



**CENTRO TECNOLÓGICO  
DE HIDROLOGÍA AMBIENTAL**

**UNIVERSIDAD DE TALCA**



Organización  
de las Naciones Unidas  
para la Educación,  
la Ciencia y la Cultura



Cátedra UNESCO en Hidrología de Superficie:  
Investigación, Conocimiento y Difusión en  
Escenarios de Incertidumbre Climática  
Universidad de Talca, Chile

# **Eventos extremos y agresividad climática en Chile: ¿cómo está cambiando?**

**Dra. CLAUDIA SANGÜESA POOL**

**Seminario  
Desastres Naturales Relativos al Agua:  
¿Evidencias de mayor frecuencia?**

**Santiago, 9 de marzo de 2019**

# 1. Introducción

La precipitación:

- ▶ Es el principal aporte hídrico de una cuenca
- ▶ Presenta una alta variabilidad geográfica en el país
- ▶ Presenta una alta variabilidad en el tiempo
- ▶ Es la responsable de desastres naturales: sequía e inundaciones



# 1. Introducción

- ¿Cómo se comporta la precipitación en diferentes escalas temporales?
- La concentración de las precipitaciones ha tenido variación en el tiempo?
- ¿Han cambiado las intensidades máxima de lluvia?
  - Anual
  - Mensuales
  - Diarios
  - Horarios
  - Sub-horarios

## 2. Metodología

Se analizó el comportamiento de la precipitación en diferentes niveles de agregación temporal:

Índice de Gini e ICP  
1970 – 2016  
Coquimbo a Araucanía  
Pp diaria y mensual

Base de datos de la DGA

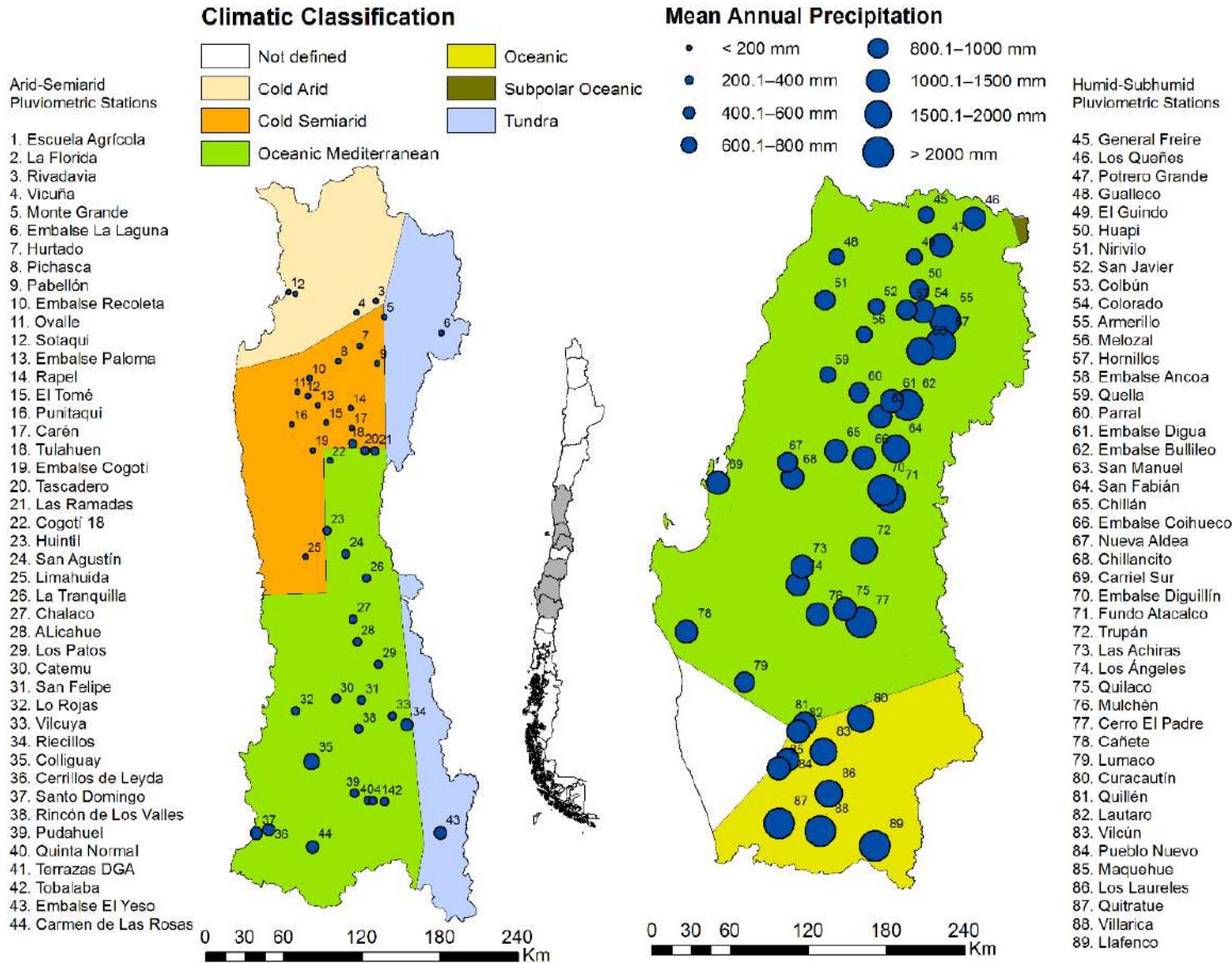
Imáx 15min a 24h  
1974 – 2009  
R. del Maule

