



Ingeniería y Ciencias Agrarias

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Ingeniería Agronómica

“Análisis de la ocurrencia, frecuencia e intensidad del
cambio climático: midiendo parámetros climáticos”

Trabajo final de graduación para optar por el título de:
Ingeniero Agrónomo

Autor: Ignacio María Manfredini

Tutor: Ing. Agr. Dr. Jorge Jesús Gvozdenovich

2024

Fecha de defensa:

Índice general

Resumen.....	4
Introducción.....	5
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos.....	8
Desarrollo.....	8
Resultados.....	12
Temperaturas máximas anuales.....---	12
Temperaturas mínimas anuales.....	13
Precipitaciones anuales.....	13
Temperaturas máximas mensuales.....	14
Temperaturas mínimas mensuales.....	17
Precipitaciones mensuales.....	20
Conclusión.....	23
Bibliografía.....	25

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio a nivel macro región.....	9
Figura 2. Ubicación satelital de la estación experimental INTA Paraná.....	10
Figura 3. Termómetros de mercurio y alcohol.....	11
Figura 4. Pluviógrafo tipo flotador.....	11
Figura 5. vista de faja en el pluviógrafo tipo flotador.....	11

Índice de gráficos

Gráfico n° 1: Temperaturas máximas anuales promedio (1951-2022).....	12
Gráfico n° 2: temperaturas mínimas anuales promedio (1951-2022).....	13
Gráfico n° 3: Precipitaciones anuales (1951-2022).....	14
Gráfico n°4: Temperaturas máximas mensuales de los periodos I y II.....	15
Gráfico n°5: Temperaturas máximas mensuales de los periodos I y III.....	15
Gráfico n°6: Temperaturas máximas mensuales de los periodos II y III.....	16
Gráfico n°7: Temperaturas máximas mensuales de los periodos I, II y III.....	17
Gráfico n°8: Temperaturas mínimas mensuales de los periodos I y II.....	18
Gráfico n°9: Temperaturas mínimas mensuales de los periodos I y III.....	19
Gráfico n°10: Temperaturas mínimas mensuales de los periodos II y III.....	19
Gráfico n°11: Temperaturas mínimas mensuales de los periodos I, II y III.....	20
Gráfico n°12: Precipitaciones mensuales de los periodos I y II.....	21
Gráfico n°13: Precipitaciones mensuales de los periodos I y III.....	22
Gráfico n°14: Precipitaciones mensuales de los periodos II y III.....	22
Gráfico n°15: Precipitaciones mensuales de los periodos I, II y III.....	23

Resumen

El clima es sin dudas uno de los factores más preponderantes a la hora de producir ya sea algún cultivo a campo, criar cualquier tipo de ganado tanto para carne, lana o el propósito que fuera. La estabilidad de este generalmente facilita que la actividad pueda desarrollarse de la mejor manera y potenciar el rendimiento o de lo contrario, puede complicar mucho el normal desarrollo de los productos y hasta llevar a perderlos, con toda la inversión que estos conllevan. En la actualidad, algunas fuentes aseguran que estamos atravesando un inminente cambio en el comportamiento del clima, aumentándose las temperaturas (calentamiento global), la cual se atribuye como principal causa al hombre, sus actividades y sus formas, y también un aumento de la frecuencia de ocurrencia de eventos extremos. Por tal motivo el objetivo de este trabajo fue, a partir de una fuente confiable y robusta de datos, analizar el comportamiento de dos variables climáticas como son la temperatura y precipitación y su relación con el cambio climático. El estudio se realizó con registros diarios de temperaturas máximas, mínimas y precipitaciones desde 1951 hasta 2022 en la estación meteorológica del INTA Paraná, mediante estos datos se calcularon los promedios anuales y mensuales de cada parámetro y se analizó, a través de gráficos, primero para el caso de los promedios anuales con la ecuación de regresión lineal, y luego se dividió la serie de datos en tres periodos, tomando aproximadamente 22 años por periodo y, a partir del cálculo de los promedios mensuales de cada periodo, poder compararlos entre sí mediante gráficos y evaluar cómo se comportó el clima en cada momento del año en cada uno de los tres periodos, en caso de ver en escala que del periodo I al III hubo algún crecimiento o decrecimiento claro podríamos afirmar que estamos atravesando un cambio climático. Los resultados obtenidos fueron, primero, para el caso de las temperaturas máximas en ambos análisis se observó un comportamiento constante sin ninguna tendencia clara hacia algún punto extremo. En las temperaturas mínimas si se pudo observar en ambos análisis una tendencia crecer levemente observando que, en el último análisis, los periodos van aumentando en escala mínimamente. Por último, en la evaluación de las precipitaciones ocurre algo muy similar a las temperaturas máximas en las cuales se ve un comportamiento de distribución normal y constante. Como conclusión podemos decir que no se han identificado patrones claros de tendencia hacia un punto en común para todos los parámetros, por lo cual no se evidencia un cambio drástico en el comportamiento del clima, a pesar de esto, si pudimos identificar un leve aumento en las temperaturas mínimas y esto no significa que no pueda haber en un futuro evidencias más robustas de un eventual cambio climático.

Palabras clave: Cambio climático, temperaturas, precipitaciones.

Introducción

El clima es sin dudas uno de los factores que más afecta a la producción agropecuaria, ya que este es uno de los factores que menos puede controlar el ser humano. Por lo tanto, variaciones en este puede llevarnos a tener años con producciones muy buenas con condiciones favorables, o, por lo contrario, a escenarios completamente desfavorables como lo pueden ser inundaciones, sequías, calores extremos o heladas en épocas no esperadas (López Feldman, 2015).

En los últimos años se ha hablado mucho de un cambio en la frecuencia e intensidad del clima, llevándonos a un calentamiento global y una mayor intensidad de catástrofes climáticas. ¿Esto realmente está ocurriendo? ¿Es el cambio climático una realidad ya instalada o simplemente las alteraciones en algunos años nos hacen pensar en eso?

El cambio climático son aquellos cambios a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos que pueden ser causados de forma natural, como por ejemplo por variaciones en la actividad solar, o por efecto del ser humano principalmente por quema de combustibles fósiles los cuales genera gases de efecto invernadero actuando como una manta que envuelve a la Tierra, atrapando el calor del sol y aumentando las temperaturas (Naciones Unidas, 2023).

El cambio climático es sin duda uno de los temas más relevantes y complejos que atraviesa la humanidad en la actualidad. Entre 1970 y 2019, el 79 % de las catástrofes de todo el mundo estuvieron relacionadas con el agua y el clima. Estas catástrofes representaron el 56 % de los fallecimientos y el 75 % de las pérdidas económicas fueron debido a catástrofes asociadas a riesgos naturales y notificadas durante ese período (OMM, 2020).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2023), una de las actividades que contribuye a este cambio son las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de los sectores agrícola y forestal, las cuales representan en la actualidad más del 30% de las emisiones anuales.

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) en 2022 afirma que algunos de estos cambios pueden dar un incremento en la temperatura media, alteraciones de la estacionalidad, estrés térmico y estrés ocasionado por sequías, episodios de lluvias intensas, estrés por falta de agua, cambios en la presencia de plagas y enfermedades, el aumento del nivel del mar y la acidificación de los océanos.

Zorrilla Miras, miembro de Greenpeace en 2023, afirmó que este calentamiento global provoca que, en medio de una escalada global de temperaturas medias, se irán produciendo cada vez más eventos atmosféricos extremos y más intensos, como huracanes, inundaciones, olas de calor, grandes incendios forestales, etc. Aunque con una temperatura media más elevada, se producirán más eventos cálidos y menos fríos (Zorrilla Miras, 2023).

Algunos investigadores también aseguran que hay que repensar el territorio y reconocer la dinámica de los recursos naturales para cambiar la concepción del suelo y fomentar prácticas de conservación para mitigar o ralentizar el cambio climático (Aguirre Forero *et al.*, 2022)

Argentina ha sido objeto de variaciones climáticas en el siglo XX. Durante el mismo se registró un significativo aumento de la temperatura de superficie en la Patagonia e islas del Atlántico sur. Al norte de los 40°S las tendencias positivas de temperatura fueron menores y solo perceptibles

a partir de los 40 años. En contraste, allí se registró un importante aumento de la precipitación durante las décadas de los 60 y 70 (Castillo Marin, 2007).

Según el APrA (Agencia de Protección Ambiental de la ciudad de Buenos Aires) en 2023, en los últimos 60 años ha habido un aumento de la frecuencia y duración de eventos climáticos extremos como consecuencia del cambio climático.

En lo que respecta a Entre Ríos, la Secretaría de Ambiente de la Provincia está trabajando en la construcción de una agenda multidimensional en la lucha contra el Cambio Climático, aunque no se han encontrado análisis “In situ” del efecto del cambio climático.

