índices mencionados anteriormente están basados en los datos de precipitación, los cuales permiten dar una idea del comportamiento espacial de la sequía hidrológica. Sin embargo, se debe tener un índice que caracterice la sequía hidrológica en un curso de agua utilizando niveles, caudales o volúmenes de escurrimiento. Para lo anterior se propuso utilizar el Índice Estandarizado de Escurrimiento (SDI, por sus siglas en inglés), el cual es utilizado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en México. El índice SDI fue propuesto por Nalbantis y Tsakiris (2008) con la finalidad de generar un índice que no fuera computacionalmente demandante y que lidiaría con la falta de datos. Adicionalmente, la sequía hidrológica la definió en base a un déficit hídrico con respecto a sus condiciones normales, la cual es caracterizada por cuatro atributos:

- a) La severidad expresada con un índice de sequía
- b) El tiempo de inicio y duración
- c) La extensión areal
- d) La frecuencia de ocurrencia

Para el cálculo del SDI se asume que una serie temporal de caudales mensuales  $Q_{i,j}$  está disponible, en donde  $i$  muestra el año hidrológico y  $j$  representa el mes dentro de ese año hidrológico ( $j = 1$  para Abril y  $j = 12$  para Diciembre). Se conoce que en Uruguay el año hidrológico empieza en el mes de abril ya que es el mes en el que mayoritariamente empiezan a registrarse escurrimientos superiores al promedio anual (División Recursos Hídricos - Departamento de Hidrología, 2012)

2. Índice de Sequía en base a precipitaciones en la cuenca del río Uruguay

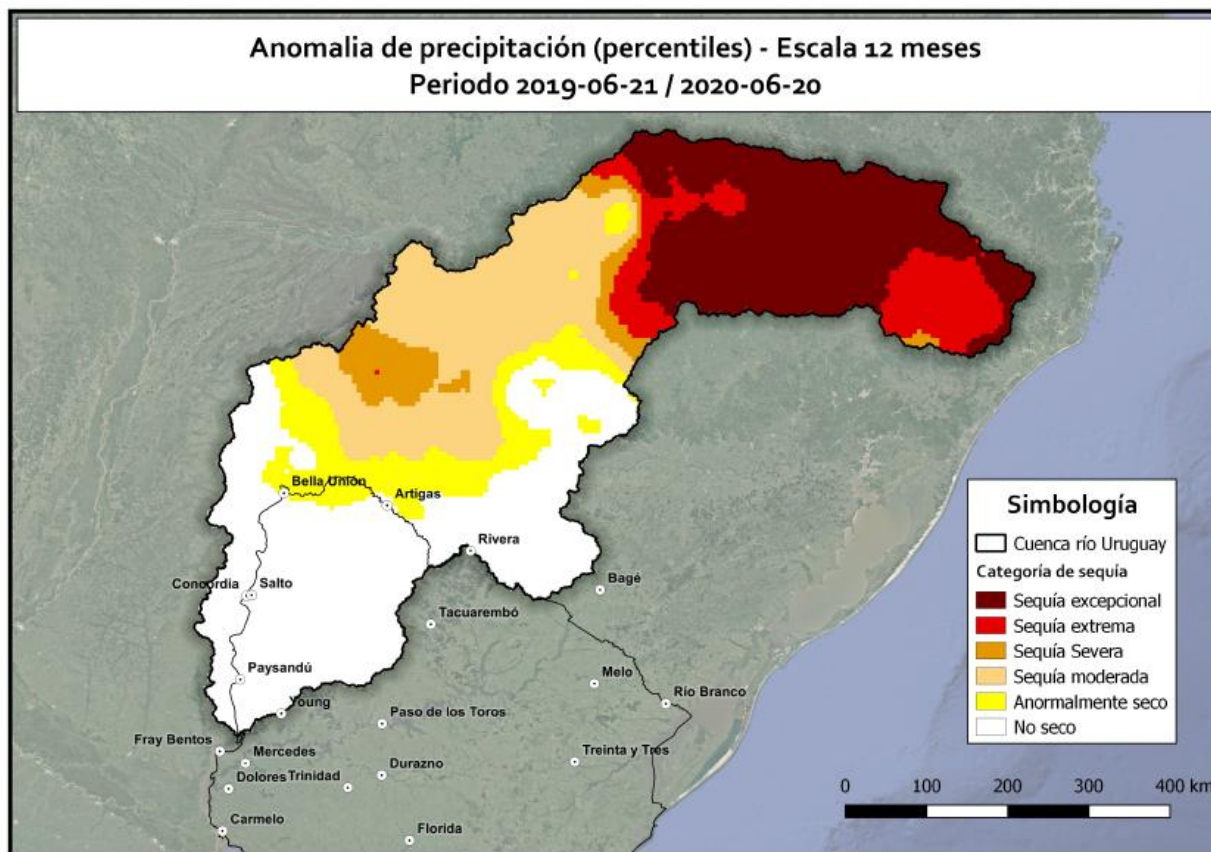


Figura 1. Anomalía de precipitación de una escala de 12 meses en la cuenca del río Uruguay.

La figura 1 muestra los percentiles de precipitación de una escala de 12 meses para la cuenca del río Uruguay. El periodo actual utilizado ocurre entre el 2019-06-21 hasta el 2020-06-20, en el cual nos indica la anomalía de precipitación del periodo actual de 12 meses, comparado con un periodo de referencia fijo de una serie climática histórica. Es decir, este producto permite responder la interrogante sobre qué tan anómalo está la precipitación del periodo actual comparado con su climatología. Estos valores de percentiles fueron categorizados en base a los rangos de monitor de sequía de Estados Unidos, los cuales se detallan a continuación.

