

Índices climáticos de precipitación y temperatura de San José de Metán, Salta, Argentina

Vázquez, V. N.; Vargas, S. M. y Visentini, E.

RESUMEN

El cambio climático está afectando a los patrones de precipitación, hay probabilidad de que aumenten en las latitudes altas, mientras que en las regiones subtropicales se prevé su disminución. El objetivo del trabajo es obtener índices climáticos de precipitación y temperatura propuestos por Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) y analizar sus tendencias en la localidad de San José de Metán, provincia de Salta, período 1982-2020, con datos diarios del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y, sensores remotos utilizando Google Earth Engine. El tratamiento de los datos del SMN revelan un alto porcentaje de faltantes. Los resultados confirman las tendencias detectadas regionalmente por otros investigadores. Para los índices de precipitación, no se detectan tendencias significativas, sin embargo, se presentan pendientes con valores decrecientes. Los índices para 1 y 5 días de precipitación máxima en un mes (Rx1day y Rx5day) muestran valores altos de más de 100 mm; mientras que para cantidad de días húmedos y secos consecutivos (CWD y CDD) con disminución y aumento respectivamente. Los índices de temperatura confirman el incremento significativo de la temperatura con valores superiores a 36°C y un máximo de 42°C en la época estival, y disminución de días y noches frías.

Palabras clave: tendencias climáticas; ETCCDI; sensores remotos

Vázquez, V. N.; Vargas, S. M. and Visentini, E. 2022. Climatic indexes of precipitation and temperature of San José de Metán, Salta, Argentina. RADA XIII: 39-46

SUMMARY

Climate change is affecting precipitation patterns, there is a probability that they will increase in high latitudes, while in subtropical regions their decrease is expected. The objective of the work is to obtain climatic indexes of precipitation and temperature proposed by the Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) and analyze their trends in the town of San José de Metán, province of Salta, period 1982-2020, with daily data from the National Meteorological Service (SMN) and remote sensors using Google Earth Engine. The treatment of the data from the SMN reveals a high percentage of missing. The results confirm the trends detected regionally by other researchers. For the precipitation indexes, without significant trends, however, slopes with decreasing values are presented. The indexes for 1 and 5 days of maximum

precipitation in a month (Rx1day and Rx5day) show high values of more than 100 mm; while for the number of consecutive wet and dry days (CWD and CDD) with decrease and increase respectively. The temperature indexes confirm the significant increase in temperature with values above 36°C and a maximum of 42°C in the summer season, and a decrease in cold days and nights.

Key words: climate trends; ETCCDI; remote sensors

Vázquez, V. N.: *Cátedra de Climatología. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. Sede Regional Orán. Rudecindo Alvarado 751, A4530, San Ramón de la Nueva Orán, Salta, Argentina.*
Vargas, S. M.: *Cátedra de Clima y Suelos. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. Sede Regional Metán-Rosario La Frontera (UNSa-SRMRF). Coronel Vidt 346, A4440, San José de Metán, Salta, Argentina.*
Visentini, E.: *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Agencia de Extensión Rural Metán (INTA AER- Metán), Leandro N. Alem Este 10, A4440, San José de Metán, Salta, Argentina.*
Correspondencia a: ingverovazquez@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Por cambio climático se entiende al cambio en las condiciones climáticas atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, alterando la composición de la atmósfera y que se suma a la variabilidad natural del clima observada a lo largo de la historia de nuestro planeta (CMNUCC, 1992; IPCC 2012). Esto está afectando los patrones de las precipitaciones, con un incremento en las latitudes altas, mientras que en las regiones subtropicales se prevé su disminución. En relación a las precipitaciones monzónicas, se esperan cambios que variarán según la región analizada. El aumento de los extremos meteorológicos y climáticos ha provocado algunos impactos irreversibles a medida que los sistemas naturales y humanos se ven empujados más allá de su capacidad de adaptación (IPCC, 2022). Estas transformaciones tienen un fuerte impacto en las actividades económicas, el bienestar social y los ecosistemas Bárcena *et al.* (2020). Los impactos sobre la producción agrícola prevén una disminución en los rendimientos de los cultivos agudizando la seguridad alimentaria (Ortiz, 2012). Los patrones de precipitación y temperatura en Argentina y el NOA en particular, han sido estudiados por diferentes autores. Minetti *et al.* (2004), encontraron en el NOA seis tipos básicos de variabilidad en las precipitaciones que cubren a regiones meso climáticas importantes. Hurtado *et al.* (2008), analizan el comportamiento de las precipitaciones de la región NOA y la probabilidad de existencia de cambios persistentes, junto con periodos de retorno de eventos extremos. Belmonte (2017), analiza las tendencias anuales y estacionales de temperatura y precipitación mediante índices de