Bandas pluviográficas  
DGA y DMC

Eventos de Pp  
1982 - 2009  
Potrero Grande

Bandas pluviográficas  
DGA

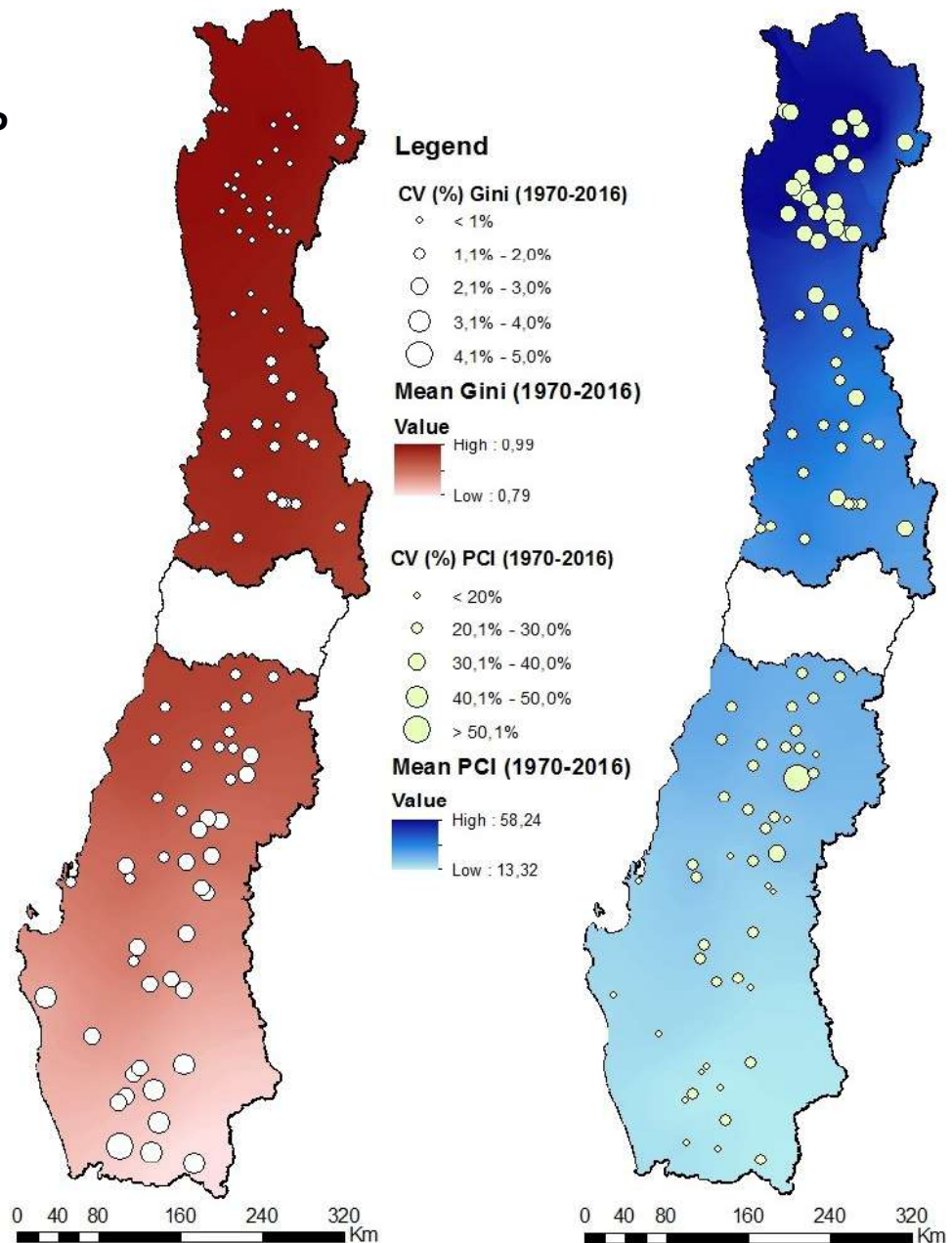
## 1.1. Metodología



## 1.2. Resultados

# 1. Comportamiento de la Concentración de Lluvias

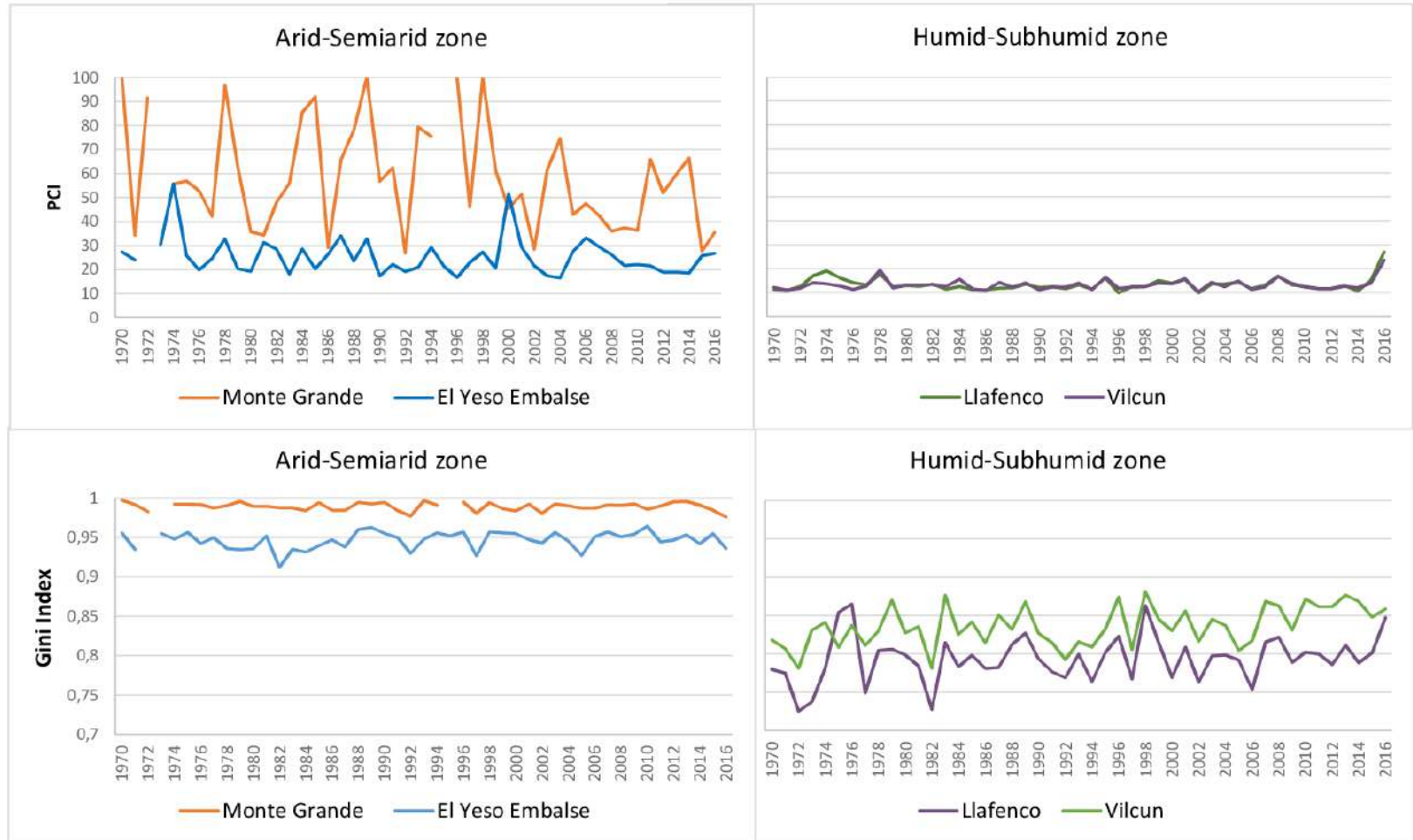
Valor promedio de los coeficientes de Gini y de ICP para el periodo estudiado (1970-2016) en la zona árida-semiárida y húmeda-subhúmeda



## 2.2. Resultados

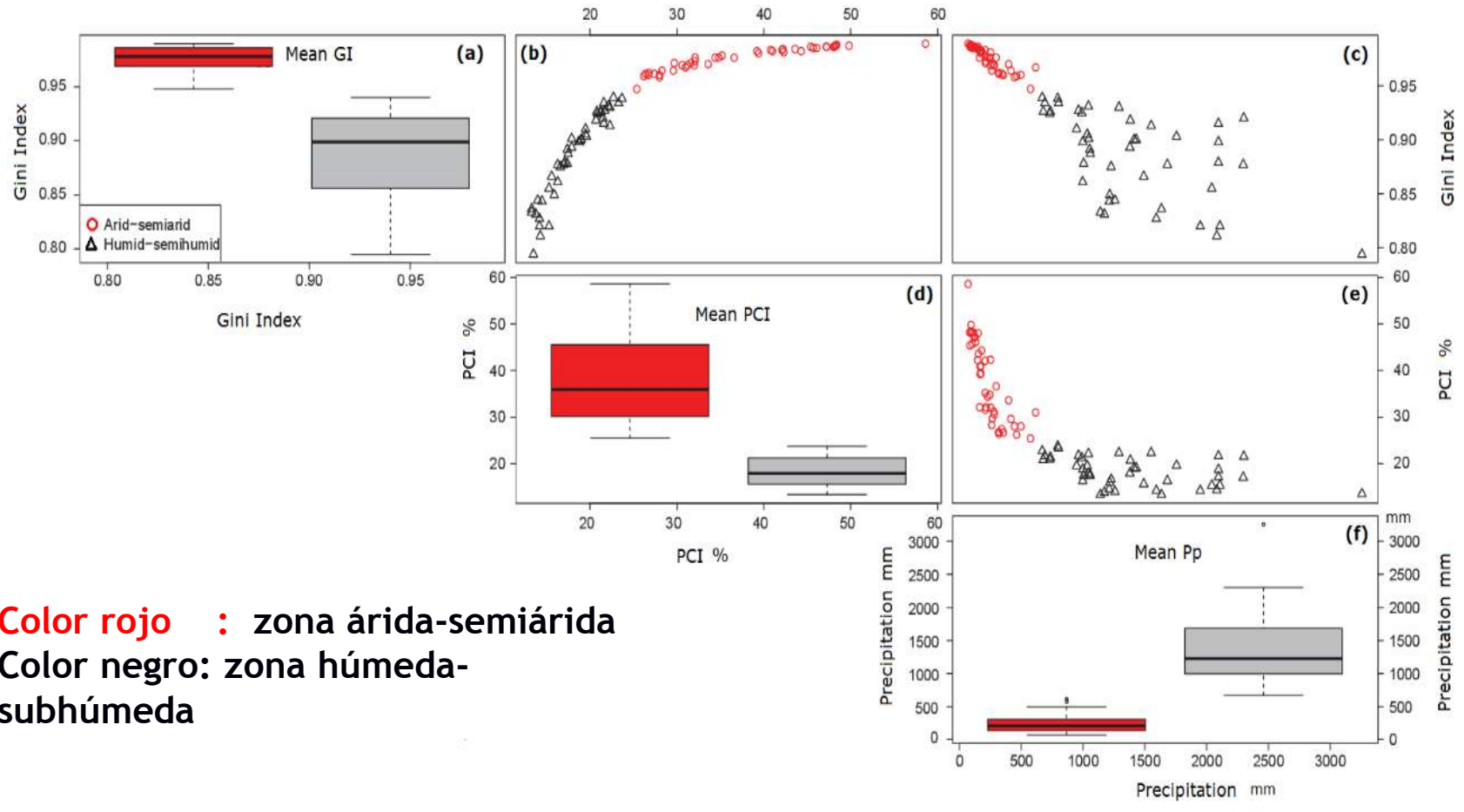
### 1. Comportamiento de la Concentración de Lluvias

Valores de a) PCI para 2 estaciones de la zona Árida-Semiárida y 2 de la zona Húmeda-Subhúmeda; b) GINI para 2 estaciones de la zona Árida-Semiárida y 2 de la zona Húmeda-Subhúmeda.



## 2.2. Resultados

Relación de la media del coeficiente de Gini e ICP respecto a las precipitaciones medias anuales para cada zona de estudio en el periodo 1970-2016.



