ARTÍCULO ORIGINAL / ORIGINAL ARTICLE

Análisis de la precipitación en la microcuenca del arroyo Itay durante el periodo 1982-2012

Analysis of precipitation in the Itay Brook micro-basin during the period 1982-2012

Alan José Martin Etchegaray¹, Raúl Enrique Díaz Domínguez¹, Fernando Méndez Gaona^{1,2} ¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. San Lorenzo, Paraguay.

> Autor de correspondencia: alanjme91@gmail.com DOI: https://doi.org/10.32480/rscp.2018-23-1.91-106 Recibido: 12/01/2018. Aceptado: 05/04/2018.

Resumen: Recientemente se han registrado cambios significativos en eventos climatológicos que generan una serie de problemas ecológicos y sociales. El análisis de tendencias de precipitaciones constituye una herramienta básica y elemental para estudiar estos cambios. En esta investigación, se analizaron datos de precipitaciones durante el período 1982 - 2012 provenientes del pluviómetro del Aeropuerto Silvio Petirossi con el objeto de analizar las tendencias y los picos de precipitación registrados en el período de estudio. Se calculó la precipitación acumulada para cada año de estudio y se determinaron los totales de precipitación para los meses y estaciones climatológicas de cada año. También, se calcularon los componentes de tendencia (T), cíclico (C) y estacional (S) de modelo aditivo para análisis de series temporales. Para el período estudiado los años 1996, 1997 y 1998 fueron los más lluviosos. En cambio, el año más seco ha sido el 1985. El 22 de diciembre del 1997 fue el día que registró mayor valor de precipitación. Por otra parte, se detectó una leve tendencia creciente de 1,817 mm/año. En cuanto a las estaciones: el verano es la estación con mayor precipitación acumulada (13356,3 mm) seguido del otoño (12725,9 mm) y de la primavera (12635,9 mm); finalmente, el invierno registró la menor precipitación acumulada (5372,9 mm). Se registraron tendencias crecientes en el verano (0,63 mm/año) y la primavera (3,76 mm/año), sin embargo, se observaron tendencias decrecientes en el otoño (-0,58 mm/año) y el invierno (-1,36 mm/año).

Palabras clave: Climatología, precipitaciones, variabilidad temporal, tendencia, Asunción, Luque.

Abstract: Recently there have been significant changes in weather events that generate a series of ecological and social problems. The analysis of precipitation trends includes a basic and elementary tool to study these changes. In this research, rainfall data were analyzed during the period 1982 - 2012 from the rain gauge at Silvio Petirossi Airport in order to analyze trends and precipitation peaks recorded in the study period. The accumulated precipitation for each year of the study was calculated and the precipitation totals were determined for the months and seasons of each year. Also, the trend (T), cyclical (C) and seasonal (S) components of the additive model were calculated for time series analysis. For the period studied, the years 1996, 1997 and 1998 were the rainiest. On the other hand, the driest year was 1985. On December 22, 1997, was the day that registered the highest precipitation



value. On the other hand, a slight upward trend of 1.817 mm/year was detected. As for the seasons: summer is the season with the highest accumulated precipitation (13356.3 mm) followed by autumn (12725.9 mm) and spring (12635.9 mm); finally, winter recorded the lowest accumulated rainfall (5372.9 mm). There were growing trends in summer (0.63mm/year) and spring (3.76 mm/year), however, there were decreasing trends in autumn (-0.58mm/year) and winter (-1.36 mm/year). **Key words:** Climatology, precipitations, temporal variability, trends, Asunción, Luque.

1.- INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han experimentado cambios en los elementos climáticos, situación causada en parte por eventos naturales como El Niño (1, 2), pero en mayor medida por el incremento de gases de efecto invernadero en la atmósfera (3. 4). Estos cambios, que suponen un aumento en la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos, generan consecuentemente una serie de problemas relacionados principalmente con aspectos ecológicos (5, 6) los cuales conllevan un claro impacto socio-económico (7, 8), que incluye la salud de la población (9, 10). En cuanto a la precipitación, existen evidencias referentes a cambios de los patrones en diversas partes del planeta (7, 11, 12), por lo tanto, el análisis de tendencias en estas variables se torna fundamental para los estudios climatológicos.