cambio climático de Anguil, región central de Argentina, hallando tendencias anuales positivas en la cantidad de noches cálidas y tropicales, periodos calientes, temperatura mínima diaria, días con lluvia más intensa y cantidad de precipitación anual. Tendencias negativas se encontraron en cantidad de días con heladas y noches frías, en amplitud térmica diaria y, en cantidad de días secos consecutivos (Belmonte, 2017). La variabilidad de la precipitación en el Altiplano Argentino ha sido estudiada por Barrera y Maggi (2018) que verifican la ocurrencia de saltos climáticos en la precipitación relacionados con la Transición Climática del Pacífico de 1976 y/77, con tendencias decrecientes de la precipitación a partir de la década de 1990 en el NOA. Hurtado *et al.* (2019) analizan eventos extremos de temperatura mínima en el NOA, observan una pendiente creciente anual en todas las localidades, con los mayores incrementos en La Quiaca y Jujuy UNJu, con un porcentaje de noches frías (TN10p) que marca una disminución anual de días en toda la Región y con mayor incremento para La Quiaca, Orán y Salta, respectivamente. Asimismo, índices climáticos de precipitación en las provincias de Jujuy y Salta fueron analizados por Alabar *et al.* (2020), observando la tendencia en seis estaciones, con tendencias positivas para los índices de lluvia máxima en un día (Rx1day) y cantidad máxima de lluvia en cinco días consecutivos en un año (Rx5day) para las estaciones Orán Aero y La Quiaca Aero. Los eventos extremos de precipitación y temperatura se repiten más asiduamente en los últimos años en el NOA. En el sur de la provincia de Salta, un temporal en 2016 generó una tragedia con la muerte de 4 personas, debido a una precipitación

extraordinaria que provocó la crecida del río Metán (Infobae, 2016). El objetivo del presente trabajo es obtener índices climáticos de precipitación y temperatura propuestos por ETCCDI y analizar sus tendencias en la localidad de San José de Metán, provincia de Salta durante los períodos 1995-2020, 1982-2020, a partir de datos diarios del SMN, estación Meteorológica de Metán 25° 29'S, 64° 48'O y, de sensores remotos utilizando Google Earth Engine.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon datos diarios de precipitación y temperatura proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional de la Estación Climatológica de San José de Metán (Figura 1). Los datos satelitales de precipitación se obtuvieron a partir del producto Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations (CHIRPS), conjunto de datos geospaciales de precipitaciones diarias, quasi-global (50°S-50°N), de alta resolución espacial (0,05°) (Funk *et al.*, 2015). Datos satelitales de temperatura mínima y máxima se obtuvieron a partir del producto ERA5, conjunto de productos globales para el clima del Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Medio Plazo (ECMWF). Se utilizó la plataforma GEE (Gorelick *et al.*, 2017) para automatizar la extracción de las series temporales de datos de precipitación y temperaturas. Se desarrolló un algoritmo empleando Java Script, que permite la

aplicación de una secuencia de procesos sobre los productos satelitales descriptos, para el área de estudio seleccionada. Se creó un área buffer de 30 km alrededor de la ubicación de la estación meteorológica y se procedió a su procesamiento para lograr el formato de entrada de datos requerido por el software libre RClmDex (1.0), desarrollado por expertos del Departamento de Investigación Climática del Servicio Meteorológico de Canadá (Zhang and Feng, 2004) y ejecutado a través del software R versión 4.1.2. Los índices calculados para la localidad de Metán se detallan en Tabla 1.