**Color rojo** : zona árida-semiárida  
**Color negro:** zona húmeda-subhúmeda

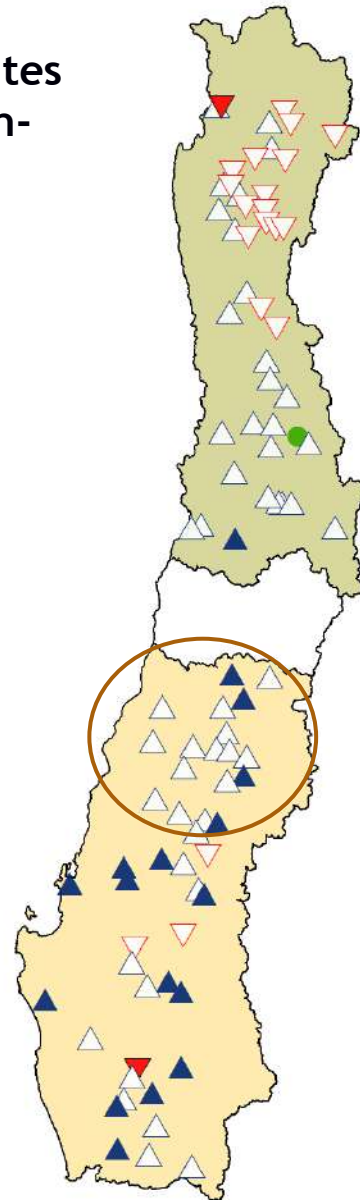


## 1.2. Resultados

# 1. Comportamiento de la Concentración de Lluvias

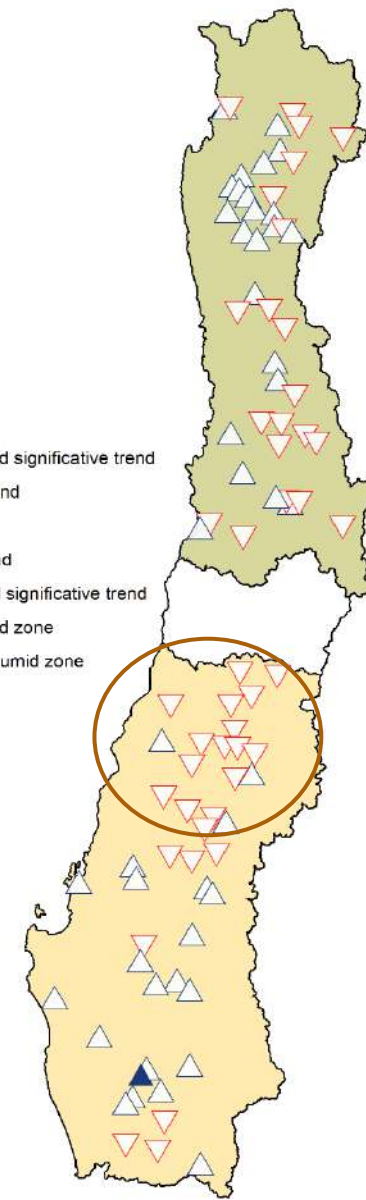
Tendencias de los coeficientes de Gini y de ICP según Mann-Kendall

Gini Trends (1970–2016)



0 40 80 160 240 320 Km

PCI Trends (1970–2016)



0 40 80 160 240 320 Km

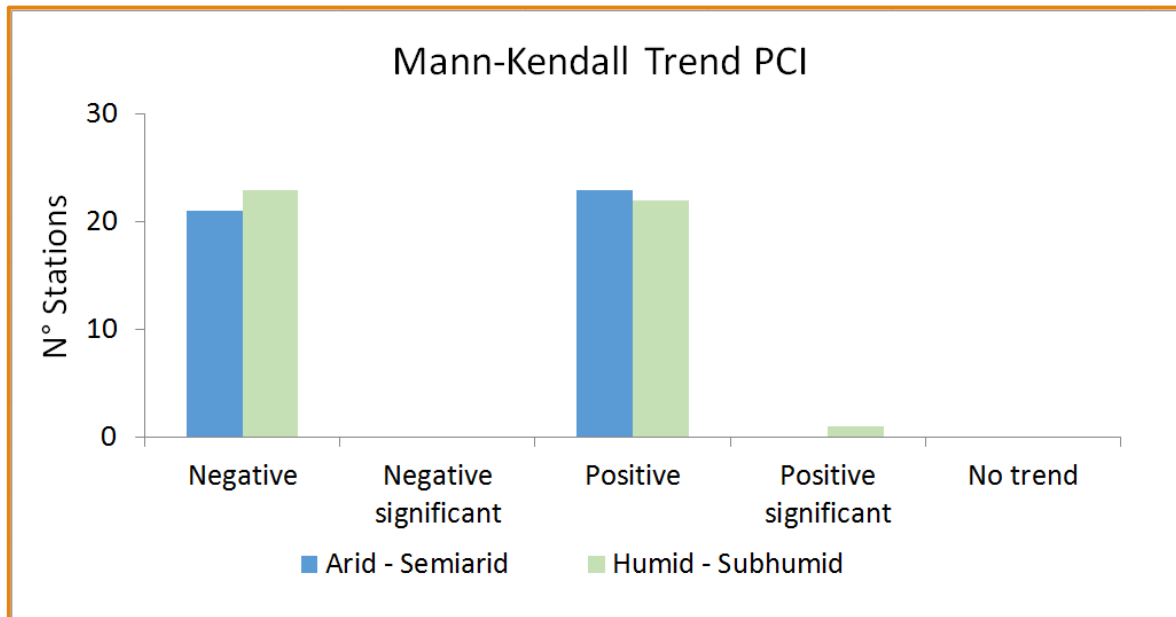
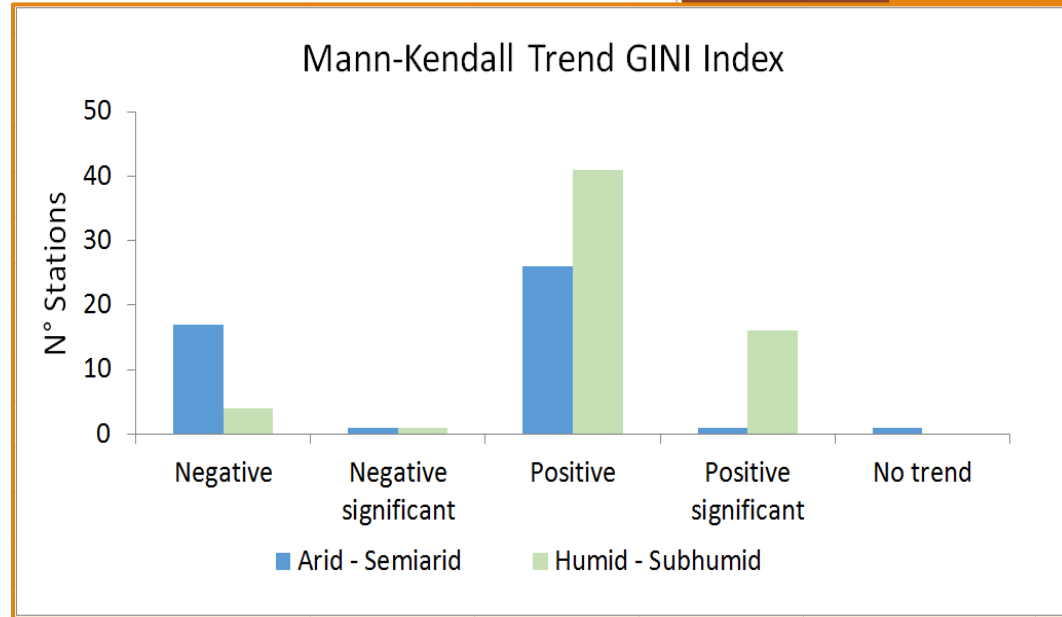
### Legend

- ▼ Negative and significant trend
- ▽ Negative trend
- No trend
- △ Positive trend
- ▲ Positive and significant trend
- Arid-semiarid zone
- Humid-subhumid zone

## 1.2. Resultados

### 1. Comportamiento de la Concentración de Lluvias

Valor porcentual de las tendencias para los coeficientes de Gini y de ICP según Mann-Kendall



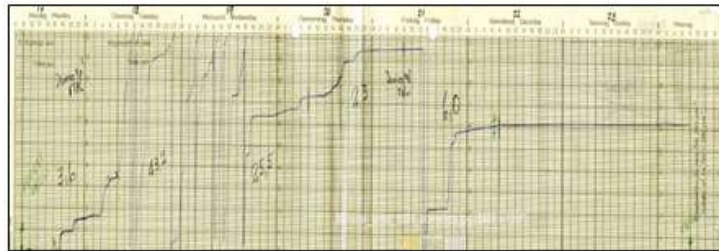
II. Comportamiento espacial y temporal de las intensidades máximas de precipitación para duraciones desde 15 minutos a 24 horas.