Reboita et al. (13) regionalizaron los distintos ciclos anuales de la precipitación en América del Sur. Según los mismos, la región considerada como número 3 está compuesta por el Oeste de Perú, Oeste y Sur de Bolivia, Norte y Centro-Este de Argentina, y el Centro-Norte de Paraguay (comprendiendo al departamento Central). Con un total de precipitación anual que varía entre 700 y 1400 mm, los autores mencionan que esta región es la que registra mayores totales pluviométricos en los meses de verano y menores en los de invierno. Explican que en verano el intenso calentamiento radiativo de la superficie terrestre es lo que favorece la convección en la región de modo que este proceso es responsable de los mayores registros pluviométricos durante dicha estación.

Con respecto a estudios en el Paraguay, se halló una tendencia positiva de las temperaturas máximas extremas comprendidas generalmente desde 1960 hasta 2004 (14). En otro estudio (15) se estimaron los escenarios climáticos futuros para el país, obteniendo importantes aumentos de la temperatura media en años siguientes hasta el 2090. Además, en otro trabajo (16) se observó una tendencia positiva en la precipitación, especialmente en el este del país. Sin embargo, la variabilidad temporal de las precipitaciones aún no ha sido estudiada con resultados convincentes, tomando en cuenta, además, el reciente comportamiento de las precipitaciones.

Por otra parte, a nivel regional (Cuenca de La Plata), se han llevado a cabo estudios como el de Antico y Sabbione (17), quienes analizaron los totales mensuales de la precipitación en la ciudad de La Plata durante los años 1909 a 2007. Utilizando la técnica SSA, hallaron oscilaciones con periodos dominantes de 4-5 años y otra menor de aproximadamente 3

años. Los resultados indicaron que durante los eventos El Niño y La Niña la precipitación tiende a ser mayor y menor, respectivamente, que el promedio durante octubre-marzo. Gentili y Gil (18) analizaron la variabilidad temporal de los registros pluviométricos en el periodo 1951-2000 de dos estaciones representativas de dos cuencas diferentes en la provincia Buenos Aires. A escala decádica, observaron que a partir de la década 1961-70 hubo un aumento del valor medio anual de las precipitaciones en ambas estaciones. Campo et al. (19) analizaron las variaciones anuales de precipitación en el suroeste Bonaerense, Argentina, concluyendo que la variabilidad hallada de los registros pluviométricos es característica de la región y que es causada no solamente por factores locales, sino que también se correlaciona con fenómenos globales.

Esta investigación indagó en los aspectos fundamentales sobre las precipitaciones como variable de estudio, entre éstos: los picos de precipitaciones y las tendencias existentes en el período analizado. Así entonces, el objetivo general que se ha planteado para el estudio fue: analizar la variabilidad temporal de las precipitaciones en Asunción - Paraguay durante el periodo 1982- 2012.

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

Se dispuso de información diaria proveniente del pluviómetro de la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional Silvio Petirossi. La estación es utilizada principalmente para la predicción del tiempo climatológico en Asunción y alrededores, y se encuentra situada en la microcuenca del Arroyo Itay, la cual cubre un área aproximada de 116,885 km²y contiene fragmentos de varias ciudades importantes del departamento Central, entre ellas: Luque y Asunción (Figura 1).

MAPA DEL SITIO DE ESTUDIO

0 15500 31000 46500 62000 77500 46500 44500 45000 45000 45000 45000 Fragmento de Asunción Fragmento de Luque

Microcuenca del Arroyo Itay
Paraguay

Figura 1: Sitio de estudio. Fuente: elaboración propia. Base de datos DGEEC (2012).