José Luis Macor, responsable del Centro de Informaciones Meteorológicas (CIM) de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) de la Universidad Nacional del Litoral (UNL), define a la temperatura como una magnitud física, medida del calor como forma de energía y su estimación tiene una gran importancia en Meteorología (Universidad Nacional del Litoral, 2016)

A esta la podemos dividir en temperaturas máximas y temperaturas mínimas:

- Temperatura Máxima: Es la temperatura más alta alcanzada durante un período de tiempo determinado, comúnmente en un día. Por lo general, se registra durante las horas más cálidas del día, que suelen ser durante la tarde.
- Temperatura Mínima: Es la temperatura más baja alcanzada durante el mismo período de tiempo, comúnmente en la noche o en las primeras horas de la mañana. La temperatura mínima suele ocurrir durante las horas más frías del día.

Teniendo los datos de estas medidas, de importancia meteorológica, pueden ser de utilidad para analizar el comportamiento del calor a través de los años y así tener un parámetro de cómo fueron las variables climáticas.

A nivel mundial, según el boletín oficial sobre el clima mundial a decenal de la OMM en 2022 hay una alta probabilidad (93%) de que al menos uno de los años del período comprendido entre 2022 y 2026 se convierta en el más cálido jamás registrado, siendo este actualmente el año 2016. Además, estiman que entre 2022 y 2026 la temperatura media anual pueda superar en 1,5 °C los niveles preindustriales.

Informes de la ONU también estiman que, si las emisiones de gases de efecto invernadero no se reducen en el corto plazo, el aumento de la temperatura global para este siglo podría ser de 2,7 °C (ONU, 2021)

A nivel continental, en América latina, las temperaturas vieron una tasa media de aumento del 0,2 °C por década entre 1991 y 2021 (20 años), cuando antes, tenían un aumento del 0,1 °C en registros de 1961 a 1990 (29 años) (OMM, 2022)

En Argentina, en la ciudad de Buenos Aires según el APrA (2023), con datos de 1960 a 2018 las temperaturas promedio de las máximas y las medias se ven incrementadas en 1 °C, mientras que las mínimas se ven incrementadas en 1,7 °C del promedio. También se ha visto que el número de olas de calor entre 2010 y 2018 incrementaron a más del doble que en la década de los 90 (Ola de calor se registra cuando la temperatura mínima supera los 22°C y la máxima los 32.3°C durante al menos tres días seguidos, según lo establecido por el Servicio Meteorológico

Nacional para la Ciudad de Buenos Aires). En el verano de 2022-2023 se rompieron varios records de temperatura y también se ubicó a este entre los 5 veranos más cálidos de la historia de la ciudad y ubicando a 4 de los 5 veranos más cálidos en los últimos 10 años, es decir, dando una suposición de un incremento en la última década.

En Entre Ríos, en el año 2023, se vio un aumento en las temperaturas mínimas en el periodo del 01/05 al 31/08 ya que desde el año 2015 se registró para este periodo una temperatura mínima promedio de 7,5 °C, mientras que para el 2023 la temperatura mínima promedio fue de 8,8 °C, es decir, 1,3 °C de ascenso térmico. Otro dato interesante sobre este periodo es que entre 2015 y 2022 el promedio de heladas meteorológicas fue de 6, mientras que para el año 2023 fue solo de 3 heladas meteorológicas (heladas meteorológicas es la temperatura igual o inferior a 0 °C, medida a 1,5 metros de altura al abrigo meteorológico) (Bolsa de Cereales de Entre Ríos, 2023).

Por otro lado, la precipitación, en meteorología, se refiere a cualquier forma de agua, líquida o sólida, que cae de la atmósfera y llega a la superficie de la Tierra. Esto incluye lluvia, nieve, granizo, llovizna y otros tipos de partículas acuosas. La cantidad de precipitación se mide generalmente en milímetros (mm) y se utiliza para evaluar la cantidad de agua que llega a la superficie en un área específica durante un período de tiempo determinado.

La OMM (Organización Meteorológica Mundial) en 2022 predijo que a nivel mundial para la media de mayo a septiembre de 2023-2027, en comparación con la media de 1991-2020, un aumento de las precipitaciones en el Sahel, el norte de Europa, Alaska y el norte de Siberia, y una reducción de las precipitaciones para esta estación en el Amazonas y partes de Australia. Además, en un mismo periodo, que abarca desde noviembre hasta marzo, entre los años 2022/2023 y 2026/2027, se anticipa un aumento de las lluvias en las regiones tropicales, así como una disminución de las precipitaciones en las zonas subtropicales. Estas condiciones se alinean con los efectos pronosticados del calentamiento climático.

En América Latina lo que respecta a precipitaciones la OMM en 2022 advirtió que la extensa sequía que golpea la zona central de Chile continuó en el año 2021, marcando su decimotercer año consecutivo y consolidándose como la más prolongada registrada en la región en los últimos mil años. Este fenómeno ha acentuado la tendencia hacia un aumento de la aridez, situando a Chile a la vanguardia de la crisis hídrica en la región. Además, una sequía de varios años en la cuenca del Paraná-Plata, catalogada como la más severa desde 1944, ha afectado al centro-sur de Brasil, así como a partes de Paraguay y del Estado Plurinacional de Bolivia. Así mismo, en la región de la cuenca del Paraná-Plata, los perjuicios ocasionados a la agricultura a raíz de la sequía resultaron en una disminución significativa de las cosechas, particularmente en los cultivos de soja y maíz, teniendo un impacto directo en los mercados agrícolas a nivel mundial. En el conjunto de América del Sur, las condiciones de sequía provocaron una disminución del 2,6 % en la producción de cereales durante la temporada 2020/2021 en comparación con la temporada anterior.

También habiendo sufrido, durante el año 2021, las intensas precipitaciones, que alcanzaron valores nunca registrados en numerosas localidades, generaron inundaciones y deslizamientos de tierra. Este fenómeno resultó en pérdidas significativas, con cientos de víctimas mortales, decenas de miles de viviendas destruidas o afectadas, y cientos de miles de personas desplazadas. Las crecidas y deslizamientos en los estados brasileños de Bahía y Minas Gerais,

en particular, causaron daños económicos estimados en 3,100 millones de dólares estadounidenses.

En Argentina, en estudios realizados por Pedro Blanco en 2020 sobre las precipitaciones en diferentes zonas del NEA, llegó a la conclusión que la intensidad de la precipitación en el noreste argentino experimentó un crecimiento sostenido durante los últimos 50 años, pero hubo decenios donde la variable tuvo una tendencia decreciente.

Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue evaluar las variables climáticas de temperaturas máximas y mínimas mensuales y las precipitaciones anuales para una serie histórica de más de 70 años para la provincia de Entre Ríos.

Objetivo general

Evaluar el comportamiento de dos variables climáticas como son la temperatura y precipitación y su relación con el cambio climático a través de una serie histórica robusta de más de 70 años.

Objetivo específico

- Analizar serie histórica de temperatura máximas y mínimas mensuales
- Analizar serie histórica de precipitaciones
- Comparar periodos de temperatura y precipitaciones

Desarrollo

El estudio se llevó a cabo en el centro oeste de la provincia de Entre Ríos, Argentina, en el área metropolitana de la capital entrerriana en Paraná (Figura 1), en la estación experimental de INTA ubicada en la ruta 11, km 12,5 en la localidad de Oro Verde (Figura2). Para este trabajo se utilizaron datos de los registros de temperaturas máximas y mínimas promedios mensuales, y de las precipitaciones promedio mensuales con datos desde 1951 hasta 2022 de la estación agrometeorológica del INTA EEA Paraná.



Figura 1. Ubicación de la zona de estudio a nivel macro región.

Mediante imágenes satelitales se puede ver la ubicación exacta de la estación experimental de INTA Paraná, donde se obtuvieron los datos de temperaturas y precipitaciones.

