

Análisis de las precipitaciones de Mendoza entre 1970 y 2010: variabilidad, tendencia y comportamiento cíclico

Prof. Lic. Claudia Ingrid Albiol

Introducción

El cambio climático es un tema de interés en el ámbito científico del mundo. El panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) en 2007¹ considera que las emisiones de gases efecto invernadero aumentaron un 70% entre 1970 y 2004. Para este organismo, el cambio climático se manifiesta en cuatro aspectos fundamentales, de los cuales uno de ellos hace referencia a las precipitaciones. Los expertos en la materia han señalado que para evidenciar la existencia de un cambio climático, es necesario analizar las tendencias de variables climáticas, considerando diferentes escalas de tiempo y espacio. "Las tendencias son cambios graduales de incremento o decremento en el tiempo de las variables estudiadas, asociadas a factores climáticos". (Méndez González, Nívar Cháidez y González Ontiveros, 2008)

En estudios de escala instantánea se señala que en América Latina las precipitaciones se han intensificado en el SE de Brasil, Paraguay, Uruguay, Bolivia y el sector pampeano de Argentina afectando las actividades agrícolas, (González, Angulo y López, 2010). Para el oeste de Argentina no se han registrado estudios recientes que demuestren la tendencia de las precipitaciones en las últimas décadas. Específicamente en Mendoza hay tres trabajos que se refieren a las precipitaciones, Viale (2010) sobre las precipitaciones orográficas de invierno en los Andes Centrales, Morábito (2002) y Agosta y Cavagnaro (2010) con referencia al tema de incidencia en el riego y productividad de cultivos. Se considera que las precipitaciones de las regiones llanas aumentarán entre un 15 al 30% en el verano, como así también se incrementará la incidencia de eventos extremos manifestados como intensas tormentas de granizo.

Este trabajo tiene como objetivo analizar el comportamiento de las precipitaciones de la estación meteorológica Mendoza (Aerodrome) entre 1970-2010 en relación a la tendencia, estacionalidad, periodicidad con el interés de determinar si ha habido cambio a lo largo de los 41 años de estudio.

Datos y metodología:

Los datos utilizados corresponden a información diaria y anual de precipitaciones suministrada por el Servicio Meteorológico Nacional. La serie se presenta completa y sin características relevantes que indiquen problemas de fiabilidad. Los eventos extremos han sido validados constatando en la misma fecha aluviones registrados en la zona mediante bibliografía específica.²

Las características de la serie estadística permiten realizar un análisis de series temporales. Se aplican procedimientos que estudian la tendencia, estacionalidad y variaciones cíclicas de las precipitaciones de Mendoza.

La tendencia es una componente de la serie temporal que refleja la evolución de las precipitaciones a largo plazo. Las variaciones cíclicas recogen las oscilaciones periódicas de amplitud superior a un año, es decir muestran el ritmo de las precipitaciones en períodos secos o lluviosos. Las variaciones

¹ Cuarto Informe de Evaluación del IPCC "Cambio Climático 2007". El Quinto informe será editado entre setiembre 2013 y octubre 2014.

² La información sobre aluviones registrados en el siglo XX en Mendoza, se obtuvo de Mikkan, R. (2007) Aguas salvajes. El problema aluvional de la ciudad de Mendoza. Mendoza, Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional de Cuyo.

estacionales revelan oscilaciones que se producen alrededor de la tendencia de forma repetitiva y en períodos iguales o inferiores a un año. Su nombre proviene de las estaciones climatológicas primavera, verano, otoño e invierno. (Zatta Silva, 2011)

Para el análisis estadístico se utilizó el software Excel mediante el cual se calcularon parámetros descriptivos de la distribución como: parámetros de posición central –media, modo, mediana-, parámetros de dispersión –desviación estándar y coeficiente de variación, como así también la gráfica correspondiente a los procedimientos a analizar. Asimismo se utilizó el soft MULTIV³ para el análisis multivariado de cluster mediante una clasificación de tipo aglomerativo jerárquico para la identificación de ciclos en las precipitaciones.