Según la DGEEC, entre los años 2002 y 2012, la ciudad de Asunción (área = 117 km²) ha tenido una precipitación anual de 1380,82 mm en promedio, mientras que la temperatura promedio máxima, media y mínima para esos años ha sido 29, 22 °C; 23 °C y 18,35 °C, respectivamente (20).

1:267.114

Se consideró el periodo 1982-2012 de la estación meteorológica mencionada dado que dicho periodo posee una adecuada cantidad de datos, teniendo en cuenta que la falta de los mismos, sobretodo en años anteriores al 1982, constituye un inconveniente relacionado con la calidad de la información. De todos modos, los datos secundarios utilizados han pasado por una evaluación de calidad en la misma fuente de donde provienen. Los pocos días que no registraban datos (29, 30 y 31 de enero de 1989, y del 2 al 10 de noviembre de 1999) fueron rellenados con datos de una estación cercana, la de Paraguarí.

Para que una estación pueda arrojar resultados representativos debe tener por lo menos 10 años de datos con un máximo de 20% de datos faltantes (21), condición cumplida efectivamente por la fuente de datos.

Se calculó la precipitación acumulada para cada año a partir del 1982 hasta el 2012. También se determinaron los totales de precipitación para los meses y las estaciones climatológicas de cada año. Las estaciones climatológicas fueron asignadas respetando la descripción de Inzunza (22) quien clasifica como verano para el hemisferio sur al periodo comprendido entre diciembre, enero y febrero; otoño a los meses incluidos entre marzo,

abril y mayo; invierno a los meses junio, julio y agosto; por último, primavera a los meses setiembre, octubre y noviembre.

Para el verano 1981-1982 se requirieron los datos de las precipitaciones de diciembre del año 1982, sin embargo, éstos no están disponibles en la base de datos. Por lo tanto, se calculó el promedio de todos los meses de diciembre en el periodo comprendido entre 1982 y 2012, luego se incluyó el resultado para obtener el valor correspondiente al verano mencionado.

Se utilizó el modelo aditivo mencionado por Reboita (23), el cual se aplica para los análisis de series temporales en Climatología. El modelo considerado consta de los siguientes componentes: componente de tendencia (T), componente cíclico (C), componente estacional (S) y componente irregular (I).

$$y = T + C + S + I$$

Como establece el modelo, los tres primeros componentes fueron analizados separadamente, incluyendo así el análisis de los datos con y sin tendencia, de los datos presentados de forma cíclica (con promedios mensuales totales del periodo) y de los datos libres de estacionalidad. El componente irregular no ha sido considerado debido a que para que el mismo fuese evaluado se requiere de datos con mayor precisión.

A continuación, se presentan las principales ecuaciones necesarias para analizar las componentes del modelo matemático empleado.

En el Cuadro N° 1 se expresa el cálculo para eliminar la tendencia, basado en lo propuesto por Reboita. Luego de los valores obtenidos en la columna "y – Yt", se resta el primera valor de dicha columna con el primer dato (t=1), dado que el mismo, por ser el primer año, no contiene la influencia de la tendencia añadida. Ese valor resultante de la sustracción, se les resta a todos los otros datos de la columna "y – Yt", y de este modo, se obtienen los valores totales de precipitación anual sin la presencia de tendencia.

 t
 Datos (y)
 Yt = a + b.t y - Yt

 1
 X
 a + b.1 x - (a + b.1)

 n...
 Z
 a + b.n z - (a + b.n)

Cuadro Nº 1: Cálculo para eliminar la tendencia.

En el Cuadro 2 se muestra el ejemplo de cálculo necesario (resumido) para eliminar la estacionalidad, también propuesto por el mismo autor. Este cálculo se realiza para cada año del periodo abarcado.

Cuadro Nº 2: Cálculo para eliminar la estacionalidad. Ejemplo para el año 1982.