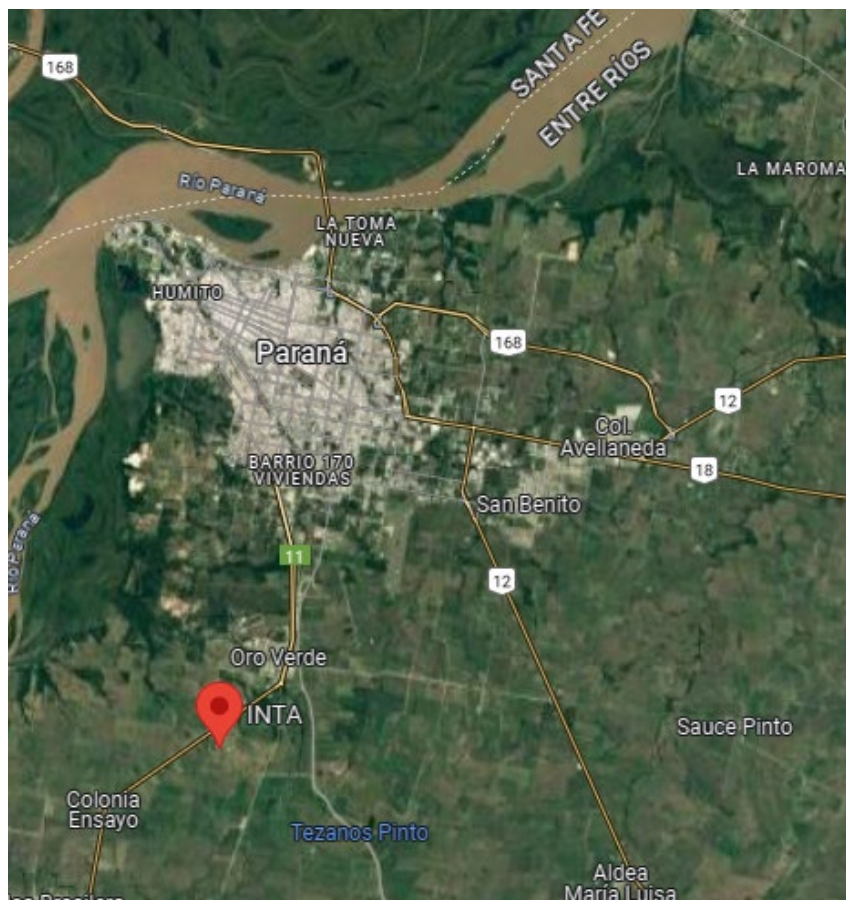


Figura 2. Ubicación satelital de la estación experimental INTA Paraná

Los datos de temperaturas máximas y mínimas para el periodo de estudio se registran mediante dos termómetros ubicados en el abrigo meteorológico (imagen 1) a los cuales se les realizan dos observaciones diarias, la primera a las 9:00 hs y la segunda observación a las 21:00 hs y a partir de estas se puede saber la temperatura máxima y la mínima del día.

Para las temperaturas máximas se utiliza un termómetro de mercurio el cual tiene un estrangulamiento que no permite que el mercurio descienda cuando la temperatura desciende, pero si el mercurio es capaz de ascender cuando la temperatura asciende. Por lo tanto, registra la temperatura más elevada del día.

Para las temperaturas mínimas se utiliza un termómetro de alcohol el cual tiene alcohol en su bulbo y en el capilar tiene un clavo de porcelana. Al descender la temperatura el alcohol se contrae hacia el lado del bulbo arrastrando así el clavo de porcelana, pero al ocurrir lo contrario, es decir, aumento de temperatura, el alcohol se dilata, pero sin arrastrar el clavo que quedara marcando esa temperatura mínima del día.

Ambos termómetros son instrumentos de observación directa para lo cual se necesita de un operario que realice las mediciones y luego de la medición se debe enrasar ambos termómetros agitando el termómetro para el caso del termómetro de mercurio y poniendo vertical para el caso

del termómetro de alcohol y así poder medir nuevamente las temperaturas máximas y mínimas del día.



Figura 3. Termómetro de alcohol y termómetro de mercurio para medición de temperaturas máximas y mínimas.

Los datos de precipitaciones para el período de estudio se registran en un Pluviógrafo de tipo flotador (imagen 3 y 4). El mismo es un instrumento que efectúa un registro continuo de la precipitación en fajas pluviográficas y determina la cantidad total de agua caída y la hora de precipitación.



Figura 4. Pluviógrafo tipo flotador



Figura 5. vista de faja en el pluviógrafo tipo flotador.

Para el trabajo en primer lugar se analizaron los datos de los promedios anuales, desde 1951 hasta 2022, buscando alguna tendencia de cambio hacia los últimos años.

Luego se analizaron los datos mediante promedios mensuales para hacer un estudio más meticuloso y específico de los datos y poder así identificar cambios en algún momento específico del año.

Para esto se dividió la serie de datos de temperatura mínima, máxima y precipitaciones en tres, con el objetivo de poder comparar cada uno de los periodos y analizar si existe tendencia de cambio en algún periodo, en ninguno o en los tres. Los periodos elegidos fueron:

- 1951 – 1975 (periodo I)
- 1976 – 2000 (periodo II)
- 2001 – 2022 (periodo III)

Tomando valores de más de 20 años por periodo y calculando el promedio por periodo para así poder analizar en caso de identificar algún patrón que de indicios de cambio climático.

Resultados

En primer lugar, en cuanto a los resultados se observan los promedios anuales y la tendencia analizada mediante la ecuación de regresión lineal R^2 .

En el grafico n° 1 se puede observar los promedios anuales de las temperaturas máximas desde el año 1951 al 2022. No se ve una tendencia clara de crecimiento, sino que parece mantenerse constante en el tiempo, con algunos puntos máximos como en 1963 con una media de 34°C anual y puntos bajos como en 1984 y 1990 con una media de 29°C anual. Mientras que el resto de los registros se encuentran con una variación mínimo según se observa en la ecuación.

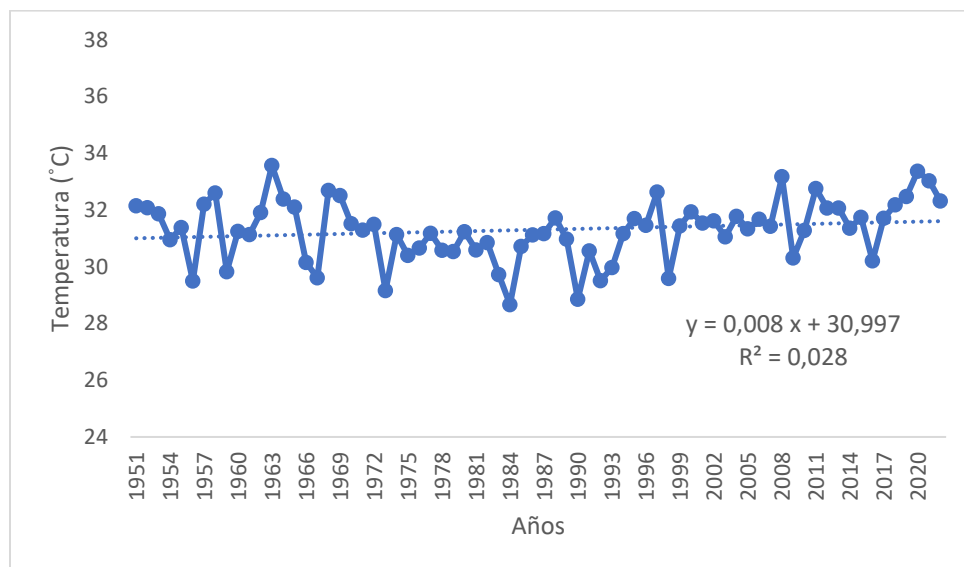


Gráfico n° 1: Temperaturas máximas anuales promedio (1951-2022).

Realizando el mismo análisis, pero en el caso de las temperaturas mínimas (gráfico n° 2) se puede observar una tendencia creciente analizando la ecuación de regresión lineal, con un aumento anual de $0,02\text{ }^{\circ}\text{C}$, aunque esta mínima tendencia se puede ver principalmente afectada por los últimos tres años en los que hubo puntos de temperaturas mínimas elevadas. Por ejemplo, en el año 2007 donde se registró una de las menores temperaturas mínimas con $14,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ de promedio anual, al igual que en 1952 donde se registraron $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ de promedio anual. Con respecto a los puntos altos se destacan en 1997 en el que se registraron $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ de promedio anual, así también como en 2017, 2020 y 2021 con aproximadamente $17,75\text{ }^{\circ}\text{C}$ promedio anual. Esto demuestra que no hay un patrón de comportamiento creciente, estable o decreciente, sino todo lo contrario, se observa una proyección muy variable año a año.