## 2.1. Metodología

- Se obtuvieron las Intensidades máximas anuales para duraciones desde 15min a 24h
- A partir de las bandas pluviográficas de estaciones de la DGA y de la DMC
- 11 estaciones pluviográficas de la R. del Maule
- Para el periodo 1974 – 2009

# 2.1. Metodología

## Obtención de información de la bandas pluviográficas



a)



b)

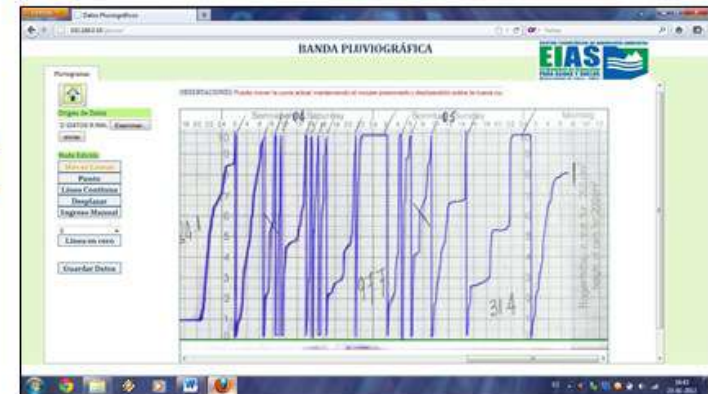


c)



d)

e)



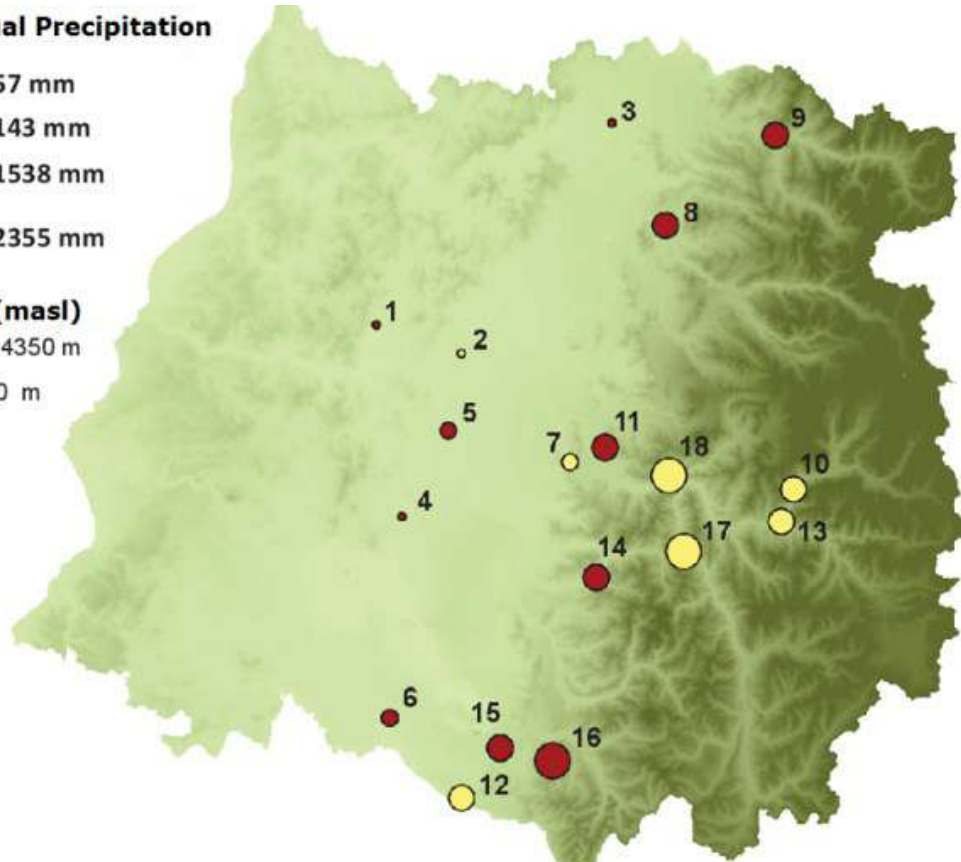
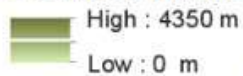
	PRECIPITACIÓN								
AÑOS	15 min	30 min	45 min	1h	2h	4h	6h	12h	24h
1969	8,4	8,4	8,4	7,5	10,0	14,4	15,5	18,5	23,4
1970	6,8	7,1	9,1	12,0	19,0	29,8	41,0	77,0	93,2
1971	8,4	10,1	10,1	20,0	33,3	35,5	47,5	83,7	112,1
1972	9,9	10,5	19,5	20,1	37,9	58,9	71,4	118,8	206,8
1974	9,7	7,1	9,1	16,8	26,2	29,8	59,6	96,3	116,2
1975	9,5	14,9	16,3	20,6	28,5	43,1	57,0	84,2	131,9
1976	9,8	9,9	10,9	17,3	31,0	31,6	44,0	71,3	97,9
1977	9,0	9,5	9,8	16,4	26,4	41,8	57,6	85,3	95,7
1978	9,6	10,1	16,7	14,9	23,0	51,6	60,2	85,3	145,4
1979	8,1	9,0	10,9	18,1	25,6	35,7	48,0	76,6	98,4
1980	9,7	9,7	18,6	18,6	24,6	46,7	62,4	111,6	136,1
1981	9,9	15,4	15,6	20,0	30,0	48,8	60,0	76,3	89,7