Tabla 1. Categorización de sequía en base a los percentiles de precipitación. Fuente: [US Drought Monitor](#).

Categoría	Descripción	Posible impactos	Percentiles
	No seco	-	Mayor a 30
	Anormalmente seco	Algunos déficit de agua persistentes	21 a 30
	Sequía moderada	Algunos déficit desarrollándose o inminentes	11 a 20
	Sequía severa	Déficit hídrico común	6 a 10
	Sequía extrema	Restricciones de uso y déficit hídrico extendido	3 a 5
	Sequía excepcional	Déficit hídrico extendido y situaciones de emergencia	0 a 2

Adicionalmente, se observa que la parte alta de la cuenca del río Uruguay muestra una extensa área de sequía excepcional debido a las restricciones de lluvia observada en los últimos meses. Esto reduce el volumen de escurrimiento y los niveles de los cauces de los ríos y arroyos. La parte media de la cuenca muestra una sequía severa a moderada, la cual nos indicaría que los niveles del río Uruguay y sus afluentes estarían bajo lo normal pero sin ser catalogado como excepcional. La parte baja de la cuenca no muestra áreas prominentes de sequía, lo anterior debido a las precipitaciones registradas en los últimos meses que permitieron mejorar las condiciones de sequía en la zona.

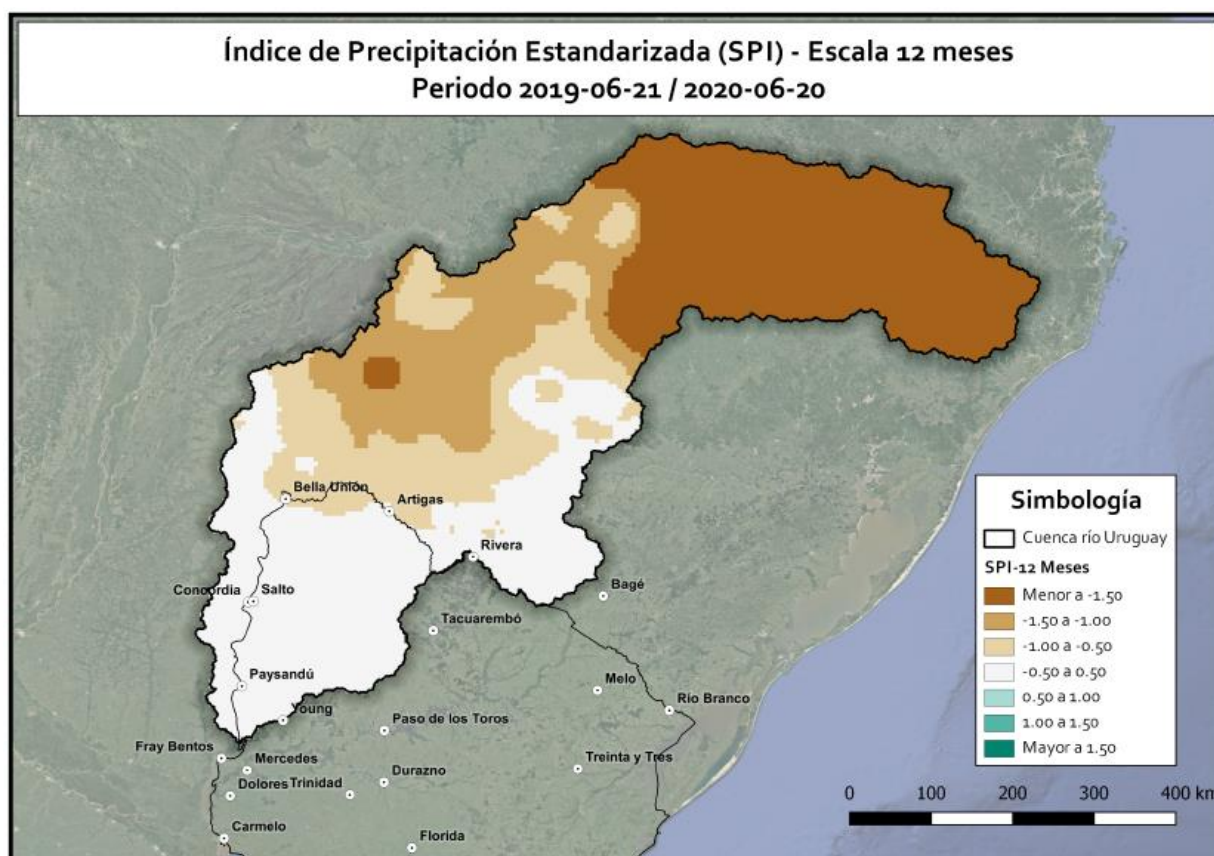


Figura 2. Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) para una escala de 12 meses en la cuenca del río Uruguay

Otro indicador sobre el estado actual de las precipitaciones y su efecto en los recursos hídricos superficiales, se puede observar en la figura 2, en donde se presenta el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en inglés) para una escala temporal de 12 meses. Este índice permite identificar áreas con déficit o superávit de precipitación. Para la cuenca del río Uruguay se confirma que la parte alta muestra un déficit de precipitación importante, el cual tendría un impacto en los recursos hídricos superficiales y subterráneos. En la parte baja de la cuenca, se observa un estado neutro, ya que las precipitaciones de los últimos meses (abril y mayo) lograron mejorar la condición de sequía.

