

Análisis de Sequía

Corral de Lorca, Dpto. Gral. Alvear, Mendoza

Noviembre 2020

Ing. Agr. MIWM Carlos Brieva

Laboratorio de Teledetección y SIG

INTA EEA Rama Caída

Centro Regional Mendoza – San Juan

brieva.carlos@inta.gob.ar

<https://inta.gob.ar/personas/brieva.carlos>

PhD Candidate – Environmental Engineering

University of Newcastle, Faculty of Engineering and Built Environment

Centre for Water Security and Sustainability.

Newcastle, Australia

carlos.brieva@uon.edu.au



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina

Contenido

- Introducción**..... 3
- Índice Estandarizado de Precipitación SPI** 3
- Análisis de sequía Unidad de Intervención SUR**..... 6
 - Precipitación..... 6
 - SPI Unidad Sur 7
 - SPI 12* 8
 - SPI 9* 9
 - SPI 6* 10
 - SPI 3* 12
 - SPI 1* 14
- Conclusiones** 17
- Bibliografía consultada** 18

Introducción

La sequía es un fenómeno natural que se produce a raíz de niveles de precipitación inferiores a lo esperado o a lo normal y que, cuando se prolonga durante una estación o períodos más largos, determina que la oferta de agua sea insuficiente para responder a las demandas y requerimientos de la sociedad y del medio ambiente (OMM, 2016).

Este déficit de precipitación puede manifestarse en poco tiempo o tardar meses a través de la disminución del caudal de los ríos, de los niveles de los embalses o de la altura de las aguas subterráneas. La evolución de la sequía hace que, en ocasiones, sus efectos tarden semanas o meses en hacerse patentes. El déficit de precipitación empieza a manifestarse en la disminución de agua en los suelos, por lo que la agricultura suele ser el primer sector afectado.

De acuerdo a su duración e impacto las sequías pueden clasificarse en:

La **sequía meteorológica** suele definirse a partir de un umbral de déficit de precipitación que se alcanza durante un período de tiempo previamente determinado. El umbral escogido (por ejemplo, un 75% de la precipitación normal) y el período de duración (por ejemplo, seis meses) variarán según el lugar y en función de las necesidades de los usuarios y de sus actividades.

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 especies forrajeras y, menos habitualmente, como una desviación de los regímenes de precipitación normales durante cierto período de tiempo.

La **sequía hidrológica** es un concepto todavía más independiente del déficit de precipitación ya que suele definirse como la desviación de las pautas de aflujo de agua en la superficie y en el subsuelo, tomando como referencia valores promediados en distintas fechas cronológicas.

De la misma forma que no hay una definición única de sequía, no hay ningún índice o indicador que pueda atribuirse y ser aplicado a todos los tipos de sequía, regímenes climáticos y sectores afectados por las sequías.

En 2009, la OMM recomendó a los países que utilizaran el SPI (*Standardized Precipitation Index*) como principal índice de la sequía meteorológica para vigilar y seguir las condiciones de sequía.

Índice Estandarizado de Precipitación SPI

El **Índice Estandarizado de Precipitación (SPI)** se utiliza para cuantificar el déficit de precipitación para varias escalas temporales, las cuales reflejan el impacto de la sequía en la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos. Las condiciones de humedad del suelo responden a anomalías de precipitación en una escala relativamente corta, mientras que las anomalías de precipitación a largo plazo quedan reflejadas en las aguas subterráneas, los caudales fluviales y el almacenamiento en reservorios.

El SPI se determina normalizando la precipitación para una estación determinada después de aplicar una función de densidad de probabilidad Gamma. Utiliza registros históricos de la precipitación de un lugar para establecer una probabilidad de precipitación que se puede calcular para las escalas temporales que se deseen, desde un mes hasta 48 meses o más. Como ocurre con otros indicadores climáticos, las series cronológicas de datos utilizadas para calcular el SPI no tienen que tener una duración específica. Si hay datos adicionales presentes en una serie cronológica larga, los resultados de la distribución de la probabilidad serán más fiables porque habrá más episodios de humedad y sequía extrema incluidos. El SPI se puede calcular a partir de un

registro mínimo de datos de 20 años, pero lo ideal es que la serie cronológica contenga datos de 30 años, al menos, aunque haya datos ausentes.

El SPI tiene una escala de intensidad en la que se calculan valores positivos y negativos, que se correlacionan directamente con episodios de humedad y sequía. En cuanto a la sequía, los extremos de la distribución de la precipitación despiertan mucho interés, especialmente los episodios de sequía extrema, que son los episodios que se consideran infrecuentes para el clima de la región analizada.

Se denotan episodios de sequía cuando los resultados del SPI, independientemente de la escala temporal que se analice, son continuamente negativos y alcanzan el valor de -1. Se considera que el episodio de sequía sigue en curso hasta que el SPI alcanza un valor de 0.

Valores del SPI

| Valor | Significado |
|--------------|---------------------------------|
| > 2,0 | Extremadamente Húmedo |
| 1,5 a 1,99 | Muy Húmedo |
| 1,0 a 1,49 | Moderadamente Húmedo |
| -0,99 a 0,99 | Normal o Aproximadamente Normal |
| -1,0 a -1,49 | Moderadamente Seco |
| -1,5 a -1,99 | Severamente Seco |
| < -2,0 | Extremadamente Seco |

Probabilidad de recurrencia de sequía en base a SPI

| SPI | Categoría | Número de veces en 100 años | Severidad del episodio |
|--------------|-----------------|-----------------------------|------------------------|
| 0 a -0,99 | Sequía leve | 33 | 1 en 3 años |
| -1,0 a -1,49 | Sequía moderada | 10 | 1 en 10 años |
| -1,5 a -1,99 | Sequía severa | 5 | 1 en 20 años |
| < -2,0 | Sequía extrema | 2,5 | 1 en 50 años |

El SPI suele calcularse para escalas de 24 meses como máximo, y la flexibilidad del índice posibilita numerosas aplicaciones en relación con fenómenos que influyen en la agricultura, los recursos hídricos y otros sectores

En función del efecto de la sequía en cuestión, los valores del SPI correspondientes a un período de 3 meses o inferior podrían ser útiles para una labor básica de vigilancia de la sequía; los valores para un período de 6 meses o inferior, para vigilar los efectos en la agricultura, y los valores para un período de 12 meses o más largo, para los efectos hidrológicos.

SPI de 1 mes

El mapa para el SPI de 1 mes es muy parecido a un mapa que muestre el porcentaje de precipitación del mes en relación con la precipitación normal para ese período de 30 días. De hecho, el SPI derivado es una

representación más exacta de una precipitación mensual puesto que la distribución se ha normalizado. Es decir, el SPI de 1 mes al final de noviembre compara el total de precipitación de 1 mes para noviembre de ese año particular con los totales de la precipitación para noviembre de todos los años del registro. Habida cuenta de que el SPI de 1 mes refleja las condiciones a corto plazo, su aplicación puede relacionarse estrechamente con tipos meteorológicos de sequía junto con la humedad del suelo y el estrés de los cultivos a corto plazo, especialmente durante la estación de crecimiento.

La interpretación del SPI de 1 mes puede ser errónea a menos que se entienda la climatología. En las regiones donde la precipitación es normalmente baja durante un mes, pueden darse grandes valores negativos o positivos de SPI, incluso cuando la desviación de la media sea relativamente pequeña. El SPI de 1 mes también puede malinterpretarse con valores de precipitación menores de lo normal en las regiones con un total de precipitación normal pequeño para un mes.

