

**REVISTA VIENTOS DEL NORTE**

ISSN 2591-3247

Año 6 Vol. 2 Diciembre 2018

**APLICACIÓN DE CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PRECIPITACIONES EXTREMAS EN LOS OASIS MENDOCINOS, 1970 - 2010**

APPLICATION OF CRITERIA FOR THE IDENTIFICATION OF EXTREME PRECIPITATIONS IN MENDOZA'S OASIS, 1970 - 2010

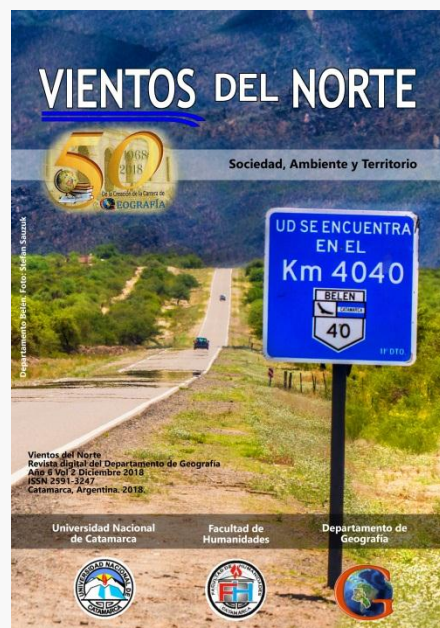
**Albiol, Claudia Ingrid**  
**Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Filosofía y Letras, Departamento e Instituto de Geografía.**

claal@ffyl.uncu.edu.ar

claudiaalbiol@hotmail.com

Fecha de recepción: 24 octubre 2018

Fecha de aceptación: 14 noviembre 2018



**Páginas 10 a 35**

**Resumen**

Estudios climáticos recientes se refieren al aumento de fenómenos meteorológicos extremos. En Mendoza, en el ámbito de oasis, no se ha realizado un análisis pormenorizado de precipitaciones en un período suficientemente amplio como para analizar tendencias y medir eventos extremos con una perspectiva climática. En este estudio se identifican los extremos de precipitaciones tanto a escala diaria como anual en estaciones meteorológicas del oasis norte y del oasis sur de la provincia con el objeto de identificar el mejor criterio para definir precipitaciones extremas y analizar su tendencia.

Los resultados demuestran que el criterio meteorológico es el más efectivo, consiste en considerar un umbral del 20 % de la precipitación anual. Se sugiere, completar este análisis con los extremos anuales por cantidad de precipitaciones y por cantidad de días con precipitaciones.

La tendencia de eventos extremos es dispar en el oasis norte y sur. Se manifiestan de manera creciente en los eventos diarios en San Rafael y Malargüe no así en Mendoza y San Martín. Las precipitaciones anuales manifiestan un aumento en Mendoza, San Martín y Malargüe. En relación al número de días con precipitaciones es creciente y estable en los dos oasis.

**Palabras claves**

oasis mendocinos-precipitaciones extremas-criterios de definición

### **Abstract**

Recent climate studies refer to the increase of extreme weather events. In Mendoza, in the oases, a detailed analysis of rainfall has not been carried out in a sufficiently long period to analyze trends and measure extreme events with a climatic perspective. This study identifies the extremes of rainfall on a daily and annual scale in meteorological stations of the northern oasis and the southern oasis of the province in order to identify the best criteria to define extreme rainfall events and analyze their trend. The results show that the meteorological criterion is the most effective, it consists of considering a threshold of 20% of annual rainfall. It is suggested to complete this analysis with the annual extremes by amount of rainfall and by number of days with rainfall.

The tendency of extreme events is uneven in the north and south oasis. They manifest themselves increasingly in the daily events in San Rafael and Malargüe, not like that in Mendoza and San Martín. Annual rainfall shows an increase in Mendoza, San Martín and Malargüe. In relation to the number of days with rainfall is increasing and stable in the two oases.

### **Keywords:**

Mendoza's oasis- extreme rainfall- definition criteria

## **1. Introducción:**

El cambio climático es uno de los temas científicos con mayor divulgación no sólo en el ámbito académico sino también en la vida cotidiana. Desde la óptica tremendista o desde los estudios más cautelosos, se expresan las consecuencias que provocará en el clima de los distintos lugares del planeta. Entre sus manifestaciones se encuentra la referencia a los fenómenos extremos. Según el informe del IPCC (Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, 2007), el cambio climático se manifiesta en cambios en los eventos extremos. Algunos investigadores, como Barros (Barros, 2004: 25), se refieren a la tendencia al aumento de las precipitaciones y la mayor frecuencia de tormentas intensas. Estos aspectos demuestran la necesidad de estudiar los eventos extremos con el objeto de definir sus características y analizar su tendencia en un período mayor a 30 años en los oasis de Mendoza, (desde 1970 a 2010).

### **1.1 Características geográficas del sitio de estudio**

La provincia de Mendoza está ubicada en la diagonal árida sudamericana y se caracteriza geográficamente por poseer dos ambientes bien diferenciados: la montaña hacia el oeste y la planicie hacia el este. En la planicie se han desarrollado los oasis de cultivo mediante el aprovechamiento de los caudales de los ríos que tienen sus nacientes en la cordillera. En los oasis, además de las ciudades, se producen actividades agrarias, sobre todo cultivo de vid, frutales y hortalizas.

Los oasis mendocinos se encuentran en una franja de transición entre los climas cálidos subtropicales y templados áridos. Se caracterizan por poseer un déficit pluviométrico permanente, amplitudes térmicas anuales elevadas, baja humedad del aire y fuerte

evaporación. Las precipitaciones en zonas áridas son escasas, con una gran variabilidad interanual, muy heterogéneas en el espacio y en el tiempo. Se manifiestan mediante tormentas torrenciales de verano de carácter localizado y de alta intensidad. Las tormentas intensas y las sequías tienen su impacto directo en este ambiente. El nido de formación de nubes tipo cúmulonimbo se encuentra en la cordillera, en su proceso de formación y crecimiento, las tormentas se dirigen hacia las planicies, al este de la montaña, en la zona donde se asientan los oasis. Allí, los daños de los eventos extremos son mayores por ser el área poblada y la zona donde se producen todas las actividades agrarias que forman la matriz productiva de la provincia.

Las estaciones meteorológicas seleccionadas corresponden a las ciudades de Mendoza, San Martín, San Rafael y Malargüe, son las únicas estaciones oficiales del Servicio Meteorológico Nacional de Argentina correspondientes al área de oasis mendocinos, en funcionamiento durante todo el período estudiado, entre 1970 a 2010.

Las estaciones meteorológicas del área de oasis N y S, (Mendoza, San Martín, San Rafael y Malargüe), se caracterizan por estar situadas entre los 68° y 69° de longitud O y entre los 32° y 35° de latitud S, (Figura 1). Mendoza, San Martín y San Rafael se encuentran a altitudes cercanas a las 700 m.s.n.m. y Malargüe a mayor altura (1425 m.s.n.m.). Se localizan en ámbitos de la circulación atmosférica bien diferenciados, referidos al sector dominado por el anticiclón subtropical semipermanente del Atlántico sur, la depresión del noroeste y el área correspondiente al dominio del anticiclón subtropical semipermanente del Pacífico sur. Ambos anticiclones emiten masas de aire con características físicas diferentes en relación a la temperatura y contenido de humedad. Además, se manifiestan en nuestra provincia provocando precipitaciones en sus dominios en diferentes estaciones térmicas. Mendoza, San Martín y San Rafael tienen sus precipitaciones concentradas en verano, en cambio, en Malargüe hay un mayor equilibrio en la repartición anual de las precipitaciones, con un máximo en invierno.

Mendoza Aerodrome, corresponde al sector N de los climas del piedemonte. Domina la acción del anticiclón del Atlántico sur, posee todas las características de la región a sotavento de una cordillera, poca humedad y vientos desecantes, (zonda). El clima es semidesértico. El régimen de precipitaciones es estival y la fuente de humedad proviene de las masas de aire del NE emitidas por el anticiclón del Atlántico sur, (Figura 2). Posee precipitaciones anuales de 221 mm<sup>1</sup>. En verano se produce el máximo de precipitaciones anuales. Es la estación de las tormentas intensas y el granizo. En otoño las precipitaciones se hacen menos frecuentes y están presentes hasta abril, luego se vuelven muy escasas. En invierno el contenido de vapor de agua de la atmósfera es el más bajo del año, es la estación seca. La frecuencia de precipitaciones y la intensidad de lluvias también disminuyen. En primavera, con una duración de dos meses se vuelven a producir precipitaciones, con el segundo máximo anual en el mes de octubre.

---

<sup>1</sup> Promedio de los totales anuales de precipitaciones en Mendoza entre 1970 a 2010.

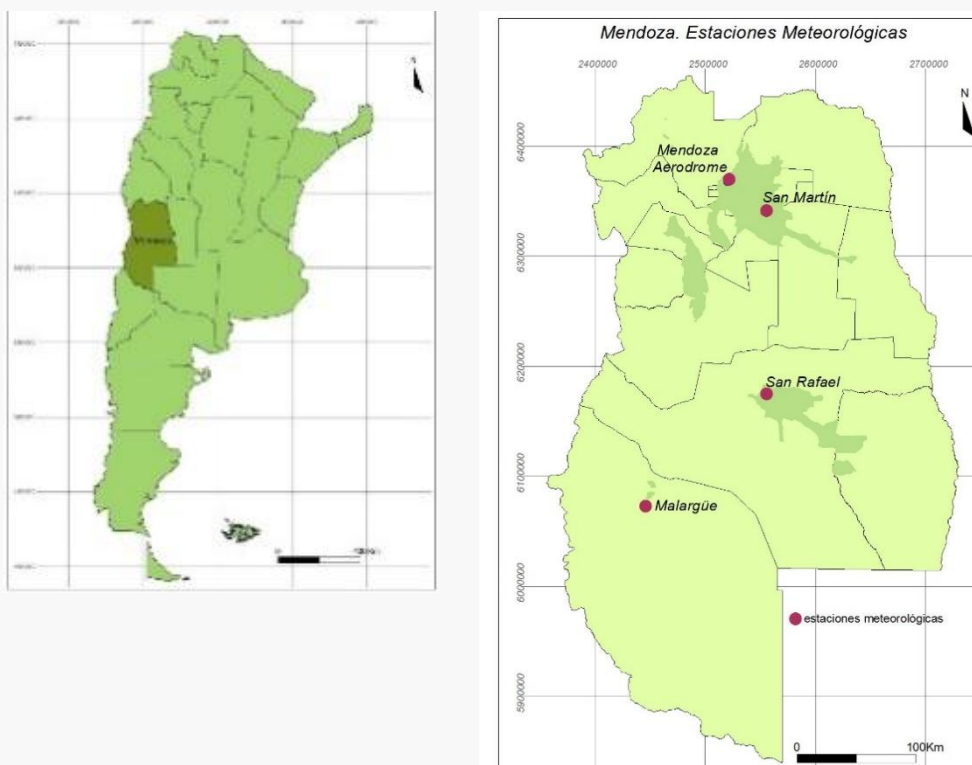


Figura 1: Sitio y posición de las estaciones meteorológicas analizadas. Provincia de Mendoza. Argentina. La estación meteorológica Mendoza se localiza en el departamento Las Heras, San Martín, San Rafael y Malargüe se ubican en las cabeceras departamentales homónimas. Cart. Alicia Nobiltá.