Se efectuó el control de calidad y se establecieron

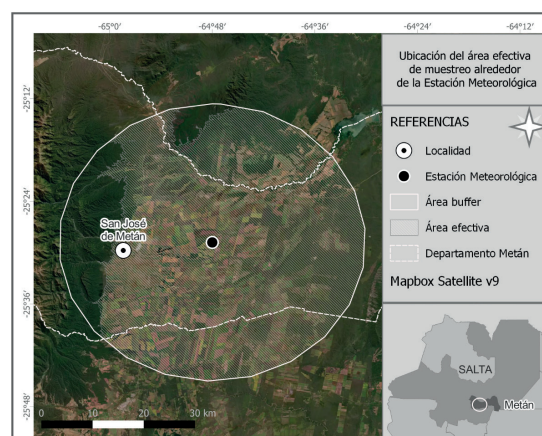


Figura 1. Ubicación de la estación meteorológica y área buffer, en el departamento de San José de Metán. Salta, Argentina.

Tabla 1. Índices climáticos de precipitación y temperatura calculados para San José de Metán, Salta.

ID	Nombre del Indicador	Definición	UNIDAD
Rx1day	Cantidad Máxima de precipitación en un día	Máximo mensual de precipitación en 1 día	mm
Rx5day	Cantidad Máxima de precipitación en 5 días	Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos	mm
R10	Número de días con precipitación intensa	Número de días en un año en que PRCP ≥ 10mm	Días
CDD	Días secos consecutivos	Número máximo de días consecutivos con RR < 1mm	Días
CWD	Días húmedos consecutivos	Número máximo de días consecutivos con RR ≥ 1mm	Días
PRCPTOT	Precipitación total anual en los días húmedos	Precipitación anual total en los días húmedos (RR ≥ 1mm)	mm
Tmáxmean	Temperatura máxima media	Valor mensual medio de las temperaturas máximas	°C
Tmínmean	Temperatura mínima media	Valor mensual medio de las temperaturas mínimas	°C
SU25	Días de verano	Número de días en un año cuando TX (máximo diario) > 25°C	Días
TR20	Noches tropicales	Número de días en un año cuando TN (mínimo diario) > 20°C	Días
TXx	Máx Tmáx	Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria	°C
TN10p	Noches frías	Porcentaje de días cuando TN < 10th percentil	Días
TX10p	Días fríos	Porcentaje de días cuando TX < 10th percentil	Días
TN90p	Noches calientes	Porcentaje de días cuando TN > 90th percentil	Días
TX90p	Días calientes	Porcentaje de días cuando TX > 90th percentil	Días

critérios referidos a datos faltantes, estos fueron codificados como -99,9 para ambas variables; para la variable precipitación, los datos con valores menores a 0,1 mm o iguales a 0 mm como 0,09. Se calculó el porcentaje de datos faltantes para ambas series temporales de datos, obteniendo en la serie proveniente del SMN un valor elevado (Tabla 2). Se calcularon índices climáticos con los datos de ambas series detectando que, debido al gran porcentaje de datos faltantes existente en la información provista por el SMN, RClimDex (1.0) presentó problemas en el cálculo de algunos de los índices seleccionados, mientras que los calculados mostraron resultados incoherentes. Los datos provenientes de sensores remotos, debido al bajo porcentaje de datos faltantes (Tabla 2), permitió la determinación de la totalidad de los índices climáticos seleccionados. A los índices obtenidos se les aplicó el Test no paramétrico de Mann Kendall para determinar la tendencia y significancia estadística (), sugerido para evaluar tendencias en series hidrometeorológicas y otras series ambientales (Muñoz Marín, 2008). Los niveles de confianza utilizados fueron del 90, 95, 99 y 99,9%. Se graficaron las series anuales, junto con las tendencias calculadas por regresión lineal de mínimos cuadrados (Belmonte, 2017; Alabar, 2020)

Tabla 2. Datos según origen, porcentaje de datos faltantes y períodos analizados.

