

COMPARACIÓN DE LA RECURRENCIA Y SEVERIDAD DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LOS EXTREMOS ORIENTAL Y OCCIDENTAL DE LA PROVINCIA DE FORMOSA (REP. ARGENTINA)

Contreras, Félix Ignacio^{1, 2}; Zurita, Clara³; Smichowski, Humberto¹; Diaz, Antonella Aglae¹; Petkiebich, Silvina Anabela³; Kalafattich, Santiago³; Gómez, Claudia Verónica⁴.

Resumen

La provincia de Formosa se divide principalmente en dos grandes ecorregiones, el Chaco Húmedo y el Chaco Seco, cuyas diferencias se deben a los montos pluviométricos que hasta incluso se duplican de un extremo al otro. Ante esta situación, el objetivo de este trabajo es comparar los valores de SPEI de ambas regiones, a fin de detectar la recurrencia y severidad de los eventos extremos de inundación y sequía. Los resultados demostraron que es durante el invierno donde se producen mayoritariamente los eventos más extremos en ambas regiones. Sin embargo, la porción oriental no presenta estos episodios en los momentos donde se registran los mayores montos pluviométricos del año, lo que permite inferir que la precipitación es muy regular. Por otro lado, salvo para los años normales, no se encontraron coincidencias en la severidad y tampoco en la ocurrencia del evento, lo que demuestra que ambas ecorregiones la variabilidad climática responde de manera independiente.

Palabras clave: Variabilidad climática, Índice Estandarizado de Precipitaciones y Evapotranspiración, Chaco Húmedo, Chaco Seco, Formosa.

COMPARISON BETWEEN THE RECURRENCE AND SEVERITY OF THE CLIMATE VARIABILITY IN THE EAST AND WEST EXTREME OF THE PROVINCE OF FORMOSA (ARGENTINA)

Abstract

The province of Formosa is divided into two large ecoregions, the Humid Chaco and the Dry Chaco, whose differences are due to the pluviometric average which duplicate from one extreme to the other. In view of this situation, the objective of this study is to compare the values of SPEI in both regions in order to detect the recurrence and severity of the extreme events of flood and drought. The results showed that it is during winter that the most extreme events occur in both regions. However, the west region does not show these events in the period of the highest pluviometric average of the year, which proves that in both ecoregions the climate variability responds independently.

Key words: climate variability, Standard Index of Rainfall and Evapotranspiration, Humid Chaco, Dry Chaco, Formosa.

¹ Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CONICET – UNNE). E-mail: figcontreras@hotmail.com

² Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste.

³ Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Formosa.

⁴ Facultad de Humanidades, Universidad Nacional del Nordeste.

Introducción

La provincia de Formosa presenta, por las características naturales del sitio en el que se halla emplazada, riesgos de sequías e inundaciones y anegamientos vinculados al desborde de curso fluvial y precipitaciones pluviales. Para Meza *et al.*, (2017), los paisajes se caracterizan por la presencia de ríos, riachos, albardones, lagunas, esteros y cañadas. El relieve posee una dirección noroeste-sudeste, sin embargo, su suave pendiente favorece la presencia de áreas inundables y anegables, generando suelos que pueden permanecer saturados por largos períodos dependiendo del volumen de precipitaciones.

La variabilidad de las precipitaciones, tanto estacionales como anuales, tiene un rol importante en el desarrollo físico, químico, biológico y morfométrico de los lagos subtropicales (Contreras *et al.*, 2020). En estas regiones, el número y el tamaño de humedales está determinado por la precipitación, la escorrentía y la evapotranspiración (Bezerra *et al.*, 2019); motivo por el cual son fundamentales los estudios que hagan referencia a la variabilidad pluviométrica. En este sentido, *“La detección de anomalías climáticas ocurridas en gran parte del planeta durante los últimos años y las pérdidas económicas derivadas de ellas, generan interés por el conocimiento de las fluctuaciones, variabilidad y tendencias de los parámetros climáticos”* (Pérez, 2009, p.1).

Por otra parte, y de acuerdo con Brendel *et al.*, (2017), los conocimientos acerca de los eventos climáticos extremos y su efecto son fundamentales para la planificación de las actividades agroeconómicas y naturales. En este marco, el objetivo de este trabajo es comparar los valores del índice Estandarizado de Precipitaciones y Evapotranspiración (SPEI por sus siglas en inglés) correspondientes a los extremos oriental y occidental de la provincia de Formosa, a fin de detectar la recurrencia, y severidad de los eventos extremos de inundación y sequía.

Materiales y métodos

Análisis de la variabilidad climática

El análisis de la variabilidad climática fue realizado en base a datos correspondiente al Índice de Evapotranspiración y Precipitación Estandarizada (SPEI por sus siglas en inglés). Este índice tiene en cuenta tanto las precipitaciones como la evapotranspiración potencial en su formulación para expresar las relaciones de oferta y demanda de agua, a fin de comprender las influencias del cambio climático (Vicente-Serrano *et al.*, 2012; Martínez, *et al.*, 2021). Los mismos fueron adquiridos en el sitio web: <https://spei.csic.es/map/maps.html#months=1#month=2#year=2021>.

El SPEI utiliza la ecuación FAO-56 Penman-Monteith (Allen, *et al.*, 1998), con la cual se obtuvo el SPEI base v2.0. Con un valor para la temperatura y la evaporación potencial (PET, por sus siglas en inglés), se calcula la diferencia entre la precipitación (P) y PET para el mes *i*, que proporciona una medida simple del excedente o déficit de agua para el mes analizado (<https://spei.csic.es>):

$$D_i = P_i - PET_i$$

Ecuación 1. FAO-56 Penman-Monteith (Allen, *et al.*, 1998)

El conjunto de datos tiene una resolución espacial de 0.5° por 0.5° y se extrajeron los puntos de cuadrícula en Lat. -26.75 y Long: -58.75 para el sector oriental húmedo y Lat. -24.25 y Long: -61.25 para el sector occidental seco. El análisis de los eventos de inundación y sequía, se han clasificado en función de sus valores: Inundación extrema (IE) (SPEI > 2,0), severa (1,99