1982	Total precipitación	Promedio de los años considerados	Total precipitación - Promedio de los años considerados
1	45,7	135,4	-89,7
2	140,5	131,8	8,7
3	56,7	121,2	-64,5
4	78,4	170,1	-91,7
5	40,1	119,2	-79,1
6	144,5	70,1	74,4
7	18,1	51,6	-33,5
8	54,8	51,6	3,2
9	144,8	86,9	57,9
10	77,0	146	-69,0
11	418,3	174,7	243,6
12	218,0	163,3	54,7

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Precipitación total para los años comprendidos por el estudio y su variación (tendencia) temporal

El total de precipitación para el periodo 1982-2012 ha sido de 44079,9 mm. Los años 1996, 1997 y 1998 fueron ampliamente los más lluviosos. Este resultado es explicado por Vázquez (2014) (2) quien determinó que en este período se registraron los eventos de El Niño más intensos. En cambio, el año más seco ha sido el 1985, el cual tiene un valor que es menor a la mitad del valor de 1998. El 22 de diciembre del 1997 fue el día que registró mayor valor de precipitación, con 190,8 mm.

Desde el año 1980 hasta el año 2004, el gráfico referente al total anual de las precipitaciones (1982-2012) coincide con el gráfico presentado por Coronel y Báez (16), a pesar de que debido a que en el trabajo de los mismos no se interpolaron los datos faltantes, han quedado algunos vacíos en el gráfico.

Considerando la línea de tendencia lineal de los totales anuales, se puede apreciar que existe una leve tendencia creciente (de 1,817 mm/año). En el estudio de Coronel y Báez

(2005) también se ha determinado una tendencia de precipitaciones levemente creciente en el periodo 1960-2003. Además, regionalmente, esta tendencia creciente de las precipitaciones en los últimos años ha sido documentada en varias estaciones de la provincia de Buenos Aires (18-24), en la provincia de Mendoza durante el periodo 1970-2010 (25), en la ciudad de La Plata durante el periodo 1909-2007 (17), entre otros.

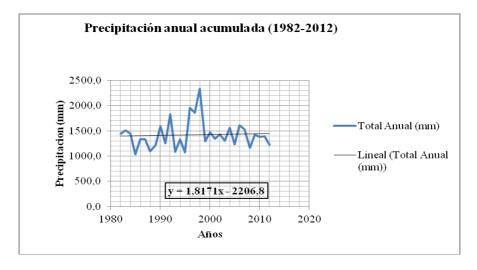


Figura 2: Precipitación acumulada durante el periodo 1982-2012.

3.2 Precipitación estacional y su variación temporal para el periodo comprendido

En cuanto a la precipitación estacional acumulada, el verano (Figura 3) es la estación que posee el mayor valor de precipitación acumulada (13356,3 mm), hecho que coincide con la descripción de Reboita et al. (13). A través de la interpretación de la línea de tendencia se verifica una leve tendencia creciente de 0,42 mm; esta leve tendencia positiva también fue hallada por Antico y Sabione en la ciudad de La Plata, durante el periodo 1909-2007 (17). En otro estudio, Gelmi y Seoane determinaron una tendencia positiva significativa, especialmente en el verano, en los índices de precipitaciones extremas para el centro de la provincia de Buenos Aires, en el periodo 1951-1999 (26). Por otro lado, se halló una tendencia positiva en otras zonas climáticas tal como en Mendoza, Argentina (25). El otoño, como segunda estación con mayor precipitación acumulada durante el periodo de estudio (12725,9 mm), presenta una débil tendencia decreciente de 0,58 mm (Figura 4). El invierno corresponde a la estación con menor valor de precipitación acumulada (5372,9 mm) (Figura 5). En esta estación, durante el periodo de estudio correspondiente, se observa una tendencia decreciente de 1, 36 mm. En contra parte, la estación primavera (con un total

acumulado de 12635,9 mm para el periodo de estudio) presenta una tendencia creciente bastante llamativa (3,76 mm) (Figura 6). Por otro lado, si bien el otoño presenta mayores valores de precipitación que la primavera, son dos los años en que la precipitación de la primavera ha sobrepasado al valor máximo del otoño (674,6 mm en 1992). Estos son: 1997 y 2006.