Características del sitio de estudio

La estación meteorológica Mendoza (Aerodrome N° 131) se encuentra localizada en el centro norte de la provincia a los 32°50' de latitud sur y 68° 47' longitud Oeste a 704 m de altura snm. Mendoza se encuentra en una zona árida con un régimen térmico templado y con precipitaciones escasas. Se caracteriza por poseer un déficit pluviométrico permanente con amplitudes térmicas anuales elevadas, baja humedad del aire, y fuerte evaporación. Las precipitaciones son escasas, con gran variabilidad interanual muy heterogéneas en el espacio y en el tiempo. La mayor cantidad se manifiesta mediante tormentas torrenciales de verano debido a su carácter localizado y de alta intensidad. Según Capitanelli, Mendoza se encuentra dentro del régimen templado-cálido, correspondiendo esta estación meteorológica a la franja árida dentro del dominio del Anticiclón Atlántico con precipitaciones de verano (Capitanelli, 2005)

Tratamiento de la información y resultados

En primera medida se realiza un análisis estadístico descriptivo para explorar los datos.

En el análisis de la serie de datos diarios el promedio diario de 3,51mm, una mediana de 0,6mm y un modo de 0mm indica la presencia de un clima seco con muchos días sin precipitaciones (modo). La mitad de los años posee precipitaciones inferiores 0,6mm (mediana) y la otra mitad con lluvias entre 0,6mm y 111mm que es el valor máximo diario para los 41 años analizados. Además se evidencian pocos días con precipitaciones abundantes, algunas realmente extremas (valor máximo diario 111mm).

La variabilidad se manifiesta por el hecho de presentar valores muy extremos tanto mínimos como máximos (0mm y 111mm) frente a un promedio anual de 221,45mm. La desviación estándar (7mm) da un valor superior al promedio diario (0,6mm) lo que representa una amplia variabilidad en el año. La variabilidad anual manifiesta una división en estaciones pluviométricas marcadas, hecho que se corrobora con el estudio de la estacionalidad y que manifiesta claramente la situación continental de la estación meteorológica. Un verano lluvioso y una larga estación seca en el invierno.

La asimetría es elevada (5mm) y se presenta como una curva positiva hacia izquierda, esto significa muchos días con nulas o escasas precipitaciones y pocos días lluviosos en el año. La curtosis⁴, resulta muy elevada, hecho que asevera las interpretaciones previas: gran cantidad de días con 0mm o pocos mm de precipitaciones lo que se traduce como un clima seco y con

³ MULTIV (Multivariate Exploratory Analysis, Randomization Testing and Bootstrap Resampling) es un software libre ideado por Valério DePatta Pillar. Versión 2.4, 2006 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

⁴ La curtosis se calcula para comprender la forma de la curva de distribución de frecuencias. El resultado indica tres comportamientos: mesocúrtica, platocúrtica y leptocúrtica.

distribución muy irregular. La estacionalidad marcada será analizada en profundidad posteriormente.

La serie de totales anuales resulta con un promedio anual de 221mm. La mediana - 211mm- indica que la mitad de los años analizados posee de 70mm a 211mm y la otra mitad de 211 a 485mm que es el valor máximo de los 41 años analizados.

La relación entre la desviación y la media muestran una distribución bastante regular, así lo expresa la asimetría (0,69) que resulta con una leve sesgo positivo, es decir mayor cantidad de valores bajos. Esto quiere decir que analizando los datos anuales vamos a encontrar una mejor repartición de años secos, lluviosos y cercanos al promedio que considerando los datos diarios.

La curtosis da una distribución levemente platocúrtica lo que indica una frecuencia media de valores bajos y medios en las precipitaciones y escasos valores altos, es decir más regular en relación a la distribución de datos diarios.

El coeficiente de variación permite comparar ambas distribuciones. En relación a los datos diarios resulta mayor (2,14mm) que en el caso de datos anuales (0,41mm), es decir considera la distribución anual como más cercana a la normal con pocos valores bajos de precipitaciones, muchos valores medios y pocos valores altos. Mientras que la distribución de datos diarios se presenta muy irregular con una alta variabilidad de valores extremos, tanto altos como bajos.

En conclusión, tomando los datos anuales la distribución es mucho más regular que con los datos diarios. La información diaria sirve para analizar los valores extremos y sobre todo la variabilidad dentro del año –considerada como estacionalidad-, mientras que la información anual nos muestra que no hay una variabilidad muy marcada por lo que es más fácil realizar predicciones y descubrir ritmos, tendencias o variación.

Estas conclusiones deben ser profundizadas mediante el estudio temporal de la serie.