San Martín, corresponde al clima de oasis de la sección N del piedemonte, con dominio del anticiclón del Atlántico sur. Al igual que Mendoza, el clima es semidesértico y continental con un régimen de precipitaciones concentradas en verano. Las precipitaciones totales del año suman 216 mm<sup>2</sup>, dato que explica la sequedad del clima. Las precipitaciones se concentran en verano, con un máximo en el mes diciembre y enero. Desde junio a octubre las lluvias son muy escasas, siendo el invierno la estación seca. A fines de la primavera e inicio del verano vuelve a precipitar, registrándose tormentas eléctricas y granizo.

San Rafael, se encuentra dentro del clima local de la planicie con tendencia al fresco y dominio del anticiclón del Atlántico sur. Posee un clima semidesértico y continental. Presenta una marcada estacionalidad térmica y concentración de precipitaciones en el verano. En relación a las precipitaciones, la estacionalidad es marcada con predominio de lluvias en verano. Lluven 363 mm<sup>3</sup> de precipitaciones al año.

Malargüe, se localiza en una zona de transición de influencias de los anticiclones del Atlántico

<sup>2</sup> Promedio de los totales anuales de precipitaciones en San Martín entre 1970 y 2010.

<sup>3</sup> Promedio de los totales anuales de precipitaciones en San Rafael entre 1970 y 2010.

sur y del Pacífico sur, pertenece a la zona del piedemonte semiárido con tendencia al frío. El clima es semidesértico y continental con precipitaciones concentradas en invierno. Las precipitaciones anuales son de 328 mm<sup>4</sup>, se concentran en el invierno con un máximo secundario en otoño. La primavera es más larga que el otoño, con precipitaciones muy escasas.

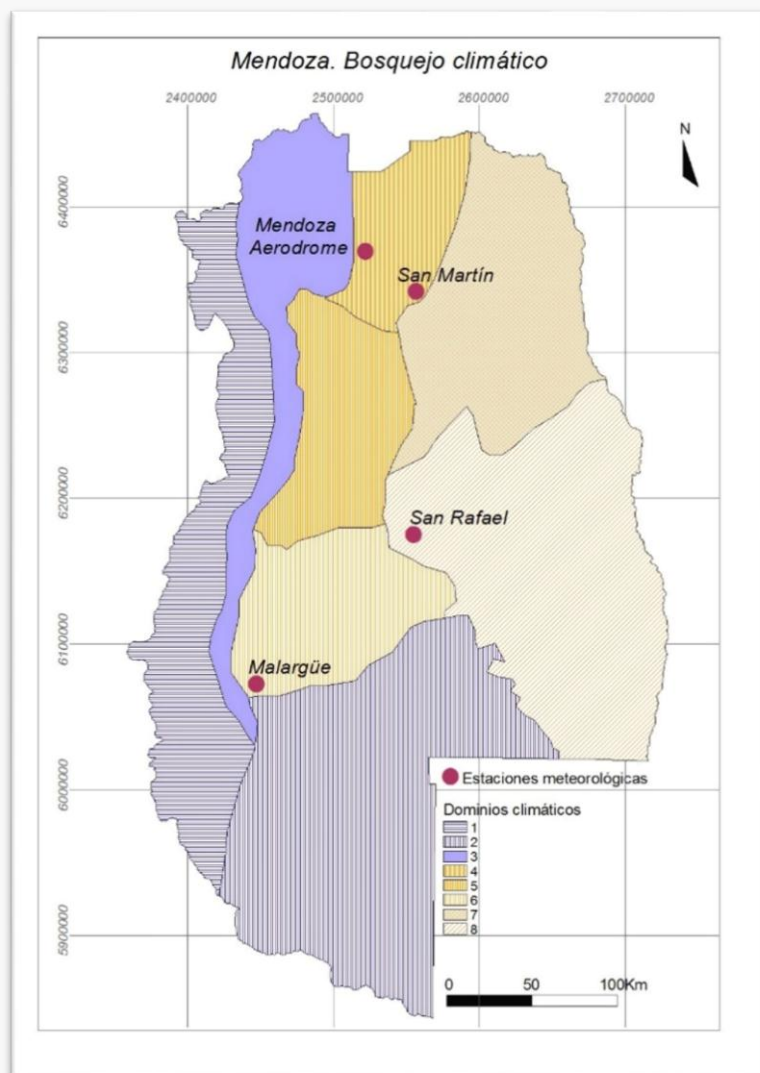


Figura 2: Bosquejo climático de Mendoza resultado del dominio de los centros de acción de los anticiclones Atlántico, Pacífico y la depresión del NW argentino. Recuperado de Capitanelli, (Capitanelli, 2005: 401). Referencias: Región del anticiclón del Pacífico con precipitaciones de invierno: 1- de la montaña (nival) frío y árido; 2- de la Payunia volcánica con tendencia al frío y árido. Región de transición donde confluye la acción de los anticiclones del Pacífico y Atlántico, además de la depresión del NW, templado a frío y seco (3). Región del Anticiclón del Atlántico con precipitaciones de verano: 4- con marcada influencia de la depresión del NW argentino y tendencia al cálido; 5- pequeño polo mendocino de frío; 6- con

<sup>4</sup> Promedio de los totales anuales de precipitaciones en Malargüe entre 1970 y 2010.

tendencia al frío y al equilibrio anual de las precipitaciones; 7- con influencia marcada de la depresión del NW y tendencia al cálido y árido; 8- con tendencia al fresco.

## 1.2 Los eventos extremos de precipitaciones

Los eventos extremos siempre han ocurrido. Es una característica propia de los climas secos. Se relacionan con el concepto de intensidad de las precipitaciones. La intensidad de las precipitaciones es la cantidad de precipitación dividida por la duración de la tormenta en horas o minutos, se mide en mm/h, (Ayoade, 1996: 175). La intensidad varía con el intervalo de tiempo estudiado. Se pueden analizar las lluvias extremas caídas en un día, como así también la consideración de precipitación en un año, hecho que lo distingue como lluvioso o seco. "Un día de lluvia se define cuando la precipitación caída es igual o superior a 0,1 mm, mientras que un día con precipitación extrema es aquel en que la precipitación máxima anual en 24 horas es superior a un determinado umbral" (Avila, 2012: 5).

Cuadrat, expresa que el estudio estadístico de las características de las precipitaciones se apoya en el empleo de un buen número de parámetros cuyo uso depende del objetivo de cada aplicación: climática, hidrológica, geomorfológica, diseño de redes de drenaje, obras de ingeniería, estudios de erosión de suelo, etc., (Cuadrat, 2011: 160).

Teniendo en cuenta estas consideraciones teóricas, ¿cuál es el umbral adecuado para definir eventos extremos en un clima seco? Los umbrales se calculan en relación a diferentes criterios, en su mayoría aplicados a climas más húmedos donde la frecuencia y cantidad de precipitaciones es mayor y, por ende, el uso de promedio en los cálculos es pertinente. En el caso de un clima seco se prefiere analizar datos diarios de precipitaciones y evitar, en lo posible, el uso de promedios que enmascaren los valores absolutos extremos. Los datos anuales sirven para identificar años muy lluviosos.

Se decide estudiar los valores extremos entre los datos diarios y anuales de precipitaciones, con la determinación de umbrales de clasificación a partir de valores absolutos. Interesa definir cuál es el criterio más adecuado para determinar extremos y si hay correspondencia entre los resultados del análisis de extremos diarios y extremos anuales. Asimismo, se analiza la tendencia de los extremos para corroborar las consideraciones de los expertos en relación a los efectos del cambio climático. Se resumen a continuación los objetivos de la investigación:

- Aplicar diferentes criterios en la determinación de precipitaciones extremas en los oasis mendocinos e identificar el más adecuado en relación al clima del área de estudio.
- Aplicar distintos procedimientos que permitan analizar las precipitaciones extremas en diferentes escalas temporales, diarias y anuales.
- Identificar los criterios más adecuados para el estudio de extremos en climas secos.
- Analizar la tendencia de eventos extremos en los oasis mendocinos entre 1970 y 2010.
- Determinar correspondencia entre los resultados obtenidos de la aplicación de los diferentes criterios con el objeto de identificar si en los años lluviosos se producen eventos extremos diarios y mayor cantidad de días con precipitaciones.

## 2. Metodología:

Se utilizan datos estadísticos oficiales del Servicio Meteorológico Nacional de Argentina<sup>5</sup>. Se aplica una metodología cuantitativa mediante procedimientos estadísticos y gráficos. Los eventos extremos se analizan con desagregación diaria y anual. Para el tratamiento de datos diarios se aplican diferentes umbrales a los valores absolutos de precipitaciones. Las lluvias extremas se identifican mediante tres criterios: geomorfológico, hidrológico y meteorológico. El criterio geomorfológico, elaborado por Peña, Tavares y Mardones, consiste en considerar el umbral de precipitaciones extremas que generan procesos dinámicos como remoción en masa, aluviones e inundaciones. Este criterio es muy utilizado para estudios de planificación y riesgo natural. Los autores consideran una precipitación superior a 80 mm como aquellas que pueden producir procesos geomorfológicos dinámicos, (Peña, Tavares & Mardones, 1993: 83-107).

Matías Ramírez, Oropeza Orozco, Lugo Hubp, Cortez Vazquez y Jáuregui Ostos consideran como umbral de precipitaciones extremas, las lluvias superiores a 140 mm en tres días, (Matías Ramírez, Oropeza Orozco, Lugo Hubp, Cortez Vazquez & Jáuregui Ostos, 2007: 7-25). Este criterio no sólo se refiere a la intensidad de las lluvias sino sobre todo a la saturación del suelo por precipitaciones continuas y extendidas en el tiempo, es decir, a la duración del evento. Es un criterio hidrológico.