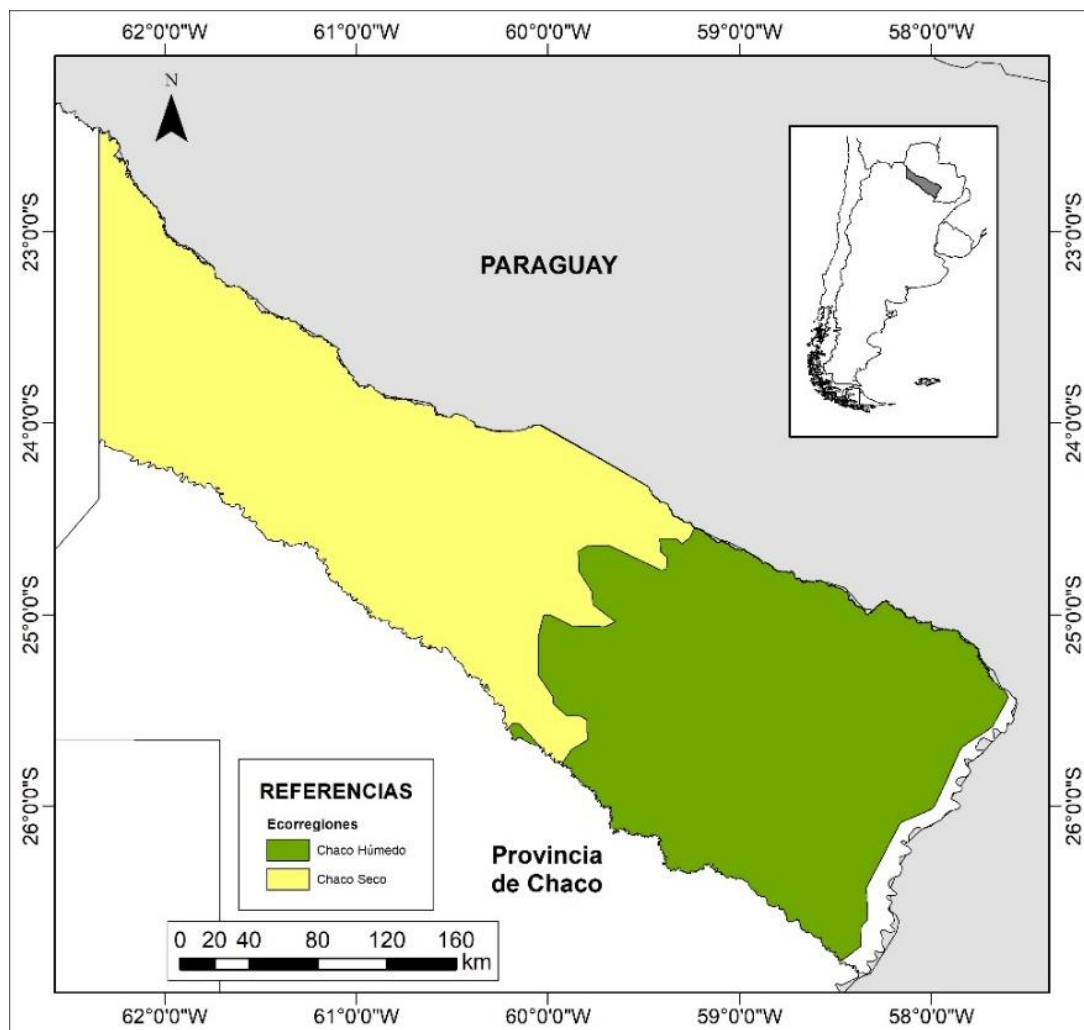
$>SPEI > 1,5$), moderada ($1,49 >SPEI > 1$), normal ($1,0 >SPEI < -1,0$), sequía extrema (SE) ($SPEI > -2,0$), severa ($-1,5 <SPEI < -1,99$), moderada ($-1,0 <SPEI < -1,49$) y casi normal ($1,0 <SPEI < 1,0$) (Martínez, *et al.*, 2021; Contreras, *et al.*, 2021).

Los datos utilizados del SPEI corresponden al período comprendido entre enero de 1950 y diciembre de 2020. Los valores SPEI -1 permiten conocer la distribución y el porcentaje de ocurrencia de eventos extremos durante el año, lo que permite determinar la recurrencia de cada evento mensualmente, como también comparaciones dentro de un mismo año. Por otra parte, con el análisis del SPEI 12 – mes 12 brinda conocimientos acerca del comportamiento anual, los cuales son útiles para realizar comparaciones interanuales.

Área de estudio

El área de estudio corresponde a la provincia de Formosa, la cual se caracteriza principalmente por dos ecorregiones, el Chaco Húmedo y el Chaco Seco (Brown y Pacheco, 2005), cuyas características paisajísticas las comparte con la provincia de Chaco (Figura 1).

Figura 1. Mapa de las ecorregiones de la provincia de Formosa



Elaboración propia en base a registros de la Administración de Parques Nacionales.

El Chaco como región, es una amplia llanura compuesta por abanicos aluviales de ríos que, procedentes de los Andes, descargan hacia los sistemas de los ríos Paraguay – Paraná. (Iriondo, *et al.*, 2000). La baja pendiente y la torrencialidad estacional de los ríos favorecen los procesos fluviomorfológicos, generando una topografía local irregular, con albardones elevados con respecto a los alrededores anegables (Ginzburg y Adámoli, 2006). En este sentido, las alturas de la provincia de Formosa rondan entre los 240 m/s/n/m en el extremo NO y los 50 m/s/n/m en el extremo SE, cuyo gradiente de 190 m se manifiesta como una pendiente continua.

Con la generación de modelos de escurrimientos sobre el área de estudio, en Contreras (2019) se han delimitado los megas abanicos aluviales de los ríos Pilcomayo - Bermejo y si bien, en principio, sería el río Pilcomayo quien tuviera mayor desarrollo regional, solo abarcaría el norte de Formosa, es decir que el principal modelador del paisaje de la provincia fue el río Bermejo. Para el autor, *cuando en una misma región intervienen varios cursos de agua muy próximos entre sí, posiblemente las características geográficas del paisaje sean homogéneas a lo largo y ancho del territorio, sin embargo, no debería ser motivo suficiente para afirmar o inferir que las características hidrográficas y biológicas respondan de la misma manera.* (Contreras, 2019, p.131). Un ejemplo de ello es el caso de la región del Chaco Oriental que se caracteriza por una gran heterogeneidad ambiental, donde se mezclan componentes leñosos y pastizales (Contreras, Contreras, Lutz y Zucol, 2015).