Una serie temporal es una sucesión de observaciones de una variable tomadas en varios instantes de tiempo (Alonso, A.). Consiste en explicar una variable a partir de su pasado histórico. Las series temporales se representan mediante gráficos temporales. Estos gráficos muestran el valor de la serie en el eje de ordenadas y el tiempo en el eje de abscisas, en este caso, con el valor de las precipitaciones diarias en el eje de ordenadas (y) y los años en el eje de abscisas (x), gráfico 1.

En el gráfico se observan las características propias de un clima árido continental. Árido por el monto total de precipitaciones con un promedio de 221 mm anuales y 0,3mm diarios, que manifiestan la escasez de las mismas. Una gran variabilidad de eventos, algunos máximos muy notorios en la parte central del período analizado, mediados de la década del 80 hasta principios de los 90 y una mayoría de datos muy bajos y nulos. Se evidencia también comportamientos estacionales en cada año. En relación a la tendencia lineal, resulta un valor muy bajo ($R^2= 0,0003$) lo que manifiesta una tendencia estable a lo largo de toda la serie.

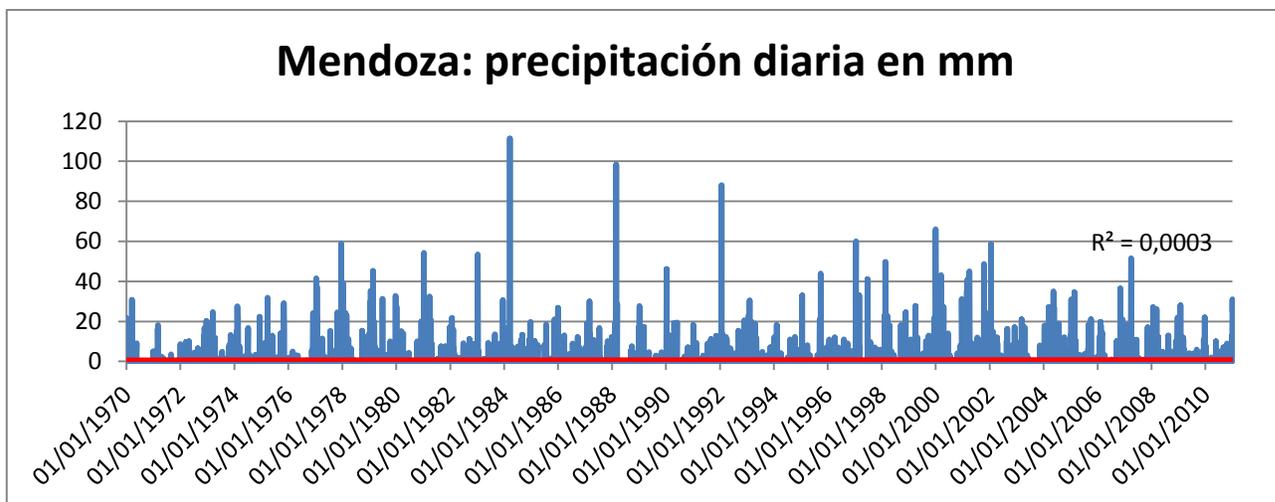


Gráfico 1: precipitaciones diarias en Mendoza desde 1970 a 2010. El gráfico muestra una gran variabilidad de eventos extremos y marcado comportamiento estacional en cada año. La recta de tendencia no indica cambios en las precipitaciones.

Tendencia y estacionalidad

La tendencia en la serie de datos diarios es prácticamente nula, es decir no hay ni aumento ni descenso en el monto de las precipitaciones, sino que la situación se mantiene estable durante el período considerado. Ocurre que en estos casos la estacionalidad enmascara la tendencia. Estas series son muy estacionales, sobre todo en Mendoza que posee un clima continental seco definido por una concentración estacional de las precipitaciones en el estío. Pero si se tiene en cuenta las consecuencias ambientales, económicas y sociales son los valores extremos y diarios los que producen impactos directos y medibles, por ello es interesante analizarlos.

Los procedimientos estadísticos consideran conveniente sacar la estacionalidad para ver mejor la tendencia creciente o decreciente de las precipitaciones a lo largo de todo el período. Climáticamente la estacionalidad es fundamental para comprender el comportamiento del hombre en el territorio. Los datos diarios son muy útiles en el momento de definir la estacionalidad y las variaciones accidentales denominadas en climatología como eventos extremos o anomalías. Por ello para calcular la tendencia y el comportamiento cíclico se utilizan los datos anuales que carecen de estacionalidad.