Carvalho, Jones y Liebmman proponen un criterio meteorológico. Consideran como lluvia extrema la precipitación en un día, equivalente o mayor al 20% de la precipitación anual. Toman en cuenta la magnitud y la duración del evento, (Carvalho, Jones, & Liebmman: 2002, citado en Ávila: 2012: 5).

En el caso de los datos anuales se aplican parámetros estadísticos descriptivos y se identifican años lluviosos en extremo, por cantidad de precipitaciones y por número de días lluviosos. Para clasificar se utilizan los parámetros de posición central y dispersión: promedio y desviación estándar. Se aplican las siguientes fórmulas:

Cálculo de años lluviosos:

Umbral de años lluviosos extremos = Promedio de precipitaciones anuales + desviación estándar

Cálculo del número de días lluviosos por año:

Umbral de años lluviosos en relación al número de días lluviosos = Promedio del número de días con precipitaciones en el año + Desviación estándar

Se aplica, también, la tendencia en la ocurrencia de eventos extremos diarios y años extremos en la evolución temporal desde 1970 a 2010, mediante el cálculo de tendencia lineal.

### 3. Resultados:

La aplicación de los criterios para abordar el estudio de las precipitaciones extremas en Mendoza, resultó de la siguiente forma. Se encontraron tres eventos superiores a 80mm, según criterio geomorfológico. A lo largo de 41 años resultan muy pocos valores, por ello este criterio se considera más apropiado para aplicar en climas húmedos donde hay más cantidad de precipitaciones y posibilidades de obtener estos valores. No se encontraron eventos

---

<sup>5</sup> Los datos son absolutos, válidos y confiables, con un grado de cobertura elevado, sólo Malargüe presenta una discontinuidad desde el 01/07/07 al 31/12/07 y San Martín desde el 30/11/83 al 25/05/84. Como los períodos faltantes no son amplios se prefirió conservar la objetividad y no manipular la información faltante en forma estadística. En todo caso se aclara o grafica la falta de datos cuando se estima pertinente.

extremos según el criterio hidrológico, debido a que Mendoza posee un clima seco continental donde no son habituales los días seguidos con elevada cantidad de precipitaciones. Los años con tres días continuos de precipitaciones son muy escasos, y, además, en ningún caso las lluvias suman 140 mm. Se encuentra en 1983 el 9, 10 y 11 de enero (78,8 mm); y el 16, 17, 18 19 y 20 de febrero de 1998, (98,7 mm)<sup>6</sup>. El criterio meteorológico, (más de 44 mm en un día), es el que mostró mayor cantidad de años con eventos extremos.

En relación al umbral de años lluviosos extremos, (312 mm), lo superan los siguientes años: 1977, 1984, 1998, 2000, 2001, 2008. Los años lluviosos por la mayor cantidad de días con precipitaciones son: 1984, 1999, 2000, 2002, 2005 y 2008.

Según lo expuesto los años que se reiteran en los diferentes criterios son: 1984, 1998 y 2000. Los resultados de los criterios utilizados para Mendoza se resumen en el cuadro de la Figura 3.

década	>80mm diario	3 días consecutivos >140mm	Extremos diarios >20% anual (44mm)	Extremos mm anuales (312mm)	Extremos días anuales (56 días)
70	No presenta	No presenta	1977,1979	1977	No presenta
80	1984, 1988	1983	1981, 1983, 1984, 1988	1984	1984
90	1992	1998	1990, 1992, 1995, 1997, 1998	1998	1999
00	No presenta	No presenta	2000, 2001, 2002, 2007	2000, 2001, 2008	2000, 2002, 2005, 2008

Figura 3: Cuadro comparativo de criterios de umbrales clasificatorios de eventos extremos de lluvia para Mendoza. Los años recurrentes según diferentes criterios son 1984, 1998 y 2000.

En el caso de la estación meteorológica de San Martín, se encontraron dos eventos extremos superiores a 80 mm. Sólo dos valores resultan muy pocos datos de precipitaciones extremas. No se encontraron eventos extremos en los que las lluvias suman 140 mm en tres días. Si existe una profusión de datos en relación a lluvias que representan el 20% anual. En el caso de los datos anuales se destacan años lluviosos en la década de 1970, 1990 y 2000, no hay eventos extremos en la década de 1980. Los años que coinciden en los diferentes criterios son 1998, 1999, 2000 y 2001, (Figura 4).

<sup>6</sup> En este caso no existen días con precipitaciones superiores al umbral de 140mm. Asimismo se consideran extremos los valores encontrados, (78mm en 1983 y 98mm en 1998), debido a que resultan elevados para un clima seco.



década	>80mm diario	3 días consecutivos >140mm	Extremos diarios >20% anual (44mm)	Extremos mm anuales (318 mm)	Extremos días anuales (48 días)
70	No presenta	No presenta	1977	1977, 1979	1975, 1979
80	No presenta	No presenta	1987	No presenta	No presenta
90	1998	No presenta	1994, 1997 (2 eventos), 1998, 1999	1993, 1998, 1999	1990, 1992, 1998, 1999
00	2000	No presenta	2000 (2 eventos), 2001, 2003, 2004, 2005, 2008	2000, 2001,	2001, 2004, 2008

Figura 4: Cuadro comparativo de criterios de umbrales clasificatorios de eventos extremos de lluvia para San Martín. Los años recurrentes en los distintos criterios son 1998, 1999, 2000 y 2001.

San Rafael registra dos eventos extremos superiores a 80 mm, (10 de octubre de 1994 y 7 de diciembre de 2002). Se identificó un evento extremo en base al criterio hidrológico, los días 6, 7, 8, 9 y 10 de diciembre de 2002 suman 167,6 mm de lluvias continuas, en este lapso se produce una lluvia extrema el día 7 de diciembre de 154 mm. Si se considera desde el 30 de noviembre al 14 de diciembre de 2002, suman 189,8 mm de precipitaciones interrumpidos por algunos días secos. Se registraron otros eventos de días continuos de precipitaciones extremas, pero no llegan al umbral de 140 mm en tres días. Ellos son: 13 al 16 de noviembre de 1972, (112,5 mm); 15, 16 y 17 de marzo de 1973, (123,7 mm); 31 de octubre y 1, 2 y 3 de noviembre de 1975, (109,8 mm); 9, 10 y 11 de octubre de 1994, (137 mm); 24, 25 y 26 de febrero de 2001, (124 mm). En todos los casos consignados entre paréntesis en la Figura 5.

década	>80mm diario	3 días consecutivos >140mm	Extremos diarios >20% anual (72,6mm)	Extremos mm anuales (485 mm)	Extremos días anuales (70 días)
70	No presenta	(1972, 1973, 1975)	1973	1973, 1975, 1979	No presenta
80	No presenta	No presenta	1985	1982, 1984	1984
90	1994	(1994)	1994,	1999	1991, 1999
00	2002	(2001) 2002	2002, 2005,	2001, 2007,	2001, 2002

Figura 5: Cuadro comparativo de criterios de umbrales clasificatorios de eventos extremos de lluvia para San Rafael. Los años recurrentes según diferentes criterios son 1973, 1994, 2001 y 2002.

Los valores extremos en magnitud, se producen entre 1994 y 2002, aquellas precipitaciones que superan los 80 mm en un día. Con un umbral inferior, (72,64 mm), la información se confirma y se agregan eventos repartidos en todas las décadas, inclusive con una tendencia creciente. En cuanto a los años más lluviosos, los extremos se producen en todas las décadas. Los años con mayor cantidad de días con precipitaciones, se producen desde 1984 hasta 2002, en la década de 1970 no se registraron datos. Los años recurrentes en diferentes criterios resultan: 1973, 1994, 2001 y 2002.

En Malargüe, (Figura 6), los valores extremos en magnitud, se producen en 2004, aquellas precipitaciones que superan los 80 mm en un día, (12 de agosto y 14 de noviembre). Los años con tres días consecutivos de precipitaciones son 2004 y 2006<sup>7</sup>, el resto posee cifras inferiores. Con un umbral inferior, (65 mm), la información se asevera y se agregan eventos sobre todo en la década del 2000. En cuanto a los años más lluviosos y con mayor cantidad de días de precipitaciones, se producen entre 1982-1987 y 1999-2006. Los años recurrentes en diferentes criterios resultan: 1982, 2001, 2003, 2004 y 2006.

década	>80mm diario	3 días consecutivos >140mm	Extremos diarios >20% anual (65mm)	Extremos mm anuales (447mm)	Extremos días anuales (69 días)
70	No presenta	(1974)	1974	1972	No presenta
80	No presenta	(1982, 1983, 1987)	No presenta	1982, 1984, 1987	1982, 1984
90	1994	(1997)	1994	No presenta	1999
00	2003 2004 (2 eventos)	(2001) 2004 2006	2001, 2003, 2004 (2 eventos), 2006 (3 eventos)	2001, 2004, 2005, 2006	2001, 2005

Figura 6: Cuadro comparativo de criterios de umbrales clasificatorios de eventos extremos de lluvia para Malargüe. Los años recurrentes en diferentes criterios resultan 1982, 2001, 2003, 2004 y 2006.

### 3.1 Tendencia de eventos extremos en Mendoza

<sup>7</sup> Los años consignados en la Figura 6 entre paréntesis poseen 3 o más días seguidos con precipitaciones que suman de 100 a 130 mm.

Para analizar la evolución de los eventos extremos a lo largo del período estudiado se utilizó la información brindada por el criterio meteorológico y geomorfológico, debido a que presentan mayor cantidad de datos. Los resultados de días con precipitaciones extremas para la estación meteorológica Mendoza, se exponen en la Figura 7.

En el cuadro, (Figura 7), se observa que la mayor frecuencia de eventos extremos se produce en enero y febrero. Los valores extremos superiores a 80 mm se registran en marzo de 1984, (111,3 mm), en febrero de 1988, (98,3 mm), y en enero de 1992, (88 mm). Los eventos extremos lluviosos se producen con mayor frecuencia en verano<sup>8</sup>, (11 eventos), y, en menor frecuencia en otoño, (3 eventos), y primavera, (2 eventos).

El primero es en 1977 con 58,7mm, (en verano). El último registrado en el período de estudio corresponde al año 2007 con 51,5 mm, (en otoño).

Mes	Fecha	mm	Frecuencia
Enero (verano)	11/01/1981	54,2	7 eventos
	10/01/1983	53,4	
	08/01/1990	46,2	
	23/01/1992	88	
	15/01/1997	60	
	01/01/2000	66	
	20/01/2002	58,5	
Febrero (verano)	19/02/1979	45,2	3 eventos
	28/02/1988	98,3	
	17/02/1998	49,7	
Marzo (otoño)	19/03/1984	111,3	2 eventos
	29/03/2007	51,5	
Abril (otoño)	02/04/2001	45	1 evento
Septiembre (primavera)	28/09/1995	44	1 evento
Octubre (primavera)	14/10/2001	48,7	1 evento
Diciembre (verano)	16/12/1977	58,7	1 evento

Figura 7: Cuadro de eventos extremos en Mendoza entre 1970 y 2010 según criterio meteorológico. La mayor frecuencia de eventos extremos se produce en enero y febrero mientras que la precipitación de mayor magnitud ocurre en marzo.