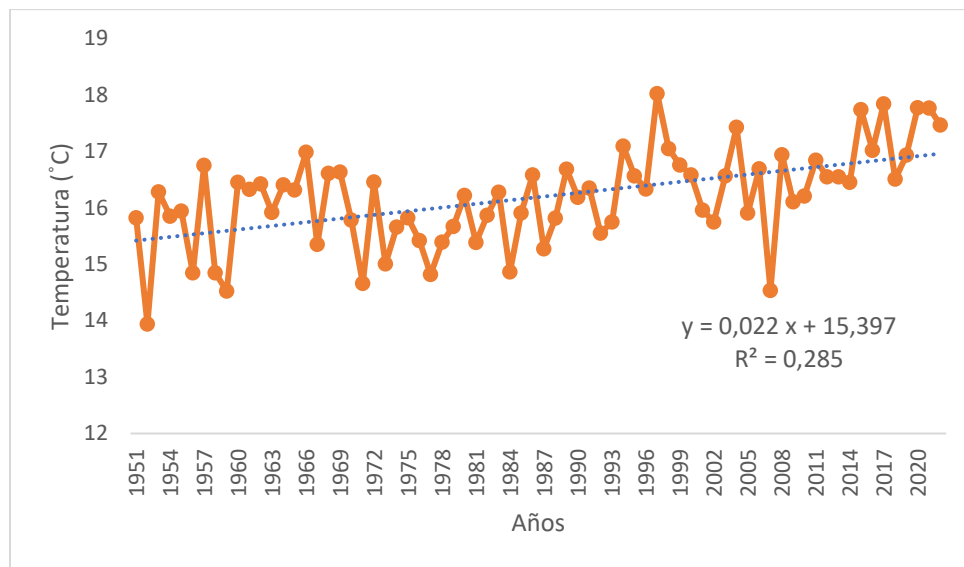


Gráfico n° 2: temperaturas mínimas anuales promedio (1951-2022).

En tercer lugar, para el caso de las precipitaciones (grafico n° 3), se observa una situación muy similar a la del grafico n° 1, donde no se observa una clara tendencia de aumento ($R^2 = 0,0738$), sino una tendencia suficientemente constante con puntos altos y bajos en algunos años.

El punto que mas se destaca en este grafico es en el año 2000 con un registro de 1819 mm anuales, también en 1978 se registraron 1608 mm anuales. Los años de menores precipitaciones fueron por su parte 1962 con un registro de 525 mm anuales y en segundo lugar el año 2008 con 644 mm anuales. Es decir, los datos evidencian periodos irregulares sin tendencia al aumento o disminución en ningún periodo.

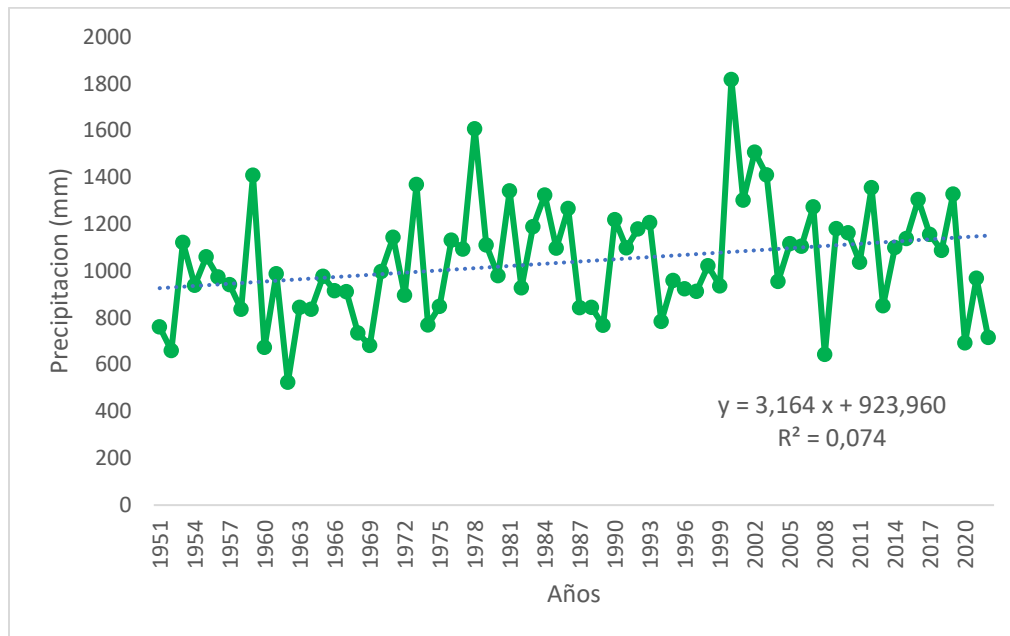


Gráfico n° 3: Precipitaciones anuales (1951-2022).

Como podemos observar en los gráficos a lo largo de los mas de 70 años de registros, hubo puntos altos y bajos de manera relativamente constante, y también registros extremos, es decir, siempre que hubo algún punto alto, también hubo puntos bajos y esto ocurre desde el primer año de registros.

Por ejemplo, en el año 1959 se registró un valor extremo de 1409 mm anuales y en un corto periodo de tiempo, 1962, se registró el año con menor precipitación (525 mm).

Para complementar el análisis de las tres variables en estudio, se dividió a la serie histórica en tres periodos iguales de tiempo y se los comparo entre sí.

Temperaturas máximas

En primer lugar, comparando periodos para las temperaturas máximas, si comparamos los dos periodos más anacrónicos, tenemos como resultado el grafico n°4, en el cual se observa una distribución muy similar entre ambos periodos, aunque en su mayoría se destaca una leve superioridad (8 de los 12 meses) por parte del periodo I (1951-1975) con respecto al periodo II (1976-2000), en los 4 meses en los que esto no ocurre las temperaturas fueron iguales.

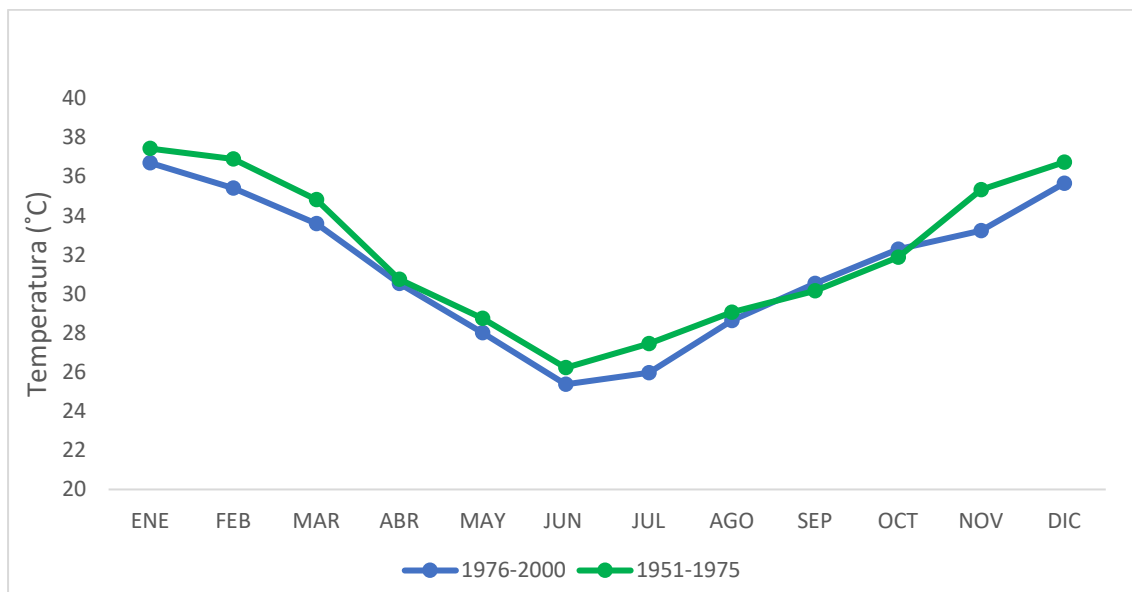


Gráfico n°4: Temperaturas máximas mensuales de los periodos I y II.

Al comparar el periodo I con el periodo III (grafico n°5), podemos observar que en este caso solo en 4 de los 12 meses las temperaturas máximas mensuales del periodo III son mayores a las del periodo I, y que en el resto de los 8 meses las temperaturas promedio del periodo I (1951-1975) son iguales o superiores a las del periodo III (2001-2022).

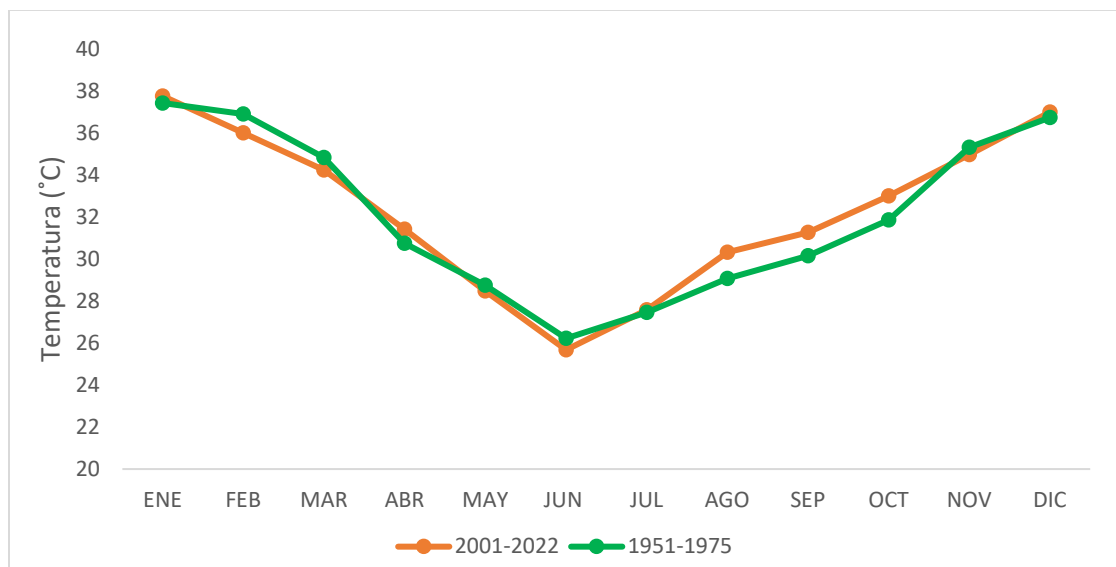


Gráfico n°5: Temperaturas máximas mensuales de los periodos I y III.