Localidad	Porcentaje datos faltantes (%)	Período			Cantidad de años	
		Datos	Pp	Tmax Tmin		
San José de Metán	Estación	12,3	30,2	20,0	1995-2020	25
	Imagen satelital	0,0	1,4	1,4	1982-2020	38

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información proporcionada por el SMN evidenció un alto porcentaje de datos faltantes, en contraposición a la obtenida por el procesamiento de las imágenes satelitales, que ofrece un ínfimo porcentaje de faltantes (Tabla 2). Por esta razón, solo se trabajó con los datos provenientes de las imágenes satelitales, debido a que RClimDex (1.0) no puede realizar el cálculo de algunos de los índices climáticos, porque requiere menos de 25 % de datos faltantes para las variables analizadas (Armenta Porras, 2016). Para la OMM (2018) el umbral recomendado es < 20 %, debido a que un faltante superior al 15% genera reducciones significativas en la confiabilidad de los resultados, debido a que en este período faltante puede haber señales importantes de cambio en las variables

climáticas y/o eventos climáticos extremos no registrados. En la región NOA, Alabar *et al.* (2020), sugieren un período mínimo de 30 años y menos de 10% de datos faltantes en coincidencia con Núñez González y García Suárez (2018).

Índices de precipitación

En la Tabla 3, se muestran los valores de pendiente para los índices climáticos de precipitación y su significancia estadística. Para los índices climáticos de precipitación, no hay tendencias significativas. Todos presentan valores de pendientes negativas, a excepción de CDD con pendiente positiva y una significancia estadística del 90%, lo que indica una disminución en las precipitaciones y aumento de cantidad de secos consecutivos (Tabla 3).

Tabla 3. Pendientes de las tendencias lineales de los índices climáticos de precipitación (Pp) para San José de Metán, Salta y su significancia estadística al +90%, **95%, ***99% y ****99,9%.

Índice	Pendiente
Rx1day - Cantidad Máxima de precipitación en un día (mm)	-0,04
Rx5day - Cantidad Máxima de precipitación en 5 días (mm)	-0,24
R10 - Número de días con precipitación intensa (días)	-0,05
CDD - Días secos consecutivos (días)	0,51 +
CWD Días húmedos consecutivos (días)	-0,01
PRCPTOT - Precipitación total (mm)	-1,1

Para Rx1day, se observa un máximo de 102,4 mm en el año 1982 y de 119,2 mm en el año 2008, ambos extremos para el mes de marzo, (Figura 2, a). Para Rx5day, cantidad máxima de precipitación en 5 días, no se observa tendencia significativa con pendiente negativa de -0,24 (Tabla 3). Para R10, los años 1984, 1987, 2001 y 2015 muestran períodos de más de 30 días de precipitación intensa (Figura 2, b).

CDD muestra valores en aumento de cantidad de días secos consecutivos, siendo el 2017 el año con el mayor valor con 112 días sin lluvias (Figura 3, c). Para CWD, mayor número de días consecutivos en un año con precipitación mayor o igual a 1 mm, se obtiene una pendiente negativa de -0,01 para el período 1982-2020 (Tabla 3) Para PRCPTOT, precipitación total, se obtiene una pendiente negativa de -1,10. Los valores máximos y mínimos para el período considerado oscilan entre 814,1 mm en el año 1984 y 517,9 mm en el año 2005 (Tabla 3, Figura 3, d).

Estos resultados están en coincidencia con lo



Figura 2. Índices climáticos de precipitación RX1day a) y R10 b), para San José de Metán. Período 1982-2020, tendencias calculadas por regresión lineal de mínimos cuadrados y pendientes (línea punteada).