Región del Chaco Seco

Posee un clima más seco, con 500 a 800 mm de precipitación anual. Es rico en especies xerófilas semicaducifolias, adaptadas tanto a las importantes fluctuaciones de disponibilidad hídrica como a las variaciones térmicas (Cabrera, 1971).

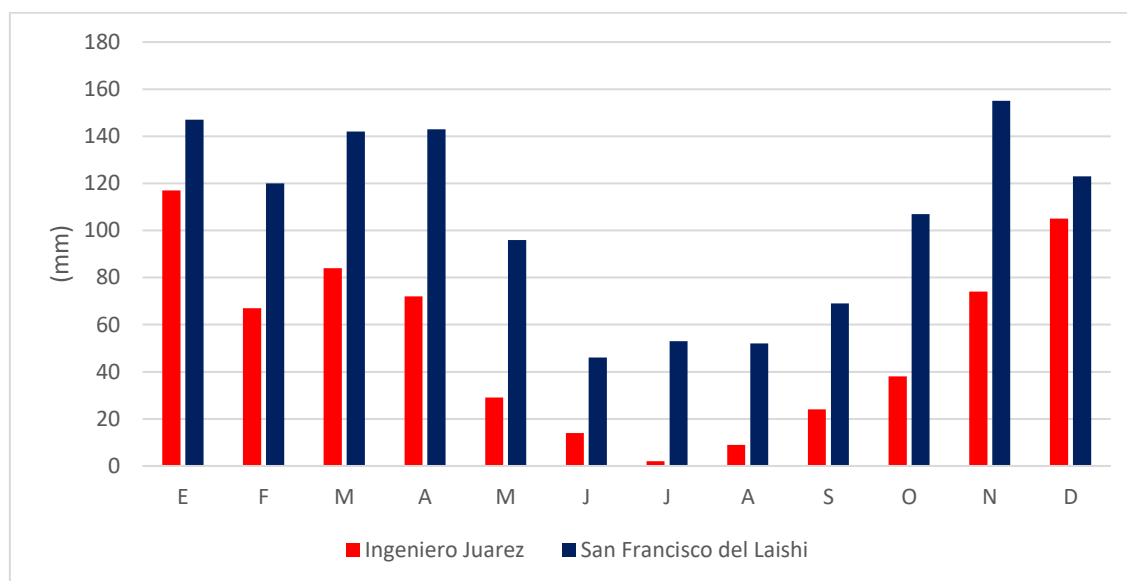
El Chaco Húmedo

Se distingue por un exceso de humedad, resultante de una combinación de factores pluviométricos, topográficos y edáficos, donde los valores de precipitaciones superan las pérdidas por evapotranspiración (Iriondo, 1992). Los registros máximos de precipitaciones se dan al este, (superiores a 1.300 mm, pero pueden alcanzar valores de hasta 2.200 mm), que decaen en el oeste a 750 mm (Ginzburg y Adámoli, 2006). Presenta ambientes muy heterogéneos, donde en pequeñas extensiones coexisten desde bosques semixerófilos-caducifolios (principalmente quebrachales y leguminosas), hasta selvas hidrófilas, sabanas de leñosas o palmeras (*Copernicia alba*), arbustales xerofíticos, distintos pastizales en terrenos más elevados y humedales en los lugares más bajos (Biani *et al.*, 2006; Placci y Holz 2004).

El régimen de precipitación en la provincia de Formosa registra sus máximos valores a principios y finales de la estación estival y en abril, mes de transición (Gómez, 2019). Para la autora, los máximos valores de precipitación se presentan con gran variabilidad temporal, pero que, sin embargo, siempre se producirán durante otoño, primavera o verano, respectivamente.

Por otra parte, en Gómez (2019) se señalan dos aspectos para tener en cuenta: 1) la significativa disminución de los valores pluviométricos durante los meses invernales, al punto de ser casi nulos; 2) en el extremo oeste de la provincia de Formosa los máximos valores se concentran en el mes de enero, como es el caso de Ingeniero Juárez, el cual se asocia con la tropicalización de las condiciones climáticas en ese sector.

Figura 2. Comparación de las precipitaciones medias mensuales según estaciones meteorológicas y puestos pluviométricos en la provincia de Formosa (1967/1993).



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Gómez (2019)

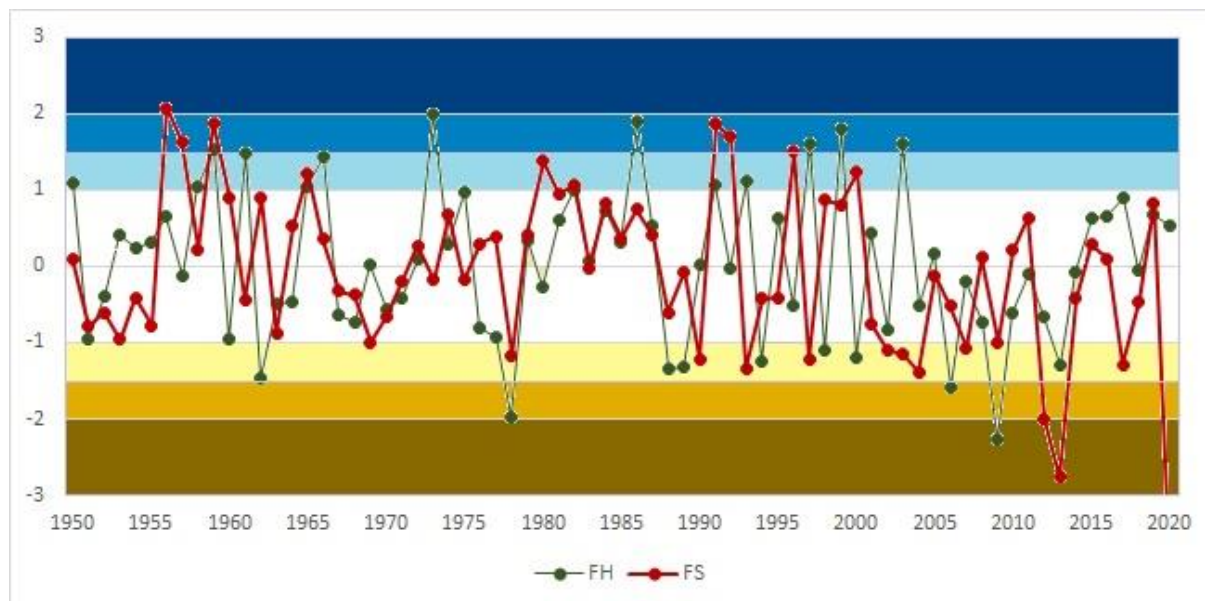
Resultados

Comparación de la variabilidad climática entre las regiones de Chaco húmedo y seco en la provincia de Formosa