En este caso comparando los periodos que más distancia cronológica tienen y a pesar de eso tienen una gran similitud, sin observar un patrón claro de cambio de comportamiento del clima. Es decir, los últimos 21 años comparados con los primeros 24 años, no se observa una clara tendencia de mayor o menor registro de temperaturas máximas mensuales.

En el grafico n°6 podemos comparar el periodo II con el periodo III, donde se observa que siempre las temperaturas máximas promedio del último periodo (III), fueron superiores, salvo en el mes de junio en el que es igual, aunque con un patrón muy homogéneamente distribuido y siempre menor a 1°C de diferencia.

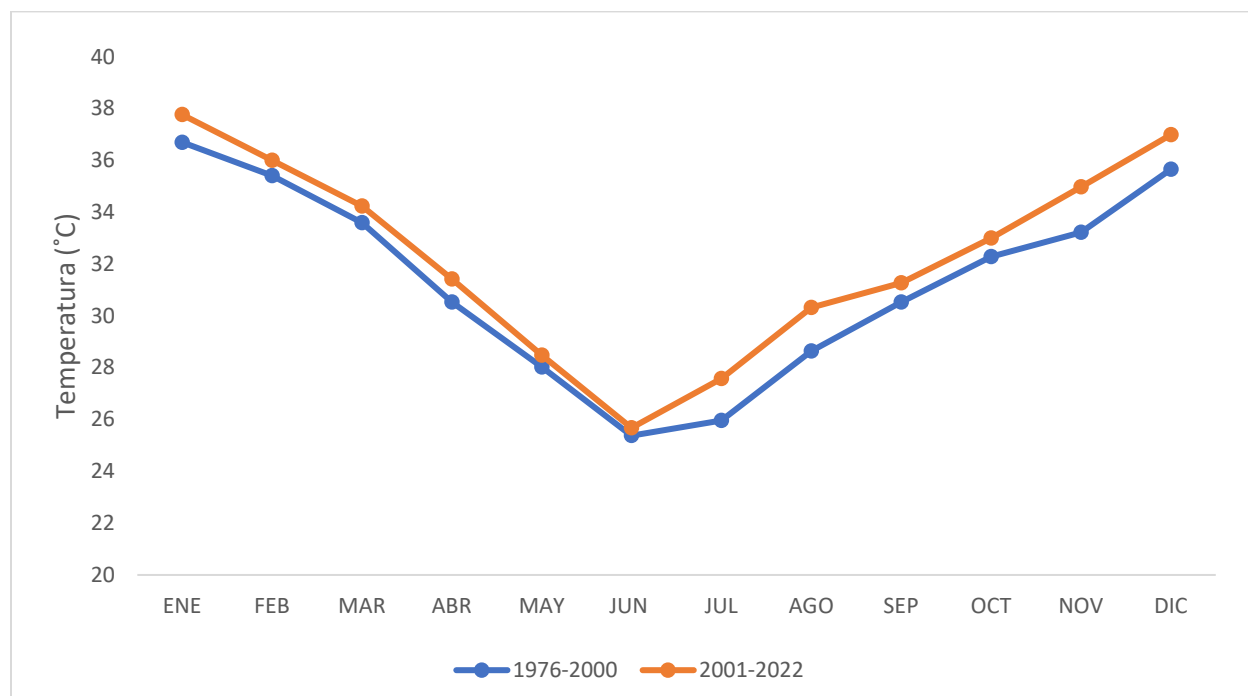


Gráfico n°6: Temperaturas máximas mensuales de los periodos II y III.

A simple vista el análisis de este grafico parecería darnos indicio de un pequeño cambio en el comportamiento del clima aumentándose la temperatura máxima en valores de aproximadamente 1°C. Aunque habiendo comparado también el periodo II con el I podemos observar que simplemente el periodo II se encuentra un poco por debajo de la media, en cambio, los periodos I y III tienen valores muy similares.

Cuando comparamos los tres periodos en un mismo grafico (grafico n°7), vemos que no hay un patrón claro de superioridad de un periodo sobre otro. Levemente el segundo periodo presenta valores inferiores a los otros dos.

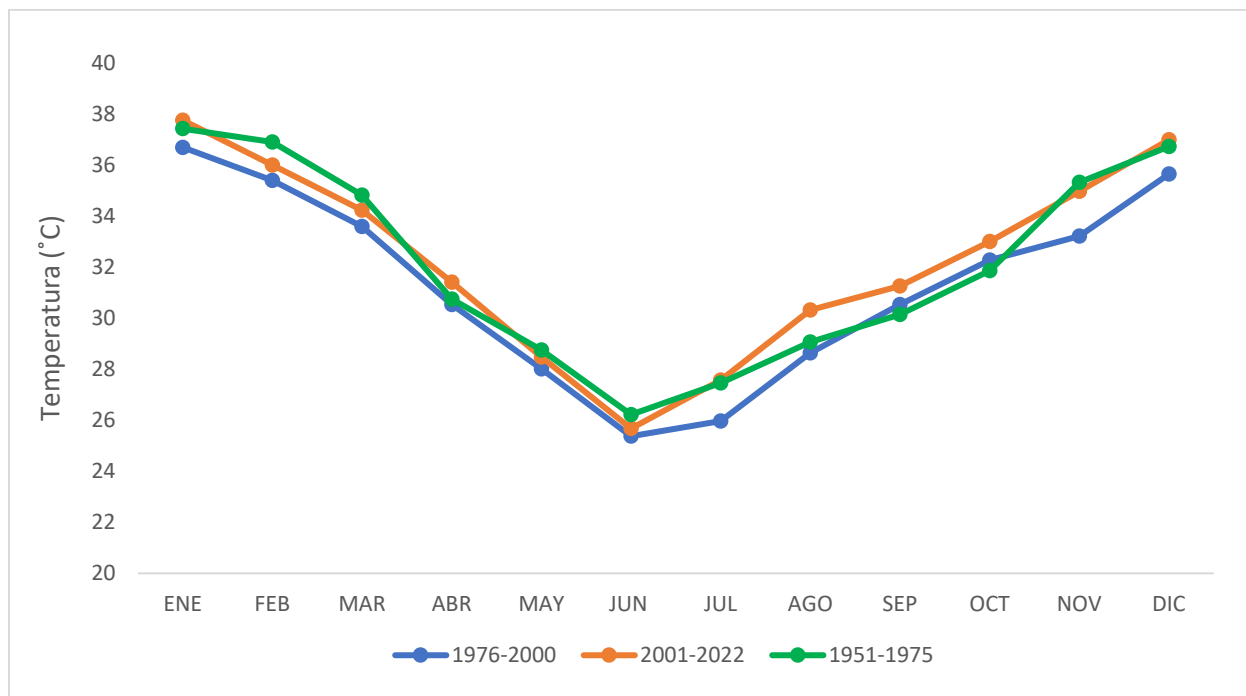


Gráfico n°7: Temperaturas máximas mensuales de los periodos I, II y III.

Temperaturas mínimas

Para el caso de las temperaturas mínimas, al comparar los dos periodos más lejanos a la actualidad, es decir, el periodo I y el periodo II (grafico n°8). Se observa que las curvas se superponen bastante, por lo que no se ve un aumento muy marcado de un periodo al otro, aunque en tres registros (enero, marzo y julio) particularmente el periodo II supera por casi 1°C al periodo I.

