



Universidad Nacional del Nordeste
Facultad de Ciencias Agrarias
Trabajo Final de Graduación
Modalidad Tesina

**Análisis del cambio climático período 2011-2021,
en el departamento 9 de Julio, Chaco**

Alumno: Graboviesky, Fátima Rita

Asesora: Ing. Agr. (Dra.) Carolina Fernández López

Tiempo estimado: 6 meses

Tribunal evaluador:

- Ing. Agr. (Mgter.) Marco Daniel CHABBAL
- Ing. Agr. Florencia GALDEANO
- Ing. Agr. (M.Sc.) Ditmar Bernardo KURTZ

Año 2023



Agradecimientos:

A Dios por darme fortaleza día a día.

A mis padres por darme la posibilidad de estudiar.

A mi familia, por su apoyo diario.

A mi asesora, Ing. Agr. (Dra.) Carolina Fernández López; por brindarme sus conocimientos y por su predisposición continua.

A mi novio y amistades de la facultad por su aliento y apoyo durante todos estos años de estudio.

Al jurado presente, por evaluar la culminación de mis estudios y por prestar su tiempo.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, por transmitirme su vocación, su calidez y empatía durante estos años de aprendizaje.



| | |
|----------------------------------|----|
| Índice | |
| Resumen: | 4 |
| Introducción: | 5 |
| Objetivos: | 7 |
| Materiales y métodos: | 8 |
| Resultados y Discusión: | 10 |
| <i>Índices Térmicos:</i> | 10 |
| <i>Índices de precipitación:</i> | 12 |
| Conclusiones: | 15 |
| Bibliografía: | 16 |

Resumen:

Actualmente nos encontramos inmersos en noticias a través de diferentes medios de comunicación donde a diario escuchamos hablar sobre el cambio climático y sus consecuencias para los seres vivos. Es necesario fiarnos de información confiable que en América del Sur no se encuentra en abundancia y es por esta razón, que los objetivos de este trabajo fueron 1) Determinar si hubo cambios significativos, con respecto a las variables de precipitación y temperatura, desde el año 2011 al 2021. 2) Establecer índices de extremos climáticos propuesto por el Equipo de Expertos sobre Detección e Índices del Cambio Climático. Se evaluaron seis índices, tres asociados a eventos de temperaturas y los restantes tres referidos a los eventos de precipitaciones utilizando datos diarios de las variables mencionadas obtenidas de la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) situado en Las Breñas, Chaco que cuenta con registros climáticos desde el año 1967. De los datos obtenidos, referido a los índices térmicos tales como días con heladas, se observó una tendencia positiva para toda la serie analizada mientras que las noches tropicales, por lo contrario, la tendencia fue negativa disminuyendo dicho indicador en el tiempo establecido y por último, los días de verano no sufrieron mayores variaciones en el periodo analizado. Por otra parte, los índices hídricos tales como días con lluvia mayor a 10mm y precipitación total anual han manifestado una tendencia positiva. Mientras que, los días secos consecutivos no han sufrido una variación marcada, su tendencia fue positiva superando al promedio histórico en toda la serie analizada. Luego del análisis, se determinó que los índices días con heladas, días con lluvia mayor a 10 mm y precipitación total anual, han manifestados cambios significativos en la serie analizada (2011-2021) para la localidad de Las Breñas, Chaco. Mientras que los restantes indicadores, tales como noches tropicales, días de verano y días secos consecutivos no han manifestado cambios significativos durante ese periodo. Si bien, es interesante observar las tendencias y la existencia de eventos extremos durante el periodo analizado correspondiente a 10 años para luego calcular los índices extremos climáticos, la demanda actual respecto a Cambio Climático indica que deberá aplicarse este análisis a un periodo de 30 años, para realmente establecer la tendencia del clima en cada lugar de estudio.

Introducción:

En la cotidianidad de la sociedad argentina, es común escuchar como sinónimos los conceptos “clima” y “tiempo”, sin embargo, ambas palabras tienen un significado diferente (De Fina y Ravelo, 1973). El estado de la atmósfera en un momento dado, caracterizado por la temperatura, la presión del aire, la humedad y el viento, se conoce como tiempo atmosférico (Zúñiga López y Crespo del Arco, 2021). Mientras que; el estado del sistema está caracterizado por un conjunto de variables que definen el tiempo atmosférico y que promediadas en el tiempo dan lugar al clima (Zúñiga López y Crespo del Arco, 2021). Se ha recomendado el uso de un periodo de 30 años para calcular las estadísticas de referencia del clima llamadas “normas climatológicas” (OMM, 2007).