Lo anterior representa únicamente una indicación de la sequía utilizando la variable precipitación. A continuación se presenta el análisis de sequía y sus efectos registrados en los puntos de medición hidrométrica de CTM-Salto Grande.

### 3. Índice de sequía por Esguerrimiento (SDI) en la cuenca del río Uruguay

Se recopiló datos de caudales mensuales de las estaciones de medición del río Uruguay que pertenecen a la Comisión Técnica Mixta (CTM) Salto Grande. Las estaciones fueron seleccionadas en base a la longevidad y consistencia de sus registros; además de estar ubicadas en puntos estratégicos del cauce del río Uruguay.

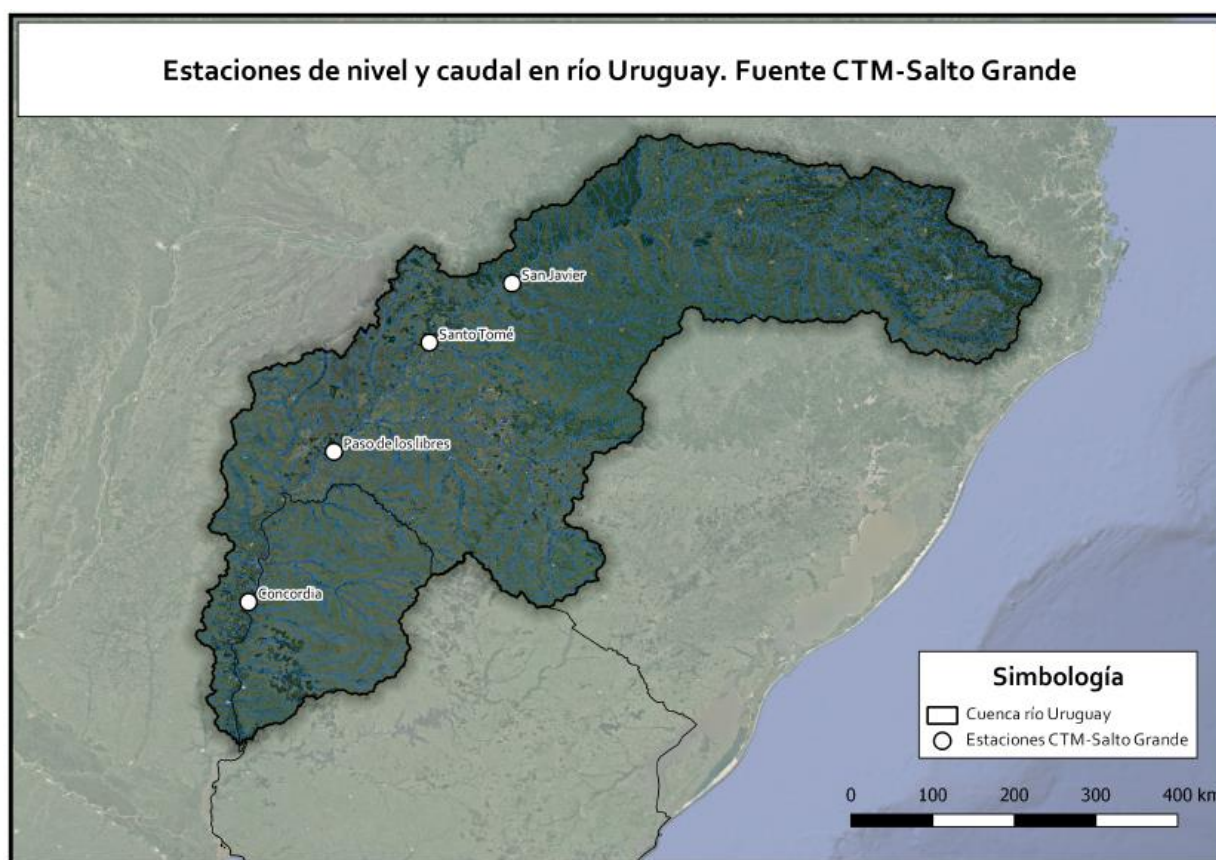


Figura 3. Estaciones de monitoreo de nivel y caudal en río Uruguay. Fuente: CTM Salto Grande

Se aplicó el Índice de Sequía por Esguerrimiento (SDI por sus siglas en inglés) para las cuatro estaciones de monitoreo y utilizando escala de agregación temporal de 1, 3 y 6 meses. A continuación se presentan los resultados por escala temporal

#### Escala temporal de 1 mes

En la figura 4 se muestra la caracterización temporal de la sequía en la estación Concordia hasta mayo de 2020. Los últimos dos valores de la gráfica nos indican que los meses de abril y mayo 2020 estuvieron por debajo de lo

normal con respecto a una serie histórica correspondiente a los meses de abril y mayo, es decir: el mes de mayo 2020 estuvo por debajo con respecto a todos los caudales del mes de mayo de un periodo histórico (1900 – 2019). Esta anomalía mensual nos indica que estaríamos ante una sequía moderada de acuerdo a la siguiente categorización.