En este caso, al eliminar la estacionalidad se puede observar claramente una tendencia creciente en las precipitaciones a lo largo de los 41 años analizados. Para este cálculo se utilizó el procedimiento de tendencia lineal. Gráfico 2.

Se observa en el gráfico 2, que las precipitaciones muestran comportamientos variables entre 70mm y 485mm, con oscilaciones marcadas entre máximos y mínimos. La tendencia es creciente, en aproximadamente 60mm desde 1970 a 2010. Esta conclusión es decisiva porque considera un aumento regular y persistente de las precipitaciones durante los 41 años analizados. Frente a este comportamiento creciente de las precipitaciones se decide analizar lo que ocurre en cada estación climática con el objeto de observar en dónde se produce la variación.

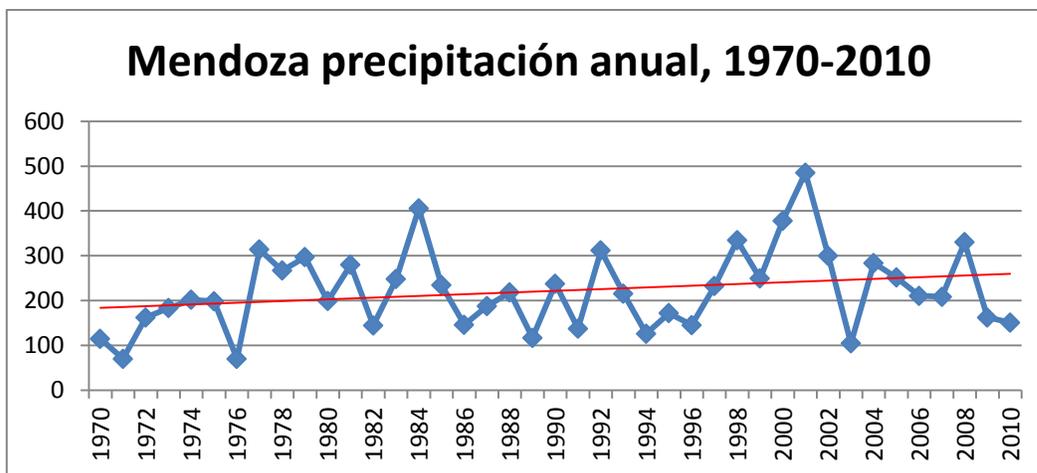


Gráfico 2: Tendencia creciente de las precipitaciones en Mendoza. La línea azul indica las precipitaciones anuales y la roja la tendencia lineal creciente aunque con oscilaciones marcadas.

La estacionalidad climática térmica propia de la franja templada consiste en dividir el año en cuatro estaciones térmicas. El criterio astronómico considera el inicio de cada estación los días 21 de marzo, junio, setiembre y diciembre correspondientes a otoño, invierno, primavera y verano. Capitanelli (2005), en su tesis doctoral, expone la necesidad de considerar un criterio más acorde al clima, los ciclos biológicos y las actividades humanas de Mendoza, es decir la realidad geográfica de la provincia. Las precipitaciones y las temperaturas son los elementos delimitantes de los períodos climáticos anuales en la provincia. De la relación entre ellas surgen las actividades agrícolas de los oasis. Por ello Capitanelli (2005) sugiere “el criterio de Papadakis⁵ que distingue verano con temperaturas medias diarias superiores a 20°, invierno con temperaturas medias diarias inferiores a 10° y dos estaciones intermedias cuyos valores térmicos oscilan entre los indicados anteriormente” En relación a este último criterio, Mendoza, tiene los siguientes períodos estacionales:

Verano: del 17 de noviembre al 12 de marzo

Otoño: 13 de marzo al 14 de mayo

Invierno: 15 de mayo al 22 de agosto

Primavera: 23 de agosto al 16 de noviembre

El comportamiento estacional de las precipitaciones se observa en el gráfico 3. Este gráfico muestra la prevalencia de las precipitaciones veraniegas por sobre las otras estaciones. Las estaciones intermedias –otoño-primavera- también poseen precipitaciones pero en menor medida. Sólo en un año carecen de precipitaciones: 1988 para el invierno y 1970 para la primavera. En cuanto al invierno es la estación seca, con muy pocas precipitaciones o ausencias como en los años 1976, 1978, 1988 y 2006.