Una idea clara sobre cómo el cambio climático impactará en la escala de regiones específicas requiere profundizar el conocimiento del clima en dichas escalas es decir se requiere tener identificada con gran nivel de detalle las variaciones climáticas que ocurren en cada región de interés sólo mediante este conocimiento y un constante monitoreo del clima se podrá dilucidar la forma en que los impactos del calentamiento global se irán manifestando en las regiones que vivimos (Vázquez Aguirre, 2010).

Las investigaciones a nivel mundial señalan una tendencia creciente en la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos en los últimos cincuenta años y se considera probable que las altas temperaturas, olas de calor y fuertes precipitaciones, continuarán siendo más periódicas en el futuro (Cardona-Guerrero et al., 2013; Belmonte, 2017).

El análisis de estos eventos, se encuentra limitado por la calidad de datos disponibles y por las escalas de medición. Adicionalmente, dado que son eventos no esperados tienen el potencial de impactar negativamente la sociedad, por lo que se requiere conocer su ocurrencia y tendencia para evaluar la vulnerabilidad a escala local y desarrollar estrategias de adaptación (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC, 2012). El centro-norte de Argentina, se corresponde con el octógono del Sur de América del Sur, el cual posee poca previsibilidad ya que los índices calculados en general son pocos (IPCC, 2021)

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) a través de un equipo de expertos “Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices (ETCCDMI)” desarrolló un set de 27 índices climáticos útiles para la detección y el monitoreo de cambios en los extremos del clima. Para el cálculo y análisis de estos índices se requieren series largas e ininterrumpidas de registros meteorológicos (Belmonte et al., 2017)

El 6to informe del (IPCC, 2021) indicó nuevos índices (condiciones climáticas que conducen a impactos), en donde en su gran mayoría los valores pudieron pasar los umbrales que conducen a consecuencias severas para las personas, la agricultura o la



vida silvestre. Se han observado cambios en numerosos fenómenos meteorológicos y climáticos extremos en donde para una mejor interpretación se ha dividido al mundo en regiones donde se evalúan los extremos cálidos, extremos de precipitación diaria y las sequías.

Argentina como gran parte de Sudamérica, no presenta datos suficientes actuales desde el año 2010 a la fecha para poder establecer su estado climático actual a nivel mundial (OMM, 2020).

Sin embargo, Argentina cuenta con observatorios meteorológicos oficializados bajo las normas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) distribuidos en distintas localidades a lo largo y ancho del país. Uno de ellos se encuentra en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) situado en Las Breñas, Chaco que cuenta con registros climáticos desde el año 1967 (SIGA, 2022). A partir de esa fuente, se pueden calcular los índices propuestos por la OMM y el IPCC (IPCC, 2021).



Objetivos:

Objetivo general:

- Determinar los extremos climáticos, asociados con las variables de precipitación y temperatura, en la zona sur oeste de la provincia de Chaco comprendido el periodo 2011-2021.

Objetivos particulares:

- Determinar si hubo cambios significativos, con respecto a las variables de precipitación y temperatura, desde el año 2011 al 2021.
- Establecer índices de extremos climáticos propuesto por el Equipo de Expertos sobre Detección e Índices del Cambio Climático.

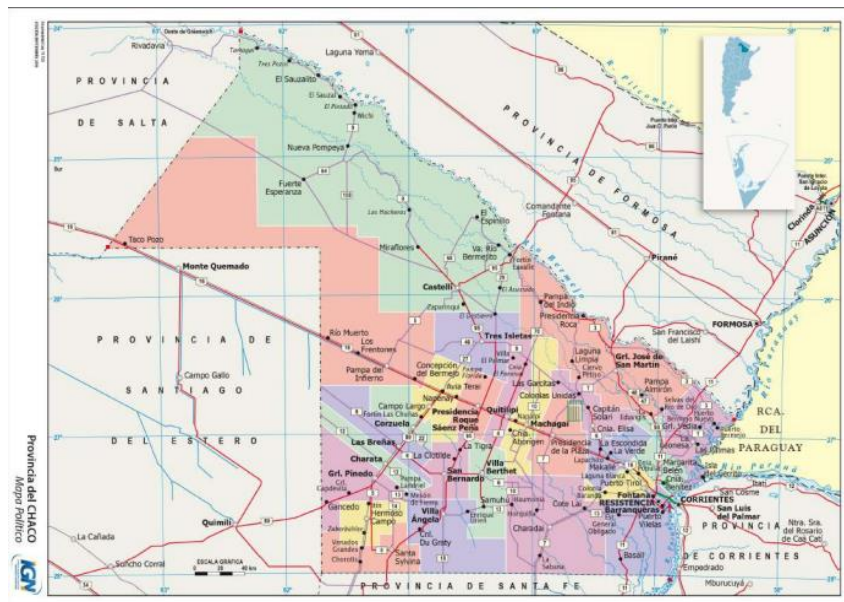
Materiales y métodos:

La Región Centro-Norte, de la Argentina, que abarca la Provincia del Chaco, presenta una temperatura media anual de 21,9°C y una precipitación acumulada promedio de 1016 mm (Barros y Vera, 2014).

El procesamiento de una serie temporal de datos tiene como objetivo descubrir las irregularidades en un lapso determinado de las variables en estudio; en el caso que nos ocupa, para el periodo comprendido entre 2011-2021. Estas regularidades son su tendencia, sus oscilaciones periódicas, momentos de alza o caída, entre otras. No siempre es posible obtener todas las observaciones de las variables en el periodo de estudio, aun así, es posible que a partir de series sesgadas se puede lograr buenos resultados.

La metodología pertinente se establece en el 6to informe del IPCC (2021), en el cual se explica la naturaleza del tratamiento univariante de series de datos, donde en cada instante de tiempo se observa un único valor numérico y el fin del análisis es buscar la comparación de los valores observados en la variable a través del tiempo.

Para este trabajo se utilizarán los datos obtenidos de la Estación Experimental Agropecuaria "Emilio Druzianich" - Las Breñas (Figura 1); la cual es del Tipo: Convencional Instrumental Homologado Completo, y obtiene los registros siguiendo normas tanto de instrumental como de observación según el SMN; presenta su primer registro: 01/01/1967 a la fecha. La base del estudio se encuentra alojada en la página del Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica-INTA (SIGA, 2022).



Año 2023

Figura 1: Ubicación geográfica Las Breñas, Chaco (Educ.ar Portal, 2023)

Se utilizaron datos diarios de temperatura máxima y mínima obtenida en abrigo meteorológico a 1,5 metros de altura y de precipitación medida en pluviómetro (SIGA, 2022).

Se calcularon seis índices climáticos (Tabla 1), tres asociados a eventos extremos de temperatura y tres asociados al comportamiento de la precipitación y eventos extremos de lluvias, los mismos se realizaron por medio de tablas dinámicas a partir de los datos de hojas de cálculo (Google Sheets®, 2022).

Tabla 1: Descripción de los índices climáticos calculados y sus unidades.

| Índice | Definición | Unidad |
|-----------|--|--------|
| FD0** | Días de heladas: Número de días en un año cuando la temperatura mínima diaria es igual o menor a 0°C | días |
| TR20** | Noches tropicales: Número de días en un año cuando la temperatura mínima es mayor a 20°C | días |
| SU25** | Días de verano: número de días en un año cuando la temperatura máxima es mayor a 25°C | días |
| CDD + | Días secos consecutivos: número máximo de días consecutivos con lluvia menor a 1 mm | días |
| R10 + | Días con lluvia mayor a 10 mm | días |
| PRCPTOT + | Precipitación total anual | mm |

(*) Asociados a eventos extremos de temperatura, (**) asociados al comportamiento de la temperatura mínima y máxima, (+) asociados al comportamiento de la precipitación y de eventos extremos de lluvia.

Resultados y Discusión:

Índices Térmicos:

Respecto al índice días con heladas (FD0) analizado para el periodo 2011-2021 en el departamento 9 de Julio (Provincia del Chaco), se presentó una tendencia positiva para toda la serie de tiempo analizada (Figura 2).

Durante los años 2015 y 2019 no se registraron presencia de heladas. Los años 2011 y 2013 presentaron 5 días con heladas coincidiendo con el promedio histórico. Mientras que se dio un máximo en el año 2021 con ocho heladas, las cuales ocurrieron tres en el mes de junio y cinco en julio. Este primer índice ya reafirma lo expresado por los especialistas respecto al incremento de eventos extremos en el futuro (IPCC, 2021).

Luego de realizar la comparación del indicador antes mencionado con el trabajo realizado por (Belmonte, 2017) para la localidad de Anguil, La Pampa ubicado en el sur de nuestro país donde se observó una tendencia negativa para toda la serie analizada por el contrario a nuestra región se estableció una tendencia positiva.