Tabla 2 Definición de estados de sequía hidrológica basada en el SDI. (Nalbantis & Tsakiris, 2008)

Categoría	Descripción	Criterio	Probabilidad (%)
	No sequía	$SDI \geq 0.0$	50%
	Sequía leve	$-1.0 \leq SDI < 0.0$	34.1
	Sequía moderada	$-1.5 \leq SDI < -1.0$	9.2
	Sequía severa	$-2.0 \leq SDI < -1.5$	4.4
	Sequía extrema	$SDI < -2.0$	2.3

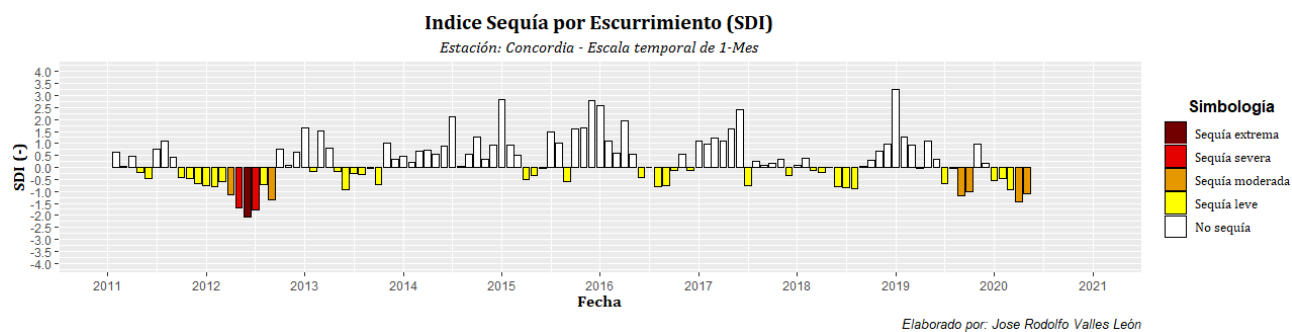


Figura 4. Índice SDI para la estación Concordia con escala temporal de 1 mes

Adicionalmente se presenta una matriz espacio-temporal para el cálculo del Índice de Sequía por Esguerrimiento (SDI) para la estaciones de nivel y caudal del río Uruguay y desde un periodo de 1900 hasta 2020. La figura muestra los periodos históricos de sequía, principalmente la ocurrida en 1916 y 1945. Lo anterior se puede confirmar en el siguiente [enlace](#).

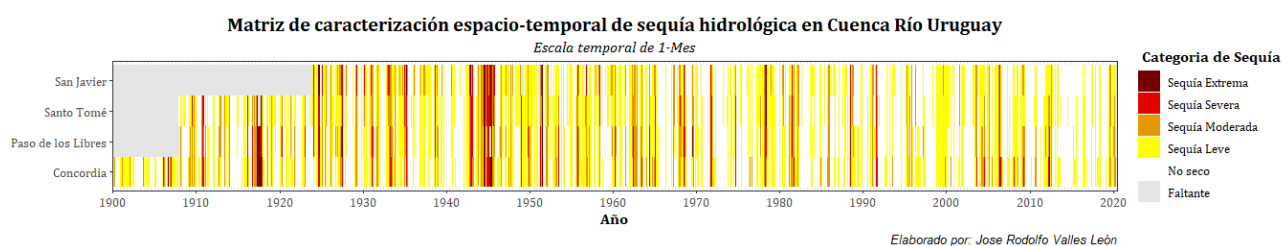


Figura 5. Matriz espacio-temporal del indicador SDI para categorización de bajantes en el río Uruguay

Con lo que respecta a los meses de abril y mayo 2020 se observa que estos meses están entre sequía leve y moderada en las cuatro estaciones de nivel y caudal de CTM Salto Grande. Sin embargo, esta escala temporal de 1 mes muestra mucha variabilidad y es muy difícil diferenciar entre una sequía hidrológica o un periodo seco, ya que la comparación se realiza de forma mensual.

Como forma resumen, a continuación se presenta en el siguiente mapa, la categorización del cálculo del SDI para las estaciones de nivel y caudal de CTM Salto Grande y una escala temporal de 1 mes. Se puede observar que el tramo del río Uruguay entre San Javier y Paso de los Libres, se tendría niveles que indicarían una sequía débil.