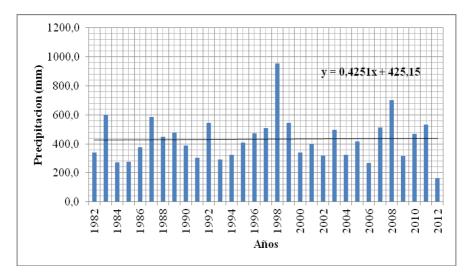


Figura 3: Precipitación acumulada en verano durante el periodo 1982-2012.

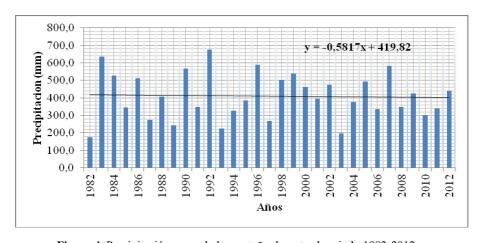


Figura 4. Precipitación acumulada en otoño durante el periodo 1982-2012.

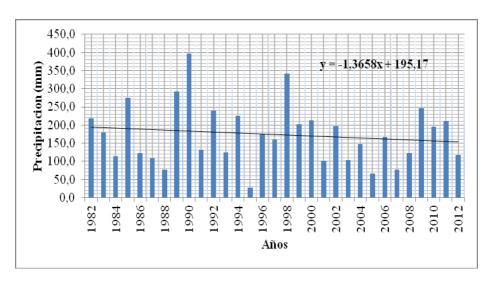


Figura 5: Precipitación acumulada en invierno durante el periodo 1982-2012.

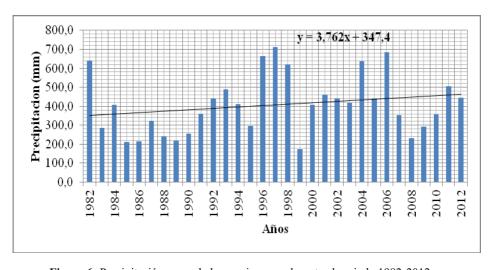


Figura 6: Precipitación acumulada en primavera durante el periodo 1982-2012.

3.3 Precipitación total mensual para el periodo comprendido

Por otra parte, los totales mensuales del periodo estudiado (Figura 7) muestran que abril, noviembre y diciembre son los meses más lluviosos con 5273,3 mm; 5415,6 mm; 5063,5 mm, respectivamente. Al contrario, junio, julio y agosto son los meses más secos con 2173,3 mm; 1600,2; 1599,4, respectivamente.

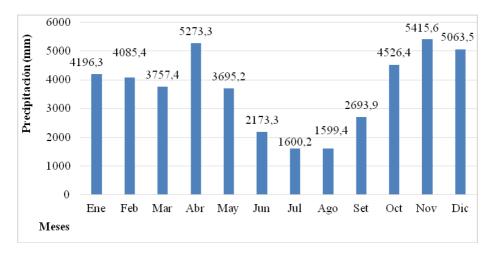


Figura 7: Totales mensuales para el periodo 1982-2012.

3.4 Análisis de los componentes del modelo de Reboita (2005)

Al eliminar la tendencia (Figura 8), se vuelven a verificar los picos máximos y mínimos de la precipitación anual, sin embargo, en este caso con valores reales, es decir, valores independientes de la tendencia creciente identificada. Los máximos se dan en el 1996, 1997 y 1998, con 1935,26 mm; 1830,4 mm y 2301,42 mm; respectivamente. En cambio, los mínimos se dan en el 1985, 1988, 1993 y 1995 con: 1030,25 mm; 1077,80 mm; 1068,01 mm; 1052,08 mm, respectivamente.