SPI de 3 meses

El SPI de 3 meses ofrece una comparación de la precipitación a lo largo de un período específico de 3 meses con los totales de precipitación del mismo período de 3 meses de todos los años incluidos en el registro histórico. En otras palabras, un SPI de 3 meses al final de febrero compara el total de la precipitación de los meses de diciembre, enero y febrero de ese año concreto con los totales de precipitación entre diciembre y febrero de todos los años contemplados en el registro para esa localidad. Por los datos de cada año añadidos, se añade otro año al período de registro, con lo que los valores de todos los años se utilizan de nuevo. Los valores no solo puede que cambien, sino que cambiarán, al comparar el año en curso de forma histórica y estadística con todos los años precedentes del registro de observación.

El SPI de 3 meses refleja las condiciones de humedad a corto y medio plazo, y proporciona una estimación estacional de la precipitación.

SPI de 6 meses

El SPI de 6 meses indica tendencias de precipitación entre estacionales y el medio plazo y se considera más sensible a las condiciones en esta escala que el Índice de Palmer. Un SPI de 6 meses puede ser muy eficaz para mostrar la precipitación en distintas estaciones

SPI de 9 meses

El SPI de 9 meses da una indicación de pautas de precipitación inter-estacionales en escalas temporales medias. Las sequías normalmente tardan una estación o más en desarrollarse. Los valores de SPI por debajo de -1,5 para estas escalas temporales generalmente se consideran un buen indicativo de que la sequedad está teniendo un impacto significativo en la agricultura y puede que también esté afectando a otros sectores

SPI de 12 a 24 meses

El SPI en estas escalas temporales refleja patrones de precipitación a largo plazo. Un SPI de 12 meses es una comparación de la precipitación de 12 meses consecutivos con la registrada en los mismos 12 meses consecutivos de todos los años precedentes para los que se dispone de datos. Dado que estas escalas temporales son el resultado acumulado de períodos más cortos que pueden estar por encima o por debajo de

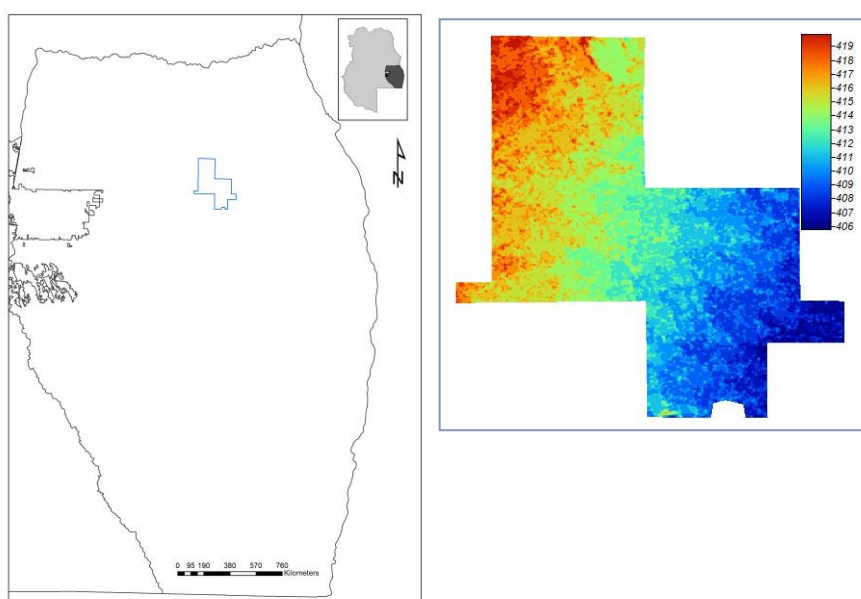
lo normal, el SPI a más largo plazo tiende a situarse en torno a cero, a menos que se esté produciendo una tendencia húmeda o seca característica.

Análisis de sequía Unidad de Intervención SUR

El presente análisis se realiza para un área del sudeste de la provincia de Mendoza, en el departamento de Gral. Alvear denominado Unidad de Intervención Sur un el marco del proyecto “Adaptaciones de Tecnologías para el Manejo Sustentable de Tierras de la Región Central del Monte de Mendoza”. Este proyecto tiene por objetivo validar tecnologías disponibles y elaborar directrices para el manejo sustentable de un sistema ganadero real en la ecorregión Monte de Llanuras y Mesetas que permita revertir procesos de degradación.

La metodología de trabajo sobre unidades de intervención pretende originar zonas que integren las prácticas de manejo propuestas, funcionando como disparadoras y demostrativas para los beneficiarios del proyecto.

La Unidad de Intervención sur tiene una superficie de 9775 hectáreas y presenta precipitaciones alrededor de los 400 mm y bajas temperaturas (con periodos extensos de heladas). Además, la zona cuenta con un historial de presencia antrópica con eventos extremos (incendios forestales). La cota mayor a 424 metros y la menor a 404 metros con un gradiente de pendiente Noroeste – Sudeste.



Precipitación

Al no disponerse de registros de estaciones meteorológicas y/o pluviométricas cercanas con un periodo mayor a 30 años se utilizó la estimación de precipitación mediante sensores remotos CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data* -versión 2.0 final). CHIRPS son datos diarios cuasi-globales de precipitación que combina información proveniente de imágenes satelitales con mediciones en terreno para crear una grilla de precipitación estimada en base a observaciones en el infrarrojo de las Duración de Nubes Frías (CCD).

Con la herramienta Google Earth Engine se realizó un Scripts para obtener los valores diarios de precipitación estimada por CHIRPS en este punto para el periodo 1/6/1981 al 30/11/2020.