Para observar la continuidad temporal de los datos obtenidos se grafica la serie temporal de las precipitaciones extremas en la Figura 8.

<sup>8</sup> Se considera para Mendoza: verano -17 de noviembre a 12 de marzo-, otoño-13 de marzo a 14 de mayo-, invierno- 15 de mayo a 22 de agosto, primavera – 23 de agosto a 16 de noviembre. Según Papadakis, (Papadakis s/f, citado en: Capitanelli, 2005: 31).

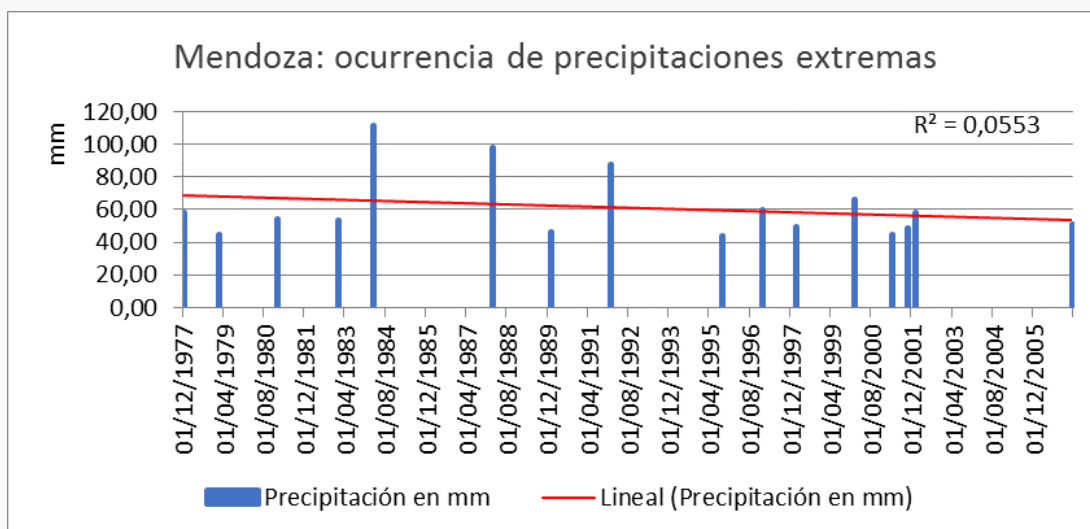


Figura 8: Precipitaciones extremas en Mendoza entre 1970 y 2010, (en mm), tendencia lineal decreciente y valor de ajuste ( $R^2$ ). La ocurrencia de eventos extremos mayores se produce en la zona central del período estudiado.

Se observan tres eventos máximos en la zona central del gráfico entre 1984 y 1992 y una mayor frecuencia entre 2000 a 2002. El resto de las precipitaciones extremas poseen similar cantidad de mm caídos, (entre 40 y 60 mm). La tendencia lineal es decreciente, el valor de  $R^2$  es bajo, esto indica poco ajuste de la línea a los datos, por lo que no se pueden extraer conclusiones definitivas en cuanto a la tendencia. Si es evidente que no se han producido eventos de mayor magnitud desde 1992.

En relación a la información anual, se identificaron los años más lluviosos en Mendoza, a partir del umbral calculado de 312 mm, resultaron: 1977, 1984, 1998, 2000, 2001, 2008, (Figura 9). Si bien se observa una tendencia creciente de años lluviosos, el valor de  $R^2$  es muy bajo por lo que no se considera representativa la línea de tendencia creciente. Es necesario completar este estudio para aseverar conclusiones.

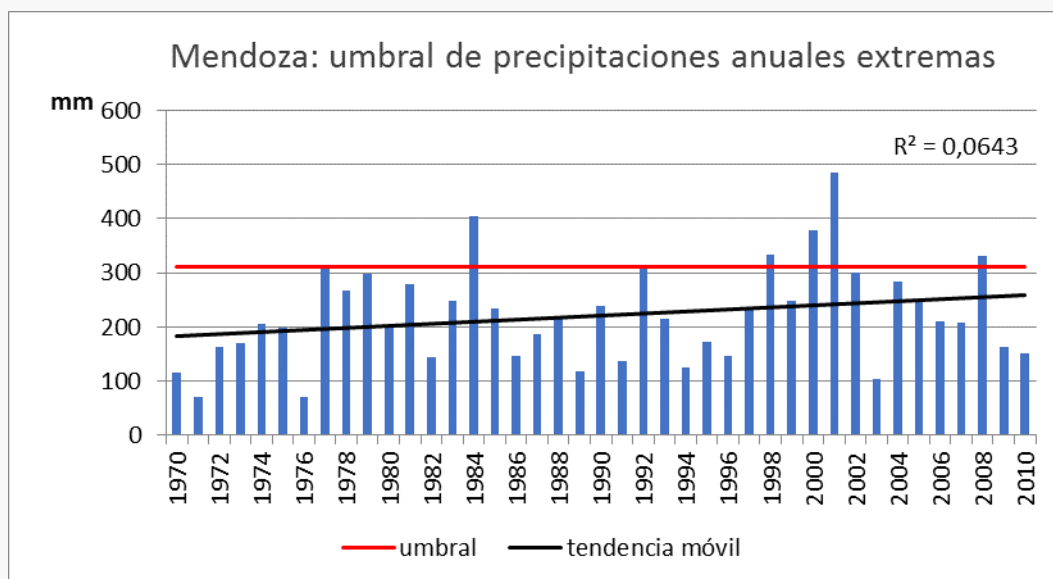


Figura 9: Umbral de precipitaciones anuales extremas. La línea roja indica el umbral de años extremos y la línea negra indica la tendencia creciente y el valor de ajuste de la línea ( $R^2$ ). Los años que alcanzan y superan el umbral crítico son 1977, 1984, 1998, 2000, 2001 y 2008.

En referencia a los años con mayor número de días lluviosos, (más de 56 días con precipitaciones), resultan 1984, 1999, 2001, 2002, 2005 y 2008. La tendencia es creciente, con un valor de ajuste bastante bajo ( $R^2$ ). Los valores de la década del 2000 elevan a tendencia. El gráfico de la Figura 10 muestra estos resultados.

En resumen, Mendoza posee una mayor frecuencia de eventos extremos en verano, con máximos en 1984 y 1992. Entre el año 2000 y 2002 se producen la mayor frecuencia de eventos extremos. En relación a los años más lluviosos por cantidad anual de precipitaciones o por cantidad de días con precipitaciones son 1984, 2001 y 2008, con una tendencia creciente en ambos casos.

Sólo el año 1984 presenta coincidencia en todos los aspectos estudiados: evento extremo, cantidad anual elevada y elevado número de días con precipitaciones. En el resto de los casos no hay coincidencia absoluta. Se deduce que no siempre los años más lluviosos presentan eventos extremos diarios o gran cantidad de días con precipitaciones.

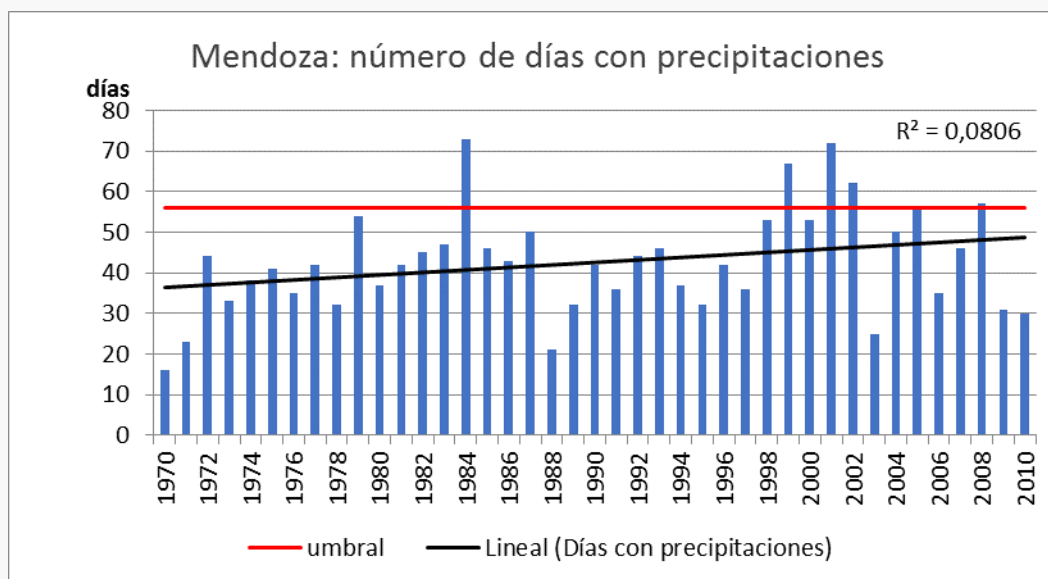


Figura 10: Días con precipitaciones en Mendoza entre 1970 a 2010. La línea roja muestra el umbral máximo y la línea negra indica la tendencia lineal con valor de ajuste ( $R^2$ ). Los años que superan el umbral crítico de cantidad de días con precipitaciones son 1984, 1999, 2001, 2002, 2005 y 2008.

### 3.2 Tendencia de eventos extremos en San Martín

En la estación meteorológica San Martín, las precipitaciones más extremas se registraron en 1998 y 2000. En general se producen en verano<sup>9</sup>, la mayor frecuencia de eventos se produce en el mes de marzo, (al finalizar el verano), Figura 11.

Mes	Fecha	mm	Frecuencia
Enero (verano)	14/01/1977	48,9	3 eventos
	04/01/2001	46	
	10/01/2003	58	
Febrero (verano)	16/02/1997	57	2 eventos
	07/02/2005	46,5	
Marzo (verano-otoño)	02/03/1987	54,5	6 eventos
	02/03/1997	44	
	14/03/1998	83	
	06/03/2000	81,5	
	11/03/2000	45	
	10/03/2004	46	
Octubre (primavera)	10/10/1994	54,5	2 eventos
	31/10/1999	59,5	
Noviembre (verano)	28/11/2008	52	1 evento

<sup>9</sup> Se considera para San Martín: verano -13 de noviembre a 12 de marzo-, otoño- 13 de marzo a 19 de mayo-invierno - 20 de mayo a 22 de agosto, primavera – 23 de agosto a 12 de noviembre, según Papadakis, (Papadakis s/f, op cit.)