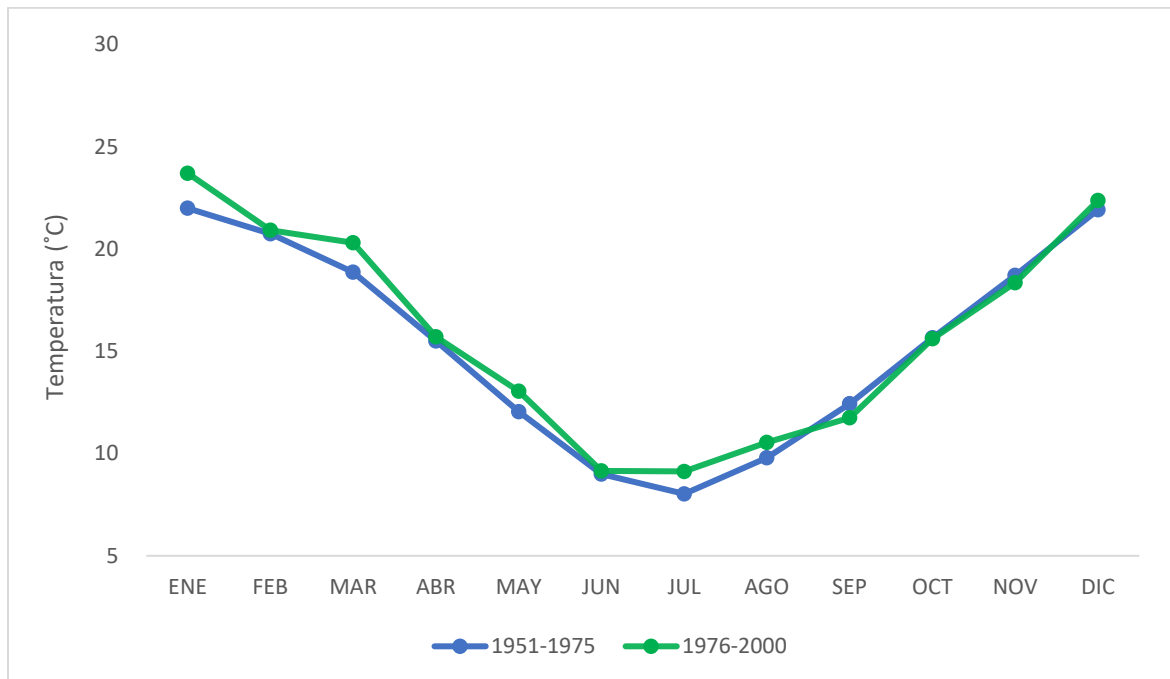


Gráfico n°8: Temperaturas mínimas mensuales de los periodos I y II.

En el grafico n°9 se puede observar que las temperaturas mínimas mensuales para los periodos I (1951-1975) y III (2001-2022), también con una distribución muy similar entre ambas curvas, aunque con una leve superioridad del periodo III por sobre el periodo I.

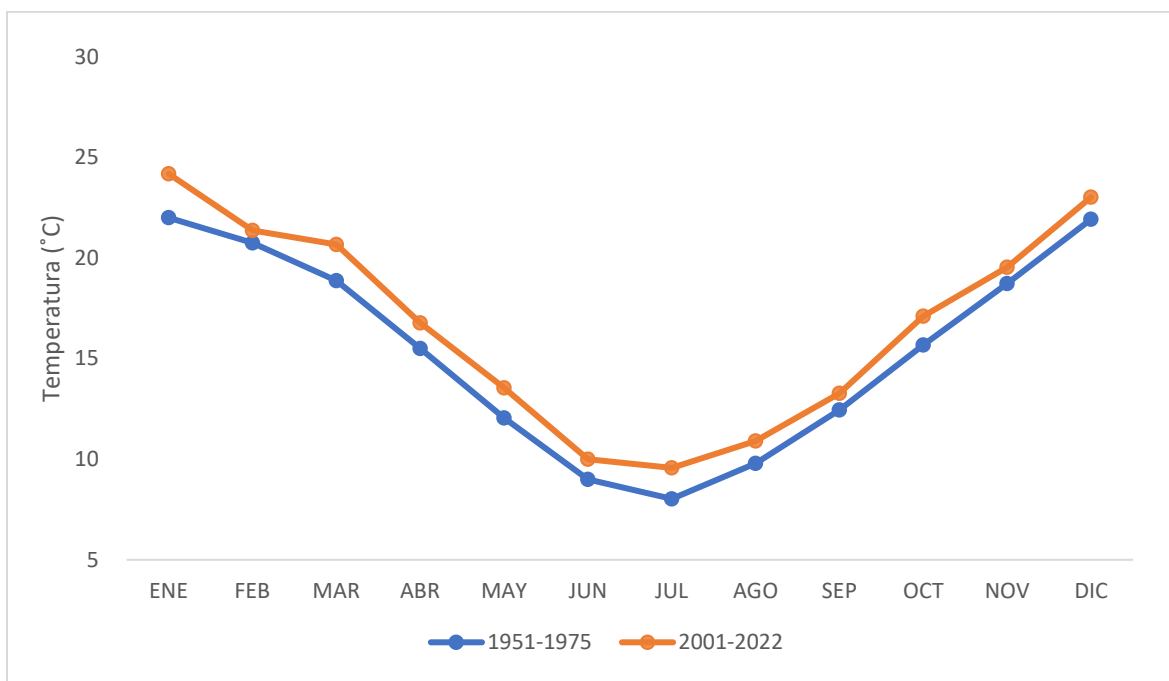


Gráfico n°9: Temperaturas mínimas mensuales de los periodos I y III.

En lo que respecta a las temperaturas mínimas para el periodo II y el periodo III (grafico n°10), dio como resultado dos curvas muy similares, aunque con un leve aumento en los meses de septiembre, octubre y noviembre por parte del último periodo, el III.

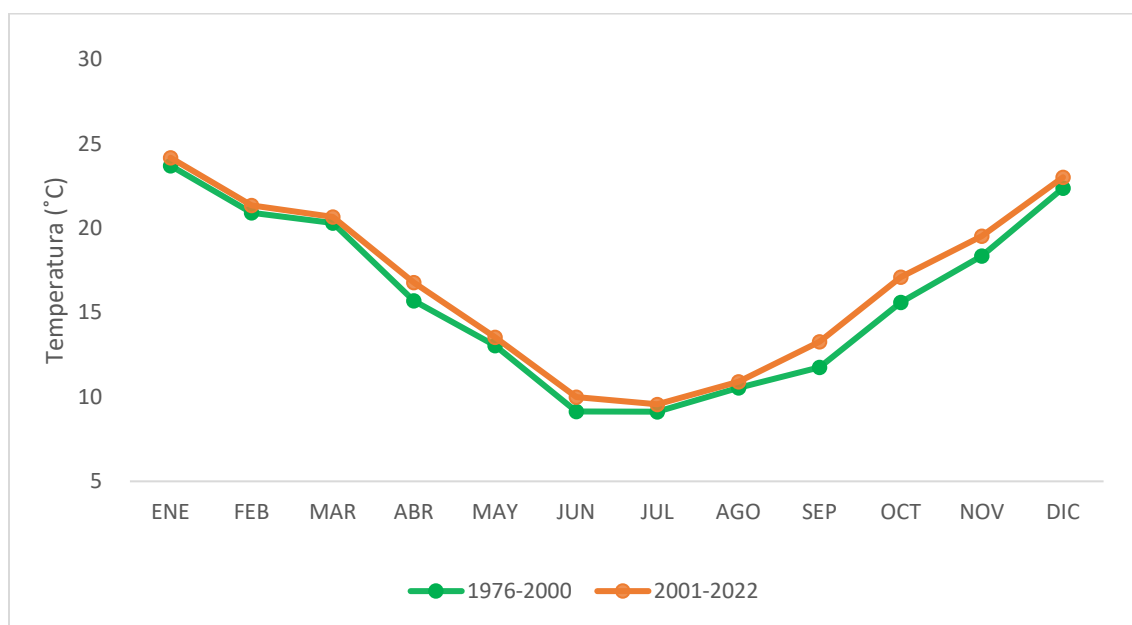


Gráfico n°10: temperaturas mínimas mensuales de los periodos II y III.

Si comparamos en un mismo grafico los tres periodos de temperaturas mínimas (grafico n°11), se puede ver una distribución de las tres curvas muy similar y sin puntos extremos, aunque en este caso si se puede observar un patrón de una leve tendencia de aumento de las temperaturas mínimas, donde el mayor aumento se observa que ha sido en el último periodo.