Se visualizan, en el gráfico, dos ciclos marcados entre los valores máximos 1984 y 2001, y mínimos en 1971, 1991 y 2010. El primer ciclo incluye el período 1970-1991 y el segundo 1991-2010.

⁵ Citado en Capitanelli, R. (2005)

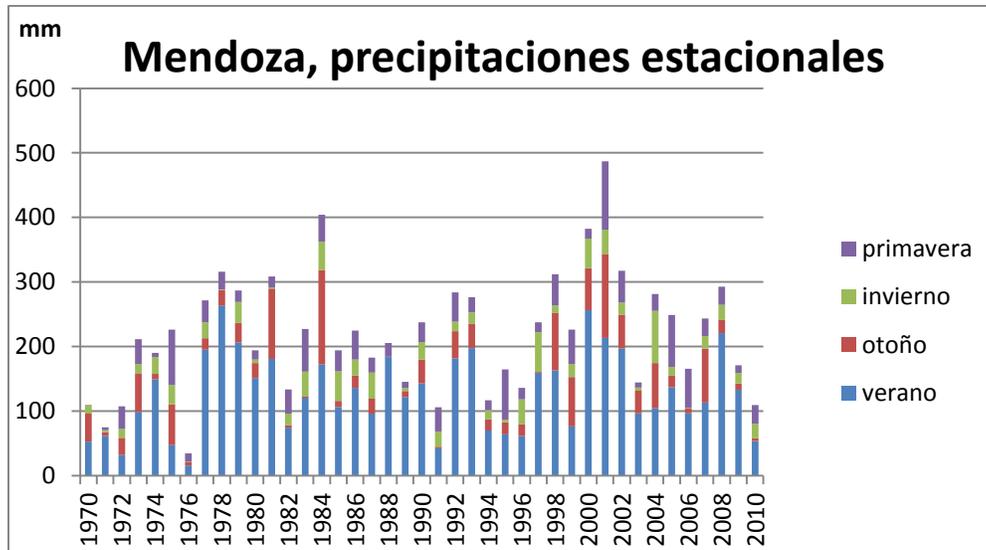


Gráfico 3: Precipitaciones estacionales en Mendoza 1970 a 2010 en mm. Marcada estacionalidad en el verano. Ciclos y ritmos de precipitación oscilantes.

La excepción se presenta en el año 1976, 1982 y 2003 que presentan anomalías negativas (año seco) dentro del ritmo que caracteriza a cada ciclo. Y las anomalías positivas (años húmedos) 1992, 1993 dentro de un período seco. El comportamiento cíclico indicaría un ritmo en las precipitaciones con máximos y mínimos a intervalos constantes. Para analizar este tema en profundidad se identificaron las estaciones térmicas en forma separada y se aplicó un procedimiento de clasificación aglomerativa jerárquica -denominado análisis cluster- a los años considerados para encontrar similitudes en los años y poder así clasificar los datos en grupos.

Verano: 17 de noviembre a 12 de marzo.

El verano es la estación más lluviosa. En ella se pueden identificar mejor los comportamientos porque hay más información, llueve todos los años en esta estación y no hay un solo año en el que no se registren precipitaciones. El valor promedio es de 128mm, pero son pocos los años con esta cantidad de lluvias en general los valores oscilan entre máximos de 260mm y mínimo de 20mm aproximadamente. Gráfico 4