Con análisis de los datos del SPEI 12 del mes 12, se pudo comprobar que la ocurrencia de los eventos extremos en ambas regiones de la provincia de Formosa, en muchas ocasiones no sólo no poseen la misma severidad, sino que a su vez no ocurren simultáneamente en un mismo momento. En ese sentido, no se han detectado coincidencias, tanto en ocurrencia como en severidad, en ambas regiones durante eventos extremos; pero si se encuentran presentes en años normales. Esta situación permite inferir que en ambas regiones actúan de manera independiente a los fenómenos regionales que podrían estar condicionando la variabilidad pluviométrica (Figura 3).

En este sentido, los valores del SPEI tienen en cuenta los montos pluviométricos correspondientes a su grilla, por lo tanto la severidad, tanto de las sequías como de las inundaciones, dependerá de los valores que allí se registren como “normales”. No obstante, la presencia de inundaciones severas o extremas en la porción oriental, si respondieran en simultáneo el mismo evento con el sector occidental, los valores deberían ser igualmente extremos, ya que al existir un gradiente de 600 mm entre ambas, la tendencia al menos debería ser directa.

Figura 3. Comparación de la variabilidad de eventos extremos de inundación y sequía entre las ecorregiones del Chaco Húmedo y Seco de la provincia de Formosa durante el período 1950 - 2020.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SPEI – 12 mes 12.

En cuanto a las características de los años según el tipo de evento y su severidad, también es posible encontrar algunas diferencias. En este sentido, la porción oriental posee un mayor número de años de inundación (13 contra 10), pero no se registraron años de eventos extremos de inundación (Tabla 1). Cabe destacar que, estas descripciones se realizan en función del SPEI 12 del mes 12, y cuando se refiere a que no se registran años con inundaciones extremas, se refiere a que el promedio anual, no ha superado el valor de dos necesario para ser considerado en esa categoría. No obstante, sobre el occidente si se registra un año extremo de inundación (1956), el cual ni si quiera fue registrado como inundación moderada en el occidente.

Respecto a los eventos de sequía, existe un mayor número de años sobre el occidente. Del mismo modo ocurre con la severidad donde se registran en tres años contra uno en el oriente y en este sentido, únicamente el año 2013 con sequías extremas registrados al oeste coincide con sequías moderadas al este. Por otra parte, esta menor presencia de eventos extremos al este de la provincia, se vincula con la mayor regularidad de los montos pluviométricos en este sector mencionada en Gómez (2019). Como lo afirma Pérez (2009):

Las variaciones detectadas corresponden a fluctuaciones climáticas, es decir, modificaciones a corto y mediano plazo que provocan alteraciones temporales y espaciales en ambos sentidos, pero que mantienen al clima dentro de sus caracteres esenciales y no a un cambio climático, puesto que desde el punto de vista climático este concepto implica diferencias más marcadas en los valores registrados y mayor variabilidad de las lluvias, aspectos que no se evidencian en las series analizadas. (p.13)

Tabla 1: Comparación de los años de ocurrencia de eventos de inundación y sequía entre el sector oriental y occidental de la provincia de Formosa durante el período 1950 - 2020.

	Formosa occidental	Formosa oriental
IE	1956	
IS	1959, 1991, 1992, 1957 y 1996	1973, 1986, 1999, 1997, 2003 y 1959
IM	1980, 2000, 1965 y 1982	1961, 1966, 1993, 1950, 1991, 1965 y 1958
SM	2004, 1993, 2017, 1997, 1990, 1978, 2003, 2002 y 2007	1962, 1988, 1989, 2013, 1994, 2000 y 1998
SS		1978, 2006
SE	2020, 2013 y 2012	2009

IE: Inundaciones extremas, IS: Inundaciones severas, IM: Inundaciones moderadas, N: Normal, SM: Sequías moderadas, SS: Sequías severas y SE: Sequías extremas. Fuente: Elaboración propia en base a datos del SPEI – 12 mes 12.

Respecto a los eventos de sequía, existe un mayor número de años sobre el occidente. Del mismo modo ocurre con la severidad donde se registran en tres años contra uno en el oriente y en este sentido, únicamente el año 2013 con sequías extremas registrados al oeste coincide con sequías moderadas al este. Por otra parte, esta menor presencia de eventos extremos al este de la provincia, se vincula con la mayor regularidad de los montos pluviométricos en este sector mencionada en Gómez (2019).

La cantidad de meses por tipo de severidad de eventos también posee diferencias significativas. En el sector húmedo de la provincia, los eventos extremos de inundación se registran prácticamente durante todo el año, pero se concentran principalmente entre los meses de mayo y junio (Tabla 2 y Figura 4). Esta situación se vincula con la presencia de inviernos muy húmedos, ya que para dichos meses se espera una merma en los montos pluviométricos. Es recién en las inundaciones moderadas, las más frecuentes, las que coincidirían con el período entre septiembre y enero, donde se registran las mayores precipitaciones según Gómez (2019).