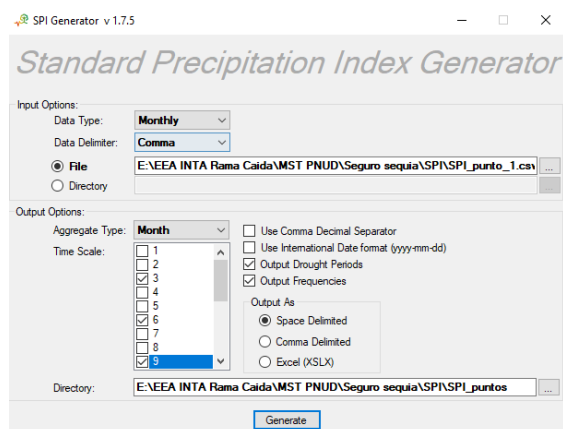
```

CHIRPS
1  var start_month = 1
2  var end_month = 12
3
4  var coleccion = ee.ImageCollection("UCSB-CHG/CHIRPS/DAILY")
5  .filterBounds(table)
6  .filterDate("1981-06-01", "2020-12-31")
7  .filter(ee.Filter.calendarRange(start_month, end_month, "month"))
8  .select("precipitation")
9
10 .map(function(image){return image.clip(table)})
11
12
13
14
15 var media_serie = coleccion.reduce(ee.Reducer.mean())
16 var DSTD_serie = coleccion.reduce(ee.Reducer.stdDev())
17 var suma_serie = coleccion.reduce(ee.Reducer.sum())
18
19 print("Media_serie", media_serie)
20 print("DSTD_serie", DSTD_serie)
21 print("Suma_serie", suma_serie)
22 print("CHIRPS1981-2020", coleccion.limit(20))
23
24 var media_serie_adj = media_serie.expression(
25   "(Media * Factor)", {
26     "Media": media_serie.select("precipitation_mean"),
27     "Factor": 10,
28   })
29
30 Map.addLayer(coleccion, {}, "Mensual_serie")
31
32 // Precipitacion mes //
33
34 var month = ee.ImageCollection("UCSB-CHG/CHIRPS/DAILY")
35 .filterBounds(table)
36 .filterDate("2020-01-01", "2020-12-31")
37 .filter(ee.Filter.calendarRange(start_month, end_month, "month"))
38 .select("precipitation")
39 .map(function(image){return image.clip(table)})
40
41 var mean_month = month.reduce(ee.Reducer.mean())
42 var acc_month = month.reduce(ee.Reducer.sum())
43
44 print("mes", month)
45 print("MAM", mean_month)
46 print("PPAcc", acc_month)
47
48 Map.addLayer(acc_month, {v: 10000}, "pp_mes_2020")
49
50 // Export: image:toImage({image: acc_month, description: "CHIRPS_PP_Acc_septiembre2020", folder: "CHIRPS2", region:table, scale: 5000})
51 // Export: image:toImage({image: media_serie_adj, description: "CHIRPS_PP_Media_septiembre1981_19", folder: "CHIRPS2", region:table, scale: 5000})
52
53 var stackmes20 = ee.Image(media_serie_adj.rename("media_01_19").addBands(acc_month.rename("pp_mes_2020")))
54
55 var dif_mes_mes_20 = stackmes20.expression(
56   "(mes - media) / media", {
57     "mes": stackmes20.select("media_01_19"),
58     "media": stackmes20.select("pp_mes_2020"),
59   })
60
61 print("Dif_mes_mes20", dif_mes_mes_20)
62
63 Map.addLayer(dif_mes_mes_20, {}, "Dif_mes_mes20")
64 Map.addLayer(media_serie_adj, {}, "Media_serie")
65
66

```

SPI Unidad Sur

Para la determinación de los diferentes valores de SPI, se utilizó el modelo SPIgenerator v1.7.5 del National Drought Mitigation Center (UNL).



Se corrió el modelo para los SPI de 1, 3, 6, 9, 12 meses.

SPI 12

A continuación, se presentan los períodos de sequía en base a 12 meses para la clasificación Moderada, Severa y Extrema de SPI. Cada periodo inicia en el mes y año donde el valor de SPI corresponde a la categoría y finaliza cuando el valor se hace mayor de 0 (positivo).

| SPI_DroughtPeriod_12_M_-1 | | Moderadamente Seco SPI -1,0 a -1,49 | | | |
|---------------------------|-------------|-------------------------------------|--------------|---------------|--------------|
| Inicio (M/D/A) | Fin (M/D/A) | Duración (meses) | Max. | Suma | Promedio |
| 12/01/1986 | 01/01/1988 | 13 | -1.65 | -9.25 | -0.71 |
| 08/01/1988 | 06/01/1991 | 34 | -2.2 | -39.2 | -1.15 |
| 03/01/1994 | 06/01/1997 | 39 | -1.34 | -30.62 | -0.79 |
| 12/01/2003 | 10/01/2004 | 10 | -1.4 | -4.3 | -0.43 |
| 11/01/2009 | 11/01/2010 | 12 | -1.66 | -11.84 | -0.99 |
| 03/01/2011 | 09/01/2012 | 18 | -1.32 | -13.58 | -0.75 |
| 02/01/2019 | ?? | 22 (*) | -2,14 | -29,17 | -1,33 |

(*) a noviembre 2020

Desde 1981 se contabilizan 7 períodos de sequía moderada, siendo el más largo de marzo de 1994 a junio de 1997. El otro período largo (34 meses) de agosto de 1988 a junio de 1991 se diferencia del anterior en cuanto al pico máximo de SPI como en presentar un promedio menor. En la actualidad se está cursando un período de sequía que lleva 22 meses hasta noviembre 2020 con un promedio de SPI inferior a los períodos precedentes.

| SPI_DroughtPeriod_12_M_-1.5 | | Severamente Seco SPI de -1,5 a -1,99 | | | |
|-----------------------------|-------------|--------------------------------------|--------------|---------------|--------------|
| Inicio (M/D/A) | Fin (M/D/A) | Duración (meses) | Max. | Suma | Promedio |
| 01/01/1987 | 01/01/1988 | 12 | -1.65 | -7.75 | -0.65 |
| 12/01/1988 | 06/01/1991 | 30 | -2.2 | -34.76 | -1.16 |
| 11/01/2009 | 11/01/2010 | 12 | -1.66 | -11.84 | -0.99 |
| 03/01/2020 | ?? | 9 (*) | -2,14 | -17,77 | -1,97 |

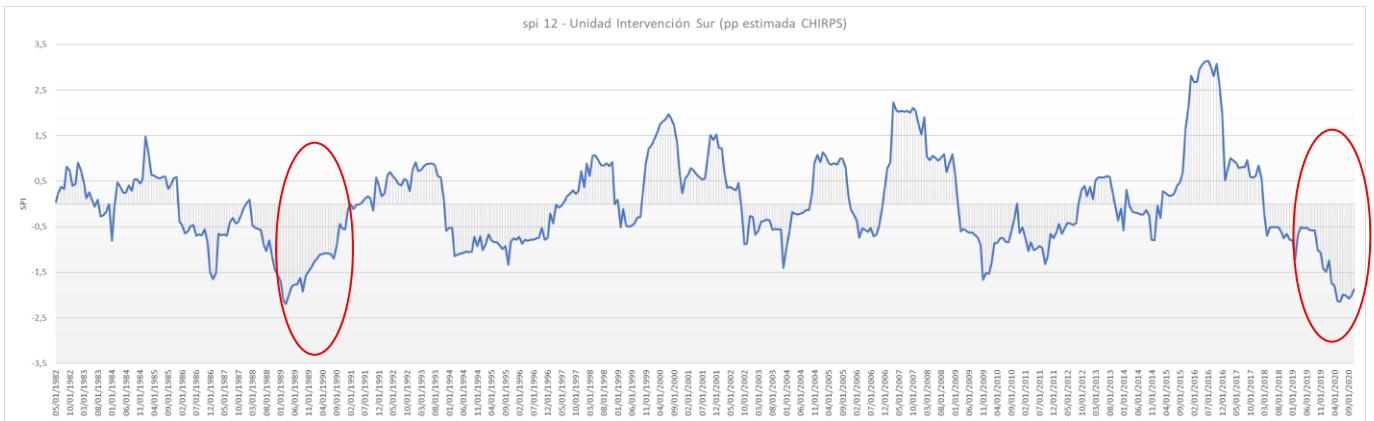
(*) a noviembre 2020

En cuanto a la clasificación de sequías severas, se evidencia cuatro períodos, con el más prolongado desde diciembre de 1988 a junio de 1991. El periodo actual lleva 9 meses hasta noviembre 2020 mostrando valor muy bajo en el promedio.

| SPI_DroughtPeriod_12_M_-2 | | Extremadamente Seco SPI < -2,0 | | | |
|---------------------------|-------------|--------------------------------|--------------|---------------|--------------|
| Inicio (M/D/A) | Fin (M/D/A) | Duración (meses) | Max. | Suma | Promedio |
| 02/01/1989 | 06/01/1991 | 28 | -2.2 | -31.5 | -1.13 |
| 05/01/2020 | ?? | 7(*) | -2,14 | -14,24 | -2,03 |

(*) a noviembre 2020

Finalmente, para la clasificación de sequía extremadamente seca, se encuentran dos periodos en la serie de tiempo analizada. El primero desde febrero de 1989 a junio de 1991 y el actual a partir de mayo de 2020 y que continúa hasta noviembre de 2020.