Figura 11: Cuadro de eventos extremos en San Martín entre 1970 y 2010. La mayor frecuencia y magnitud de lluvias extremas se produce en el mes de marzo.

En la Figura 12, se muestra una mayor frecuencia de eventos máximos entre mediados de los '90 y mediados del 2000. Hay dos eventos máximos en los años 1998 y 2000. El resto de lluvias extremas poseen valores similares, (entre 45 y 60 mm). La tendencia lineal es estable, el valor de  $R^2$  es muy bajo, esto indica poco ajuste de la línea a los datos, por lo que no se pueden extraer conclusiones puntuales.

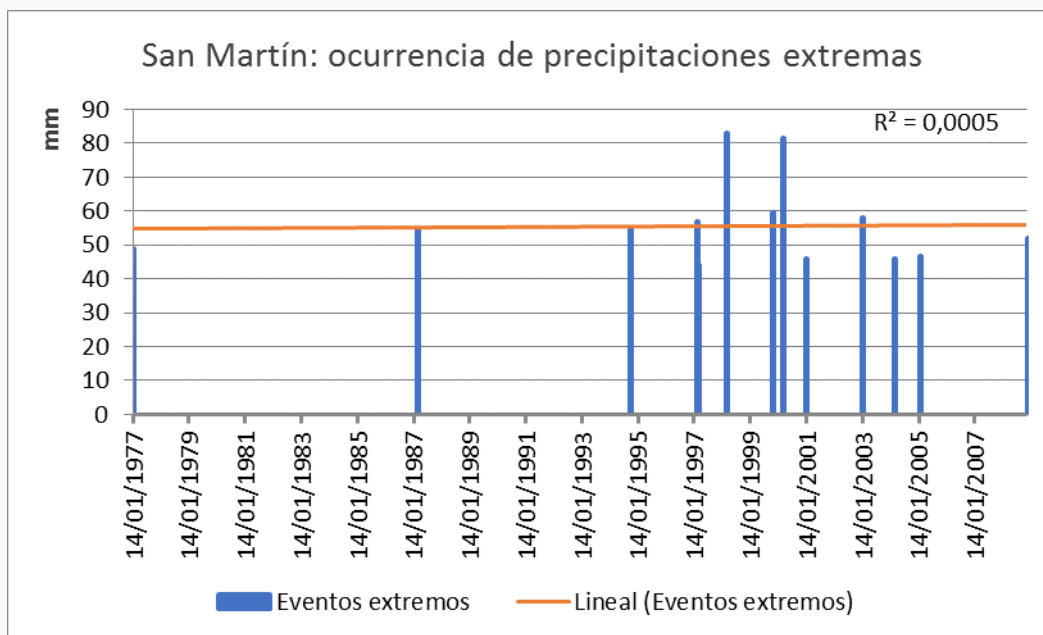


Figura 12: Eventos extremos en San Martín entre 1970 y 2010, en mm. La ocurrencia de eventos extremos mayores se produce a fines de la década del '90. La tendencia lineal es estable.

En relación a los años más lluviosos en San Martín, Figura 13, la tendencia es creciente, sobre todo por los años lluviosos registrados entre 1998 y 2001, más cercanos al final de la serie estudiada.

En referencia a la cantidad de días con precipitaciones, los años que presentan más de 48 días de precipitaciones se consideran extremos: 1975, 1979, 1990, 1992, 1998, 1999, 2001, 2004 y 2008, (Figura 14). La tendencia es estable, con un valor de ajuste muy alejado a los datos, no es totalmente significativa la línea de tendencia.

En consideración de todos los criterios juntos resultó que los valores extremos en magnitud, (aquellas precipitaciones que superan los 80 mm en un día), se producen entre 1998 y 2000. Con un umbral inferior, (44 mm), la información se confirma y se agregan eventos sobre todo en la década del '90 y 2000, aunque con menor magnitud.

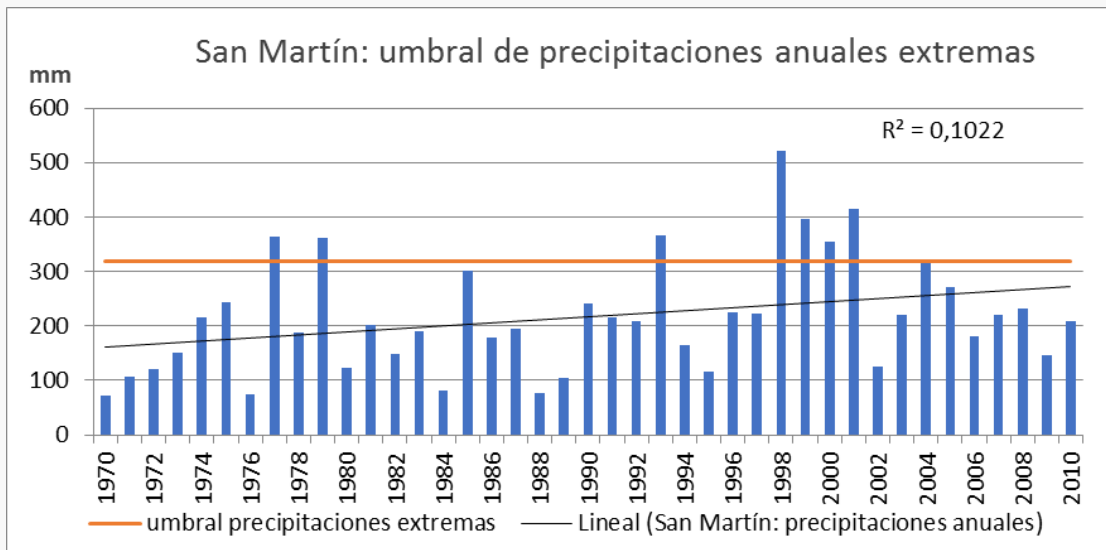


Figura 13: Umbral de precipitaciones anuales extremas en San Martín. La línea roja indica el umbral de años extremos y la línea negra indica la tendencia creciente y el valor de ajuste de la línea ( $R^2$ ). Los años que superan el umbral crítico son: 1977, 1979, 1993, 1998, 1999, 2000 y 2001.

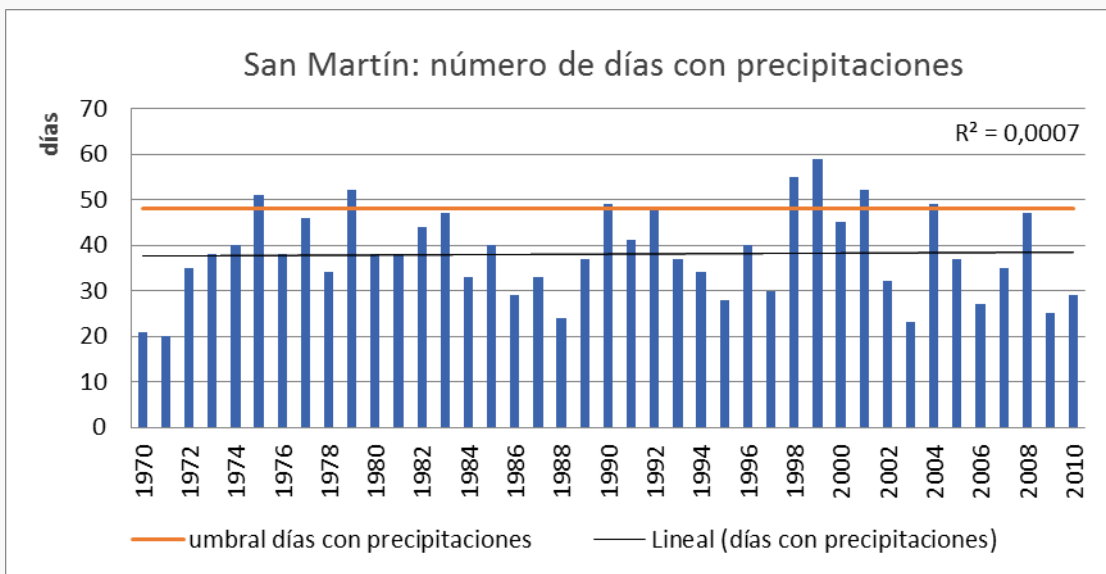


Figura 14: Número de días con precipitaciones en San Martín entre 1970 y 2010. La línea roja muestra el umbral máximo y la línea negra indica la tendencia lineal con valor de ajuste ( $R^2$ ). Los años que superan el umbral crítico de cantidad de días con precipitaciones son 1975, 1979, 1990, 1992, 1998, 1999, 2001, 2004 y 2008.

La mayor frecuencia de eventos extremos se produce en el año 2000. En cuanto a años más lluviosos y con mayor cantidad de días de precipitaciones, se producen a fines de los '70 y en la década del '90 y 2000. Sólo el año 1998, es recurrente en todas las modalidades estudiadas. El resto no es totalmente coincidente.



### 3.3 Tendencia de eventos extremos en San Rafael

En base al criterio meteorológico, el 20% de las precipitaciones anuales resulta con 72,64 mm. Los resultados de días con precipitaciones extremas se exponen en la Figura 15. Se observa que la mayor frecuencia de eventos extremos se produce en diciembre al comienzo del verano. Los valores más elevados, (superiores a 80 mm), se registran en octubre en 1994, (114,5 mm), y en diciembre en el 2002, (154 mm). Los eventos extremos lluviosos se producen con mayor frecuencia en verano<sup>10</sup>, (3 eventos), y menor frecuencia, (1 evento), en otoño y primavera. La última lluvia extrema registrada del período corresponde al año 2005 con 72,1 mm<sup>11</sup>, ocurrida en verano. El primer evento ocurre en 1973 con 72,6 mm en otoño. Para analizar la evolución temporal de los eventos extremos se realiza un gráfico de barras, (Figura 16), en el que se observa una progresión creciente de eventos extremos con un máximo registrado en 2002. Se manifiesta una cadencia constante pero con periodicidad decreciente. Se produce entre el primer evento y el segundo, 12 años, entre el segundo y tercero, 9 años; entre el tercero y cuarto 8 años; y entre los dos últimos 3 años. No se producen lluvias extremas entre 2005 y 2010. La tendencia lineal es creciente, en este caso, el R<sup>2</sup> resulta bajo, pero se tiene en cuenta en la interpretación porque la evolución se evidencia fácilmente en los datos.

Mes	Fecha	mm	Frecuencia
Enero (verano)	11/01/2005	72,1 mm	1 evento
Marzo (otoño)	16/03/73	72,6 mm	1 evento
Octubre (primavera)	10/10/1994	114,5 mm	1 evento
Diciembre (verano)	28/12/1985 07/12/2002	78 mm 154 mm	2 eventos

Figura 15: Cuadro de eventos extremos en San Rafael entre 1970 y 2010, según criterio meteorológico. La mayor frecuencia de eventos extremos se produce a inicios del verano en diciembre.