En lo referido a las noches tropicales (TR20), la tendencia fue negativa (Figura 3), es decir ha disminuido el número de días donde la temperatura mínima ha sido mayor a 20°C. Los extremos de la serie analizada correspondiente a los años 2011 y 2021 presentan valores por debajo del valor promedio de 93. Comparado con el trabajo de (Belmonte, 2017) para la región sur del país se observó una tendencia positiva mientras que en la región de estudio se presentó una tendencia negativa.

El último índice térmico analizado en esta ocasión fue (SU25), correspondiente a días de verano (Figura 4), donde se estableció que no hubo demasiada variación en la serie 2011-2021, por encima al promedio histórico 249 días (estimado con datos del período 1967-2010), y su línea de tendencia se mantuvo estable en todo su análisis.

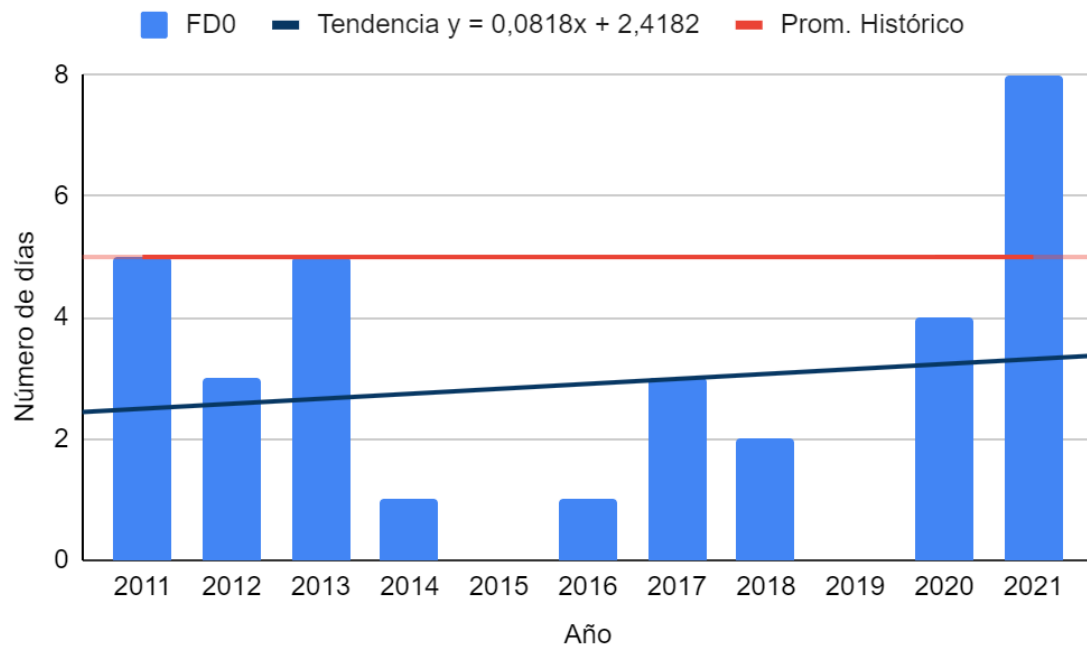


Figura 2: Variación y tendencia del índice Días de heladas (FD0) durante el periodo 2011-2021.