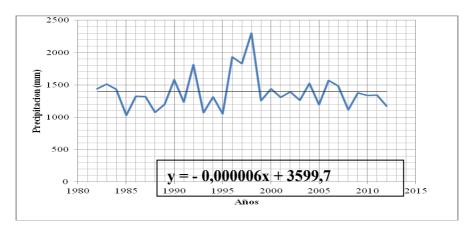


Figura 8: Serie temporal (1982-2012) libre de tendencia (tendencia = -0,000006).

Los años 1997-98 fueron considerados años Niño para el sector sur de Brasil (27) lo cual explicaría las precipitaciones superiores a lo normal ocurridas en el área de estudio en noviembre de 1997 (510,5 mm), dato que ha sido el mayor de todos los registros de la base de datos. El 1998, año con mayor precipitación del periodo estudiado (2330, 5 mm), ha registrado valores altos en los meses entre agosto y diciembre, sin embargo, son agosto, septiembre y diciembre los meses cuyos valores superan bastante a los promedios de precipitación para los totales de dichos meses durante el periodo considerado (Figura 9).

Llama la atención el hecho de que para la región la NOAA (28) ha considerado el periodo 1990-1996 como años neutrales (sin ocurrencia de fenómenos Niño o Niña), en cambio, si bien los valores del 1990, 1991, 1993, 1994 y 1995 son normales, el valor de 1996 (1960,7 mm) es el segundo más alto para el periodo de estudio, y el 1992 (1829,9) es el cuarto más alto.

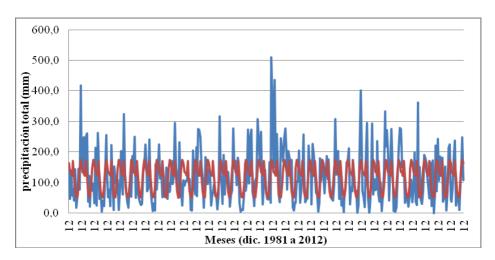


Figura 9: Totales mensuales (serie azul) y promedio de los mismos (serie roja) para el periodo de estudio considerado. Observación: debido a la longitud del gráfico, no se pueden apreciar claramente los meses abarcados en el periodo de estudio. Como etiquetas se muestran los 32 meses de diciembre abarcados en el periodo, teniendo en cuenta que el gráfico inicia con diciembre de 1981 y termina con diciembre de 2012.

Los picos más secos se dieron (Figura 9 y 10): entre octubre y diciembre de 1985, con tal sólo 193,8 mm (noviembre más bajo con 9,9 mm) teniendo en cuenta la sumatoria de estos meses; entre octubre y diciembre de 1990, con 203, 7 mm de precipitación, siendo nuevamente noviembre el más bajo (24,3 mm); en marzo-abril de 2009, con 36, 8 y 27 mm, respectivamente. Curiosamente, considerando la sequía de los meses anteriores, mayo ha sido el mes más lluvioso del año 2009 con 361,8 mm.

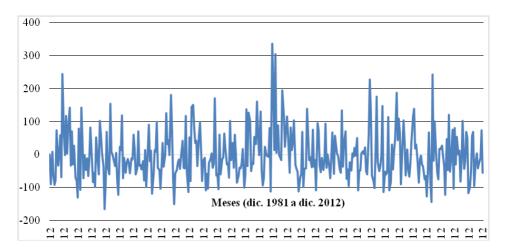


Figura 10: Datos libre de estacionalidad para los totales mensuales del periodo comprendido. Se hace la misma observación que en la figura anterior.

4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se detectó una tendencia creciente en la precipitación anual de 1,817 mm con el correr de los años. Las estaciones cálidas registraron tendencia creciente, mientras que invierno y otoño registraron tendencias decrecientes. El otoño se comporta como una continuación del verano, aunque con montos totales de precipitaciones menores. Estos resultados coinciden con otros estudios llevados a cabo en la región.

En el periodo de estudio, abril, noviembre y diciembre presentaron las cifras más altas en cuanto a los totales de precipitación. Sin embargo, en determinados años estos meses también han presentado valores muy bajos, principalmente por la incidencia de la Niña. Además, los resultados mostraron ciertas relaciones entre las cifras de precipitación y los periodos de fenómeno del Niño, marcadas especialmente en los años 1997 y 1998.