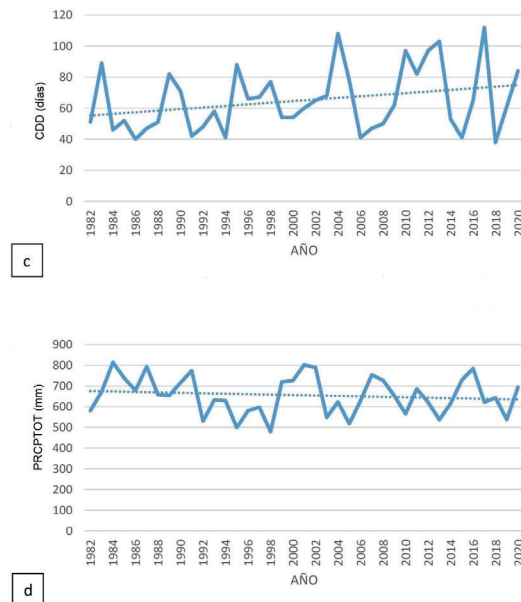


Figura 3. Índices climáticos de precipitación CDD c) y PCPTOT d), para San José de Metán. Período 1982-2020, tendencias calculadas por regresión lineal de mínimos cuadrados y pendientes (línea punteada).

encontrado por Hurtado *et al.* (2008), Belmonte (2017), Barrera y Maggi (2018) y Alabar *et al.* (2020). También, se debe tener en cuenta que la

variabilidad de las precipitaciones podría estar influenciada por la topografía, ya que San José de Metán posee hacia el oeste las Sierras Subandinas y se generaría un amparo húmedo sobre los valles interiores, como enuncia Minetti *et al.* (2004). Asimismo, los índices calculados revelan el incremento de intensidad y frecuencia de los fenómenos extremos acentuando la vulnerabilidad de la agricultura, viéndose afectadas las reservas de agua en el suelo con disminución del almacenaje según Ortiz (2012) y Toconás (2019).

Índices de temperatura

En la Tabla 4, se muestran los valores de pendiente para los índices climáticos de temperatura y su significancia estadística.

Tabla 4. Pendientes de las tendencias lineales de los índices climáticos de temperatura para San José de Metán, Salta y su significancia estadística al +90%, **95%, **99% y ***99,9%.

Índice	Pendiente
Tmáxmean - temperatura máxima media (°C)	0,03**
Tmínmean - temperatura mínima media (°C)	0,01+
SU 25 - Días de verano (días)	0,51*
TR 20 - Noches tropicales (días)	0,67***
TXx - Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria (°C)	0,05
TX10p - Días fríos (días)	-0,07*
TX 90p - Días calientes (días)	0,18**
TN10p - Noches frías (días)	-0,03
TN90p - Noches calientes (días)	0,18***

Para temperaturas máximas y mínimas medias se observan tendencias significativas y, las pendientes obtenidas son positivas con valores de 0,03 y 0,01 respectivamente (Tabla 4). Los valores van incrementándose en los últimos años de la serie, teniendo valores mayores a 30° C en los meses correspondientes al trimestre estival y, una mínima mayor a 4° C en el mes de junio. En el índice días de verano SU25, se obtiene una tendencia significativa y una pendiente positiva de 0,51 (Tabla 4), hacia la mayor cantidad de días con temperaturas mayores a 25°C, con períodos entre 180 días a más de 200 días. En TR20 noches tropicales, se presenta tendencia significativa y pendiente positiva (0,67) (Tabla 4), con períodos superiores a 40 días, con un máximo para el año 2013 y 2016 con 47 noches (Figura 4 a). Para el índice TXx, valor mensual máximo de temperatura máxima, se obtiene una tendencia significativa y pendiente positiva (Tabla 4). Se presentan temperaturas superiores a 36°C entre los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre y,

un valor máximo de 42°C para el año 2019 en los meses de octubre.