La distribución temporal del SPI de 12 meses para el periodo 1981 – 2020 muestra una alternancia de periodos húmedos y periodos secos, presentando el 53% de los meses valores negativos y el 47% valores positivos.

SPI 9

A continuación, se presentan los períodos de sequía en base a 9 meses para la clasificación Moderada, Severa y Extrema de SPI.

| SPI_DroughtPeriod_9_M_-1 | | Moderadamente Seco SPI -1,0 a -1,4 | | | |
|--------------------------|-------------|------------------------------------|--------------|---------------|--------------|
| Inicio (M/D/A) | Fin (M/D/A) | Duración (meses) | Max. | Suma | Promedio |
| 09/01/1986 | 08/01/1987 | 11 | -1.33 | -10.31 | -0.94 |
| 10/01/1988 | 10/01/1990 | 24 | -2.2 | -32.9 | -1.37 |
| 12/01/1993 | 03/01/1997 | 39 | -1.33 | -29.91 | -0.77 |
| 11/01/2002 | 12/01/2002 | 1 | -1.07 | -1.07 | -1.07 |
| 10/01/2003 | 07/01/2004 | 9 | -1.33 | -5.64 | -0.63 |
| 09/01/2009 | 08/01/2010 | 11 | -2.48 | -12.18 | -1.11 |
| 06/01/2011 | 10/01/2012 | 16 | -1.4 | -9.83 | -0.61 |
| 11/01/2014 | 02/01/2015 | 3 | -1.42 | -3.18 | -1.06 |
| 09/01/2018 | ?? | 27(*) | -2,07 | -31,39 | -1,16 |

(*) a noviembre 2020

Se identifican 9 períodos de sequía moderada de acuerdo al SPI de 9 meses. El más prolongado tuvo lugar entre diciembre de 1993 y marzo de 1997 por 39 meses. Le sigue un período de 24 meses entre octubre de 1988 y 1990. Este último presentó un menor promedio que el más largo. Desde septiembre de 2018 se inició un período de sequía moderada que a noviembre 2020 lleva 27 meses.

| SPI_DroughtPeriod_9_M_-1.5 | | Severamente Seco SPI de -1,5 a -1,99 | | | |
|----------------------------|-------------|--------------------------------------|--------------|---------------|--------------|
| Inicio (M/D/A) | Fin (M/D/A) | Duración (meses) | Max. | Suma | Promedio |
| 11/01/1988 | 10/01/1990 | 23 | -2.2 | -31.67 | -1.38 |
| 09/01/2009 | 08/01/2010 | 11 | -2.48 | -12.18 | -1.11 |
| 01/01/2020 | ?? | 11(*) | -2,07 | -20,14 | -1,83 |

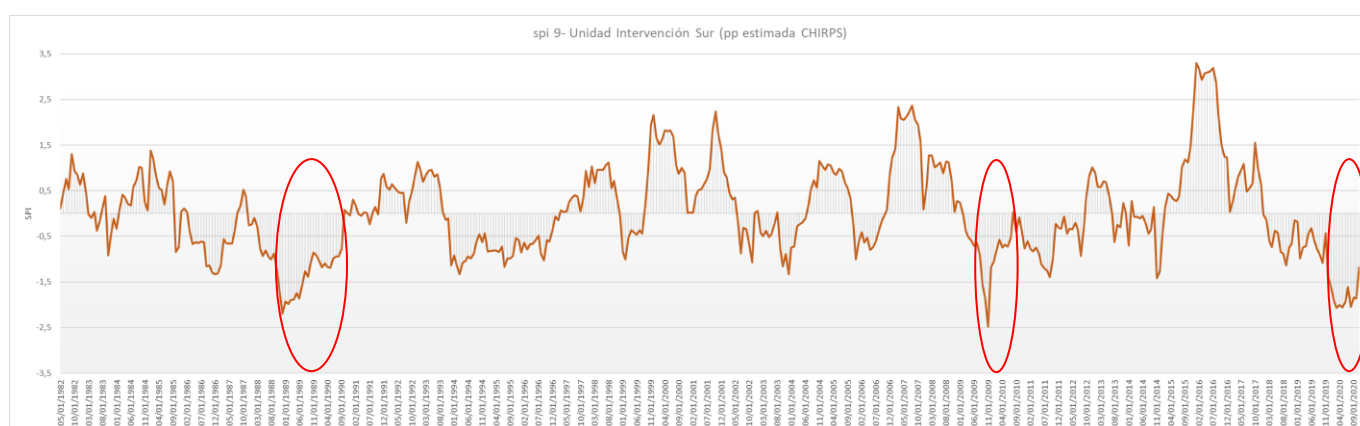
(*) a noviembre 2020

En cuanto a sequías severas, se manifiestan tres períodos. Entre 1988 y 1990 hubieron 23 meses de sequía. La sequía que comenzó en septiembre de 2009 por el plazo de 11 meses fue la que registró el pico máximo de SPI. A partir de enero 2020 y hasta el momento (noviembre 2020) comenzó el último período que lleva 11 meses con un promedio más crítico que los anteriores.

| SPI_DroughtPeriod_9_M_-2 | | Extremadamente Seco SPI < -2,0 | | | |
|--------------------------|-------------|--------------------------------|--------------|---------------|--------------|
| Inicio (M/D/A) | Fin (M/D/A) | Duración (meses) | Max. | Suma | Promedio |
| 12/01/1988 | 10/01/1990 | 22 | -2.2 | -29.89 | -1.36 |
| 11/01/2009 | 08/01/2010 | 9 | -2.48 | -8.76 | -0.97 |
| 03/01/2020 | ?? | 9 (*) | -2,07 | -16,61 | -1,85 |

(*) a noviembre 2020

Finalmente, hay tres períodos extremadamente secos en la serie analizada. Entre diciembre 1988 y octubre 1990 por 22 meses. Entre noviembre 2009 y agosto 2010 por 9 meses y el actual desde marzo 2020.



La distribución temporal del SPI de 9 meses para el periodo 1981 – 2020 presenta el 52% de los meses valores negativos y el 48% valores positivos.

SPI 6

A continuación, se presentan los períodos de sequía en base a 6 meses para la clasificación Moderada, Severa y Extrema de SPI.

| SPI_DroughtPeriod_6_M_-1 | | Moderadamente Seco SPI -1,0 a -1,4 | | | |
|--------------------------|-------------|------------------------------------|-------|--------|----------|
| Inicio (M/D/A) | Fin (M/D/A) | Duración (meses) | Max. | Suma | Promedio |
| 07/01/1983 | 09/01/1983 | 2 | -1.09 | -1.18 | -0.59 |
| 06/01/1986 | 07/01/1987 | 13 | -1.56 | -11.11 | -0.85 |
| 08/01/1988 | 10/01/1990 | 26 | -2.04 | -29.71 | -1.14 |
| 12/01/1993 | 10/01/1994 | 10 | -1.42 | -8.31 | -0.83 |
| 04/01/1995 | 01/01/1997 | 21 | -1.52 | -14.92 | -0.71 |

| | | | | | |
|-------------------|------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| 10/01/2003 | 04/01/2004 | 6 | -1.63 | -5.79 | -0.97 |
| 06/01/2009 | 05/01/2010 | 11 | -2.34 | -13.76 | -1.25 |
| 05/01/2011 | 11/01/2011 | 6 | -1.79 | -7.42 | -1.24 |
| 08/01/2012 | 09/01/2012 | 1 | -1.11 | -1.11 | -1.11 |
| 08/01/2014 | 02/01/2015 | 6 | -1.36 | -5.43 | -0.9 |
| 04/01/2018 | 10/01/2018 | 6 | -1.27 | -5.55 | -0.92 |
| 10/01/2019 | ?? | 14 (*) | -2,22 | -22,54 | -1,61 |