## 2. Comportamiento de $I_{max}$ 15 min a 24 h

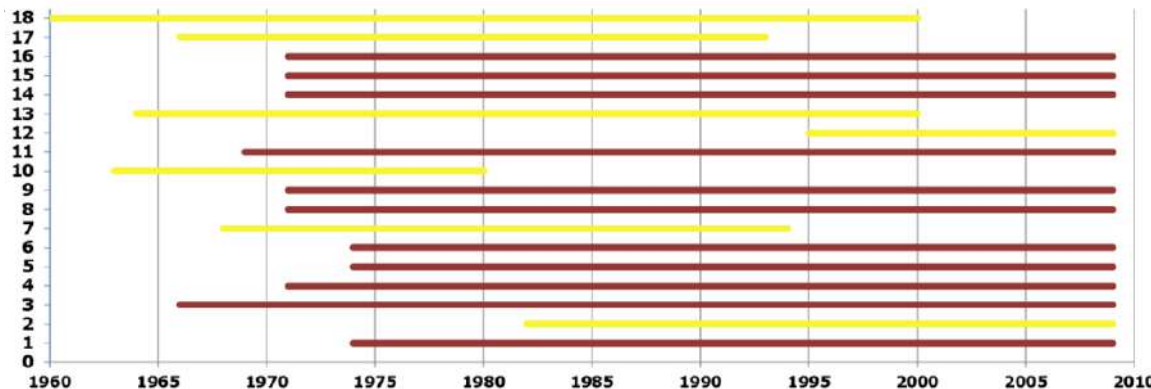
### Mean Annual Precipitation



### Elevation (masl)

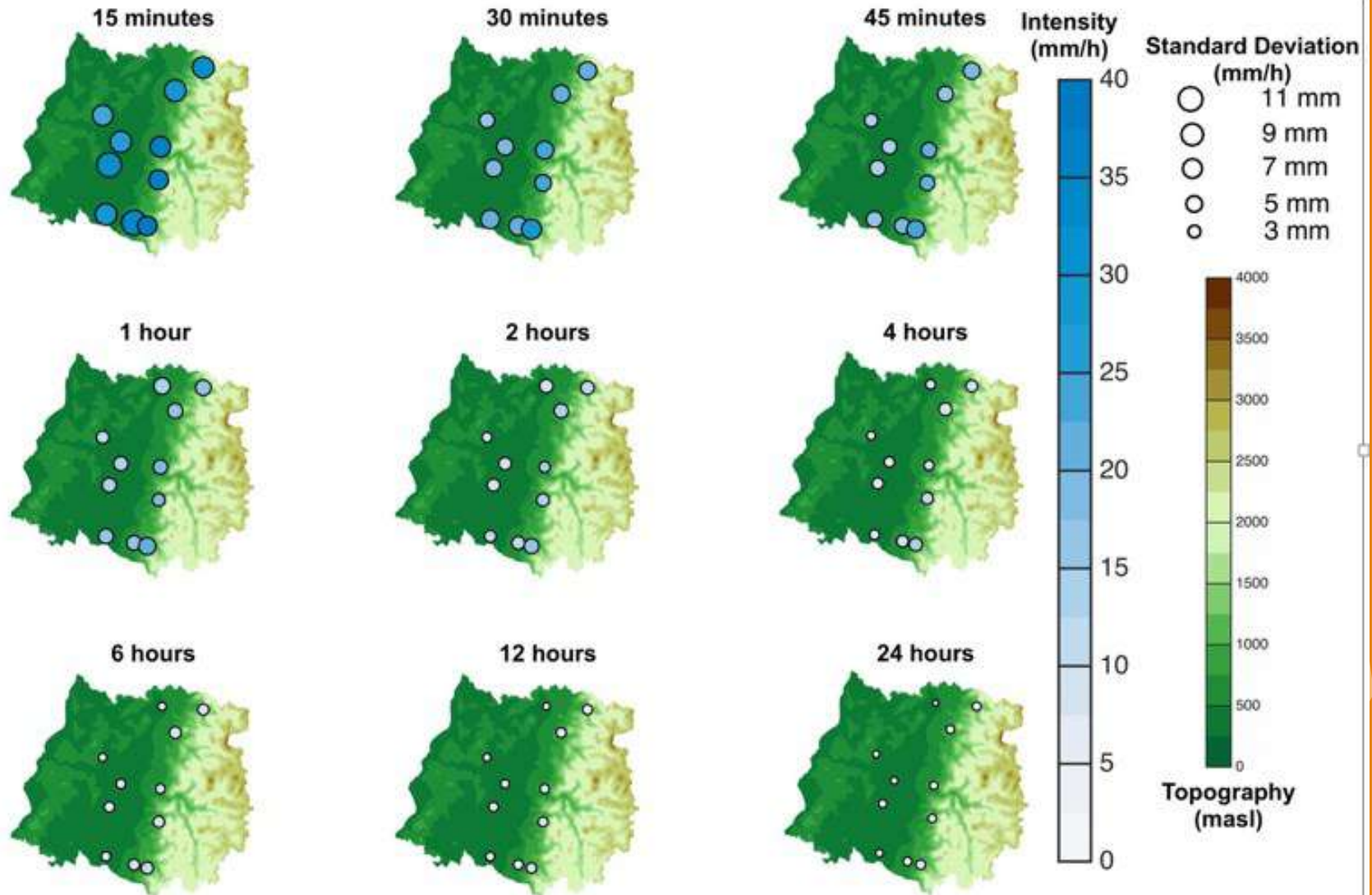


- 1: Pencahue
- 2: Talca
- 3: Curicó
- 4: Melozal
- 5: San Javier
- 6: Parral
- 7: El Lirio (Colbún)
- 8: Potrero Grande
- 9: Los Queñes
- 10: Desagüe Laguna Invernada
- 11: Colorado
- 12: San Manuel en Perquil.
- 13: Casa Maquinista
- 14: Ancoa Embalse
- 15: Digua Embalse
- 16: Bullileo Embalse,
- 17: Melado en la Lancha
- 18: Armerillo



## 1.2. Resultados

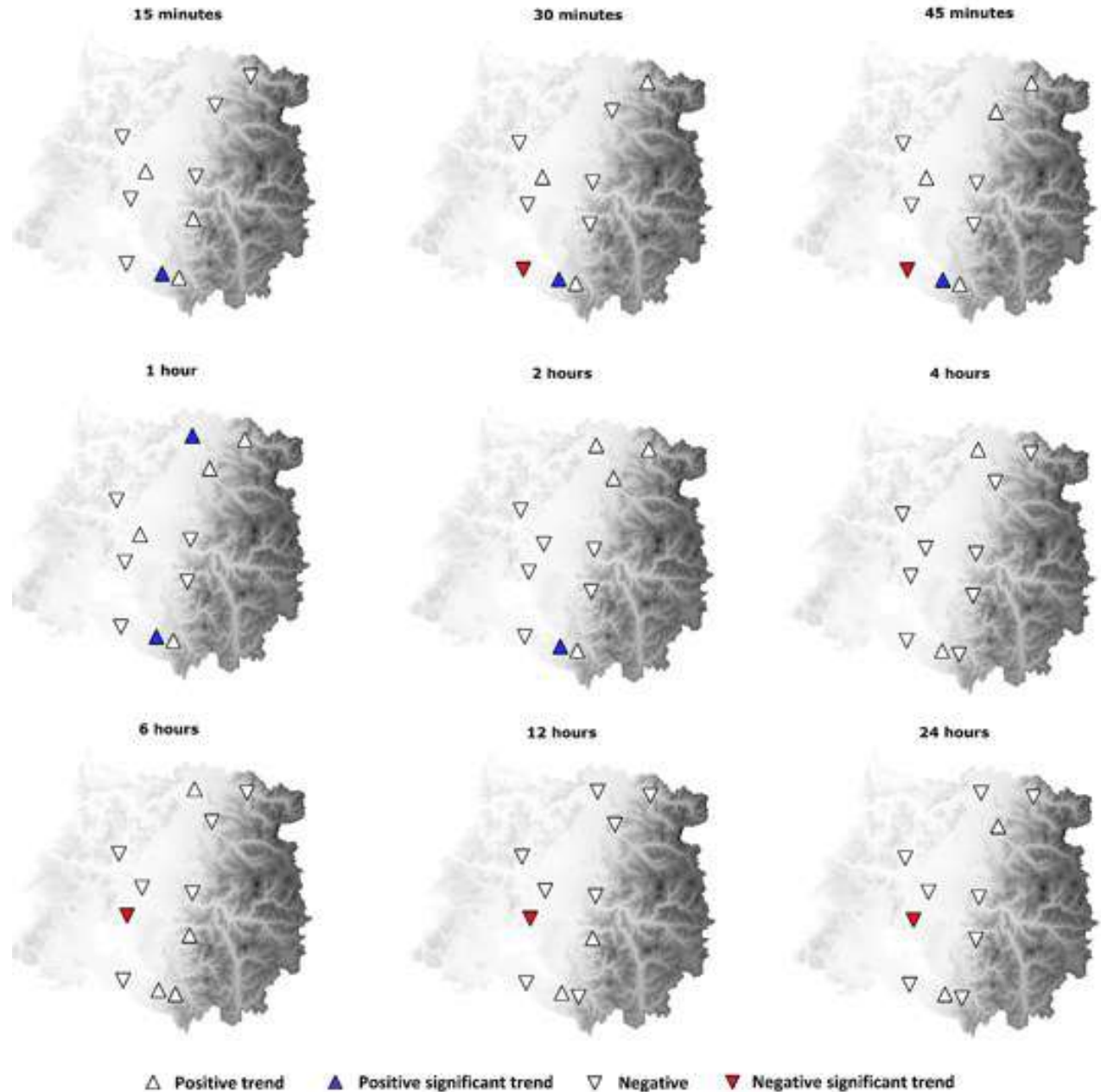
Intensidad máxima anual de precipitación para distintas duraciones en valores medios y desviación estándar respectiva, entre los años 1974 - 2009.



# 1.2. Resultados

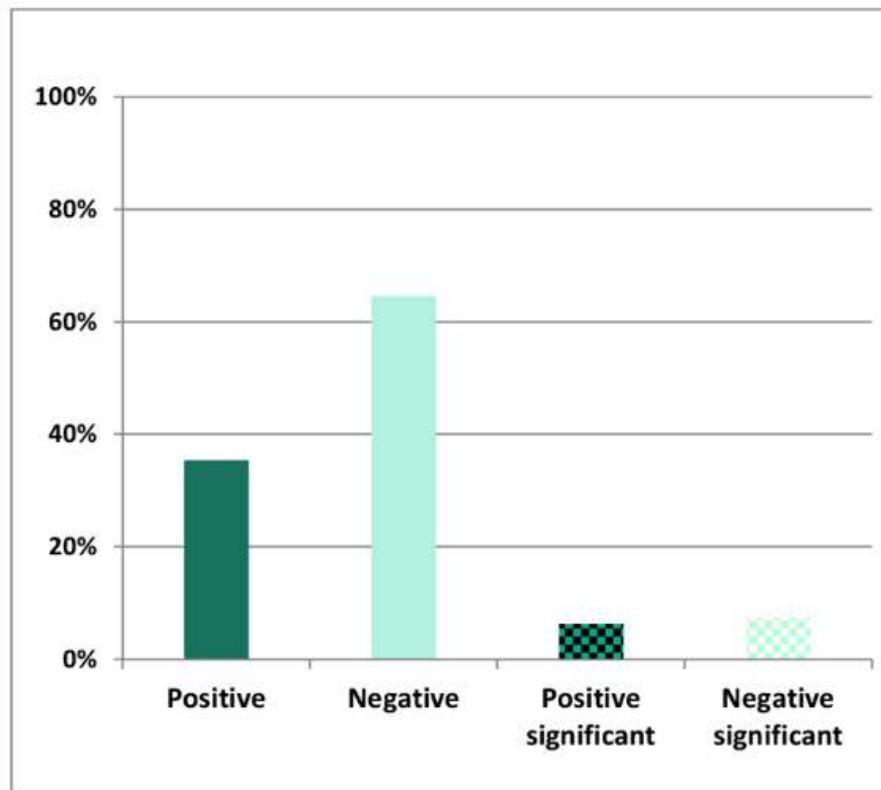
## 2. Comportamiento de $I_{max}$ 15 min a 24 h