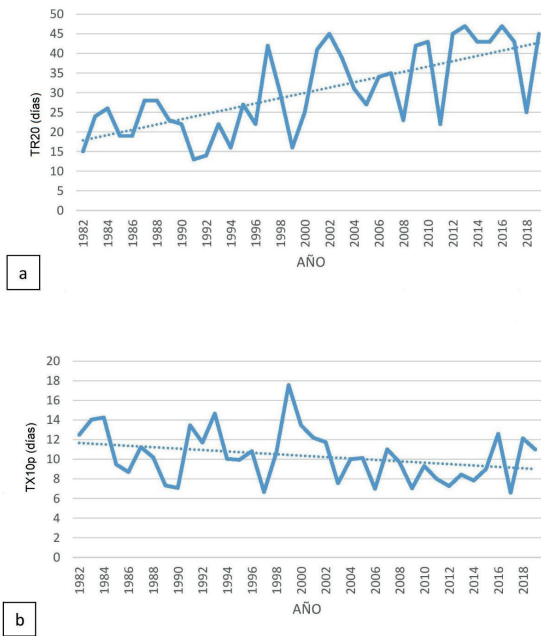


Figura 4. Índices climáticos de temperatura TR20 a) y TX10p b), para San José de Metán. Período 1982-2020, tendencias calculadas por regresión lineal de mínimos cuadrados y pendientes (línea punteada).

En el índice TX10p, días fríos, se obtiene tendencia significativa y una pendiente negativa de -0,07 (Tabla 4), es decir hacia una disminución de cantidad de días fríos (Figura 4, b). Al contrario, TX90p, con tendencia significativa positiva, evidencia un aumento en la cantidad de días calientes (Tabla 4, Figura 5 c). En TN10p, no existe tendencia significativa, sin embargo, se observa una pendiente negativa -0,03 (Tabla 4, Figura 5 d), lo que representa una disminución de las noches frías, mientras que TN90p, con una tendencia significativa y pendiente positiva de 0,18, representa un incremento de las noches calientes (Tabla 4).

Para los índices climáticos de temperatura, prevalecen las pendientes positivas con significancia estadística entre 90 y 99,9%, indicando un incremento de los valores de temperatura tanto de día como de noche, y pendientes negativas que señalan una disminución de días y noches frías, acordes con los trabajos de Hurtado *et al.* (2008), Belmonte (2017) y Hurtado *et al.* (2019). Estas tendencias intensifican otras variables meteorológicas como la evapotranspiración favoreciendo la predisposición al estrés hídrico.

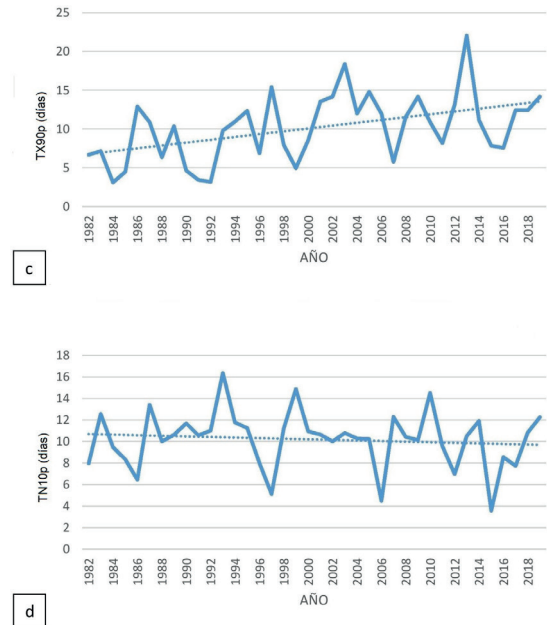


Figura 5. Índices climáticos de temperatura TX90p c) y TN10p d), para San José de Metán. Período 1982-2020, tendencias calculadas por regresión lineal de mínimos cuadrados y pendientes (línea punteada).

CONCLUSIONES

Si bien se pudo acceder a la información proveniente de la estación meteorológica de la localidad, perteneciente al SMN, ésta presentó inconvenientes para el cálculo de todos índices de cambio climático por RClmDex (1.0), debido al gran porcentaje de datos faltantes; los escasos índices obtenidos mostraron resultados incoherentes por lo que fueron descartados. Se encontró, que los datos provenientes del procesamiento de imágenes satelitales constituyen una herramienta valiosa a la hora de realizar análisis de variabilidad climática a través de la determinación de índices. Sería conveniente realizar, en estudios posteriores, un entrecruzamiento de los datos provenientes de ambas fuentes de información para analizar la robustez y comparar los análisis.