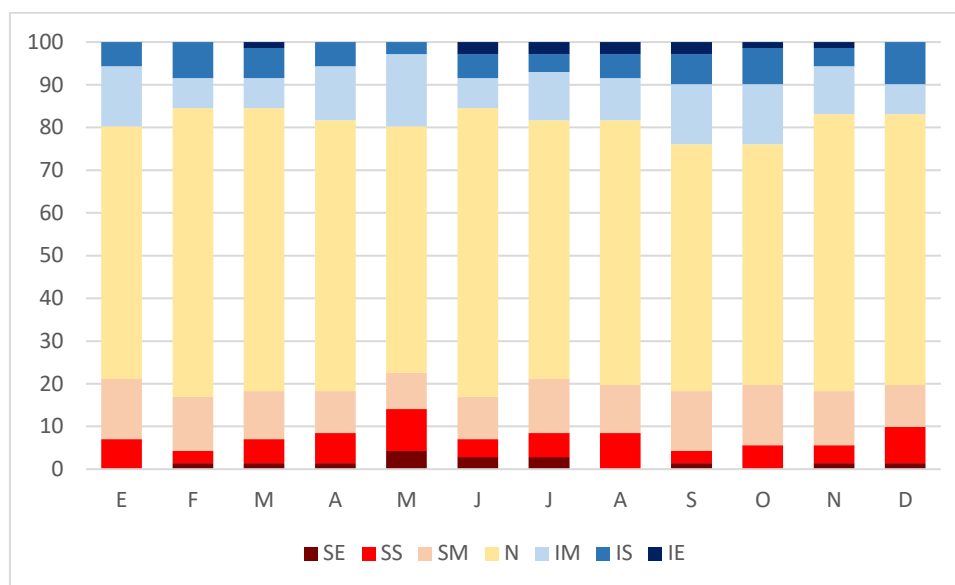
En cuanto a los eventos extremos de sequía, al igual que en el caso anterior, las más extremas se registran en el mes de invierno y son escasas o nulas durante el resto del año, por lo que se puede inferir que, pese a la disminución de las precipitaciones en estos meses, la sequía en esta estación puede llegar a ser muy extrema. Por otro lado, que no existan sequías extremas en los meses de verano, es una prueba más de la regularidad de las lluvias.

Tabla 2: Cantidad de meses por tipo de evento de inundación y sequía en el sector oriental de la provincia de Formosa durante el período 1950 - 2020.

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Formosa Región Chaco Húmedo	IE	0	1	1	1	3	2	2	0	1	0	1	1
	IS	5	2	4	5	7	3	4	6	2	4	3	6
	IM	10	9	8	7	6	7	9	8	10	10	9	7
	N	42	48	47	45	41	48	43	44	41	40	46	45
	SM	10	5	5	9	12	5	8	7	10	10	8	5
	SS	4	6	5	4	2	4	3	4	5	6	3	7
	SE	0	0	1	0	0	2	2	2	2	1	1	0

IE: Inundaciones extremas, IS: Inundaciones severas, IM: Inundaciones moderadas, N: Normal, SM: Sequías moderadas, SS: Sequías severas y SE: Sequías extremas. Fuente: Elaboración propia en base a datos del SPEI – 1.

Figura 4. Porcentaje de ocurrencia por tipo de evento en el sector oriental de la provincia de Formosa durante el período 1950 - 2020.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SPEI – 1.

En cuanto al sector occidental, es posible encontrar diferencias, pero también algunas similitudes. Al igual que para la porción oriental, las inundaciones extremas se dan principalmente entre mayo y junio, pero a diferencia del caso anterior, este período comienza en el mes de abril y se pueden manifestar durante todo el año (Tabla 3 y Figura 5).

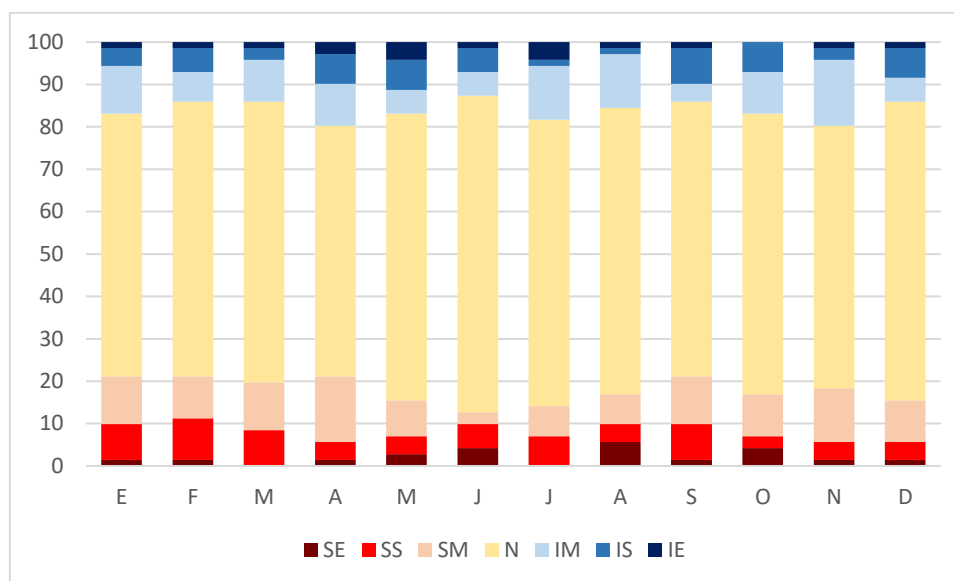
Para el caso de las sequías, las más extremas se concentran entre el otoño y el invierno, pero también en octubre, mes donde se espera el aumento de las precipitaciones que pueden llegar a ser nulas en invierno (Gómez, 2019). Esto puede deberse a un retraso de la reaparición del ciclo húmedo esperado para este clima. Por otra parte, y a diferencia de la región oriental, se evidencian sequías extremas durante todo el año, asociado a la mayor irregularidad en los montos pluviométricos.

Tabla 3: Cantidad de meses por tipo de evento de inundación y sequía en el sector occidental de la provincia de Formosa durante el período 1950 - 2020.

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Formosa Región Chaco Seco	IE	1	1	1	2	3	1	3	1	1	0	1	1
	IS	3	4	2	5	5	4	1	1	6	5	2	5
	IM	8	5	7	7	4	4	9	9	3	7	11	4
	N	44	46	47	42	48	53	48	48	46	47	44	50
	SM	8	7	8	11	6	2	5	5	8	7	9	7
	SS	6	7	6	3	3	4	5	3	6	2	3	3
	SE	1	1	0	1	2	3	0	4	1	3	1	1

IE: Inundaciones extremas, IS: Inundaciones severas, IM: Inundaciones moderadas, N: Normal, SM: Sequías moderadas, SS: Sequías severas y SE: Sequías extremas. Fuente: Elaboración propia en base a datos del SPEI – 1.

Figura 5. Porcentaje de ocurrencia por tipo de evento en el sector occidental de la provincia de Formosa durante el período 1950 - 2020.