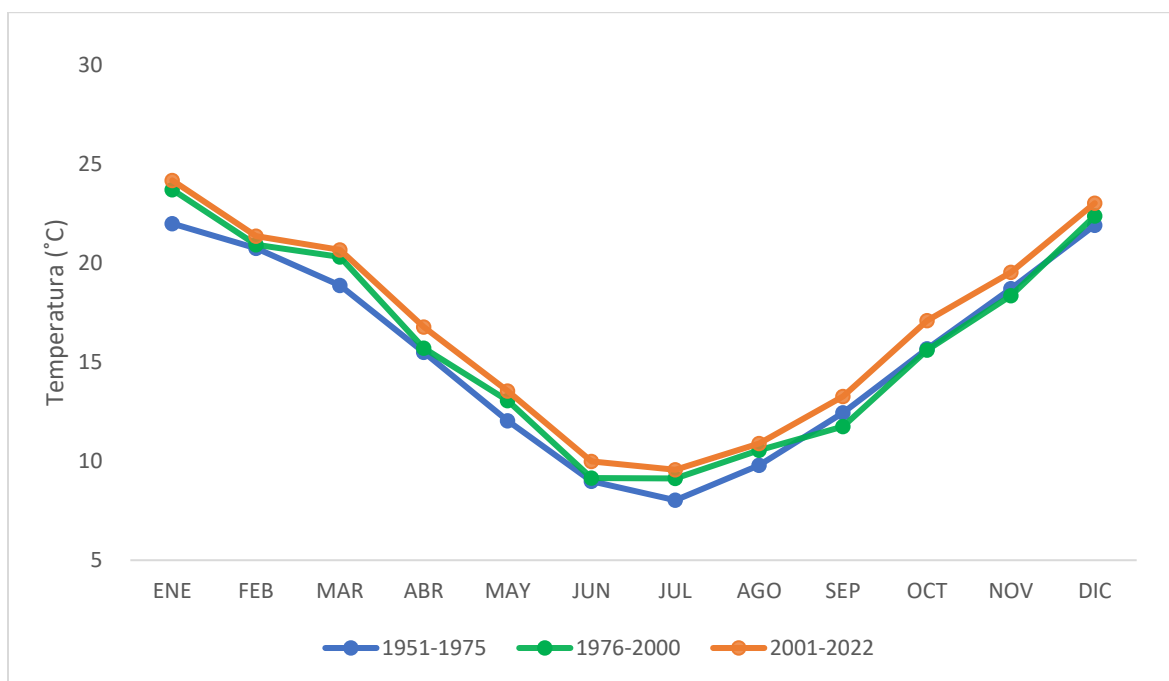


Gráfico n°11: temperaturas mínimas mensuales de los periodos I, II y III.

Precipitaciones

Por último, comparando los periodos a través de las precipitaciones, en primer lugar, obtuvimos el grafico n° 12 de los periodos menos actuales, en el cual se observa que en el periodo I, los primeros meses hay picos extremos y en el periodo II son más suaves las diferencias de mes a mes. Luego, hasta el mes de octubre la distribución es muy similar en ambos periodos y por último del mes de octubre a diciembre tienen una misma tendencia de mantenerse los milímetros, pero la diferencia es que en el periodo I es entorno a los 90mm y en el periodo II es entorno a los 125mm, es decir, unos 35mm de diferencia entre periodos.

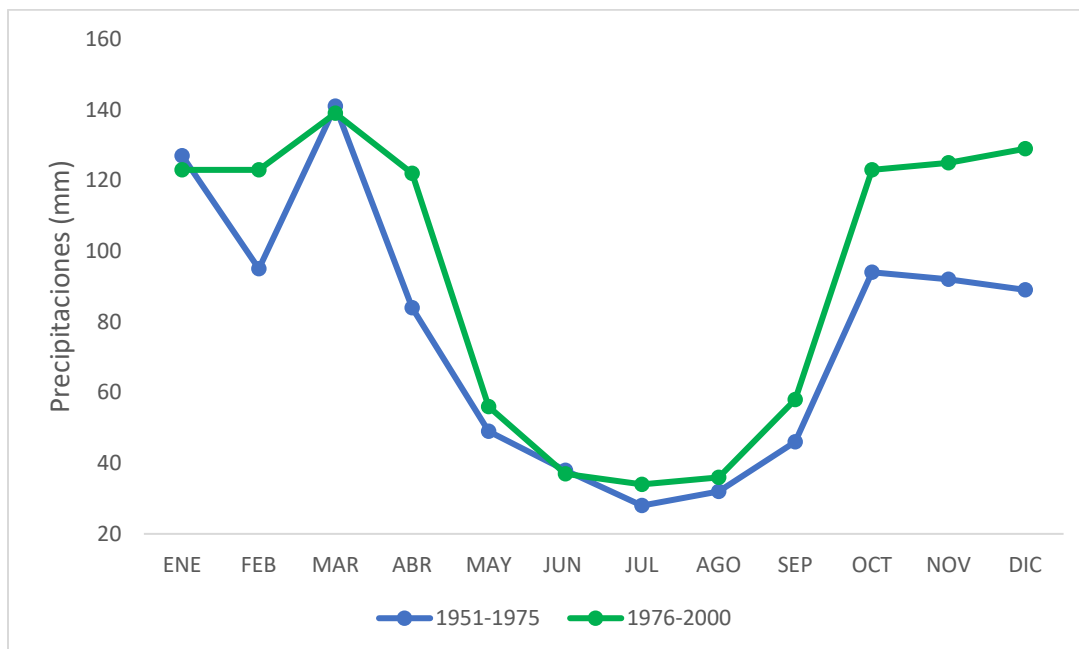


Gráfico n° 12: Precipitaciones mensuales promedio de los periodos I y II.

Al comparar los dos periodos con mayor distancia cronológica, es decir, los periodos I y III (gráfico n° 13), podemos observar una mayor diferencia en la distribución de las curvas. En el periodo I teniendo picos más extremos entre los meses de enero hasta abril, de mayo a octubre las distribuciones de las curvas son similares, de octubre a diciembre en el periodo I los milímetros se mantuvieron entorno a los 90 mm los tres meses, en cambio, en el periodo III se ve un aumento progresivo de los milímetros a medida que pasan los meses llegando a un máximo en diciembre de 144 mm vs 89 mm.

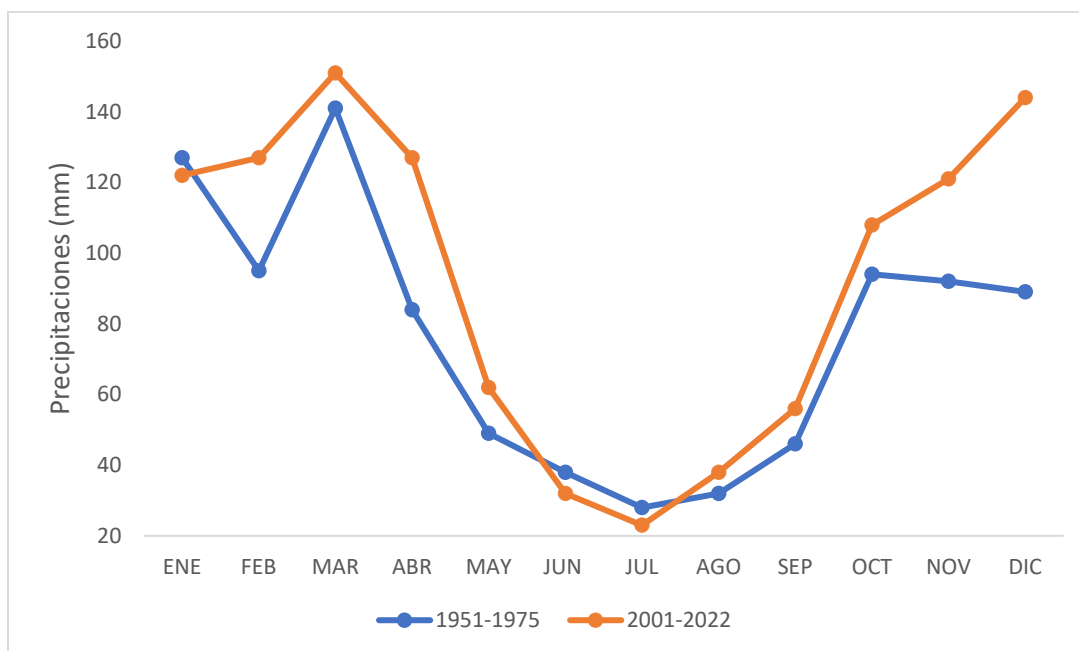


Gráfico n° 13: Precipitaciones mensuales promedio de los periodos I y III.

En el grafico n°14 se puede comparar en primer lugar los dos periodos más contemporáneos, ambos con una distribución similar, aunque se destacan algunos puntos extremos para el ultimo periodo, principalmente en el mes de marzo, julio y diciembre, los cuales denotan mayores lluvias en marzo y diciembre, y épocas más secas en julio.