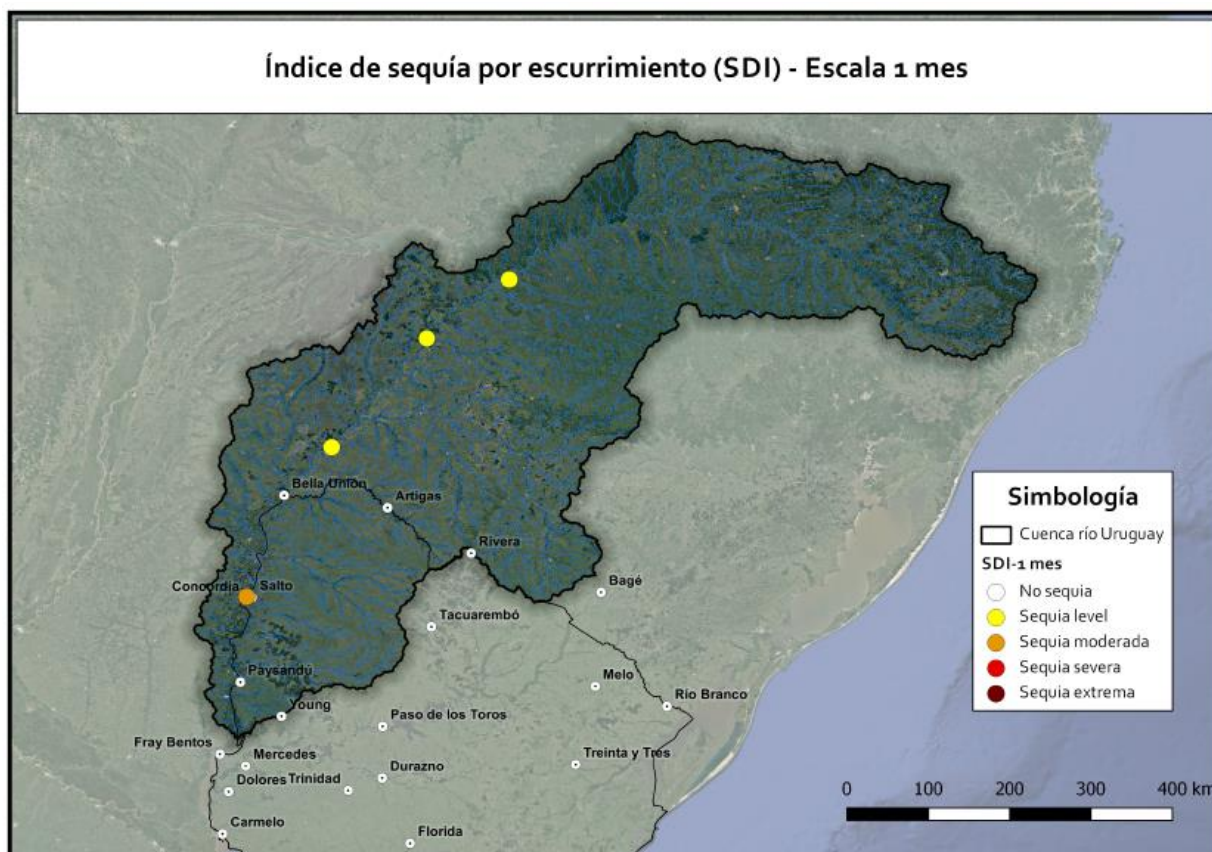


Figura 6. Índice Sequía por Escurrecimiento (SDI) en estaciones CTM Salto Grande y una escala temporal de 1 mes

### Escala temporal de 3 meses

La escala temporal de 1 mes muestra variabilidad en los resultados de los indicadores SDI, ya que se realiza la comparación entre meses y no toma el efecto agregado o acumulado. Lo anterior podría generar una errónea conclusión y pensar que la sequía ya se terminó con el desarrollo de días consecutivos de lluvia. Debido a lo anterior, se utiliza escala entre 3 a 12 meses para acumular el volumen de escurrimiento y compararlo con la serie histórica de misma escala. Para este caso, se decidió utilizar la escala de 3 meses en donde se compara el volumen acumulado de tres meses consecutivos actual (Marzo - Mayo 2020) con los valores históricos de volumen acumulado para el mismo periodo de meses.

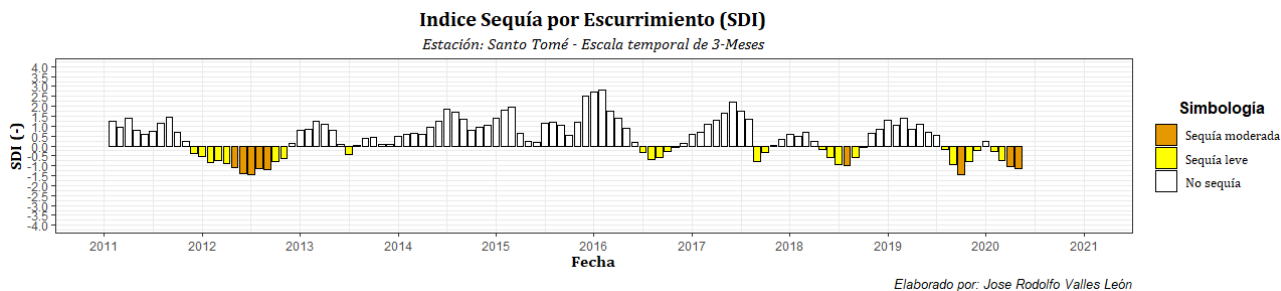


Figura 7. Índice SDI para la estación Santo Tomé con escala temporal de 3 meses

En la figura 7 se observa el SDI para la estación Santo Tomé con una escala temporal de 3 meses. Se observa que el indicador es más suavizado ya que se acumula los volúmenes mensuales de 3 meses consecutivos y los compara con el histórico. Además, se puede observar que en el año 2012 se tuvo una sequía moderada, la cual puede ser verificada en el siguiente [vínculo](#). Con lo que respecta a los meses actuales, se puede observar que en los meses de abril y mayo 2020 se tendría una sequía moderada, ya que los volúmenes trimestrales están muy por debajo de lo normal.

Asimismo se presenta la matriz espacio temporal para el cálculo del Índice de Sequía por Esguerrimiento (SDI) para la estaciones de nivel y caudal del río Uruguay, desde un periodo de 1900 hasta 2020 y una escala temporal de 3 meses. Se puede observar que las bajantes históricas (1945 y 1916) estarían catalogadas en sequía extrema. Lo anterior al ser comparada con los trimestres Febrero-Abril y Marzo-Mayo 2020, se estaría en desarrollo de una sequía moderada en el cauce principal del río Uruguay entre San Javier y Concordia.