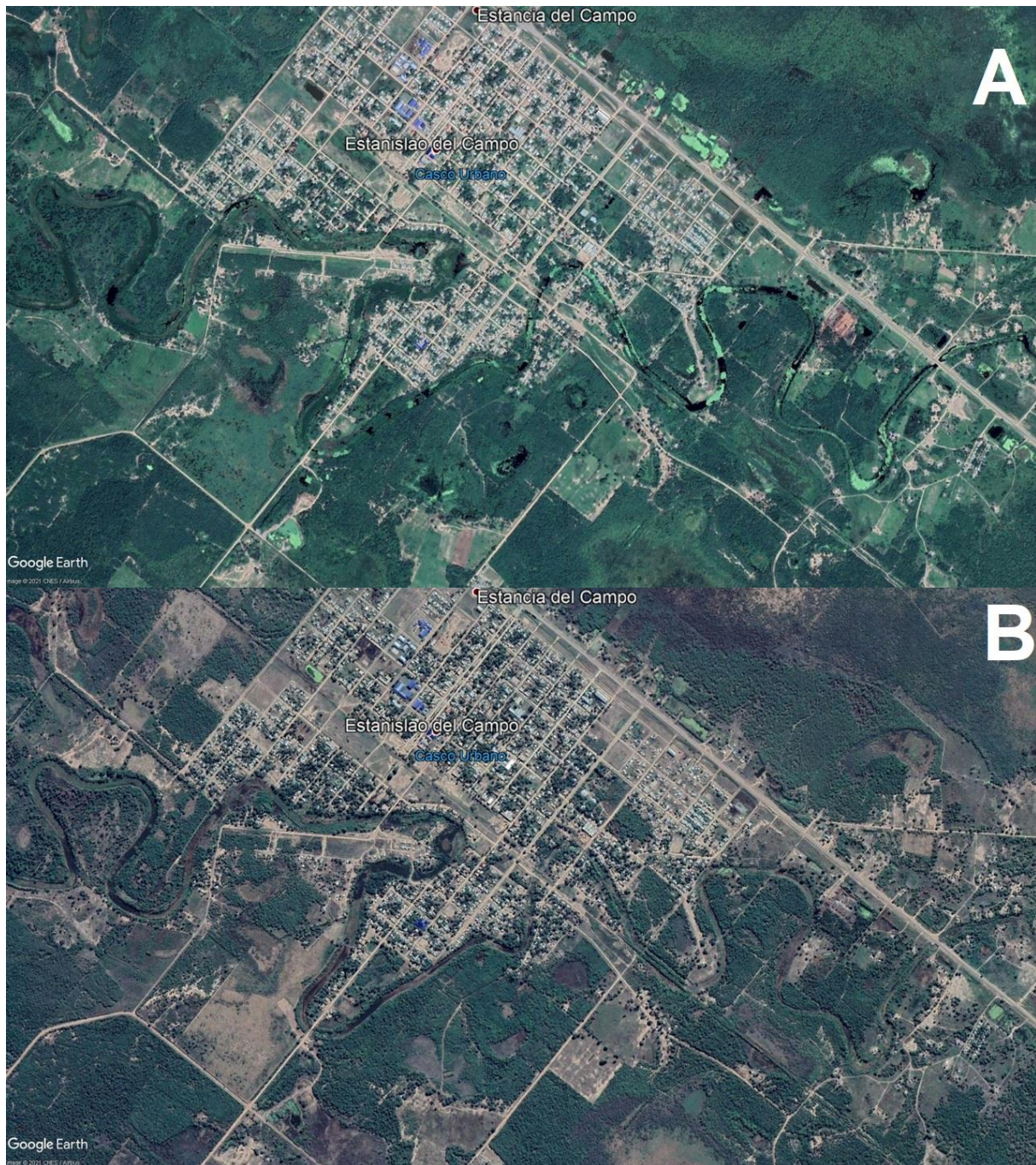


Fuente: Elaboración propia en base a datos del SPEI – 1.

El efecto de la variabilidad climática en el paisaje de la provincia de Formosa

Como todo paisaje que se encuentra íntimamente ligado al agua, ya sea por su génesis, modelado o interacciones ecológicas; el efecto de la variabilidad climática es sumamente significativa y la respuesta del sistema es casi inmediata. En este sentido, se puede hacer mención de su efecto en variables ambientales como puede ser el nivel del agua o las características físico-químicas de sus aguas (Martínez, *et al.*, (2021) (Figura 6). Desde otra perspectiva, se puede hacer mención de los conflictos socioambientales vinculados con la alteración y/o desaparición de humedales como resultado de la especulación inmobiliaria, producto de la presión por la ocupación de nuevos espacios asociados al crecimiento espacial de las ciudades (Contreras, 2015; Contreras y Fantín, 2015; Contreras, *et al.*, 2020).

Figura 6. Comparación de imágenes de Google Earth en Estanislao del Campo luego de (A) eventos extremos de inundación (2018) y (B) eventos extremos de sequía (2020).



Teniendo en cuenta el relieve y que los cursos de agua, tanto principales como secundarios e incluso paleocauces; las aguas de estos ambientes lóticos, no solo dependerá de las precipitaciones locales, sino también de lo que ocurra en sus altas cuencas, las cuales en su mayoría se encuentran en el sector occidental. En este sentido, es importante realizar un seguimiento y control de la variabilidad climática de esa región, considerando que, lo que allí ocurra, podrá tener repercusiones paisajísticas en la porción húmeda, situación descripta para la provincia del Chaco en Contreras (2019). Por el contrario, eventos extremos de inundación en el oriente, en principio no generarían impactos directos al paisaje del oeste provincial. No