<sup>10</sup> Se considera para San Rafael: verano -25 de noviembre a 3 de marzo-, otoño-4 de marzo a 13 de mayo-invierno -14 de mayo a 24 de agosto, primavera - 25 de agosto a 24 de noviembre, según Papadakis, (Papadakis s/f, op cit.)

<sup>11</sup> Este valor es inferior al límite propuesto: 72,64mm, pero fue considerado por ser muy cercano al umbral del 20%.

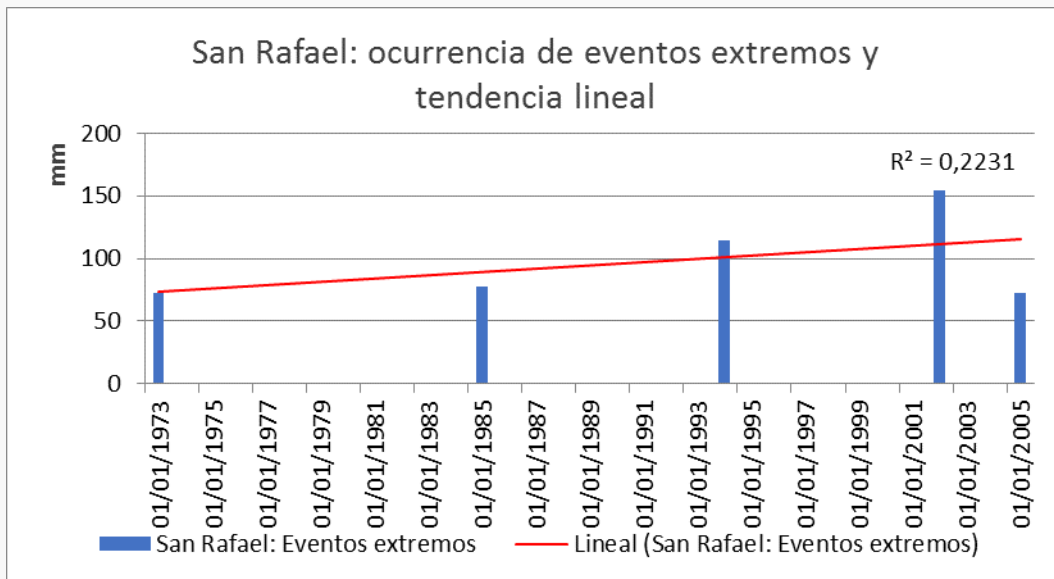


Figura 16: Eventos extremos registrados en San Rafael desde 1970 a 2010, en base al criterio meteorológico. La línea roja indica la tendencia lineal. El valor  $R^2$  muestra el ajuste de la curva a los datos. Se observa una progresión creciente de eventos extremos con periodicidad decreciente.

En referencia a los años más lluviosos en San Rafael, el valor de 485 mm es el umbral de años lluviosos extremos. Este umbral es superado en los siguientes años: 1973, 1975, 1979, 1982, 1984, 1999, 2001 y 2007. Se representan en la Figura 17.

La mayor frecuencia de años extremos se da a comienzos del período, hasta 1984. En la segunda parte de la serie hay 3 años extremos con una cantidad menor de precipitaciones, (1999, 2001 y 2007). Prácticamente no hay coincidencia entre eventos diarios extremos y años lluviosos extremos, sólo el caso de 1973. En cuanto a la tendencia, se observa levemente decreciente, pero el valor  $R^2$  es muy bajo, no se considera significativo para interpretarlo.

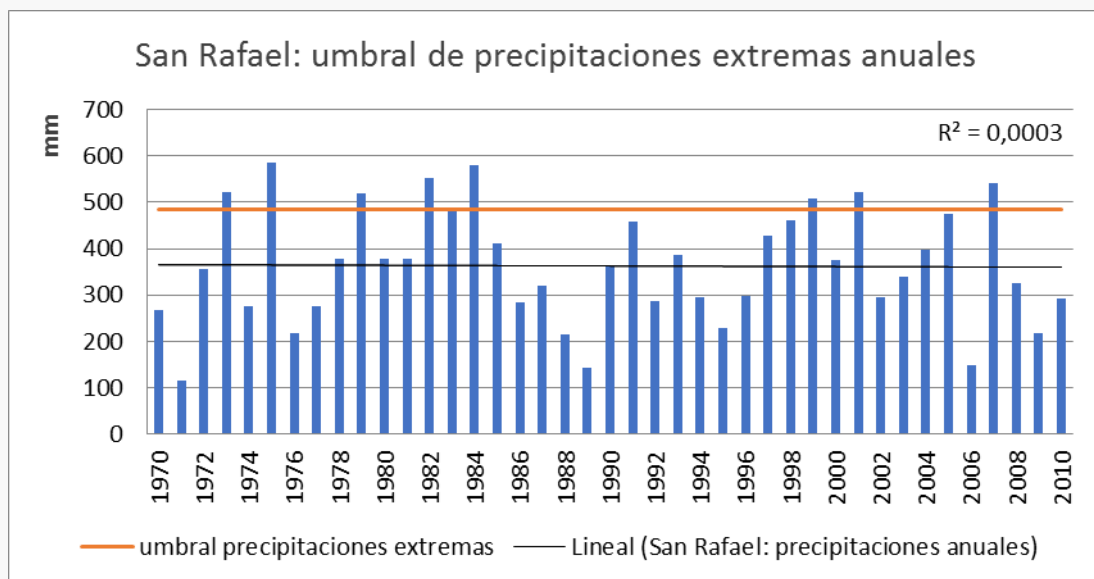


Figura 17: Umbral de precipitaciones anuales extremas en San Rafael. La línea roja indica el umbral de años extremos y la línea negra indica la tendencia levemente decreciente. Los años que superan el umbral crítico de precipitaciones anuales son 1973, 1975, 1979, 1982, 1984, 1999, 2001 y 2007.

Los años con mayor número de días lluviosos con un umbral de 70 días de precipitaciones, se consideran extremos. Los años extremos son: 1984, 1991, 1999, 2001, 2002, (Figura 18). Sólo 5 años superan el umbral crítico de número de días con precipitaciones. La línea de tendencia tiene un ajuste bajo, pero se evidencia una leve tendencia creciente de años con mayor número de días con precipitaciones. Si bien son pocos valores, se puede inferir que tienen una mayor frecuencia entre 1999 y 2001. El valor más elevado se registra en 1999.

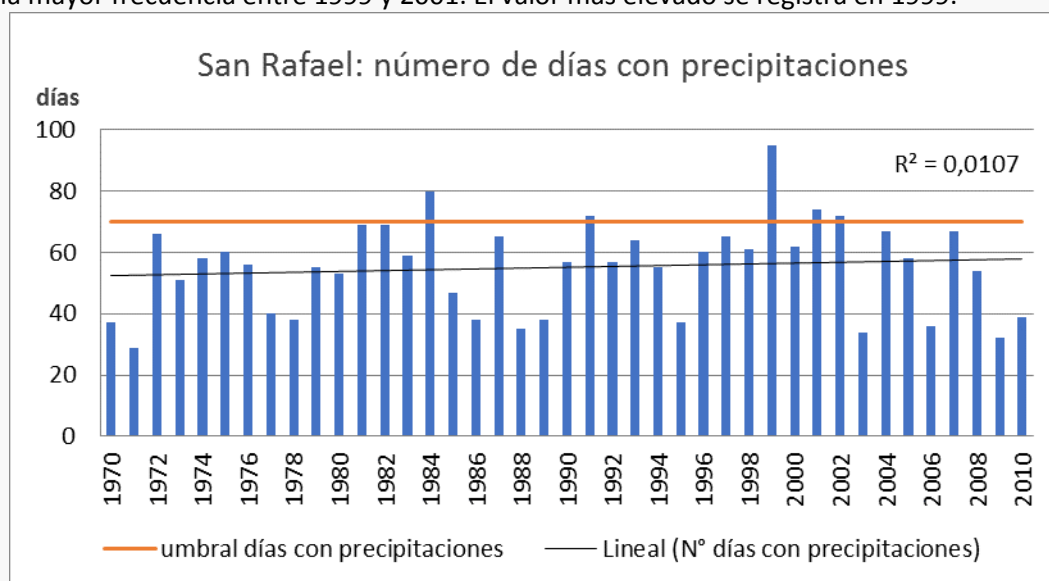


Figura 18: Número de días con precipitaciones en San Rafael entre 1970 y 2010. La línea roja muestra el umbral máximo y la línea negra indica la tendencia lineal con valor de ajuste ( $R^2$ ). Los años que superan el umbral crítico de días con precipitaciones son 1984, 1991, 1999, 2001 y 2002.

En resumen, en San Rafael la mayor frecuencia de eventos extremos se produce en verano, el máximo en 2002. La tendencia es creciente, pero hay una periodicidad constante. Los años más lluviosos se producen en la primera mitad de la serie estudiada hasta 1984, no así los años con mayor cantidad de días con precipitaciones que se producen desde 1984. No hay coincidencias de años en todos los aspectos analizados. Los eventos extremos no se relacionan con años lluviosos por cantidad total de precipitaciones o número de días lluviosos.

### 3.4 Tendencia de eventos extremos en Malargüe

En Malargüe se encontraron cuatro eventos extremos superiores a 80 mm. Se hallaron dos eventos extremos superiores a 140 mm en tres días: desde 10 de noviembre a 14 de noviembre de 2004, suman 157,98 mm; y, 11 de julio a 14 de julio de 2006, con 150,12 mm. Hay seis eventos entre 100 y 130 mm en 1974, 1982, 1983, 1987, 1997 y 2001. Se considera el criterio del 20% de las precipitaciones anuales y se clasifican los días que

superan este monto. Malargüe posee un promedio anual de 327,66 mm, por lo que el 20% representa 65,43 mm.

Los resultados de días con precipitaciones extremas se exponen en la Figura 19. Se observa que la mayor frecuencia de eventos extremos se produce en marzo y julio. Los valores extremos más elevados, (superiores a 80 mm), se registran en marzo en 2003, (95 mm), y en noviembre el 2004, (125,98 mm). Los eventos extremos lluviosos se producen con mayor frecuencia en otoño, invierno y primavera 12, (3 eventos cada uno). El último evento registrado del período corresponde al año 2006, son tres precipitaciones entre 71 y 74mm. El primer evento ocurre en 1974 con 64,4mm en otoño.