Si bien el análisis demostró una tendencia creciente en el período estudiado, se observan tendencias crecientes en unas estaciones y decrecientes en otras, por lo que se concluye que ocurren estaciones con precipitaciones cada vez más intensas. En contraparte, se observan estaciones cada vez más secas, lo que podría explicar las recientes inundaciones y los períodos drásticos de sequía que se registraron en los últimos años.

Se recomienda continuar con esta línea de investigación, considerando datos provenientes de otras estaciones meteorológicas, para que, aparte de realizar análisis de la variabilidad temporal, se lleven a cabo análisis de la variabilidad espacial. Además, se requieren más

Martin Etchegaray AJ, Díaz Domínguez RE, Méndez Gaona F. Análisis de la precipitación en la microcuenca del arroyo Itay durante el periodo 1982-2012

estudios abarcando un mayor periodo, de este modo, profundizar la comprensión respecto al comportamiento de la precipitación y así también poder contestar otras interrogantes como: ¿se tratan de tendencias o más bien, ciclos? (29). Finalmente, sería de interés estudiar la incidencia de las islas de calor en el comportamiento de las precipitaciones, sobre todo en zonas urbanas y periurbanas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1. Vázquez MA, Vázquez BP. El Niño/Oscilación del Sur 2015/16 y su impacto sobre el régimen de la temperatura media superficial del aire del Paraguay. Rev. Soc. cient. Parag. 2017;22(2):159-172. 2017.
- 2. Vázquez MA. Índice oceánico de El Niño y la anomalía de lluvia en la región Oriental de Paraguay. Rev. Soc. cient. Parag. 2014;19:71-80.
- 3. Rodríguez RM, Capa B, Portela A. Meteorología y climatología: Semana de la Ciencia y la Tecnología. España; 2004.
- 4. González M, Jurado E, González S, Aguirre O, Jiménez J, Navar J. Cambio climático mundial: origen y consecuencias. Disponible en: http://eprints.uanl.mx/1287/1/cambio climatico.pdf
- 5. Martelo MT. Consecuencias ambientales generales del cambio climático en Venezuela. Trabajo de ascenso a la categoría de Profesor Agregado. UCV-FAGRO, Venezuela; 2004. Disponible en: http://inameh.gob.ve/web/PDF/consecuencias.pdf
- 6. Euscategui C. Estado de los glaciares en Colombia y análisis de la dinámica glaciar en el parque los nevados, asociada al cambio climático global. Tesis de grado Magíster en Meteorología, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias. Bogotá, Colombia; 2002. Disponible en: http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=18222
- 7. Watson RT, Zinyiwera MC, Moss RH. The Regional impacts of climate change: An Assessment of Vulnerability. IPCC. Cambridge University Press, Inglaterra; 1997. Disponible en: https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/region-en.pdf
- 8. Vázquez MA, Vázquez BP. Escurrimiento superficial de agua de lluvia de tormenta en la Cuenca del Arroyo Mburicao de Asunción. Rev. Soc. cient. Parag.2015;20(2):173-180.
- Githeko AK, Lindsay S, Confalonieri UE, Patz J. A. Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis. Boletín de la Organización Mundial de la Salud, 2000;1136-1147.
- 10. Feo O, Sotano E, Beingolea L, Aparicio M, Villagra M, Prieto MJ, García J, Jiménez P, Betancourt O, Aguilar M, Beckmannm J, Gastañaga M, Lannos A, Osorio AE, Silveti R. Cambio climático y salud en la región andina. Rev. Peruana med. Esp. Salud pública, Perú. 2009;26:83-93.
- 11. Méndez J, Návar JJ, González V. Análisis de tendencias de precipitación (1920-2004) en México. Rev. Invest. Geo.2008;(65):38-55.