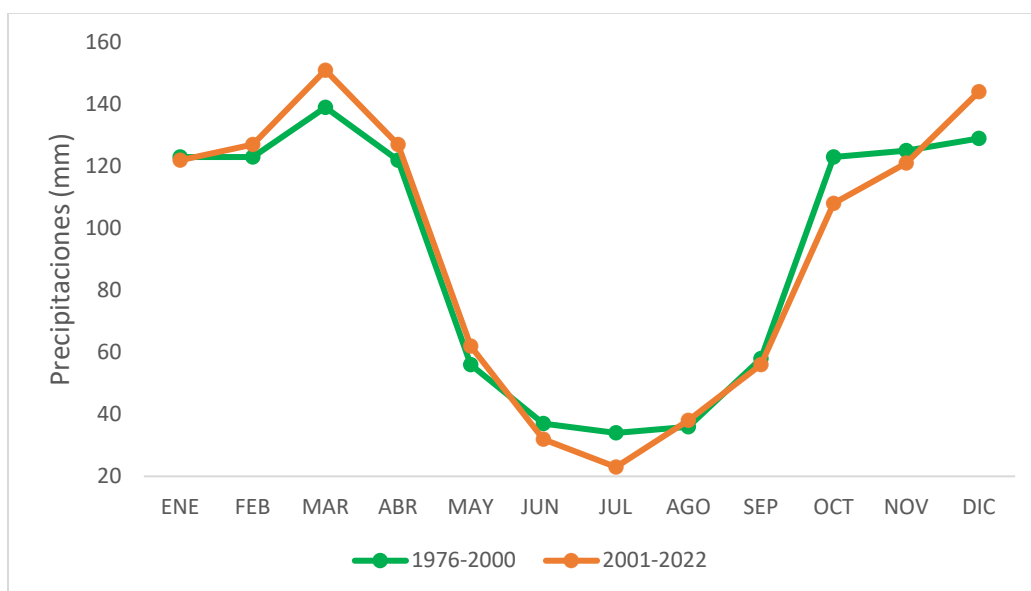


Gráfico n° 14: precipitaciones mensuales promedio de los periodos II y III.

Por último, analizando los tres periodos en un mismo grafico (grafico n°15), se puede observar que la mayor diferencia es el periodo I, teniendo principalmente en los meses de febrero, abril, mayo, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre promedios mensuales visiblemente menores que en los otros dos periodos, aproximadamente de 20 mm y más en algunos meses. Los últimos dos periodos (II y III) presentan una distribución mucho más similar, aunque como se analizó anteriormente, en los picos de mayores y menores precipitaciones siempre el último periodo sobresale un poco más que el periodo II.

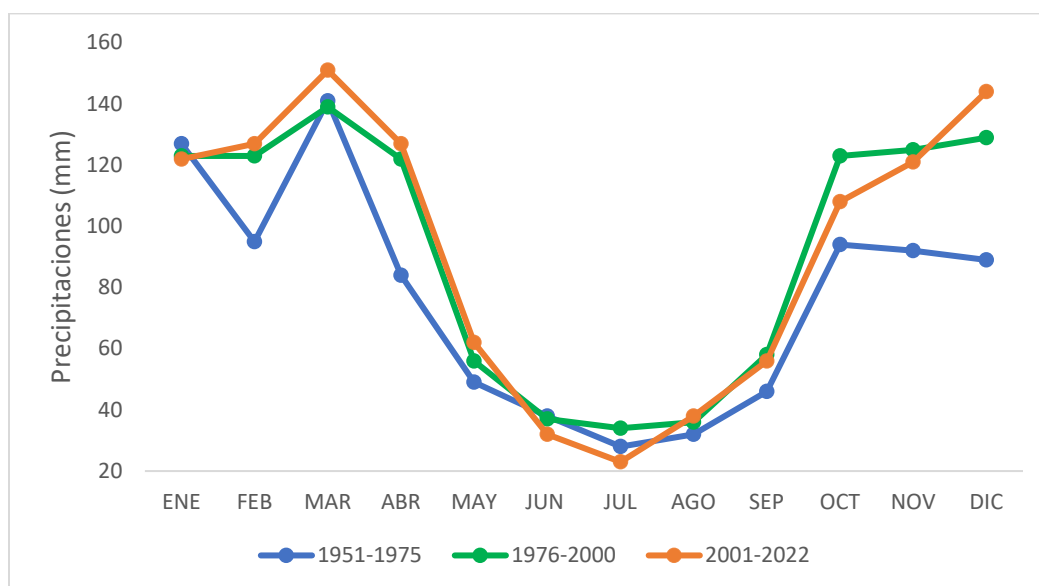


Gráfico n°15: Precipitaciones mensuales promedio de los periodos I, II y III.

Conclusión

Podemos concluir que tener registros climáticos de una serie histórica de más de 70 años de datos, permite realizar distintos análisis y comparaciones entres si, extrayendo resultados y conclusiones en base a datos y no modelizaciones.

Al analizar temperatura máxima entres los tres periodos por separado y en conjunto, no se observa una clara tendencia de ningún periodo sobre otro. Lo que evidencia normalidad de este parámetro estudiado. Sin evidencias de incremento de la temperatura máxima en el ultimo periodo de la serie histórica.

Para las temperaturas mínimas, con el mismo análisis, podemos concluir a diferencia de las temperaturas máximas, si bien la distribución es normal, hay una superioridad en la temperatura del último periodo sobre los dos anteriores, que son levemente menores. Esto evidencia un incremento en la temperatura mínima en la serie histórica.

En las precipitaciones, ocurre algo similar a la temperatura máxima, no se evidencia una clara tendencia a incrementar los mm en ningún periodo. Aunque el último periodo presenta los valores mas altos en marzo y diciembre y a su vez, la misma serie presente el valor más bajo (julio).

Como conclusión general, este trabajo fue de utilidad para estudiar en profundidad una temática tan relevante para el sector agropecuario como lo es las diferentes variantes climáticas, teniendo que atravesar los productores de alimentos por tantos costos como lo son la semilla, fertilizantes, insecticidas, herbicidas, fungicidas, etc. Siendo todo esto muy susceptible al comportamiento del clima y mas aún en los últimos años en los que se habla de un enorme suceso como lo es el cambio climático. En este trabajo no se ha podido identificar con claridad tal suceso, por lo menos en lo que respecta a los últimos 71 años registrados, lo cual no significa que en un futuro esto pueda cambiar o ser mas evidente en trabajos con mayores registros climáticos.

Bibliografía

Aguirre Forero, S. E. Piraneque Gambasica, N. V. y Mercado, T. (2022). Suelo y cambio climático: incluye estudio de casos. 1. Santa Marta, Editorial Unimagdalena. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/sibuca/214506?page=20>

APrA. 2023. Altas temperaturas y olas de calor en la Ciudad de Buenos Aires durante el verano 2022-2023. <https://buenosaires.gob.ar/sites/default/files/2023-07/Altas%20Temperaturas%20y%20Olas%20de%20Calor%20en%20la%20Ciudad%20de%20Buenos%20Aires%20durante%20el%20verano%202022-2023.pdf>

Blanco Pedro. UNNE. 2020. La intensidad de las precipitaciones y el cambio climático: tendencias y variabilidades interanuales registradas en algunas localidades del Nordeste Argentino (Período 1971-2019).

Bolsa de Cereales de Entre Rios. 2023. Informe semanal N° 1091. <https://www.bolsacer.org.ar/Fuentes/siberd.php?Id=1512#link10344>

Castillo Marin. 2007. Políticas en cambio climático en la argentina. Revista tendencias Universidad Blas Pascal

López Feldman. 2015. Cambio climático y actividades agropecuarias en América Latina. URL: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/b981efad-125c-4c9f-b386-ed9fd1f8abfe/content>

Naciones Unidas. 2023. Acciones por el clima. URL: <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>

OMM. 2020. Estado de los servicios climáticos. URL: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10385

OMM. 2022. Global Annual to Decadal Climate Update. https://hadleyserver.metoffice.gov.uk/wmolc/WMO_GADCU_2023-2027.pdf

OMM. 2022. Estado del clima en América Latina y el Caribe 2021. https://library.wmo.int/viewer/58014/download?file=1295_WMO_State_of_the_Climate_in_LAC_2021_en.pdf&type=pdf&navigator=1

ONU. 2021. Informe sobre la Brecha de Emisiones 2021: La calefacción esta encendida. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/36991/EGR21_ESSP.pdf

Secretaria General y de relaciones Institucionales del gobierno de Entre Ríos. 2016 <https://www.entrerios.gov.ar/ambiente/userfiles/files/archivos/Estrategia%20Provincial%20para%20un%20Desarrollo%20Bajo%20en%20%20Carbono.pdf>

Universidad Nacional del Litoral. 2016. Ese fenómeno llamado temperatura. https://www.unl.edu.ar/noticias/news/view/ese_fen%C3%B3meno_llamado_temperatura

Zorrilla Miras 2023. ¿Olas de frío y calentamiento global al mismo tiempo? Tres claves para tu cuñado negacionista. URL: <https://es.greenpeace.org/es/noticias/olas-de-frio-y-calentamiento-global-al-mismo-tiempo-tres-claves-para-tu-cunado-negacionista/>