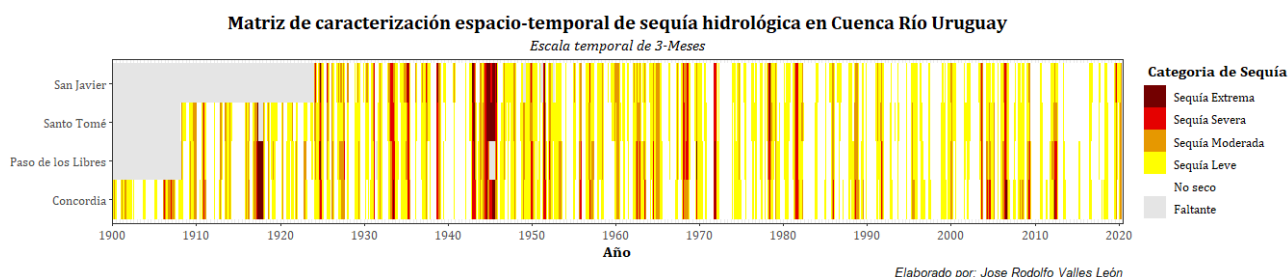


Figura 8. Matriz espacio-temporal del indicador SDI para categorización de bajantes en el río Uruguay

En la figura 9 se muestra la categoría de sequía hidrológica para una escala de 3 meses en las estaciones de medición de nivel y caudal en el río Uruguay para el periodo Marzo – Abril 2020. Se puede observar que las cuatros estaciones estarían en una sequía moderada debido al déficit de precipitación observada en los últimos meses.

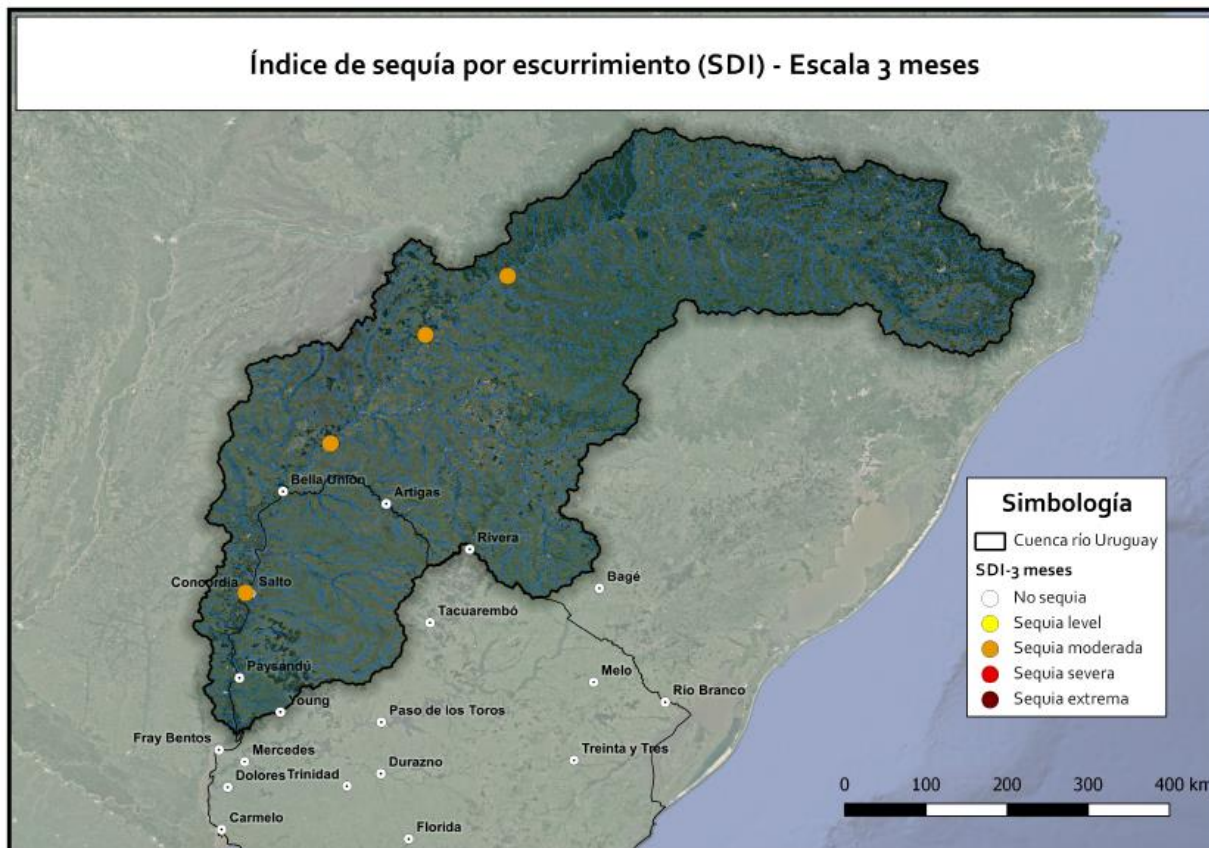


Figura 9. Índice Sequía por Escurrimiento (SDI) en estaciones CTM Salto Grande y una escala temporal de 3 meses

### Escala temporal de 6 meses

Adicionalmente a los resultados mostrados con el SDI en escala temporal de 3 meses, se realizó una acumulación de volúmenes semestrales para estimar que tan anómalo están los caudales con respecto a sus valores históricos. En la siguiente figura se presenta el SDI de 6 meses hasta el semestre Diciembre – Mayo 2020 y en la estación Paso de los Libres, se puede observar que en volúmenes acumulados de 6 meses, se tendría una sequía moderada lo cual podría tener impactos en flujos superficiales y subterráneos.