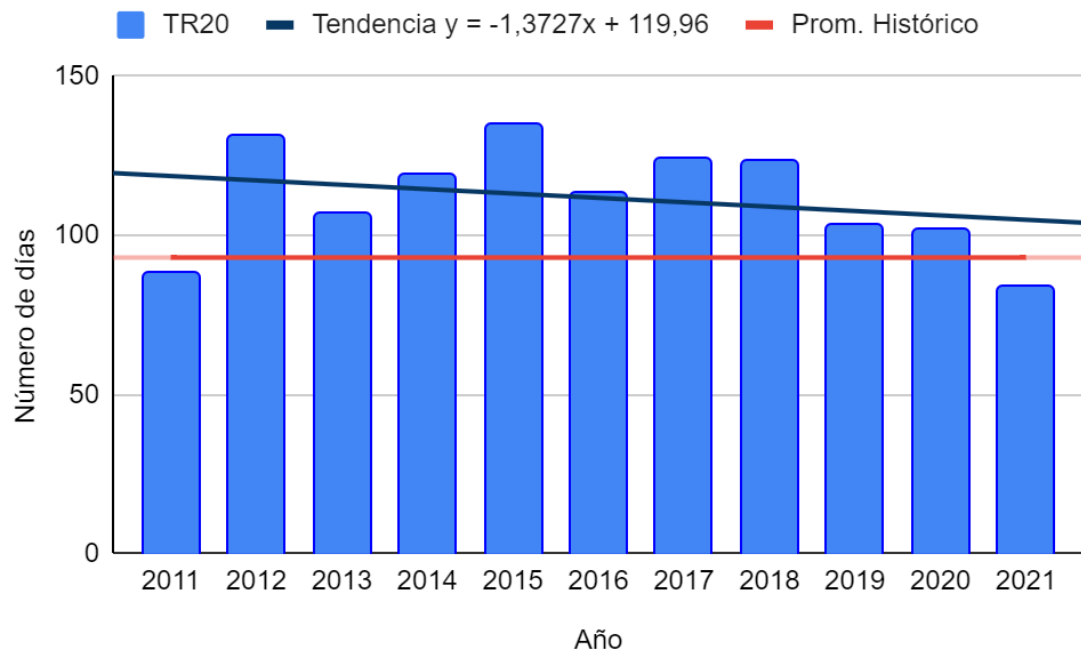


Figura 3: Variación y tendencia del índice Noches Tropicales (TR20) durante el periodo 2011-2021.

Año 2023

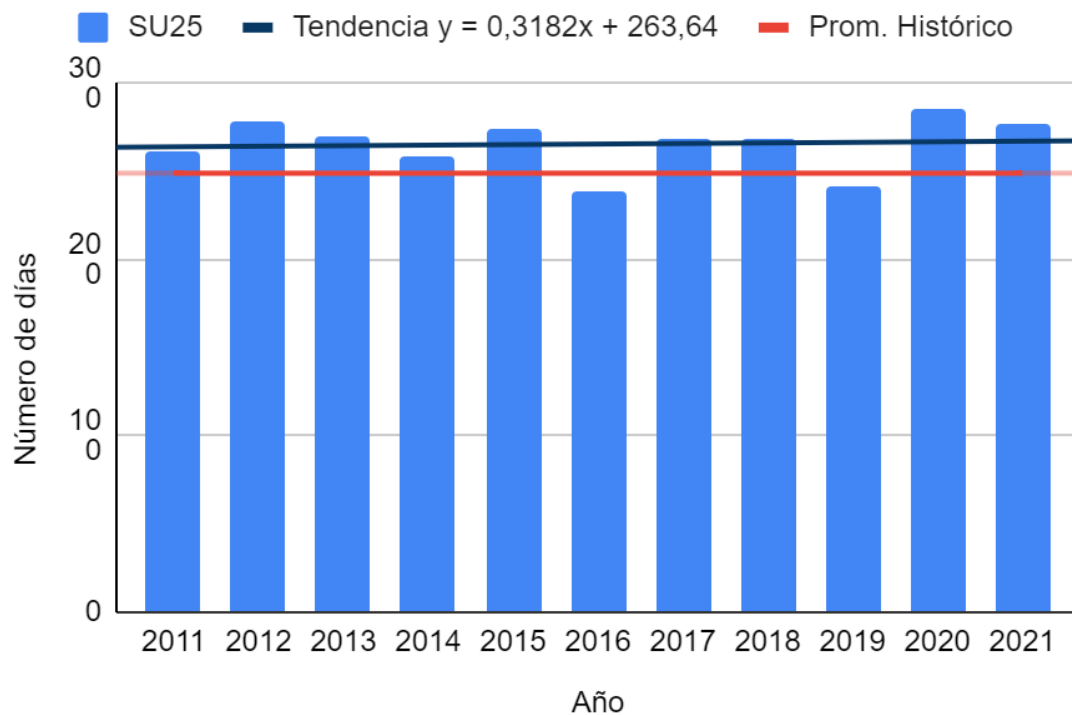


Figura 4: Variación y tendencia del índice Días de Verano (SU25) durante el periodo 2011-2021.

Índices de precipitación:

El índice número de días con lluvia mayor a 10 mm (R10), con una media histórica de 26 días (Figura 5), durante el año 2019 se alcanzó un máximo de 41 días con lluvia mayor a 10 mm; lo cual coincide con el año que se alcanzaron mayores cantidades precipitadas durante el periodo analizado. Para este índice, se realiza una comparación con el trabajo realizado también en la región norte del país como es el realizado por (Alabar et al., 2020) para las provincias de Salta y Jujuy donde se encontró una tendencia positiva del índice días con lluvia mayor a 10 mm al igual que para el departamento 9 de julio, Chaco.