Mes	Fecha	mm	Frecuencia
Febrero (otoño)	14/02/1974	64,4	1 evento
Marzo (otoño)	30/3/2001	77	2 eventos
	21/3/2003	95	
Julio (invierno)	12/7/2006	71,12	2 eventos
	13/7/2006	74,93	
Agosto (invierno)	12/8/2004	88,9	1 evento
Octubre (primavera)	10/10/1994	86,3	1 evento
Noviembre (primavera)	14/11/2004	125,98	1 evento
Diciembre (primavera)	19/12/2006	71,12	1 evento

Figura 19: Cuadro de eventos extremos en Malargüe entre 1970 y 2010. La frecuencia de eventos extremos se produce en forma repartida entre otoño, invierno y primavera. El evento de mayor magnitud ocurre en primavera.

Para observar la evolución temporal de los eventos extremos se realiza un gráfico de barras, Figura 20, donde se muestra la distribución temporal de los eventos extremos en Malargüe. Se observa una mayor frecuencia de eventos entre mediados de los '90 y mediados del 2000. La máxima precipitación se registra en 2004. El resto de lluvias extremas poseen valores similares, (entre 70 y 95 mm). La tendencia lineal es creciente, el valor de  $R^2$  es bajo, esto indica poco ajuste de la línea a los datos, por lo que no se pueden extraer conclusiones definitivas en este aspecto.

El umbral para definir años lluviosos extremos es de 447 mm. Este umbral es superado por los siguientes años: 1972, 1982, 1984, 1987, 2001, 2004, 2005, 2006, (Figura 21). La mayor frecuencia de años lluviosos se produce en la década del '80 y en los 2000. Los años extremos son más lluviosos hacia el final de la serie. Hay coincidencia entre precipitación extrema y año extremo sólo en 2001, 2004 y 2006. La tendencia lineal se observa en forma creciente, pero el valor  $R^2$  es poco significativo para interpretarlo.

<sup>12</sup> Se considera para Malargüe: verano -25 de diciembre a 11 de febrero-, otoño-12 de febrero a 24 de abril-invierno -25 de abril a 29 de setiembre, primavera – 30 setiembre a 24 de diciembre. (Papadakis, s/f, op cit.)

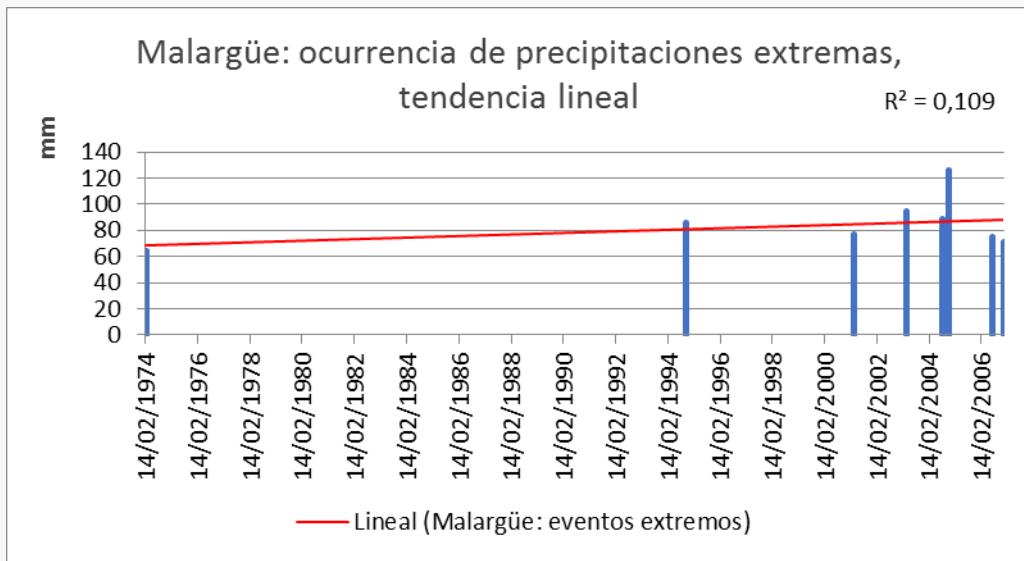


Figura 20: Eventos extremos de precipitaciones en Malargüe entre 1970 y 2010, en mm. Línea de tendencia y valor de ajuste ( $R^2$ ). La mayor frecuencia de lluvias extremas se produce entre 1995 y 2006. La tendencia lineal es creciente.

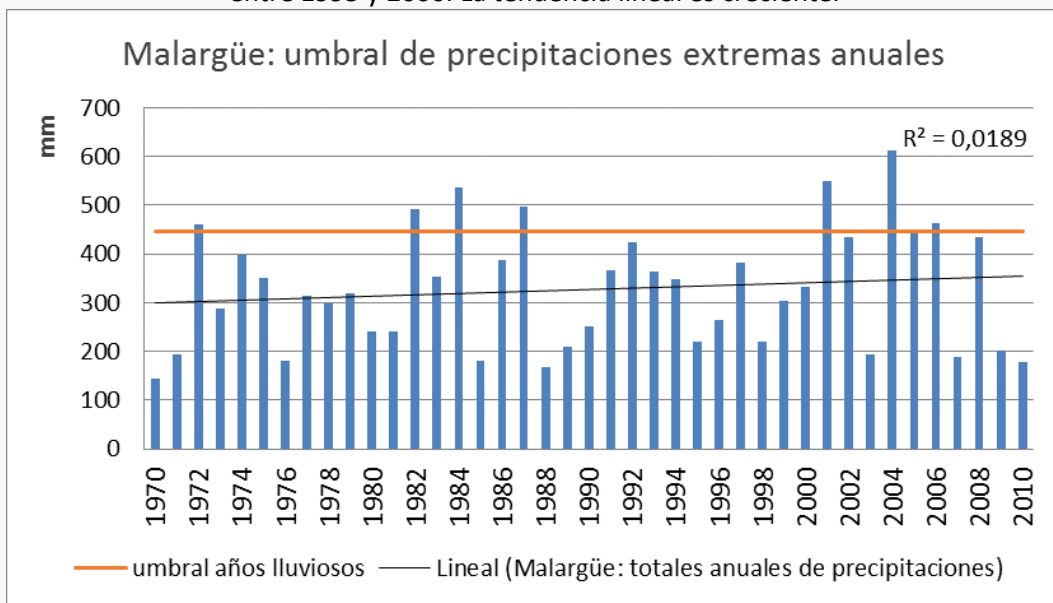


Figura 21: Umbral de precipitaciones anuales extremas en Malargüe, entre 1970 y 2010. La línea roja indica el umbral de años extremos y la línea negra indica la tendencia creciente. El valor  $R^2$  indica el ajuste de la línea a los datos. La tendencia lineal es creciente. El año 2007 no posee datos. La mayor frecuencia de años lluviosos se produce en la década del '80 y en los 2000. Los años extremos son más lluviosos hacia el final de la serie.

Los años con mayor número de días lluviosos, (más de 69 días de precipitaciones), son los siguientes: 1982, 1984, 1999, 2001, 2005, (Figura 22).

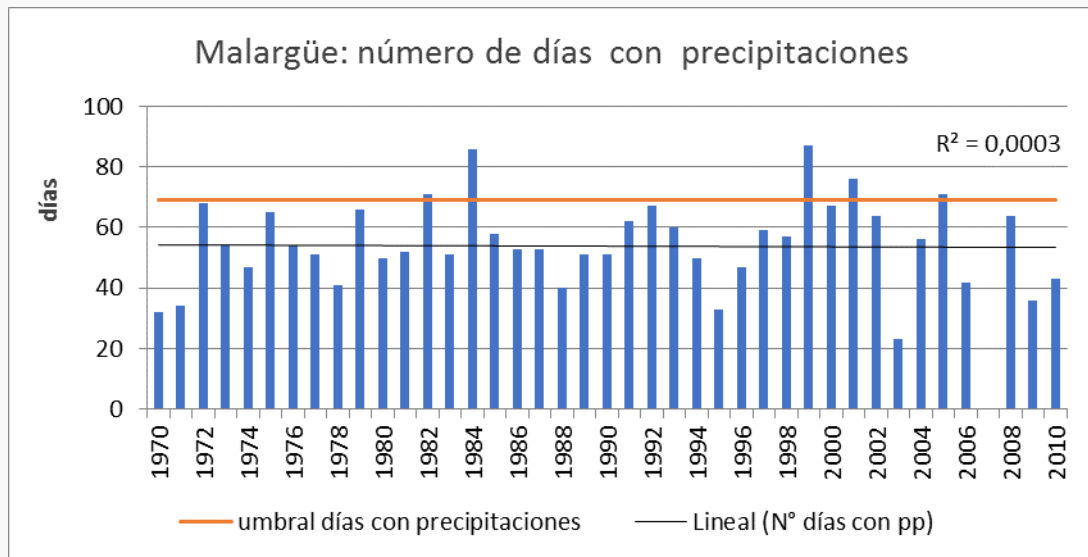


Figura 22: Número de días con precipitaciones en Malargüe entre 1970 y 2010. La línea roja muestra el umbral máximo y la línea negra indica la tendencia lineal con valor de ajuste ( $R^2$ ). El año 2007 no posee datos. Sólo cinco años alcanzan o superan el umbral crítico, de ellos los más lluviosos en relación a la cantidad de días con precipitaciones son 1984 y 1999.

Sólo cinco años superan este umbral. La línea de tendencia es estable. El ajuste a los datos resulta muy bajo, por lo que las conclusiones no deben ser determinantes. Los valores absolutos más elevados se producen en 1984 y 1999.

En general en Malargüe, la mayor frecuencia de eventos extremos se produce a mediados de los años 90 y década del 2000. El evento más elevado se observa en 2004. Los eventos extremos se reparten de igual manera entre otoño, invierno y primavera y manifiestan una tendencia creciente. No hay un año coincidente en todos los criterios.

### 3.5 Comparación de resultados

El cuadro de la Figura 23, sintetiza los resultados obtenidos en las cuatro estaciones meteorológicas investigadas.