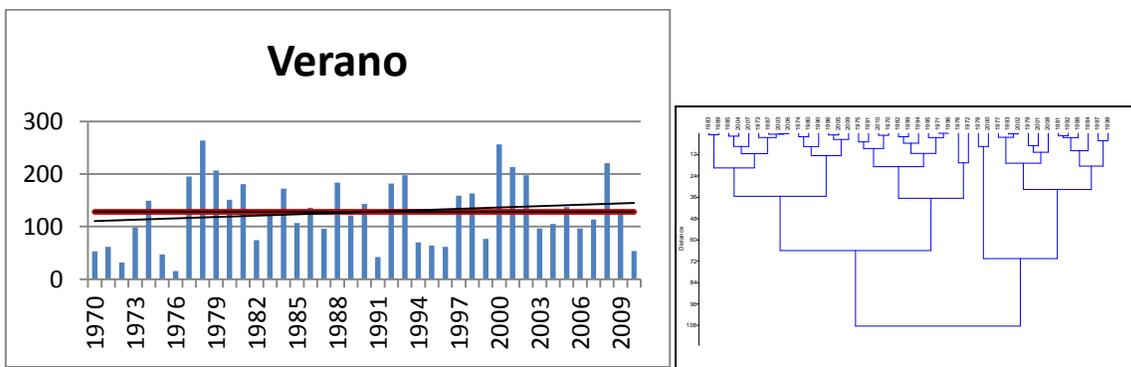


Gráfico 4: Precipitaciones (en mm) de verano entre 1970-2010. Se acompaña el gráfico con el dendrograma aglomerativo correspondiente que permite clasificar los años en grupos con comportamientos similares

La línea roja representa el promedio estacional para los 41 años (128mm). La línea negra indica la tendencia creciente. El valor promedio identifica aquellos años considerados como normales entre veranos más húmedos o secos.

La clasificación mediante aglomeración jerárquica demuestra los grupos de años similares. En este gráfico se pueden observar dos grandes grupos de años que identifican valores mayores, es decir veranos más lluviosos y valores menores. Dentro de los menores valores hay dos subgrupos: años con valores bajos y años caracterizados por datos cercanos al promedio. De esta interpretación resultan tres grupos de años, los veranos secos, lluviosos y promedios o normales. Tabla 1

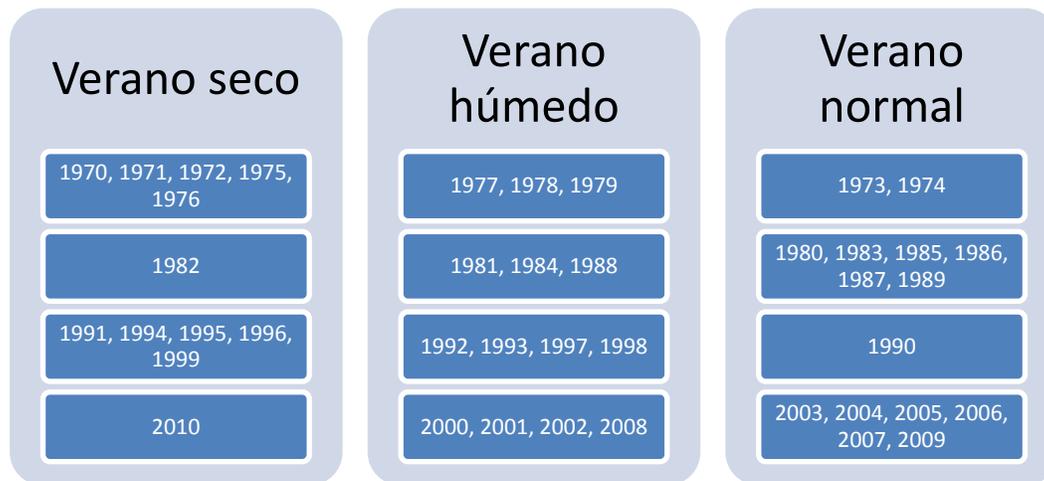


Tabla 1: grupos de años en relación a las precipitaciones del verano. La Tabla muestra los resultados de la clasificación de los años en relación al comportamiento seco, húmedo o promedio. Para ver mejor los grupos han sido separados por décadas.

Asimismo entre estos grupos se destacan los valores extremos. Los extremos altos: 1978 y 2000 y los extremos bajos: 1972 y 1976

En relación a esta clasificación se puede concluir que se produce una sucesión de ciclos oscilantes entre períodos secos, lluviosos y promedio con excepciones entre esos períodos que demuestran anomalías⁶.

Período seco: entre 1970 y 1976. Durante este período se produce una anomalía por valor promedio en los años 1973,1974 con valores que se acercan a los años normales en vez de registrarse valores propios de años secos.

Período lluvioso: de 1977 a 1981 con una anomalía por valor promedio: 1980. En este año los valores son inferiores a los que corresponden al período húmedo.

⁶ Se considera anomalía a la variación de parámetros definitorios de una serie climática de duración corta y tras ella se restauran las condiciones habituales. Cuadrat, J. y Pita, M. (2011)

Período promedio: de 1983 a 1990 anomalía por valor máximo: 1984 y 1988 porque estos dos años muestran valores muy elevados para lo normal del período

Período seco: de 1991 a 1999 anomalía por valor máximo: 1992, 1993 y 1997, 1998. Son años muy lluviosos dentro de un período seco.