(*) a noviembre 2020

Se identifican catorce períodos de sequía moderada considerando el SPI de 3 meses. El más prolongado se extendió desde agosto 1988 hasta octubre 1990 por 26 meses. En términos de pico máximo el período de 11 meses desde 2009 al 2010 fue más relevante mientras que el período actual que comenzó en octubre 2019 y que lleva 14 meses es el más importante en términos de menor SPI promedio.

| SPI_DroughtPeriod_6_M_-1.5 | | Severamente Seco SPI de -1,5 a -1,99 | | | |
|----------------------------|-------------|--------------------------------------|--------------|---------------|--------------|
| Inicio (M/D/A) | Fin (M/D/A) | Duración (meses) | Max. | Suma | Promedio |
| 07/01/1986 | 07/01/1987 | 12 | -1.56 | -9.9 | -0.83 |
| 08/01/1988 | 10/01/1990 | 26 | -2.04 | -29.71 | -1.14 |
| 10/01/1995 | 01/01/1997 | 15 | -1.52 | -9.75 | -0.65 |
| 12/01/2003 | 04/01/2004 | 4 | -1.63 | -3.27 | -0.82 |
| 06/01/2009 | 05/01/2010 | 11 | -2.34 | -13.76 | -1.25 |
| 09/01/2011 | 11/01/2011 | 2 | -1.79 | -2.8 | -1.4 |
| 12/01/2019 | ?? | 12 (*) | -2,22 | -20,08 | -1,67 |

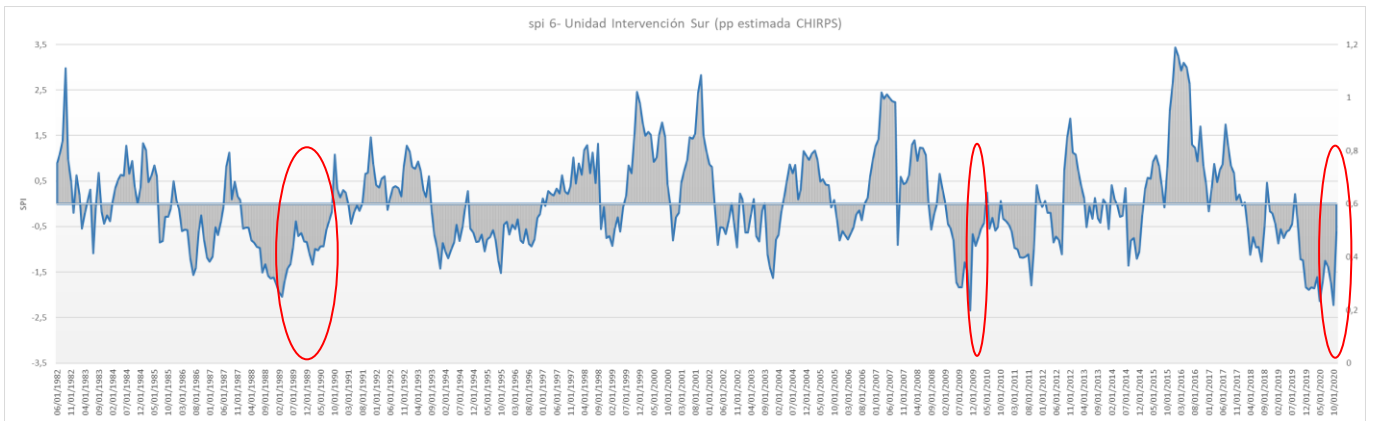
(*) a noviembre 2020

En cuanto a sequías severas para SPIU de 6 meses, siete períodos se identifican en la serie temporal, siendo la actual que comenzó en diciembre 2019 la que presenta el promedio más crítico.

| SPI_DroughtPeriod_6_M_-2 | | Extremadamente Seco SPI < -2,0 | | | |
|--------------------------|-------------|--------------------------------|--------------|---------------|--------------|
| Inicio (M/D/A) | Fin (M/D/A) | Duración (meses) | Max. | Suma | Promedio |
| 03/01/1989 | 10/01/1990 | 19 | -2.04 | -18.34 | -0.97 |
| 11/01/2009 | 05/01/2010 | 6 | -2.34 | -5.61 | -0.94 |
| 05/01/2020 | ?? | 7 (*) | -2,22 | -11,06 | -1,58 |

(*) a noviembre 2020

Finalmente considerando las sequías extremas para SPI de 6 meses, hay tres períodos en la serie desde 1981 a 2020. El más prolongado fue por 19 meses entre marzo de 1989 y octubre de 1990. El de mayor pico fue entre noviembre de 2009 y mayo de 2010 y el período actual que comenzó en mayo de 2020 y se extendiendo por 7 meses presenta el promedio de SPI más crítico.



La distribución temporal del SPI de 6 meses para el periodo 1981 – 2020 presenta el 53% de los meses valores negativos y el 47% valores positivos.

SPI 3

A continuación, se presentan los períodos de sequía en base a 3 meses para la clasificación Moderada, Severa y Extrema de SPI.

| SPI_DroughtPeriod_3_M_-1 | | Moderadamente Seco SPI -1,0 a -1,4 | | | |
|--------------------------|-------------|------------------------------------|-------|--------|----------|
| Inicio (M/D/A) | Fin (M/D/A) | Duración (meses) | Max. | Suma | Promedio |
| 09/01/1981 | 01/01/1982 | 4 | -1.16 | -2.65 | -0.66 |
| 12/01/1982 | 01/01/1983 | 1 | -1.24 | -1.24 | -1.24 |
| 04/01/1983 | 06/01/1983 | 2 | -1.25 | -1.48 | -0.74 |
| 04/01/1985 | 07/01/1985 | 3 | -1.29 | -3.56 | -1.19 |
| 03/01/1986 | 03/01/1987 | 12 | -1.58 | -10.2 | -0.85 |
| 05/01/1988 | 07/01/1989 | 14 | -1.85 | -16.29 | -1.16 |
| 11/01/1989 | 07/01/1990 | 8 | -1.02 | -5.78 | -0.72 |
| 07/01/1992 | 09/01/1992 | 2 | -1.02 | -1.43 | -0.72 |
| 12/01/1993 | 06/01/1994 | 6 | -1.2 | -4.76 | -0.79 |
| 01/01/1995 | 12/01/1995 | 11 | -1.6 | -9.07 | -0.82 |
| 07/01/1996 | 12/01/1996 | 5 | -1.17 | -3.38 | -0.68 |
| 02/01/1999 | 04/01/1999 | 2 | -1.5 | -1.61 | -0.81 |
| 11/01/2002 | 12/01/2002 | 1 | -1.44 | -1.44 | -1.44 |
| 03/01/2003 | 06/01/2003 | 3 | -1.03 | -1.94 | -0.65 |
| 10/01/2003 | 02/01/2004 | 4 | -1.62 | -4.56 | -1.14 |
| 12/01/2005 | 07/01/2006 | 7 | -1.11 | -3.11 | -0.44 |
| 03/01/2009 | 02/01/2010 | 11 | -2.31 | -12.95 | -1.18 |
| 06/01/2010 | 09/01/2010 | 3 | -1.56 | -3.35 | -1.12 |
| 06/01/2011 | 11/01/2011 | 5 | -1.82 | -5.43 | -1.09 |
| 07/01/2012 | 09/01/2012 | 2 | -1.23 | -1.95 | -0.97 |