Para la localidad de San José de Metán se observa que los índices de cambio climático calculados, con datos provenientes de sensores remotos, relacionados con las precipitaciones no muestran tendencias significativas, sin embargo, las pendientes revelan un comportamiento decreciente de los valores. Los índices Rx1day y Rx5day muestran valores altos de precipitación con más de 100 mm, siendo evidencia de un aumento de la intensidad de las precipitaciones, lo que pudiera llegar a ocasionar crecidas

bruscas en el caudal de los ríos e inundaciones en áreas urbanas circundantes. A su vez, se encuentra una relación entre los índices CWD y CDD, con una disminución de días húmedos y aumento de días secos consecutivos, respectivamente.

En relación a los índices climáticos vinculados a la temperatura, se evidencia una clara tendencia al aumento de las temperaturas, aumentando los períodos de días calurosos y disminuyendo la frecuencia de días frescos. Los índices de ambas variables analizadas, muestran tendencia positiva en intensidad y frecuencia de los fenómenos extremos. Estas condiciones podrían afectar negativamente a rendimientos de los principales cultivos de la localidad, en particular soja (*Glycine max*), maíz (*Zea mays*) y trigo (*Triticum sp*), debido a que exacerbaría variables meteorológicas como la evapotranspiración, afectando las reservas de agua en el suelo, disminuyéndolas y haciendo vulnerable los cultivos al estrés hídrico, además cada uno de ellos presenta susceptibilidad crítica a alguna de las variables en algún momento de su ciclo productivo que se debería considerar a la hora de diagramar su producción.

Por lo expuesto, el aporte de estos resultados se podría correlacionar con estadísticas productivas de los cultivos de mayor importancia de la localidad, analizando además requerimientos de los mismos. Esto permitiría determinar su influencia en el rendimiento, posibilitando la toma de decisiones sobre su manejo, brindar apoyo técnico a productores locales y establecer medidas de adaptación y mitigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Alabar, F.; Hurtado, R.; M. Valdiviezo Corte y C. Moreno, 2020. Análisis temporal de índices climáticos de precipitación de las provincias de Salta y Jujuy. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNJu. Jujuy, Argentina. Vol 13 (2):7–13. http://www.fca.unju.edu.ar/media/revista_articulo/trabajo1_Alabar_y_otros.pdf. (Consultado, 12/01/2022).
- Armenta Porras, G.E., 2016. Análisis de tendencias climáticas y eventos climáticos extremos para Ecuador. 48 pp. <https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/ECU/13%20An%C3%A1lisis%20de%20tendencias%20clim%C3%A1ticas%20y%20eventos%20clim%C3%A1ticos%20extremos%20para%20Ecuador.pdf> (Consultado, 15/01/2022).
- Bárcena A.; J.L. Samaniego, W. Pérez y J.E. Alatorre, 2020. La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿Seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?. Libros de la CEPAL, N° 160 (LC/PUB.2019/23-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45677/1/S1900711_es.pdf (Consultado, 07/01/2022).
- Barrera D. y A. Maggi, 2018. Variabilidad de la precipitación en el Altiplano Argentino. Incidencia de la transición climática 1976/1977 y del fenómeno El Niño - Oscilación del Sur en el Noroeste Argentino. Revista Meteorológica. Vol 43 (1):41– 71.
- Belmonte, M.L., 2017. Índices de Cambio Climático en Anguil: tendencias del período 1961-2016. Revista Argentina de Meteorología. Editada por la Asociación Argentina de Meteorología. RADA, 2017, VOL. VIII:29–42. Córdoba, Argentina. https://www.siteaada.org/_files/ugd/cf1a17_b9a8c59753004d8984ef220a5439e3db.pdf. (Consultado, 19/12/2021).
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático Naciones Unidas, 1992. FCCC/INFORMAL/84/Rev.1 GE.14-20489 (S) 171114 181114. https://unfccc.int/sites/default/files/convention_text_with_annexes_spanish_for_posting.pdf. (Consultado, 12/11/2021).
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2012. Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Resumen para responsables de políticas. Informe de los Grupos de trabajo I y II del IPCC. ISBN 978-92-9169-333-7. https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/IPCC_SREX_ES_web.pdf (Consultado, 10/01/2022).
- Hurtado R.; A. Faroni, L. Serio y H. Vich, 2008. Estudio de las precipitaciones en la región del Noroeste de la Argentina. XII Reunión Argentina de Agrometeorología, 8 al 10 de octubre de 2008. San Salvador de Jujuy – Argentina. Acta XII:35–36.
- Hurtado, R.; C. Moreno, F. Alabar, M. Valdiviezo Corte, S. Vilca Ochoa, M.R. Portal y V. Vázquez, 2019. Eventos extremos de mínimas en el Noroeste Argentino. VII Jornadas Integradas Facultad de Ciencias Agrarias – UNJu. 16 al 18 de octubre de 2019. Libro de Resúmenes, pp 54.
- Infobae. (9 de febrero de 2016) Temporal en Salta: una mujer y sus tres nietos murieron al ser arrastrados por la crecida. <https://www.infobae.com/2016/02/09/1788762-temporal-salta-una-mujer-y-sus-tres-nietos-murieron-al-ser-arrastrados-la-crecida/> (Consultado, 05/04/2022)
- Intergovernmental Panel on Climate Change Climate Change (IPCC), 2022. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers. Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report