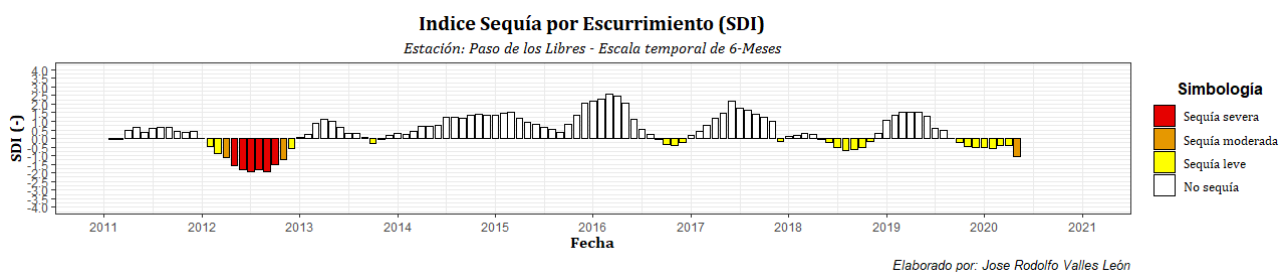


Figura 10. Índice SDI para la estación Paso de los Libres con escala temporal de 6 meses



De igual forma se presenta la matriz de caracterización espacio temporal para una escala de 6 meses. Para la situación actual (Diciembre 2019 – Mayo 2020) se puede observar que solamente Paso de los Libres y Concordia estaría en una sequía moderada y las estaciones restantes en una sequía leve con tendencia a una sequía moderada.

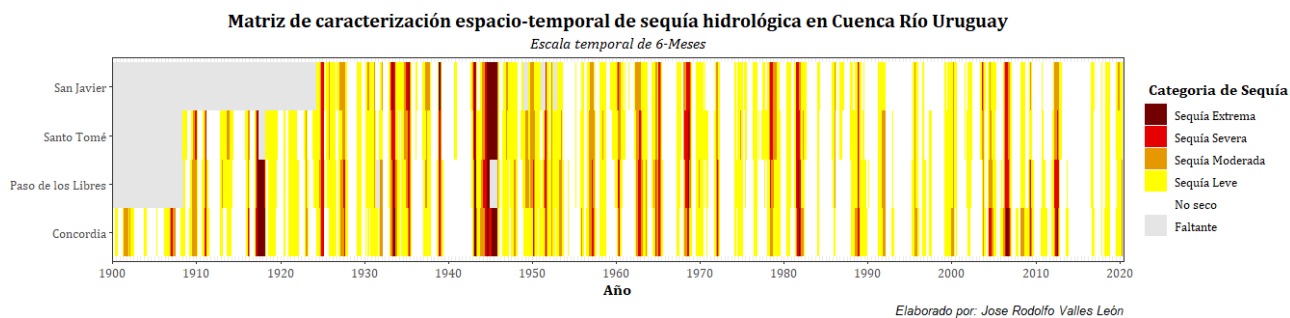


Figura 11. Matriz espacio-temporal del indicador SDI para categorización de bajantes en el río Uruguay

En la figura 12 se presenta la situación actual del semestre Diciembre 2019 – Mayo 2020, en donde se observa las bajantes moderadas en la parte baja de la cuenca y el desarrollo de sequía leve en la parte media.