| | | | | | |
|-------------------|------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| 02/01/2013 | 05/01/2013 | 3 | -1 | -1.26 | -0.42 |
| 05/01/2014 | 02/01/2015 | 9 | -1.54 | -7.14 | -0.79 |
| 06/01/2015 | 08/01/2015 | 2 | -1.45 | -2.74 | -1.37 |
| 09/01/2016 | 10/01/2016 | 1 | -1.85 | -1.85 | -1.85 |
| 01/01/2017 | 03/01/2017 | 2 | -1.09 | -1.37 | -0.68 |
| 08/01/2017 | 10/01/2017 | 2 | -1.31 | -1.73 | -0.86 |
| 03/01/2018 | 06/01/2018 | 3 | -1.52 | -3.81 | -1.27 |
| 08/01/2018 | 11/01/2018 | 3 | -1.11 | -2.29 | -0.76 |
| 02/01/2019 | 05/01/2019 | 3 | -1.37 | -3.07 | -1.02 |
| 08/01/2019 | ?? | 16 (*) | -2,34 | -20,44 | -1,28 |

(*) a noviembre 2020

Considerando el SPI de 3 meses para sequía se identifican 30 períodos de sequía moderada. El período antecedente más prolongado se dio entre mayo de 1988 y julio de 1989 por el término de 14 meses. El actual período que comenzó en agosto de 2019 y se continúa en el presente y lleva 16 meses, es el más extenso de la serie, con el pico más crítico y uno de los promedios más elevados.

| SPI_DroughtPeriod_3_M_-1.5 | | Severamente Seco SPI de -1,5 a -1,99 | | | |
|----------------------------|-------------|--------------------------------------|--------------|---------------|--------------|
| Inicio (M/D/A) | Fin (M/D/A) | Duración (meses) | Max. | Suma | Promedio |
| 04/01/1986 | 03/01/1987 | 11 | -1.58 | -9 | -0.82 |
| 06/01/1988 | 07/01/1989 | 13 | -1.85 | -14.97 | -1.15 |
| 08/01/1995 | 12/01/1995 | 4 | -1.6 | -4.19 | -1.05 |
| 12/01/2003 | 02/01/2004 | 2 | -1.62 | -1.89 | -0.95 |
| 04/01/2009 | 02/01/2010 | 10 | -2.31 | -11.54 | -1.15 |
| 08/01/2010 | 09/01/2010 | 1 | -1.56 | -1.56 | -1.56 |
| 07/01/2011 | 11/01/2011 | 4 | -1.82 | -4.41 | -1.1 |
| 07/01/2014 | 02/01/2015 | 7 | -1.54 | -5.38 | -0.77 |
| 09/01/2016 | 10/01/2016 | 1 | -1.85 | -1.85 | -1.85 |
| 04/01/2018 | 06/01/2018 | 2 | -1.52 | -2.59 | -1.29 |
| 09/01/2019 | ?? | 15 (*) | -2,34 | -19,07 | -1,27 |

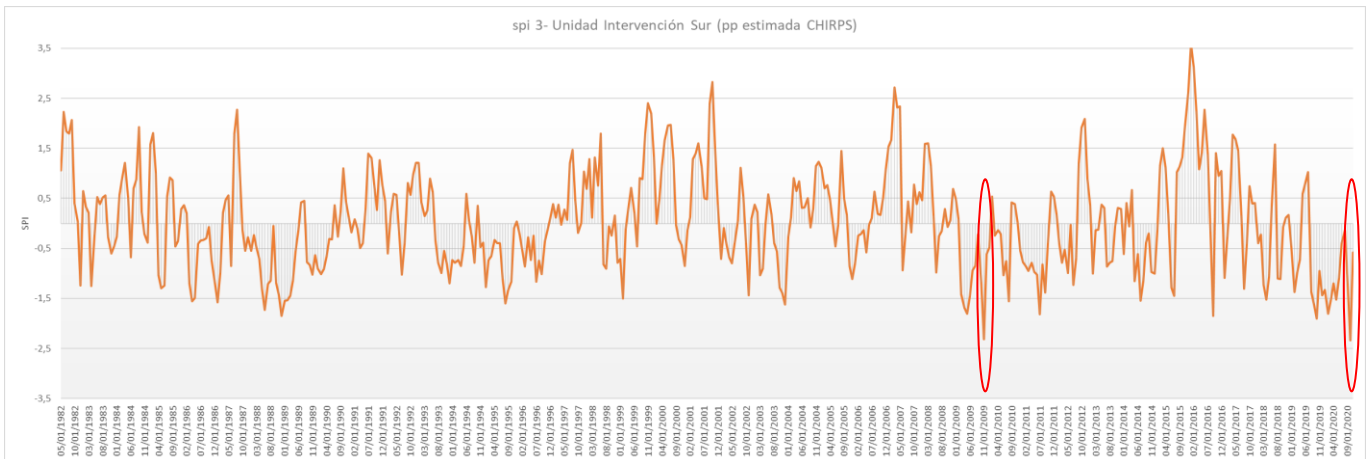
(*) a noviembre 2020

Para el caso de sequías severas con SPI de 3 meses se identifican 11 períodos. Como para las sequías moderadas, aquí también el período actual se presenta como el más prolongado, con el máximo de valor crítico y un promedio de SPI elevado.

| SPI_DroughtPeriod_3_M_-2 | | Extremadamente Seco SPI < -2,0 | | | |
|--------------------------|-------------|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Inicio (M/D/A) | Fin (M/D/A) | Duración (meses) | Max. | Suma | Promedio |
| 11/1/2009 | 2/1/2010 | 3 | -2.31 | -3.41 | -1.14 |
| 10/01/2020 | ?? | 2 (*) | -2,34 | -2,92 | -1,46 |

(*) a noviembre 2020

Finalmente, dos momentos en la serie se identifican con sequías extremas para el análisis de 3 meses. El primero de tres meses entre noviembre de 2009 y febrero de 2010, y el actual desde octubre 2010 y que continúa.



La distribución temporal del SPI de 6 meses para el periodo 1981 – 2020 presenta el 53% de los meses valores negativos y el 47% valores positivos.