Mapa de tendencia (Mann Kendall) de intensidades máximas de precipitación para distintas duraciones



### 1.2. Resultados

Valor porcentual de las tendencias para todas las series analizadas

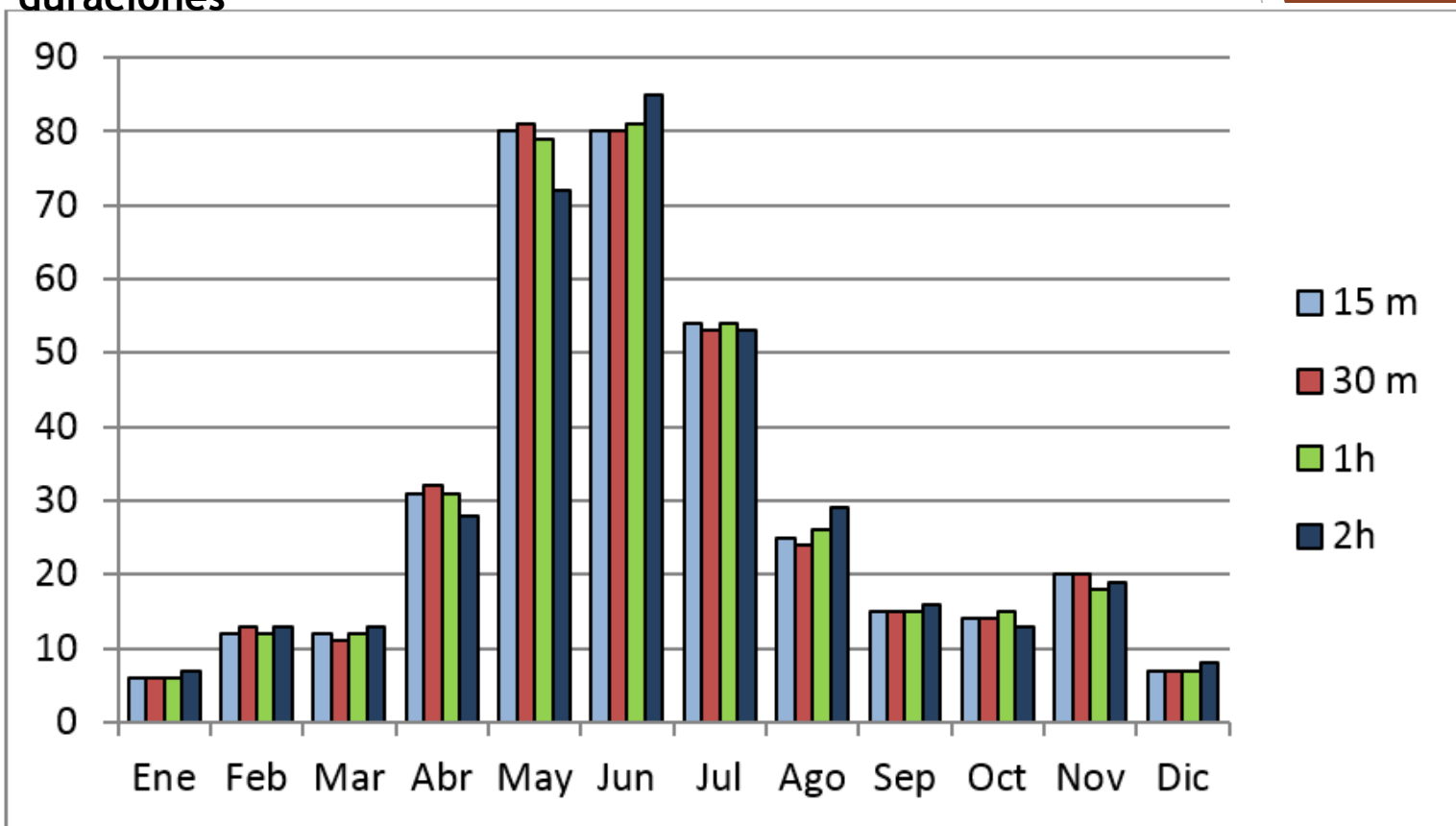




## 1.2. Resultados

## 2. Comportamiento de $I_{max}$ 15 min a 24 h

Frecuencia de ocurrencia de las intensidades máxima anual de todas las estaciones analizadas para distintas duraciones



### 3. Análisis de eventos de precipitación en la estación Potrero Grande, periodo 1982 - 2009



### 3.1. Metodología

Se definieron los eventos con los siguientes criterios:

- Mínimo tiempo sin lluvia de 24 h
- Precipitación acumulada mayor a 5 mm,
- Precipitación de a lo menos 1 mm en 30 minutos



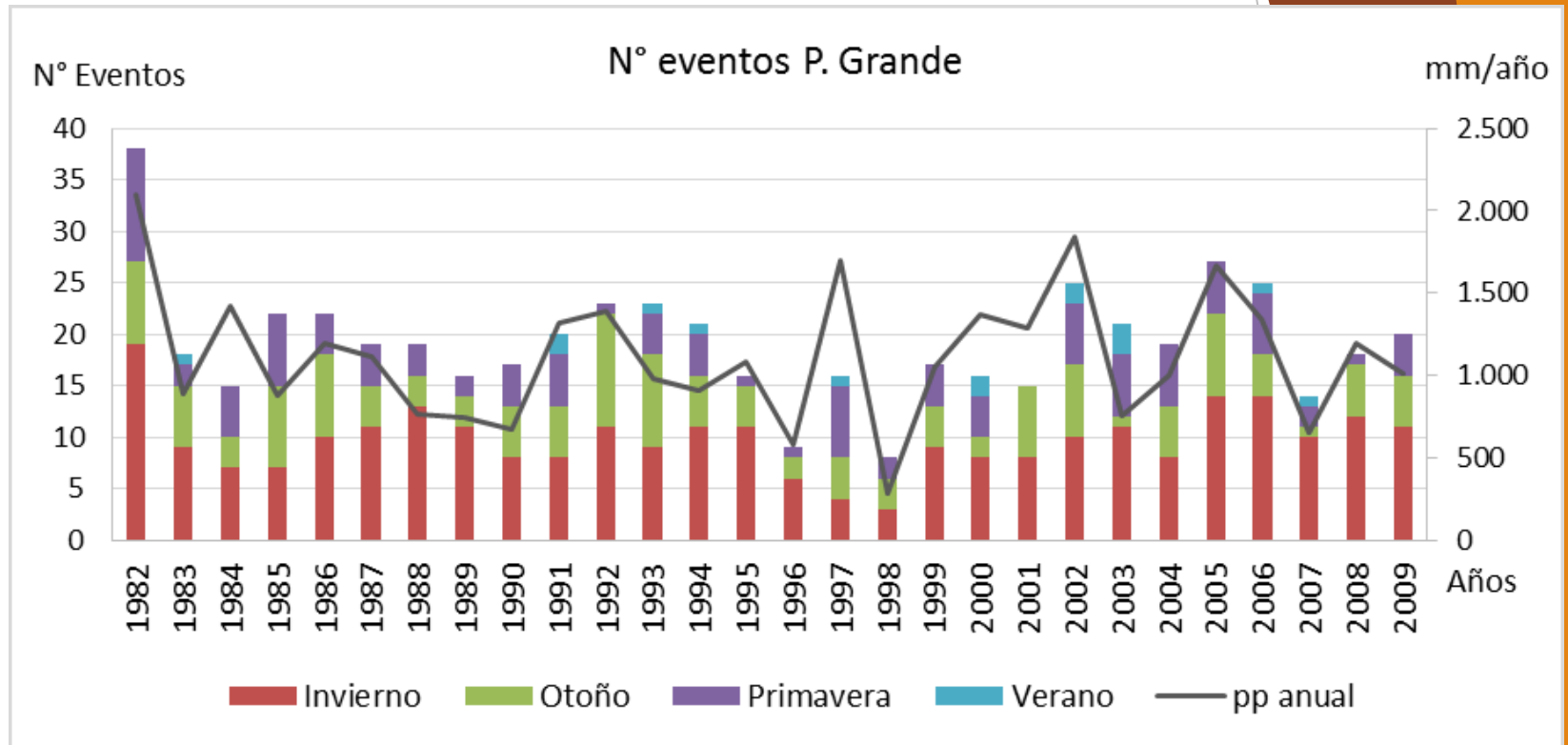
- N° eventos/año
- Duración del evento
- Pp de cada evento
- Intensidad media del evento