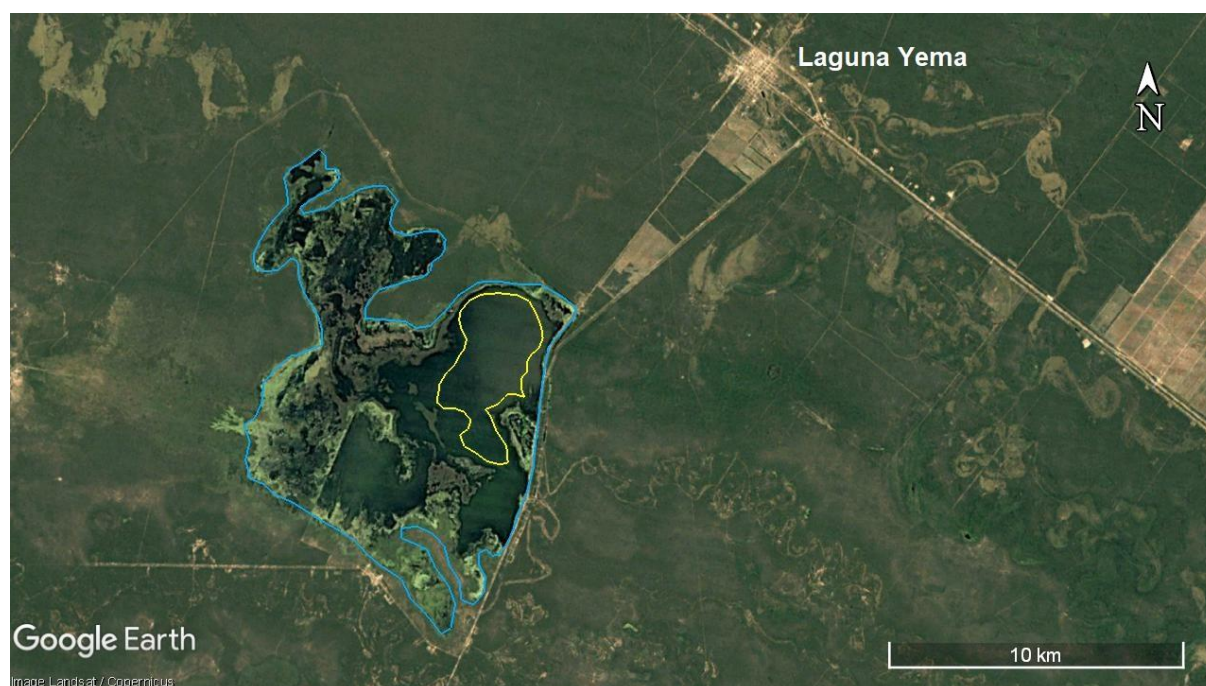
obstante, pese a su cercanía con la llanura aluvial del río Paraguay, es este ambiente quien sí se vería afectado.

En cuanto a ambientes lénticos, el cual puede estar recibiendo aportes de escurrimientos superficiales, al someros y estar muy expuestos a la evaporación de sus aguas, las respuestas morfométricas van a ser inmediatas. Un ejemplo de ello se puede observar en la Laguna Yema donde en el año 2007 alcanzó una superficie de 94,5 km², en el 2013 se redujo considerablemente a 11,4 km² (Figura 7), con lo cual su elasticidad hídrica es de 8,3; cifra muy significativa cuando por lo general los ambientes lacustres poseen un valor de 3 (Contreras y Paira, 2016), salvo en el caso de lagunas aluviales, las cuales son muy dinámicas y que dependen principalmente de los niveles hidrométricos del curso de agua que le dio origen (Contreras *et al.*, 2017).

En cuanto al desarrollo de la línea de costa, la cual es una medida morfométrica que nos permite describir cuantitativamente la morfología de la cubeta, en el año 2007 su valor era de 1,94 correspondiente a lagunas irregulares simples según la clasificación de Contreras y Contreras (2017). Esta morfología es característica en ambientes donde se han producido desborde de lagunas, cuya inundación genera grandes extensiones bajo agua que, al no poseer una cubeta bien definida, la forma es tan irregular como el relieve en el cual se inserta.

Por otra parte, en el año 2013 el valor de línea de costa era de 1,14; la cual se encuentra en el límite entre las formas circulares y subcirculares (Contreras y Contreras, 2017). Cabe destacar que la reducción de este valor es característico de los ambientes lacustres previos a secarse, ya que existe una reducción considerable del perímetro y esto se denomina proceso de redondeamiento (Contreras y Paira, 2015; Contreras y Paira, 2016).

Figura 7. Comparación morfométrica de la Laguna Yema: Azul: Año 2007 y Amarillo: 2013.



Fuente: Google Earth.

Conclusiones

El análisis de la variabilidad climática en dos puntos extremos de la provincia de Formosa posee diferencias significativas. En primer lugar, los valores del SPEI, tanto 1 como 12 del mes

12, no solo no poseen coincidencia en la severidad, sino que tampoco lo poseen en cuanto al momento de ocurrencia en eventos extremos, pero si lo poseen en momentos normales. En este sentido se puede concluir que la manifestación de estos eventos es independiente en la región húmeda y en la seca.

Que el sector occidental posee un mayor número de eventos extremos de inundación y sequía, sin embargo en ambos se coincide que el mayor número de inundaciones extremas se da durante los meses de invierno. Esta gran disparidad en cuanto a la severidad y recurrencia de eventos extremos entre la porción oriental y occidental de la provincia de Formosa, despierta un gran interés en estudiar el área central de transición, ya que puede verse afectada por la situación hidrometeorológica de los ya mencionados.

La falta de eventos extremos en la región oriental comprueba la regularidad de las precipitaciones en el verano. Está claro, que es el invierno la estación del año más irregular en cuanto a los montos que se esperan que precipiten.

Que al ser paisajes que en origen responden al modelado fluvial, cuyos humedales son en su mayoría someros y se encuentran expuestos a altas tasas de evaporación dada su ubicación latitudinal; los niveles de agua de estos ambientes responden inmediatamente a la variabilidad climática. Esta situación, no solo es de interés para el estudio de variables netamente ambientales, sino por el contrario, constituyen un aporte clave para reducir al mínimo los riesgos asociados a las inundaciones por el crecimiento espacial del ejido urbano en ambientes deprimidos, que naturalmente son inundables o anegables. En este sentido, determinar cómo responde el paisaje a las dinámicas naturales constituye una herramienta clave en la gestión y alerta temprana de riesgo de inundaciones, la planificación urbana y el manejo ambiental de los recursos naturales.

Agradecimientos

Este trabajo fue parcialmente financiado por el proyecto PI 19Q002 y 20Q001 de la SGCyT – UNNE y PICT 2018 - 636.