Período lluvioso: 2000 a 2002. En este caso no se presentan anomalías anuales.

Período promedio: 2003 a 2009 anomalía por valor máximo en el 2008, un año muy lluvioso.

Período seco: 2010

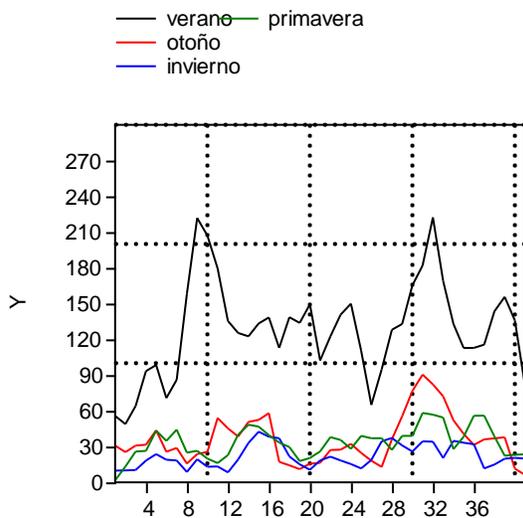
De lo expuesto se concluye que existe una marcada periodicidad entre máximos y mínimos sucesivos pasando por períodos promedio o “normales” constantes durante todo el período de observación. No se observa un ritmo con intervalos de tiempo iguales sino que hay variaciones en la duración de cada período en ciclos de aproximadamente 20 años cada uno:

Ciclo 1: 1970 a 1990: Período Seco: 7 años, Lluvioso: 5 años, Promedio: 8 años,

Ciclo 2: 1991 a 2009. Período Seco: 9 años, Lluvioso: 3 años, Promedio: 7 años,

Ciclo 3: Período Seco: 1 año (2010) corresponde al último año del período estudiado

En las tres estaciones restantes –otoño, invierno y primavera- el otoño es el más lluvioso, se comporta como una extensión del verano en relación a las precipitaciones. De todas maneras sus valores son bajos con un promedio de 36mm. La primavera posee un promedio de 34mm y el invierno 22mm. Frente a estos valores resulta mucho más difícil establecer períodos y ciclos, ya que sólo un día más de precipitaciones cambiaría los comportamientos. Gráfico 5



Los años representados en el eje de abcisas y las precipitaciones en ordenadas muestran la evolución y distribución de las precipitaciones estacionales desde 1970 a 2010.

Gráfico 5: Precipitaciones en mm según estaciones térmicas desde 1970 a 2010

De este gráfico se desprende la estacionalidad marcada de las precipitaciones de verano y el comportamiento similar del otoño, primavera e invierno hasta el año 1980 en el que el otoño comienza a diferenciarse de las otras estaciones y se asemeja más al comportamiento de verano. Mientras que el invierno-primavera presentan curvas similares durante todo el período con un corrimiento en los últimos años del período analizado. Se observa notoriamente los dos ciclos de aproximadamente 20 años.

Discusión y conclusiones

El análisis de series temporales permitió una exploración exhaustiva de los datos para comprender el comportamiento del clima de Mendoza en relación a las precipitaciones.

Los datos diarios de precipitaciones son útiles en climas donde los eventos son escasos en el año, pero intensos, es decir que el total anual de precipitaciones se produce en pocos eventos. Los datos diarios aportaron la posibilidad de analizar la estacionalidad y el comportamiento cíclico del clima, mediante la división en estaciones por períodos térmicos, evitando sumar los datos por meses completos.

La información anual permitió ver mejor la tendencia creciente de las precipitaciones a lo largo del período estudiado. La tendencia es de un crecimiento aproximado de 60mm. Las precipitaciones son marcadamente estacionales se producen en el verano y en menor medida en otoño y primavera. Los inviernos son marcadamente secos. Desde los 80 el otoño se asemeja al verano en cuanto al comportamiento de las precipitaciones, mientras que el invierno y la primavera presentan distribuciones similares entre sí pero diferenciadas del resto. El otoño se comporta como una continuación del verano, aunque con montos totales de precipitaciones menores.