De la referencia histórica de 252 días (Figura 6), durante el año 2020-2021 se evidenció un máximo de días secos consecutivos (CDD) alcanzando 289-293 días respectivamente superando al promedio histórico de 252 días secos consecutivos lo cual coincide con el periodo de sequía que ha afectado fuertemente a la región de estudio.

En referencia a la variación que presentaron los valores de precipitación (Figura 7) a través del índice lluvia total anual (PRCPTOT), se observó que durante los años 2012 -

Año 2023

2013 - 2015 - 2017 - 2020, las lluvias caídas no alcanzaron al promedio histórico mientras que los extremos de pendiente se presentan durante los años 2014 - 2016-2018 - 2019, coincidiendo en este último año con la inundación que afectó a la región sudeste del Chaco.

Comparando con el trabajo estimado para las provincias de Salta-Jujuy, existe una tendencia positiva para ambos índices al igual que en la región del NOA (Alabar et al., 2020).

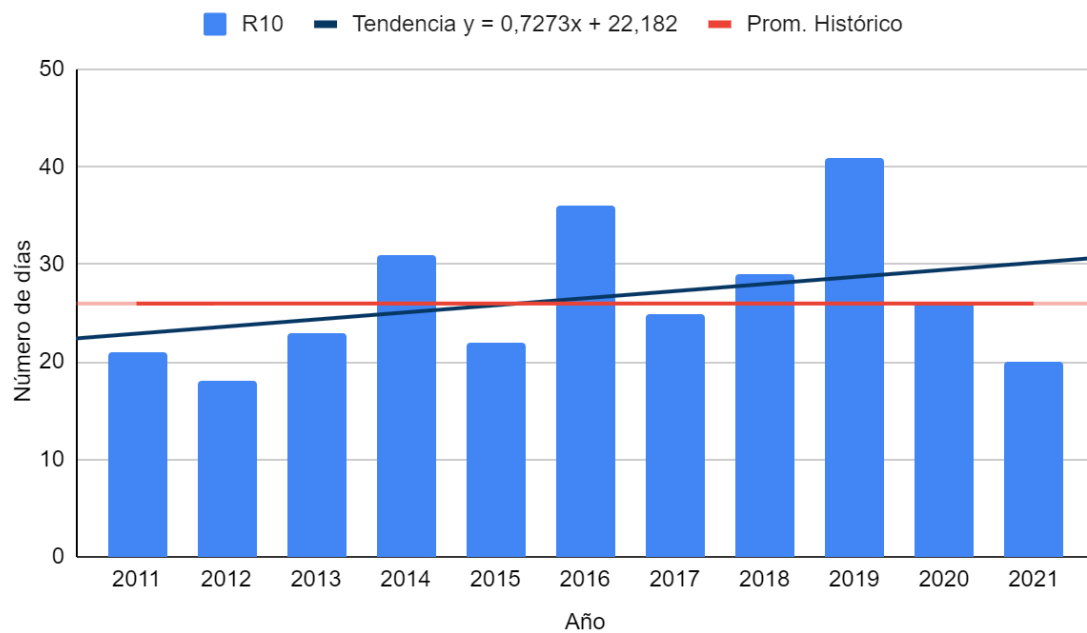


Figura 5: Variación y tendencia del índice Días con lluvias mayor a 10mm (R10) durante el periodo 2011-2021.