SPI 1

A continuación, se presentan los períodos de sequía en base a 1 mes para la clasificación Moderada, Severa y Extrema de SPI.

| SPI_DroughtPeriod_1_M_-1 | | Moderadamente Seco SPI -1,0 a -1,4 | | | |
|--------------------------|-------------|------------------------------------|-------|-------|----------|
| Inicio (M/D/A) | Fin (M/D/A) | Duración (meses) | Max. | Suma | Promedio |
| 09/01/1981 | 11/01/1981 | 2 | -1.02 | -1.64 | -0.82 |
| 08/01/1982 | 09/01/1982 | 1 | -1.21 | -1.21 | -1.21 |
| 10/01/1982 | 01/01/1983 | 3 | -1.18 | -2.16 | -0.72 |
| 02/01/1983 | 04/01/1983 | 2 | -2.02 | -2.59 | -1.3 |
| 10/01/1983 | 12/01/1983 | 2 | -1.04 | -1.22 | -0.61 |
| 10/01/1984 | 12/01/1984 | 2 | -1.02 | -1.69 | -0.84 |
| 05/01/1985 | 07/01/1985 | 2 | -1.47 | -1.87 | -0.94 |
| 03/01/1986 | 06/01/1986 | 3 | -1.58 | -2.16 | -0.72 |
| 11/01/1986 | 02/01/1987 | 3 | -1.09 | -2.83 | -0.94 |
| 04/01/1988 | 09/01/1988 | 5 | -1.81 | -4.47 | -0.89 |
| 10/01/1988 | 05/01/1989 | 7 | -1.98 | -6.8 | -0.97 |
| 09/01/1989 | 05/01/1990 | 8 | -1.77 | -5.11 | -0.64 |
| 12/01/1993 | 01/01/1994 | 1 | -1.32 | -1.32 | -1.32 |
| 03/01/1994 | 04/01/1994 | 1 | -1.1 | -1.1 | -1.1 |
| 11/01/1994 | 11/01/1995 | 12 | -1.51 | -7.18 | -0.6 |
| 01/01/1996 | 02/01/1996 | 1 | -1.02 | -1.02 | -1.02 |
| 05/01/1996 | 06/01/1996 | 1 | -1.03 | -1.03 | -1.03 |
| 07/01/1998 | 09/01/1998 | 2 | -1.04 | -1.12 | -0.56 |
| 12/01/1998 | 03/01/1999 | 3 | -1.85 | -2.98 | -0.99 |

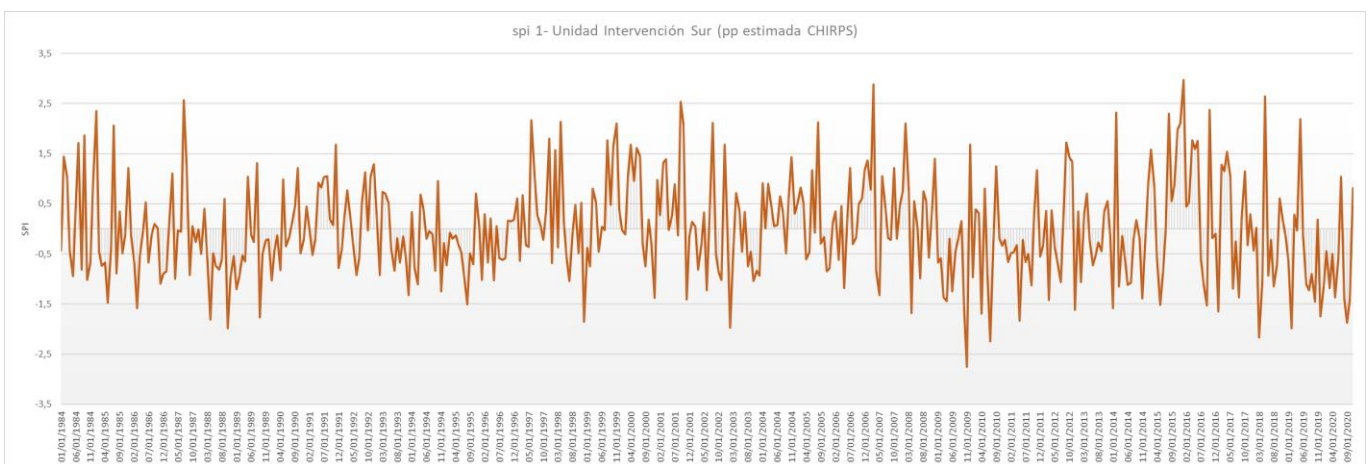
| | | | | | |
|------------|------------|---|-------|-------|-------|
| 12/01/2000 | 01/01/2001 | 1 | -1.38 | -1.38 | -1.38 |
| 11/01/2001 | 01/01/2002 | 2 | -1.41 | -1.55 | -0.77 |
| 06/01/2002 | 07/01/2002 | 1 | -1.23 | -1.23 | -1.23 |
| 11/01/2002 | 12/01/2002 | 1 | -1.02 | -1.02 | -1.02 |
| 02/01/2003 | 04/01/2003 | 2 | -1.97 | -2.37 | -1.18 |
| 10/01/2003 | 01/01/2004 | 3 | -1.04 | -2.8 | -0.93 |
| 05/01/2006 | 06/01/2006 | 1 | -1.18 | -1.18 | -1.18 |
| 05/01/2007 | 06/01/2007 | 1 | -1.32 | -1.32 | -1.32 |
| 04/01/2008 | 05/01/2008 | 1 | -1.68 | -1.68 | -1.68 |
| 03/01/2009 | 09/01/2009 | 6 | -1.44 | -4.91 | -0.82 |
| 10/01/2009 | 12/01/2009 | 2 | -2.75 | -4.34 | -2.17 |
| 04/01/2010 | 05/01/2010 | 1 | -1.69 | -1.69 | -1.69 |
| 07/01/2010 | 09/01/2010 | 2 | -2.24 | -2.47 | -1.23 |
| 05/01/2011 | 10/01/2011 | 5 | -1.83 | -4.34 | -0.87 |
| 03/01/2012 | 04/01/2012 | 1 | -1.42 | -1.42 | -1.42 |
| 07/01/2012 | 08/01/2012 | 1 | -1.06 | -1.06 | -1.06 |
| 12/01/2012 | 01/01/2013 | 1 | -1.62 | -1.62 | -1.62 |
| 02/01/2013 | 03/01/2013 | 1 | -1.06 | -1.06 | -1.06 |
| 01/01/2014 | 02/01/2014 | 1 | -1.58 | -1.58 | -1.58 |
| 03/01/2014 | 09/01/2014 | 6 | -1.15 | -4.26 | -0.71 |
| 11/01/2014 | 01/01/2015 | 2 | -1.39 | -1.52 | -0.76 |
| 05/01/2015 | 08/01/2015 | 3 | -1.52 | -2.45 | -0.82 |
| 08/01/2016 | 10/01/2016 | 2 | -1.53 | -2.64 | -1.32 |
| 01/01/2017 | 02/01/2017 | 1 | -1.65 | -1.65 | -1.65 |
| 06/01/2017 | 09/01/2017 | 3 | -1.37 | -2.82 | -0.94 |
| 03/01/2018 | 05/01/2018 | 2 | -2.17 | -3.22 | -1.61 |
| 08/01/2018 | 10/01/2018 | 2 | -1.15 | -1.86 | -0.93 |
| 02/01/2019 | 03/01/2019 | 1 | -1.98 | -1.98 | -1.98 |
| 07/01/2019 | 11/01/2019 | 4 | -1.45 | -4.66 | -1.17 |
| 12/01/2019 | 07/01/2020 | 7 | -1.74 | -6.97 | -1 |
| 08/01/2020 | 11/01/2020 | 3 | -1.88 | -4.71 | -1.57 |