- 12. Puertas OL, Carvajal Y, Quintero M. Estudio de tendencias de la precipitación mensual en la cuenca alta-media del río Cauca, Colombia. Rev. Fac. Nac. Minas, Colombia.2011;78169):112-120.
- Reboita M, Gan M, Da Rocha RP, Ambrizzi T. Regimes de precipitacção na América do Sul: una revisão bibliográfica. Revista Brasileira de Meteorología. 2010;25(2):185-204.
- 14. Pastén M. Análisis de eventos meteorológicos extremos en el Paraguay; 2007. Disponible en: http://revista.uninorte.edu.py/sites/default/files/An%C3%A1lisis%20de%20Eventos%2 0Meteorol% C3%B3gicos%20Extremos%20en%20el%20Paraguay.pdf
- 15. Bidegain M, Coronel G, Ríos N, de los Santos B. Escenarios climáticos futuros para Paraguay. Rev. Meteorológica. 2012;7(2):47-55.
- 16. Coronel G. Báez J. Tendencias de la precipitación y temperatura en Paraguay. Disponible en: http://www.iea.usp.br/midiateca/apresentacao/sic2 julianbaez.pdf/at download/file
- 17. Antico P, SabbioneN. Variabilidad temporal de la precipitación en la ciudad de La Plata durante el periodo 1909-2007: tendencia y fluctuaciones cuasiperiódicas. Geoacta. 2010. 35(2):44-53.
- 18. Gentili J, Gil V. Variabilidad temporal de las precipitaciones en vertientes opuestas del Sistema de Ventania, Buenos Aires, Argentina. Rev. Univ. Geogra. 2013;22(2):147-166.
- 19. Campo A, Ramos M, Zapperi P. Análisis de las variaciones anuales de precipitación en el Suroeste Bonaerense, Argentina. 2010; Disponible en: http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Cl imatologia/ 16.pdf
- 20. Paraguay. DGEEC. Compendio estadístico ambiental del Paraguay; 2012. Disponible en:
 - http://www.dgeec.gov.py/Publicaciones/Biblioteca/ambiental2012/compendio%20ambiental%2020 12.pdf
- 21. Guenni L, Decryze E, Alvarado K. Análisis de la tendencia y la estacionalidad de la precipitación mensual en Venezuela. Rev. Colombiana de Estadística. 2008;31(1):41-65.
- 22. Inzunza J. Climatología y las estaciones: 2000. Disponible en: http://old.dgeo.udec.cl/~juaninzunza/docencia/metodología_descriptiva/cap2.pdf
- 23. Reboita M. Introdução à Estatística Aplicada à Climatologia: Parte III Análise de Séroes Temporais. São Paulo, Brasil; 2005.
- 24. Besteiro SI, Delgado MI. Evaluación de la agresividad de las precipitaciones en la cuenca del Arroyo El Pescado, provincia de Buenos Aires. Revista de la Facultad de Agronomía. 2011;110(2):82-90.
- 25. Albiol CI. Análisis de las precipitaciones de Mendoza entre 1970 y 2010: variabilidad, tendencia y comportamiento cíclico; 2014. Disponible en: https://redargentinadegeografiafisica.files.wordpress.com/2014/04/trabajo-albiol.pdf
- 26. Gelmi M, Seoane R. Variación temporal de índices de precipitaciones extremas en el

- centro de la provincia de Buenos Aires. Geoacta. 2013;38(1).
- 27. García AM, Vieira JP, Winemiller K. Effects of 1997-1998 El Niño on the dynamics of the shallow-wateer fish assemblage of the Patos Lagoon Estuary (Brazil). Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2003;57:489-500.
- 28. NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Significant Historical ENSO Events; 2011. Disponible en: http://www.ncdc.noaa.gov
- 29. Quereda J, Montón E, Escrib J. La evolución de las precipitaciones en la cuenca occidental del mediterráneo: ¿tendencia o ciclos? Investigaciones geográficas. 2000:24: 17-36.