- Intensidades máxima para duraciones de 15 min hasta 24 h
- Eventos extremos



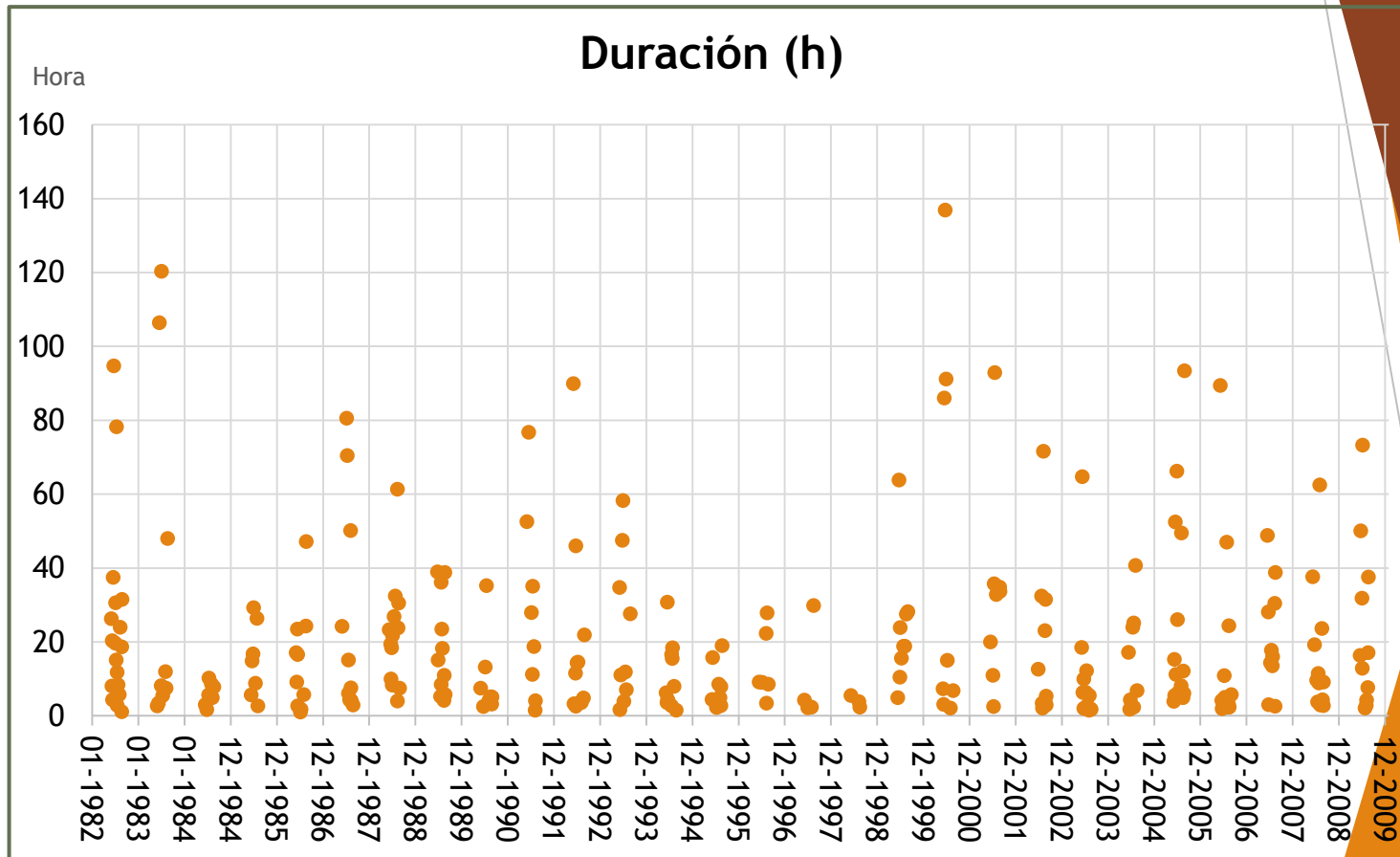
- Análisis estadístico descriptivo
- Análisis de tendencia Mann-Kendall

## 3.2. Resultados

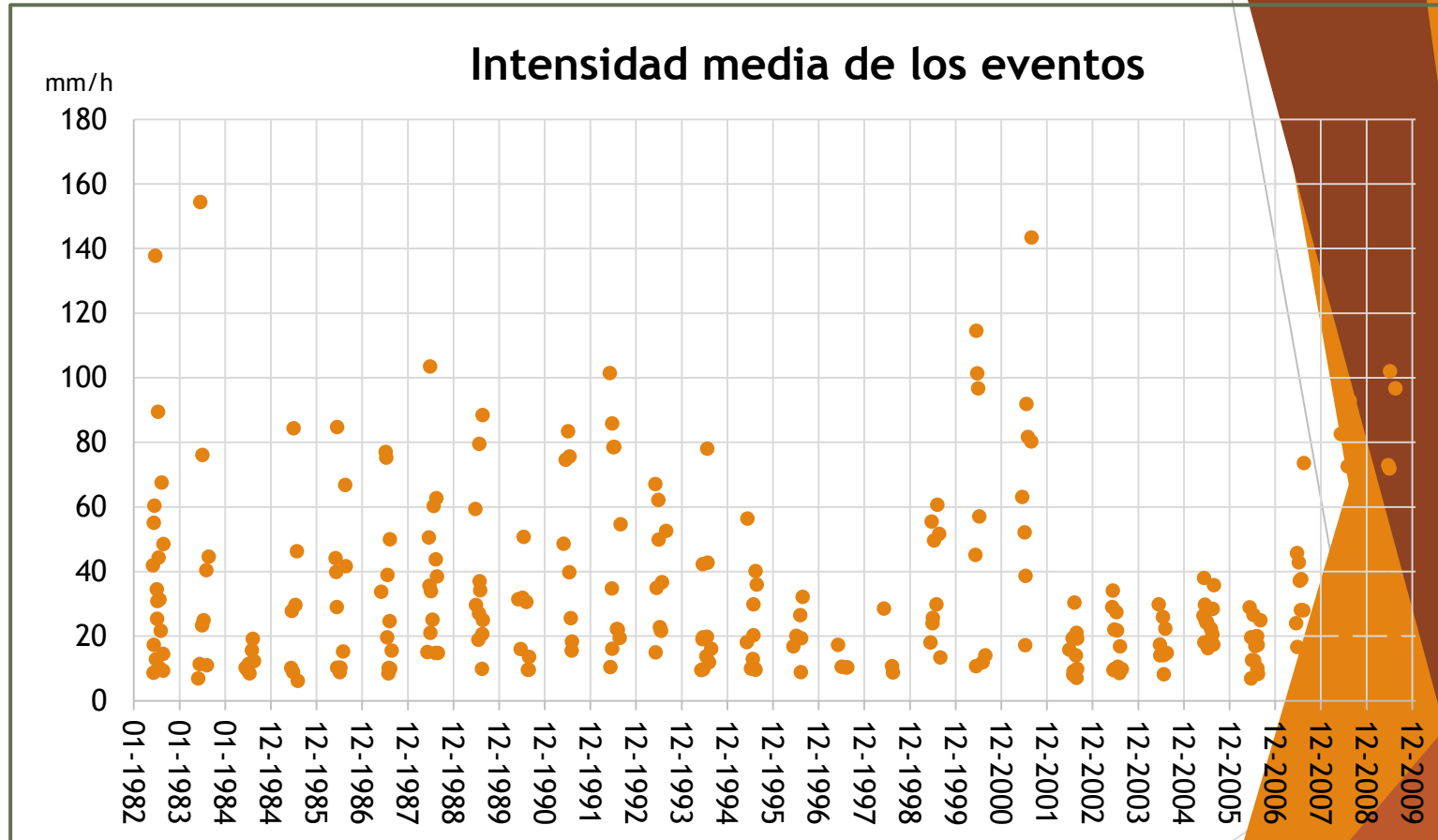


	N° Eventos	
Invierno	273	51%
Otoño	140	26%
Primavera	111	21%
Verano	15	3%
<b>Total</b>	<b>539</b>	<b>100%</b>