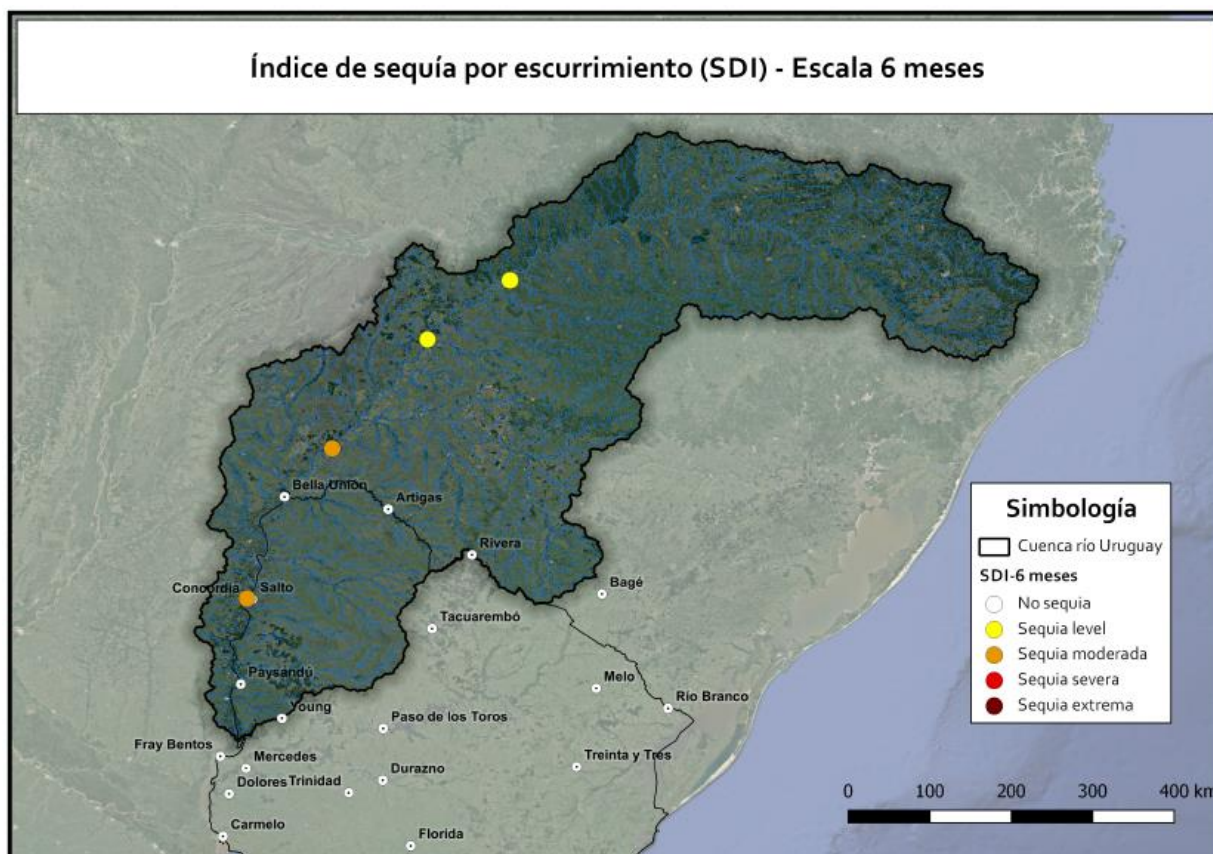


Figura 12. Índice Sequía por Esgurrimiento (SDI) en estaciones CTM Salto Grande y una escala temporal de 6 meses

Debido a la escala temporal de 6 meses, en este caso se podría estar viendo déficit hídrico tanto en flujo superficial como subterráneo. En síntesis, esta escala nos responde la interrogante sobre qué tan bajo están los volúmenes acumulados semestrales, comparado con el régimen histórico semestral en la estación.

#### 4. Resultados breves entrevistas con regionales DINAGUA

Se realizó un breve relevamiento con los regionales de DINAGUA para conocer la situación actual en lo que respecta las sequías y lo que podría necesitar de información para gestionar el recurso hídrico cuando se generan sequías. A continuación se presentan un breve punteo sobre lo comentado.

*Tabla 3. Resumen de comentarios relevados en las regionales de DINAGUA*

Regional	Situación actual	Comentario adicionales
<b>Salto</b>	Jose Pintos comentó que en los meses de verano observó muy bajo el nivel del río Uruguay. Sin embargo, desde hace un mes, se ha observado una mejoría tanto en el nivel del río como en precipitaciones.	
<b>San José</b>	Actualmente se tiene una situación de alerta por inundaciones en Santa Lucía. Sin embargo desde Febrero hasta mayo 2020 se tuvo niveles bajos en el Santa Lucía y la regional tuvo quejas informales de falta de agua.	
<b>Fray Bentos</b>	Según lo comentado por Mario Bustamante, se observó en Verano un nivel bajo del río Uruguay y el Río Negro. Sin embargo, la producción agrícola de la zona no sufrió tanto impacto por sequías debido a que no realizan tomas directas del río y en mayo se registraron precipitaciones en la zona; lo cual ayudó a rellenar los tajamares y tener disponibilidad hídrica en el suelo para los agricultores.	Como regionales lo que les faltaría de información para la gestión en situación de sequías, sería que se brindaran pronósticos y el monitoreo de las condiciones actuales. Esas capacidades no están desarrolladas en la regional actualmente.
<b>Durazno</b>	Actualmente se está en una situación de alerta por posibilidad de inundaciones en Durazno. Sin embargo, en los meses de verano se tuvo un régimen seco en la zona	
<b>Tacuarembó</b>	No se logró contactar a la regional.	

## 5. Conclusiones

En este breve reporte se realizó un análisis de las variables precipitación y caudal en la cuenca del río Uruguay, con la finalidad de conocer la situación actual de sequía en la cuenca. Como resultado se propuso la implementación de los productos generados del Sistema de Información de Sequía de Sur de Sudamérica (SISSA) ya que se brinda productos que podrían ayudar en el monitoreo de sequía hidrológica en el país. Adicionalmente, se brinda un análisis de las series de caudales mensuales en las estaciones San Javier, Santo Tomé, Paso de los Libres y Concordia, las cuales pertenecen a la red telemétrica de la Comisión Técnica Mixta (CTM) Salto Grande. Con estos datos, se utilizó un indicador de sequía hidrológica con la finalidad de caracterizar la situación actual en la cuenca. A continuación se presentan los siguientes puntos a tomar en consideración:

- a) Actualmente, se observa un déficit de precipitaciones severa en la parte alta de la cuenca del río Uruguay. La mayor parte de la cuenca alta se encuentra catalogada entre una sequía excepcional y severa, de acuerdo a los productos del SISSA.
- b) Se propone el índice de sequía por escurrimiento (SDI) como indicador para el monitoreo de sequía hidrológica. Utilizando este índice, se observó resultados aceptables, ya que refleja las sequías o bajantes históricas en el río Uruguay (1945 y 1916). Para la situación actual, se pudo observar que los volúmenes de escurrimiento trimestral (marzo – mayo 2020) están por debajo de lo normal e indicarían una sequía moderada. Asimismo, los volúmenes de escurrimiento semestral (diciembre 2019 – mayo 2020) están por debajo de lo normal e indicarían sequía moderada en Concordia y Paso de los Libres, mientras que se tendría una sequía leve en Santo Tomé y San Javier. Lo anterior podría tener efecto tanto en flujos superficiales como en los subterráneos.
- c) Se considera fundamental el seguir desarrollando este índice de sequía por escurrimiento (SDI) con la finalidad de robustecer el esquema de cálculo, además de identificar los impactos potenciales para cada categoría de sequía y escala temporal.

## Bibliografía

División Recursos Hídricos - Departamento de Hidrología. (2012). *Ciclos anuales y estacionales de parámetros hidrológicos (1980 - 2004)*. Montevideo.

Nalbantis, I., & Tsakiris, G. (2008). Assessment of Hydrological Drought Revisited. *Springer Science*.