La estacionalidad posibilitó el análisis de un ritmo climático definido por ciclos en el que se identifica un ritmo determinado por períodos secos, húmedos y normales a intervalos constantes aunque no regulares. En el período analizado se identificaron dos grandes ciclos de aproximadamente veinte años cada uno.

El análisis de cluster facilitó la identificación de una sucesión de ciclos oscilantes entre períodos secos, lluviosos y promedio con excepciones entre esos períodos que demuestran anomalías. Las anomalías se consideran como intervenciones del sistema climático en la búsqueda del equilibrio. El próximo paso en este análisis exploratorio de las precipitaciones de Mendoza es identificar las anomalías dentro de los ciclos distinguidos y explicar los factores aleatorios o tendenciales que las generan.

En síntesis se puede concluir que existe un ritmo de precipitaciones entre períodos húmedos, secos y normales a intervalos aproximadamente iguales que conforman un ciclo de 20 años. Se desestima la consideración de un clima seco con alta variabilidad en sus precipitaciones interanuales, se prefiere referirse a Mendoza como poseedora de un clima seco continental con estaciones térmicas y pluviales bien definidas y ritmos húmedos, secos y normales en la distribución anual de las precipitaciones. La tendencia creciente de las precipitaciones exige un análisis más extenso en el tiempo para observar cómo influye el ritmo de las precipitaciones (períodos secos y húmedos) en los cálculos de tendencia.

Bibliografía

Agosta, E. y Cavagnaro, M. (2010) VARIACIONES INTERANUALES DE LA PRECIPITACIÓN DE VERANO Y EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LA VID EN MENDOZA. En: Geoacta, Vol 35, 1-11. Buenos Aires, Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas.

Alonso, A. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE SERIES TEMPORALES. [En red] Disponible en: <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/amalonso/esp/seriestemporales.pdf>

Capitanelli, R, (edición facsimilar 2005) CLIMATOLOGÍA DE MENDOZA, Editorial de la facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo. Colección Cumbre Andina. Primera edición 1967.

Cuadrat, J y Pita, M. (2011) CLIMATOLOGÍA. Madrid, Cátedra (6ª. Edición)

IPCC, “CAMBIO CLIMÁTICO 2007”. Cuarto informe de evaluación. [En red] disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf

De Patta Pillar, V. (2006). Manual MULTIV (Multivariate Exploratory Analysis, Randomization Testing and Bootstrap Resampling) Versión 2.4. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil

González, J., Angulo, M y López, C., 2010. POBREZA Y CAMBIO CLIMÁTICO. Trabajo realizado para Naciones Unidas. Programa Conjunto de Cambio Climático. [En red]: http://pnudcolombia.org/cambioclimaticomacizo/documentos/vulnerabilidad/indice_de_vulnerabilidad_climatica_091207.pdf.

Viale, M (2010) CARACTERÍSTICAS DE LAS PRECIPITACIONES OROGRÁFICAS DE INVIERNO SOBRE LOS ANDES SUBTROPICALES CENTRALES. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires [En red], disponible en: http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_4707_Viale.pdf

Mikkan, R. (2007) AGUAS SALVAJES. El problema aluvional de la ciudad de Mendoza. Mendoza, Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo.

Morábito, J. et al (2002) NECESIDADES DE RIEGO EN EL AREA DE INFLUENCIA DEL RIO MENDOZA. Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Andino y Fca – UNCuyo. [En red] disponible en: <http://www.ina.gov.ar/cra/index.php?cra=2>

Méndez González, Nívar Cháidez y González Ontiveros, (2008) ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE PRECIPITACIÓN (1920-2004) EN MÉXICO. Investigaciones Geográficas 65: 38-55. [en red], disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=56906504#>

Polimeni, M. (2007) INFORME DE AUDITORÍA DE LUCHA ANTIGRANIZO, temporada 2006-2007. Mendoza, Ministerio de Economía. Gobierno de Mendoza.

Polimeni, M. et al (2013) TURISMO, TIEMPO Y CLIMA. Evaluación del confort climático turístico para las ciudades de Mendoza y San Rafael durante los años 2009, 2010 y 2011. Proyecto de investigación de la Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado (SECTyP). Universidad Nacional de Cuyo.

Zatta Silva, C. A. (2011) MÓDULO EDUCATIVO DEL CURSO DE MÉTODOS ESTADÍSTICOS, universidad señor de sipan, [En red] disponible en: <http://www.slideshare.net/cesarzatta/modulo-estadstica-2011>