Año 2023

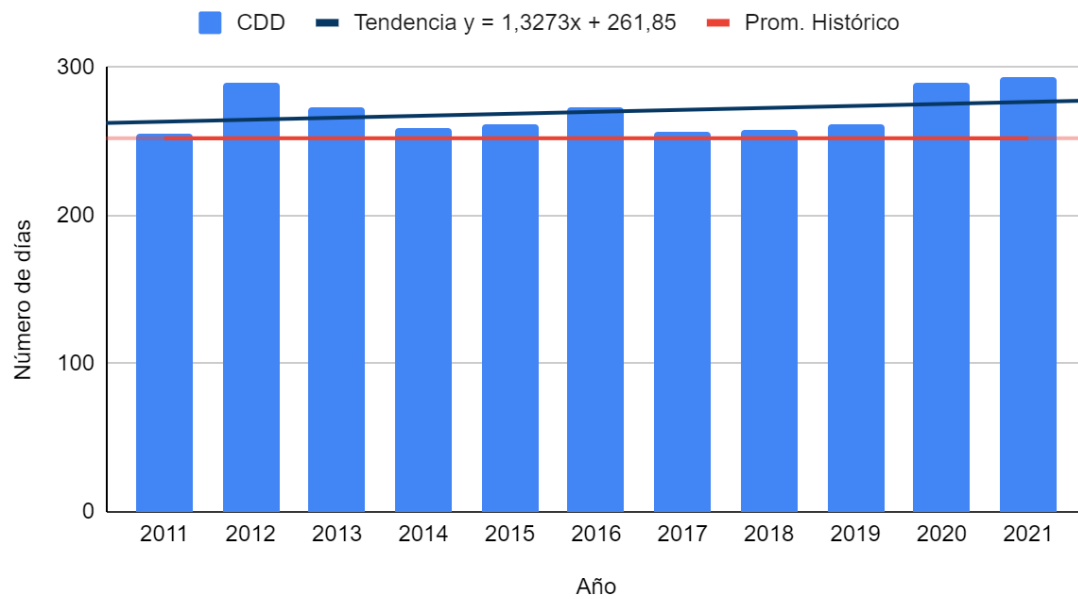


Figura 6: Variación y tendencia del índice Días secos consecutivos (CDD) durante el periodo 2011-2021.

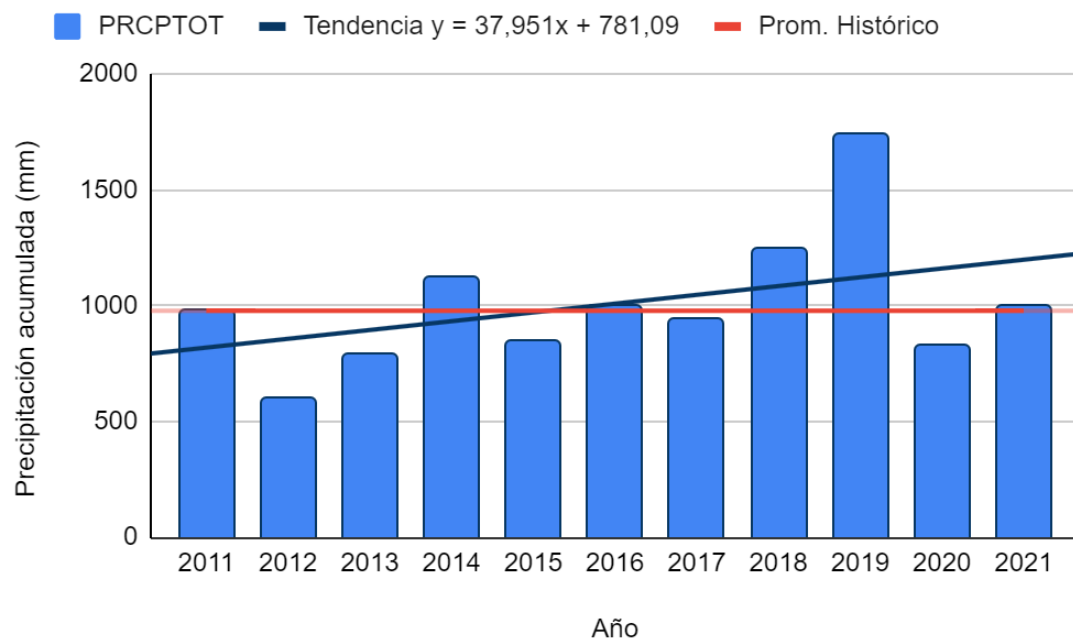


Figura 7: Variación y tendencia del índice Precipitación total anual (PRCPTOT) durante el periodo 2011-2021.

Año 2023

Conclusiones:

En referencia a todo lo analizado, se concluye que desde el año 2011-2021 para la serie de datos proveniente de la Estación Experimental Agropecuaria "Emilio Druzianich", Las Breñas luego de establecerse los índices extremos climáticos que involucran tres de los mismos a la variable temperatura y tres a precipitación tales como : Días con Heladas (FD0), Noches Tropicales (TR20), Días de Verano (SU25) y Días Secos Consecutivos (CDD), Días con Lluvia Mayor a 10mm (R10), Precipitación Total Anual (PRCPTOT) respectivamente; la variabilidad climática ha intensificado su tendencia en eventos extremos.

De acuerdo a lo anterior, existieron cambios significativos para los índices Días con Heladas donde hubo años tales como 2015 y 2019 que no ocurrieron heladas siendo por lo contrario el año 2021 donde se evidenciaron 8 días con temperaturas mínima diaria igual o menor a 0°C lo que es de relevancia para el sector agropecuario; siguiendo con los Días de lluvia mayor a 10 mm y Precipitación total anual mientras que en los restantes índices no se observaron cambios durante todos los años.