Referencias

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., y Smith, M. (1998). *Evapotranspiración de cultivos: Directrices para calcular los requisitos de los cultivos, documento de riego y drenaje* 56. Roma, Italia: FAO.
- Bezerra, T.A.C., Da Silva Peixoto, A., De Melo Oliveira, C., Pires, M.G.A., Da Silveira, J.E.S., y Da Silva Prado, R.M. (2019). Leishmaniose: Características morfológicas do parasita e sua correlação com a doença [Leishmaniasis: Morphological characteristics of the parasite and its correlation with the disease]. *Mostra Científica da Farmácia*, 5.
- Biani, N., Vesprini, J. y Prado, D. (2006). Conocimiento sobre el gran Chaco Argentino en el Siglo XX. En: Arturi, M. F., Frangi, J.L. y Goya J.F. (Eds.). *Ecología y Manejo de los bosques de Argentina*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- Brown, A. D., y Pacheco, S. (2005). Propuesta de actualización del mapa ecorregional de la Argentina. *La situación ambiental Argentina*, 28-31.
- Brendel, A.S., Bohn, V.Y. y Píccolo, M.C. (2017). Efecto de la Variabilidad Climática Sobre el Estado de la Vegetación y la Cobertura de Agua en una Cuenca de Clima Templado (Argentina). *Anuario do Instituto de Geociencias – UFRJ*, 40 (2), 5-15.
- Cabrera, A. (1971). Fitogeografía de la República Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 14, 1-42.

- Contreras, F.I. (2015). El impacto ambiental del crecimiento espacial de la ciudad de corrientes sobre lagunas periurbanas. *Boletín Geográfico*, 37, 29-42.
- Contreras, F.I. (2019). La incidencia de las Lomadas de Otumpa sobre el escurrimiento superficial en las provincias de Chaco y Formosa (Rep. Argentina), *Huellas*, 23 (2), 129-147.
- Contreras, F.I. y Contreras, S.A. (2017). La Incidencia de la Pendiente en la Distribución de las Morfologías de las Lagunas sobre Lomadas Arenosas (Corrientes, Argentina). *Anuário do Instituto de Geociencias – UFRJ.*, 40(1), 15-25.
- Contreras, F.I. y Fantín, M.A. (2015). El riesgo de la población a inundaciones por lluvias como consecuencia de la dinámica de expansión urbana sobre paisajes anegadizos. El caso de la ciudad de Corrientes (Argentina). *Folia Histórica del Nordeste*, 23, 97-112.
- Contreras, F.I. y Paira, A.R. (2015). Comparación morfométrica entre lagunas de la planicie aluvial del río Paraná Medio y la Lomada Norte (Corrientes, Argentina). *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía.*, 24(1), 61-71.
- Contreras, F.I. y Paira, A.R. (2016). Aplicación del “índice de cambio” a las variaciones morfométricas de las lagunas de lomadas arenosas. El caso de Bella Vista (Corrientes, Argentina). *Revista de Geografía*, 21, 31-38.
- Contreras, F.I., Ferrelli, F. y Pícolo, M.C. (2020). Impactos de eventos secos y lluviosos sobre cuerpos de agua periurbanos subtropicales: Aporte al ordenamiento del espacio urbano de Corrientes (Argentina). *Finisterra*, 55(114), 3-22.
- Contreras, F.I., Mavo Mastretta, G.M., Pícolo, M.C. y Perillo, G.M.E. (2021). Spatio-temporal variability monitoring of the floods in the center-west of the Buenos Aires province (Argentina) using remote sensing techniques. The role of sand dunes. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 47(2), 337-354.
- Contreras, F. I., Meza, J.C., Scipioni, N., Hernández, D.R. y Ruiz Diaz, F.J. (2017). Cambios morfométricos de lagunas aluviales del río Paraná y su incidencia en la diversidad íctica. *Revista Veterinaria*, 28(1), 51-55.
- Contreras, S.A., Contreras, F.I., Lutz, A.I. y Zucol, A.F. (2015). Contribución al Conocimiento florístico del Chaco Oriental, sudeste de la provincia de Formosa, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 50(4), 531-574.
- Ginzburg, R. y Adámoli, J. (2006). Situación ambiental en el Chaco húmedo. En: Brown, A., MartínezOrtiz, U., Acerbi, M. y Corcuera, J. (Eds.), *La Situación Ambiental Argentina 2005*. Fundación Vida Silvestre, Buenos Aires.
- Gómez, C.V. (2019). *Eventos pluviométricos extremos, sequías e inundaciones, en las provincias del nordeste argentino durante la segunda mitad del Siglo XX y principios del XXI. Análisis de su génesis, frecuencia, intensidad, magnitud y distribución espacial*. Tesis Doctoral. Facultad de Humanidades – UNNE.
- Iriondo, M.H. (1992). El Chaco, *Holoceno 1*, 50-63.
- Iriondo, M.; Colombo, F. y Kröhling, D. (2000). Abanico aluvial del Pilcomayo, Chaco (Argentina-Bolivia-Paraguay): Características y significado sedimentario. *Geogaceta*, 28, 79-82.
- Martínez, S.E., Baruzzo, M.N. Smichowski, H., Forastier, M.E. y Contreras, F.I. (2021). El efecto de las precipitaciones en las características limnológicas en lagunas periurbanas (Bella Vista, Corrientes, año 2019). *Revista Senderos*, 2 (1), 122 – 135.
- Meza, J.C., Ramírez, M.L. y Contreras, F.I. (2017). Cartografía de áreas de riesgo a inundaciones y anegamientos a partir de modelos digitales de elevación de General San Martín (Chaco, Rep. Argentina). *Contribuciones Científicas GAEA*, 29, 149-164.
- Pérez, M.E. (2009). El comportamiento temporo espacial de los montos anuales de precipitación en el nordeste argentino – 1931/2005. *Revista Geográfica Digital*, 6(11), 1-16.

- Placci, L. y Holz, S. (2004). *Patrón de paisaje de bosques del Chaco Oriental*. En: M. F. Arturi, J. Frangi y J. F. Goya (eds.). *Ecología y manejo de los bosques de Argentina*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., Lorenzo-Lacruz, J., Camarero, J. J., López-Moreno, J. I., Azorín-Molina, C., y Sánchez-Lorenzo, A. (2012). *Análisis comparativo de diferentes índices de sequía para aplicaciones ecológicas, agrícolas e hidrológicas*. En Rodríguez-Puebla, C., Ceballos-Barbancho, A., Hernández- Encinas, A. (Presidencia). *Cambio climático. Extremos e impactos*. Congreso llevado a cabo en el VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología, Salamanca, España.

Cómo citar este artículo:

Contreras, F. I., Zurita, C., Smichowski, H., Agle Diaz, A., Petkiebich, S. A., Kalafattich, S. y Gómez, C. V. (2022). Comparación de la recurrencia y severidad de la variabilidad climática en los extremos oriental y occidental de la provincia de Formosa (Rep. Argentina). *Senderos*, 1(3), 28-41.