- of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/> (Consultado 07/07/2022).
- Minetti, J.L.; W.M. Vargas y A. Albarracín, 2004. La variabilidad espacio-temporal de las precipitaciones en el Noroeste de Argentina; Universidad Nacional de San Juan. Instituto de Geografía Aplicada; Revista de Geografía; 8; 12-2004; 32-51. ISSN 1514-1942 <http://hdl.handle.net/11336/104426> (Consultado, 03/12/2021)
- Muñoz Marín, C., 2008. Análisis de la variabilidad en series hidrometeorológicas en una cuenca de cabecera del río Segura: Cuenca del río Mundo. Departamento de Ingeniería térmica y de fluidos. Universidad Politécnica de Cartagena. <https://core.ac.uk/download/pdf/60416059.pdf> (Consultado, 10/12/2021)
- Muñoz, Á., 2013. Análisis estadístico con ClimDex de índices climáticos para las provincias de Pichincha y Napo. Asistencia Técnica para la Generación de Escenarios de Cambio Climático para la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático del Ecuador. <https://documents.in/document/analisis-estadstico-con-climdex-de-ndice-climticos-analisis-estadstico.html> (Consultado, 15/11/2021).
- Núñez González, G. y J. García Suárez, 2018. Análisis de la calidad de los datos y la tendencia de algunos índices de precipitación en el estado de Jalisco. Revista Internacional de Estadísticas y Geografía, Vol (IX), 14- 27. <https://www.inegi.org.mx/rde/2018/11/07/analisis-la-calidad-los-datos-la-tendencia-algunos-indices-precipitacion-en-jalisco/>. (Consultado, 12/09/2021).
- OMM, O.M., 2018. Guía de Prácticas Climatológicas (Vols. OMM-Nº. 100). Ginebra, Suiza. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10027 (Consultado, 19/11/2021).
- Ortiz, R., 2012. El cambio climático y la producción agrícola. Banco Interamericano de Desarrollo. Unidad de Salvaguardias Ambientales (VPS/ESG) NOTAS TÉCNICAS. # ESG-TN-383
- Toconás, P.J.A., F. D. Alabar; M.P. Arias y R. H. Hurtado, 2019. Estimación del agua en el suelo mediante el balance hidrológico operativo agrícola, para los departamentos Santa Catalina y Cochinoca, provincia de Jujuy. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNJu. Jujuy, Argentina. Vol XII (19):57 –71.
- Zhang, X. y F. Feng, 2004. RCLimdex (1.0). Manual de usuario. Climate Research Branch Environment Canada. Versión en español: Santos, J.L. 22pp.