Es importante recalcar que, en los últimos dos índices tales como días con lluvia mayor a 10mm y precipitación total anual, ambos se encuentran relacionados, considerando que el año 2012 se presentó el menor número de días con lluvia mayor a 10mm y la menor acumulación de lluvias totales; por lo contrario, en el año 2019, las excesivas precipitaciones afectaron a millones de hectáreas siendo la más grave durante los últimos 30 años.

Los restantes índices: Noches tropicales, Días de Verano y Días Secos Consecutivos no sufrieron mayores variaciones en todo el periodo analizado.

Si bien, es interesante observar las tendencias y la existencia de eventos extremos durante el periodo analizado correspondiente a 10 años para luego calcular los índices extremos climáticos, la demanda actual respecto a Cambio Climático indica que deberá aplicarse este análisis a un periodo de 30 años, para realmente establecer la tendencia del clima en cada lugar de estudio.

Bibliografía:

- Alabar, F; Hurtado, R; Moreno, C; Valdiviezo Corte, M; Mayo, H y J.M. Solís. (2019). Análisis de tres índices de eventos extremos de precipitación en San Salvador de Jujuy. 30. Recuperado de: http://www.fca.unju.edu.ar/media/publicaciones_cientificas/Libro_Res%C3%BAmenes_VII_Jo_fhg1li4.pdf (Consultada el 01/06/2022)
- Barros, v; Vera, C; Agosta, E; Araneo, D; Camilloni, I; Carril, A; Doyle, M; Frumento, O; Nuñez, M; Ortiz de Zárate, M.I; Penalba, O; Rusticucci, M; Saulo, C y S. Solman. (2015). Cambio climático en Argentina; tendencias y proyecciones. Recuperado de: http://3cn.cima.fcen.uba.ar/3cn_informe.php (Consultada el 01/06/2022)
- Belmonte, M.L. (2017). Índices de cambio climático en Anguil: tendencias del periodo 1961-2016. Revista Argentina de Agrometeorología, vol (VIII), 29-42. Recuperado de: http://www.crean.unc.edu.ar/files/secciones/Material/Revista_RADA_2017.pdf (Consultada el 01/06/2022)
- Belmonte, M.; G. Casagrande, M. Deanna, R. Olguin, A. Farrell y F. Babinec, 2017. Estadísticas agroclimáticas de la EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas". Periodo 1973-2016. Publicación técnica No 104. INTA Ediciones. ISSN impreso 0325-2132. Anguil La Pampa. 58pp.
- Cardona-Guerrero, F; Ávila-Tendencias en las series de precipitación en dos cuencas torrenciales andinas del Valle del Cauca (Colombia). Tecnológicas, vol (XVII), 85-95. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v17n32/v17n32a09.pdf> (Consultada el 01/06/2022)
- De Fina A.L. y A.C. Ravelo. 1973. Climatología y Fenología Agrícola. Editorial EU-DEBA. 281 pp.
- Google Sheets ® 2022. <https://www.google.com/intl/es-419/sheets/about/>
- IPCC, 2012 – Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (Eds.) Available from Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Shaftesbury Road, Cambridge CB2 8RU ENGLAND. <https://www.ipcc.ch> (Consultada el 01/12/2021)
- IPCC, 2021: Summary for Policymakers. 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 [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch> (Consultada el 01/12/2021)
- OMM. 2007. El tiempo, el clima y los servicios hídricos al alcance de todos. Organización Meteorológica Mundial: N° 1024 <https://public.wmo.int/es> (Consultada el 01/06/2023)

- SIGA. 2022. Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica. INTA. <https://siga.inta.gob.ar/#/> (Consultada el 01/03/2022)
- Sitio Web Educ.ar Portal: <https://www.educ.ar/recursos> (Consultada el 01/06/2023)
- SMN. 2019). Cambio climático-Servicio climático. Recuperado de: <http://www3.smn.gov.ar/serviciosclimaticos/> (Consultada el 01/12/2021)
- Vázquez-Aguirre, J. L. (2010). Guía para el cálculo y uso de índices de cambio climático en México. Instituto Nacional de Ecología. 88. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/wiriana/guia-indices-cc20101> (Consultada el 01/12/2021)
- Zúñiga López y Crespo del Arco (2010). Meteorología y Climatología. Editorial UNED. 261pp.