| SPI_DroughtPeriod_1_M_-1.5 | | Severamente Seco SPI de -1,5 a -1,99 | | | |
|----------------------------|-------------|--------------------------------------|-------|-------|----------|
| Inicio (M/D/A) | Fin (M/D/A) | Duración (meses) | Max. | Suma | Promedio |
| 02/01/1983 | 04/01/1983 | 2 | -2.02 | -2.59 | -1.3 |
| 03/01/1986 | 06/01/1986 | 3 | -1.58 | -2.16 | -0.72 |
| 04/01/1988 | 09/01/1988 | 5 | -1.81 | -4.47 | -0.89 |
| 10/01/1988 | 05/01/1989 | 7 | -1.98 | -6.8 | -0.97 |
| 09/01/1989 | 05/01/1990 | 8 | -1.77 | -5.11 | -0.64 |
| 08/01/1995 | 11/01/1995 | 3 | -1.51 | -2.7 | -0.9 |
| 12/01/1998 | 03/01/1999 | 3 | -1.85 | -2.98 | -0.99 |
| 02/01/2003 | 04/01/2003 | 2 | -1.97 | -2.37 | -1.18 |
| 04/01/2008 | 05/01/2008 | 1 | -1.68 | -1.68 | -1.68 |

| | | | | | |
|------------|------------|---|-------|-------|-------|
| 10/01/2009 | 12/01/2009 | 2 | -2.75 | -4.34 | -2.17 |
| 04/01/2010 | 05/01/2010 | 1 | -1.69 | -1.69 | -1.69 |
| 07/01/2010 | 09/01/2010 | 2 | -2.24 | -2.47 | -1.23 |
| 05/01/2011 | 10/01/2011 | 5 | -1.83 | -4.34 | -0.87 |
| 12/01/2012 | 01/01/2013 | 1 | -1.62 | -1.62 | -1.62 |
| 01/01/2014 | 02/01/2014 | 1 | -1.58 | -1.58 | -1.58 |
| 05/01/2015 | 08/01/2015 | 3 | -1.52 | -2.45 | -0.82 |
| 09/01/2016 | 10/01/2016 | 1 | -1.53 | -1.53 | -1.53 |
| 01/01/2017 | 02/01/2017 | 1 | -1.65 | -1.65 | -1.65 |
| 03/01/2018 | 05/01/2018 | 2 | -2.17 | -3.22 | -1.61 |
| 02/01/2019 | 03/01/2019 | 1 | -1.98 | -1.98 | -1.98 |
| 12/01/2019 | 07/01/2020 | 7 | -1.74 | -6.97 | -1 |
| 09/01/2020 | 11/01/2020 | 2 | -1.88 | -3.31 | -1.65 |

| SPI_DroughtPeriod_1_M_-2 | | Extremadamente Seco SPI < -2,0 | | | |
|--------------------------|-------------|--------------------------------|-------|-------|----------|
| Inicio (M/D/A) | Fin (M/D/A) | Duración (meses) | Max. | Suma | Promedio |
| 02/01/1983 | 04/01/1983 | 2 | -2.02 | -2.59 | -1.3 |
| 11/01/2009 | 12/01/2009 | 1 | -2.75 | -2.75 | -2.75 |
| 07/01/2010 | 09/01/2010 | 2 | -2.24 | -2.47 | -1.23 |
| 03/01/2018 | 05/01/2018 | 2 | -2.17 | -3.22 | -1.61 |

Se identificaron 50 meses de sequía moderada, 22 meses de sequía severa y 5 meses de sequía extrema. Los períodos más recientes para las sequías moderadas y severas terminaron en el mes de noviembre de 2020 donde se registró un valor de SPI de 0,81.



La distribución temporal del SPI de 1 mes para el periodo 1981 – 2020 presenta el 56% de los meses valores negativos y el 44% valores positivos.

Conclusiones

La sequía es un fenómeno natural que se produce a raíz de niveles de precipitación inferiores a lo esperado o a lo normal y que, cuando se prolonga durante una estación o períodos más largos, determina que la oferta de agua sea insuficiente para responder a las demandas y requerimientos de la sociedad y del medio ambiente.

La Unidad de Intervención Sur puede ser considerada representativa del área de influencia de la localidad Corral de Lorca en el Departamento de Gral. Alvear, en el secano mendocino.

El análisis del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) en el periodo junio 1981 - noviembre 2020 utilizando la precipitación mensual estimada por CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data* -versión 2.0 final) muestra una alternancia de periodos húmedos (SPI positivos) y periodos secos (SPI negativos). La proporción entre periodos húmedos y periodos secos se mantiene entre 47-48% y 52-53% respectivamente para el análisis de SPI12, SPI9, SPI 6 y SPI3. Para el análisis de SPI1, estos valores son 44% y 56%.

Considerando los pasos temporales para identificar sequías de largo plazo e inter-estacionales (SPI12 y SPI9) se puede observar que desde el segundo trimestre de 2020 se está atravesando un período de sequía extrema con valores promedio de SPI inferiores a -1,85 y por lo tanto puede tener un impacto significativo para la agricultura y el ciclo hidrológico.

En cuanto a los pasos temporales para el análisis de las condiciones de humedad a corto y medio plazo, y por consiguiente una estimación estacional de la precipitación, el SPI6 y SPI3 muestran también un proceso actual de sequía tanto severa (12 y 15 meses respectivamente) como extrema de 7 meses para SPI6 y 2 meses para SPI3). Estas sequías tendrían efecto e impacto directamente en la dinámica y oferta forrajera de los pastizales naturales del secano de Mendoza y con ello la afectación de la producción ganadera bovina.

La evolución del SPI1 que puede considerarse como la relación de exceso o déficit de precipitación mensual en relación con la media histórica del mes considerado, puede verse que en noviembre 2020 se terminó un período seco con precipitaciones por encima de la media. De todas maneras, para el año 2020 hasta noviembre, se presentaron 9 meses de déficit y sólo de exceso de precipitaciones.

En conclusión, el área está en un período de sequía extrema y severa con muchas probabilidades de tener impactos negativos en los requerimientos productivos y el medio ambiente. Es importante rehacer el análisis para finales de del ciclo productivo ganadero 2020 – 2021 para poder relacionar y dimensionar los impactos de la sequía en el ingreso de los productores.

Finalmente, resulta importante y necesario realizar trabajos de investigación relacionando el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) y variables o indicadores proxy de productividad del sistema como NDVI, Anomalía de NDVI y Eficiencia de Uso de la precipitación (UEP).

Ing. Agr. MIWM Carlos Brieva

Laboratorio de Teledetección y SIG

INTA EEA Rama Caída

Centro Regional Mendoza – San Juan

brieva.carlos@inta.gob.ar

<https://inta.gob.ar/personas/brieva.carlos>

PhD Candidate – Environmental Engineering

University of Newcastle, Faculty of Engineering and Built Environment

Centre for Water Security and Sustainability.

Newcastle, Australia

carlos.brieva@uon.edu.au

Bibliografía consultada

- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., . . . Michaelsen, J. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data*, 2(1), 150066. doi:10.1038/sdata.2015.66
- Organización Meteorológica Mundial (OMM) y Asociación Mundial para el Agua (2016): Manual de indicadores e índices de sequía (M. Svoboda y B.A. Fuchs). Programa de gestión integrada de sequías, Serie 2 de herramientas y directrices para la gestión integrada de sequías. Ginebra.
- OMM, 2006. Vigilancia y alerta temprana de la sequía: conceptos, progresos y desafíos futuros. OMM-N° 1006 © 2006, Organización Meteorológica Mundial. ISBN 92-63-31006-8
- OMM, 2012. Índice normalizado de precipitación: Guía del usuario. OMM-No 1090
- University of Nebraska-Lincoln (2020) SPIGenerator v1.7.5. National Drought Mitigation Center. <https://drought.unl.edu/droughtmonitoring/SPI/SPIProgram.aspx>