<b>Resultados</b>	<b>Mendoza</b>	<b>San Martín</b>	<b>San Rafael</b>	<b>Malargüe</b>
<b>Época de mayor frecuencia</b>	Enero y febrero (verano)	Marzo (fin del verano)	Diciembre (principio del verano)	Primavera, otoño e invierno
<b>Años con eventos de mayor magnitud</b>	1984, 1988 y 1992	1998 y 2000	Entre 1994 y 2002	2003 y 2004
<b>Tendencia de eventos máximos diarios</b>	decreciente	estable	creciente	creciente
<b>Mayor frecuencia de eventos diarios</b>	2001 a 2002	1997 a 2001	Cadencia constante en periodicidad decreciente	2001 a 2006
<b>Tendencia de años lluviosos extremos</b>	creciente	creciente	Levemente decreciente	creciente
<b>Tendencia de años lluviosos con mayor número de días lluviosos</b>	creciente	estable	creciente	estable
<b>Años coincidentes en diferentes criterios</b>	1984, 1998, 2000, 2001	1998, 1999, 2000, 2001	1973, 1994, 2001, 2002	1982, 2001, 2004, 2006
<b>Años coincidentes en todos los criterios</b>	1984	1998	No posee	No posee

Figura 23: resultados obtenidos en relación a los distintos criterios para definir eventos extremos en los oasis N y S de Mendoza, entre 1970 y 2010.

En Mendoza, la mayor frecuencia de eventos extremos se produce en enero y febrero, en pleno verano. En segundo lugar, se producen en otoño. Los años con eventos diarios más elevados se producen entre 1984 y 1992, tres máximos en el centro de la serie estadística - 1984, 1988 y 1992-, el resto de los valores máximos diarios son similares a lo largo de todo el período. La tendencia de eventos diarios extremos es decreciente. Entre 2001 y 2002 se produce la mayor frecuencia de eventos extremos diarios. Los años más lluviosos poseen una tendencia creciente como así también de número de días con precipitaciones. Se destacan los años 1984, 1998, 2000 y 2001. El año 1984 posee todas las características analizadas: evento diario extremo máximo de la serie, número máximo de días con precipitaciones, el segundo valor en máximos anuales. Los años 1998 y 2000, son años extremos con presencia de eventos extremos, pero no poseen gran cantidad de días con precipitaciones. El año 2001 posee dos eventos extremos, por ello presenta gran cantidad de precipitaciones anuales y

también número de días con precipitaciones.

En San Martín, la mayor frecuencia de eventos extremos se produce en marzo, al finalizar el verano. En segundo lugar, se producen en primavera. Los años con eventos diarios más elevados se producen entre 1998 y 2000, entre fines de los '90 y la década del 2000, el resto de los valores máximos diarios son similares a lo largo de todo el período, con una incidencia más frecuente en los años 2000 y 2001. La tendencia de años lluviosos es creciente. La tendencia, de eventos diarios extremos y de número de días con precipitaciones, se mantiene estable. Se destacan los años 1998, 1999, 2000 y 2001. El año 1998 posee todas las características analizadas: evento diario extremo máximo de la serie, el segundo valor en número máximo de días con precipitaciones, el valor máximo anual de precipitaciones. El año 1999, no posee un extremo superior a 80 mm, pero sí entre los valores mayores a 44 mm. Tiene precipitaciones extremas anuales y el primer valor en número de días con precipitaciones. El año 2000, es el segundo valor extremo de más de 80 mm, posee dos eventos extremos de más de 44 mm, un máximo anual elevado y no supera el umbral de número de días con precipitaciones. El año 2001, posee evento extremo superior a 44 mm, es el segundo valor en máximos anuales, y supera el umbral de número de días con precipitaciones.

En San Rafael, la mayor frecuencia de eventos extremos se produce en diciembre al comienzo del verano. Los años con eventos diarios más elevados se producen entre 1994 y 2002, el resto de los valores máximos diarios son menores y presentan un ritmo frecuente. La tendencia, de eventos diarios extremos y de número de días con precipitaciones, es creciente. La periodicidad de eventos extremos diarios tiende a ser más frecuente. Se destacan los años 1973, 1994, 2001 y 2002. El año 1973, posee algunas características analizadas: evento diario extremo, es un año extremo de precipitaciones y posee un evento con tres días seguidos de precipitaciones entre 100 mm y 140 mm. El año 1994, posee un evento extremo diario mayor, superior a 80 mm, posee tres días seguidos de precipitaciones entre 100 mm y 140 mm. El año 2001 presenta un máximo anual elevado y supera el umbral de número de días con precipitaciones, también posee tres días consecutivos con precipitaciones entre 100 mm y 140 mm. El año 2002, detenta el evento extremo máximo en una sucesión de días lluviosos superiores a 140 mm, supera el umbral de número de días con precipitaciones.

En Malargüe, los eventos extremos lluviosos se producen con mayor frecuencia en otoño, invierno y primavera. Los años con eventos diarios más elevados se producen en 2003 y 2004, el resto de los valores máximos diarios son similares a lo largo de todo el período, con una incidencia más frecuente a mediados de años '90 y en la década del 2000. La tendencia, de eventos diarios extremos es creciente debido a que el mayor valor se encuentra al final de la serie. La tendencia del número de días con precipitaciones, es estable. Los años extremos resultan: 1982, 1984, 1994, 2001, 2003, 2004 y 2006. El año 1982 posee un extremo anual correspondiente a días consecutivos con precipitaciones entre 100 y 130 mm. El año 1984, posee la mayor cantidad de días con precipitaciones y es un año lluvioso. El año 1994, posee un valor extremo de más de 80 mm. El año 2001 presenta la segunda máxima anual de precipitaciones y un evento superior a 65 mm, tiene días seguidos con precipitaciones que suman entre 100 y 130 mm. El año 2003 posee un evento extremo, pero es un año con pocas precipitaciones y poca cantidad de días con precipitaciones. El año 2004 posee una precipitación de más de 140 mm, y dos eventos extremos diarios, por lo tanto, el máximo anual, pero no supera el umbral de días con precipitaciones. El año 2006 posee 3 eventos extremos superiores a 65 mm y días seguidos con precipitaciones que pasan los 140 mm.



#### 4. Conclusiones:

Los resultados demuestran que la forma más adecuada de identificar precipitaciones extremas en un clima seco es considerar el 20 % de la precipitación anual en un día. Un día con este umbral de precipitación, si bien puede resultar no tan extremo en un clima más húmedo, en un ambiente seco, trae consecuencias para los cultivos y para el área habitada.

Al analizar eventos extremos de precipitaciones es conveniente tener en cuenta la información diaria como así también la cantidad de precipitaciones anuales y la cantidad de días con precipitaciones. La investigación demuestra que no hay coincidencias entre los años lluviosos en extremo y los años en que se producen eventos extremos diarios.

Los datos diarios sirven para observar los impactos directos de estas lluvias en el ambiente. Estas lluvias se convierten en peligros que afectan al área de oasis donde se asienta la mayor proporción de población. Las lluvias intensas provocan aluviones e inundaciones con daños en personas, viviendas y vehículos en toda el área de oasis.

Los datos anuales permiten identificar períodos más húmedos y consecuencias sobre los cultivos, sobre todo en relación a enfermedades criptogámicas, causadas por hongos patógenos que proliferan en condiciones de humedad. En las áreas urbanas, el problema se manifiesta en las construcciones, donde no se toman los recaudos necesarios para evitar la humedad sostenida en techos y paredes, frente a un contexto de clima seco con pocas y aisladas precipitaciones.

No siempre los eventos diarios extremos coinciden con años más lluviosos o años con lluvias más frecuentes, definidos por la mayor cantidad de días con precipitaciones.

La tendencia de extremos es dispar en los distintos oasis. La tendencia se manifiesta creciente en el caso de las precipitaciones anuales de Mendoza, San Martín y Malargüe. En San Rafael son levemente decrecientes. En los eventos extremos diarios, hacia el oasis sur son crecientes, no así en el oasis norte donde en San Martín se mantienen con una tendencia estable y en Mendoza decreciente. En relación al número de días con precipitaciones al año, en Mendoza y San Rafael son crecientes, pero en San Martín y Malargüe se mantiene en forma estable.

En un período de 41 años estudiados se observan ciclos, sobre todo, en las precipitaciones de Mendoza, San Martín y San Rafael. Se recomienda un estudio de tendencia en relación a estos ciclos de precipitaciones, el cálculo de tendencia lineal no resulta significativo en este tipo de clima. Se propone como futuro trabajo de investigación identificar ciclos húmedos y secos en las precipitaciones anuales.

Todas estas características demuestran la conveniencia de utilizar en forma complementaria datos diarios y anuales en el estudio de eventos extremos.

#### Referencias Bibliográficas:

- Albiol, C. (2014) Análisis de las precipitaciones de Mendoza entre 1970 y 2010: variabilidad, tendencia y comportamiento cíclico. X Jornadas Nacionales de Geografía Física, Malargüe. Instituto de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo, Red Argentina de Geografía Física. Mendoza. Argentina.
- Albiol, C. (2017) La variabilidad de las precipitaciones en los oasis mendocinos del norte y del sur. Análisis de las estaciones meteorológicas de Mendoza, San Martín, San Rafael y Malargüe, entre 1970 y 2010. Tesis de doctorado en proceso de evaluación. Carrera de Doctorado en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina. 389 pp.

- Ávila, P. (2012) Análisis del comportamiento de eventos extremos de precipitación en la zona centro y sur de Chile Continental. Universidad de Barcelona. Barcelona.
- Ayoade, J. (1996) Introdução à Climatologia para os trópicos. 4ª ed., Río de Janeiro, Brasil: Bertrand, pp.332. ISBN 85-286-0427-6
- Barros, V. (2004) Segundo informe al proyecto de la Agencia Ambiental de Argentina, componente Cambio Climático. Fundación Torcuato Di Tella, pp.25.
- Capitanelli, R. (edición facsimilar 2005) Climatología de Mendoza. Mendoza: Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo. Colección Cumbre Andina. Primera edición 1967, pp 443. ISBN 987-575-023-9
- Carvalho, L., Jones, Ch. & Liebmann, B. (2002). Extreme precipitation events in Southeastern South America and large-scale convective patterns in the South Atlantic Convergence Zone. *Journal of Climate*, 15, pp. 2377-2394.
- Cuadrat, J.& Pita, M. (2011) Climatología. Madrid: Cátedra, 6ª edición, pp.496.
- IPCC, (Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático), (2007) Cambio Climático 2007. Cuarto informe de evaluación. Ginebra. Recuperado de: [www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)
- Matías Ramírez, L., Oropeza Orozco, O., Lugo Hubp, J., Cortez Vázquez, M. & Jáuregui Ostos, E. (2007). Análisis de las principales causas de las inundaciones de Setiembre de 2003 en el sur del estado de Guanajuato, México. *Investigaciones Geográficas (mx)*, 64, pp. 7-25.
- Peña, F., Tavares, C. & Mardones, M. (1993). Las condiciones climáticas como factor de riesgo en la comuna de Talcahuano. *Revista de Geografía de Chile Terra Australis* 38, pp. 83-107.
- Servicio Meteorológico Nacional, (SMN), República Argentina. Servicios climáticos. Recuperado de: <http://www.smn.gov.ar/serviciosclimaticos>.