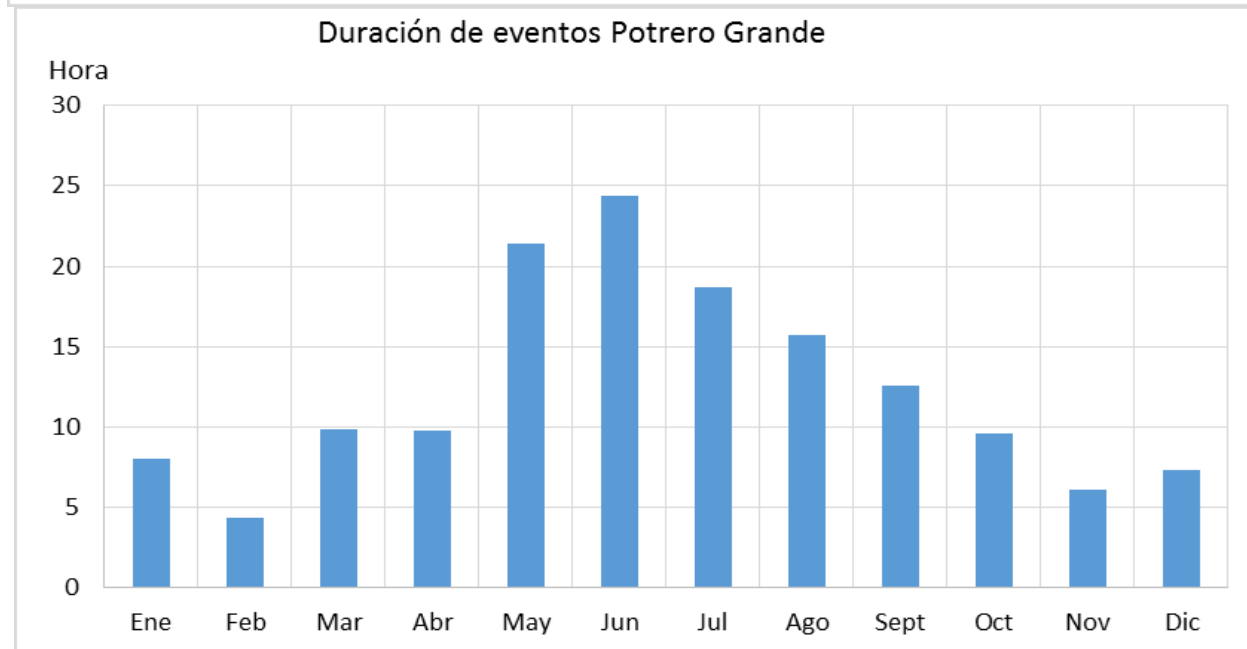
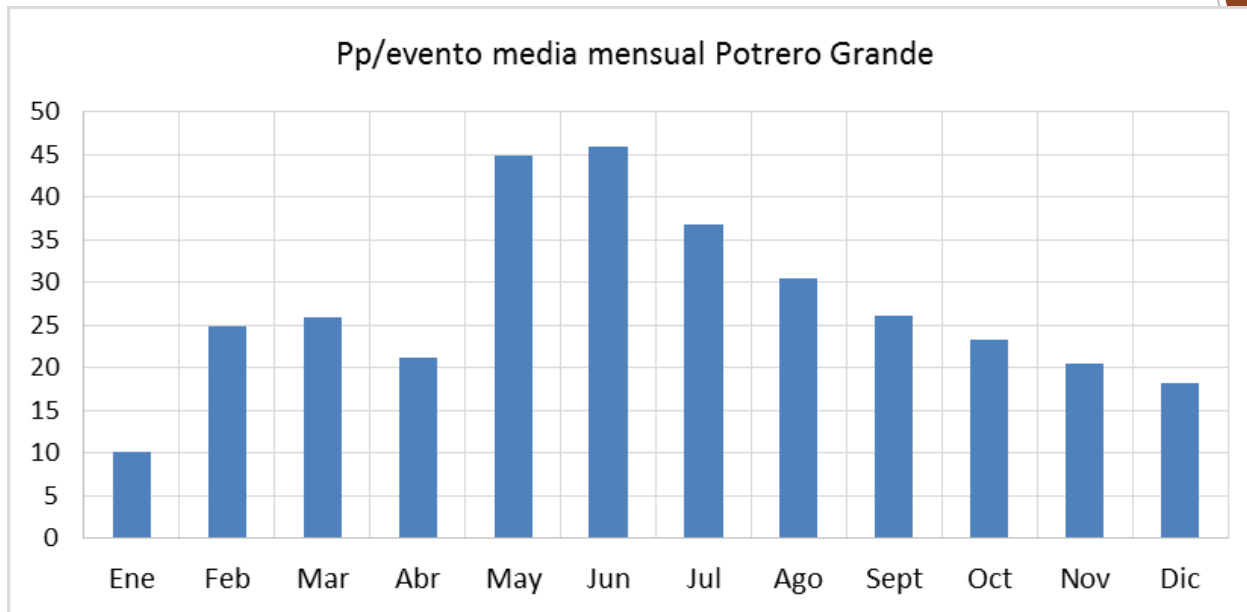
## 3.2. Resultados



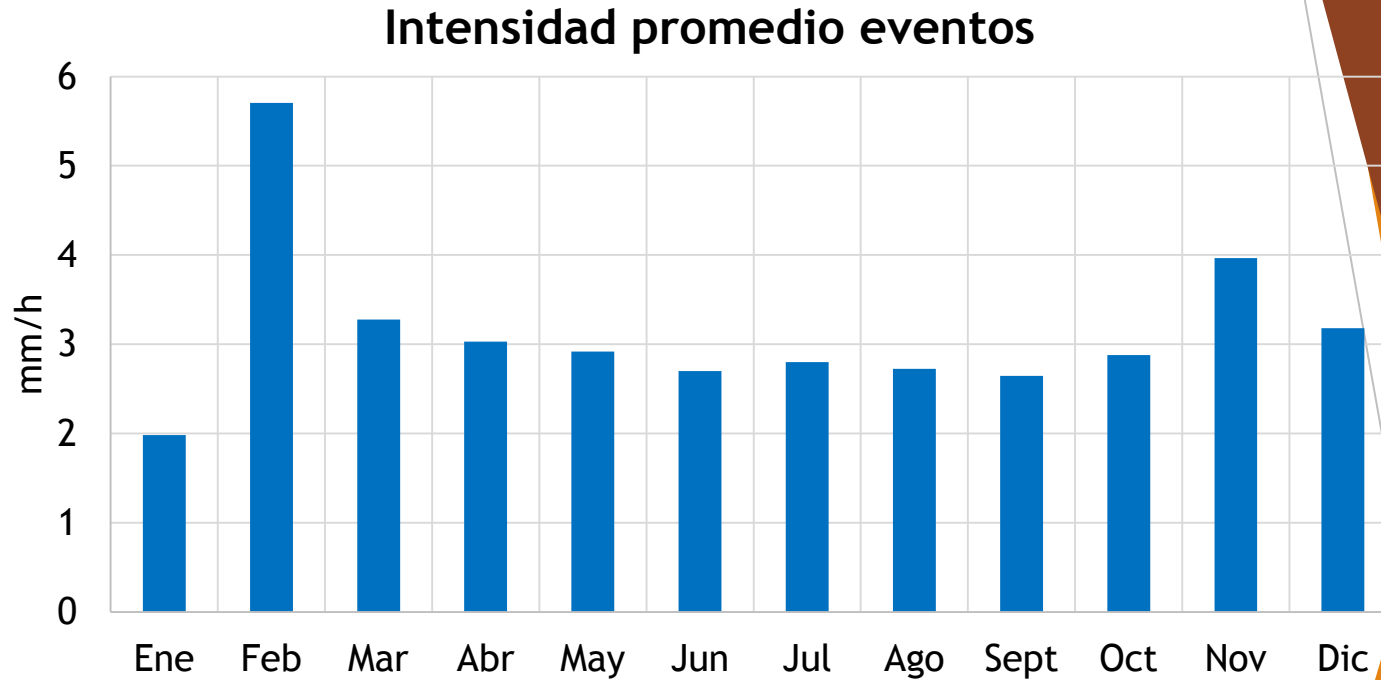
## 3.2. Resultados



## 3.2. Resultados



## 3.2. Resultados

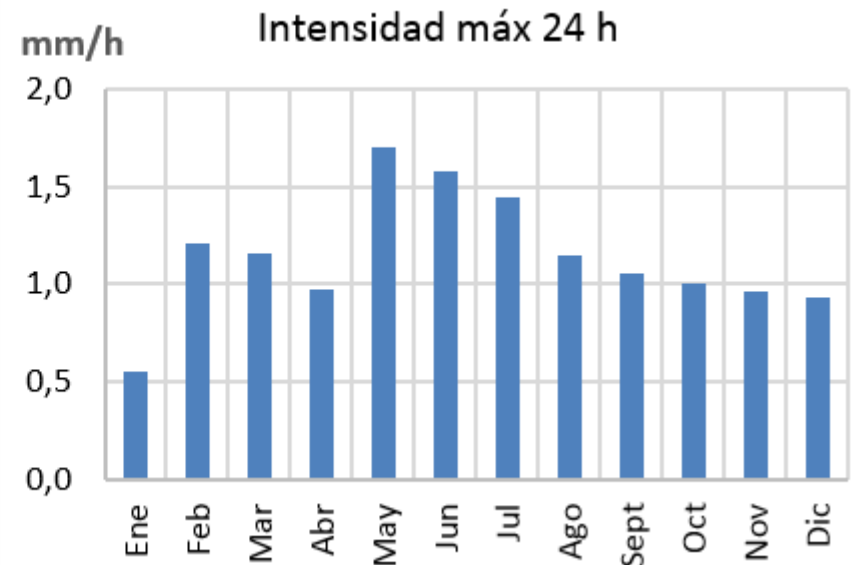
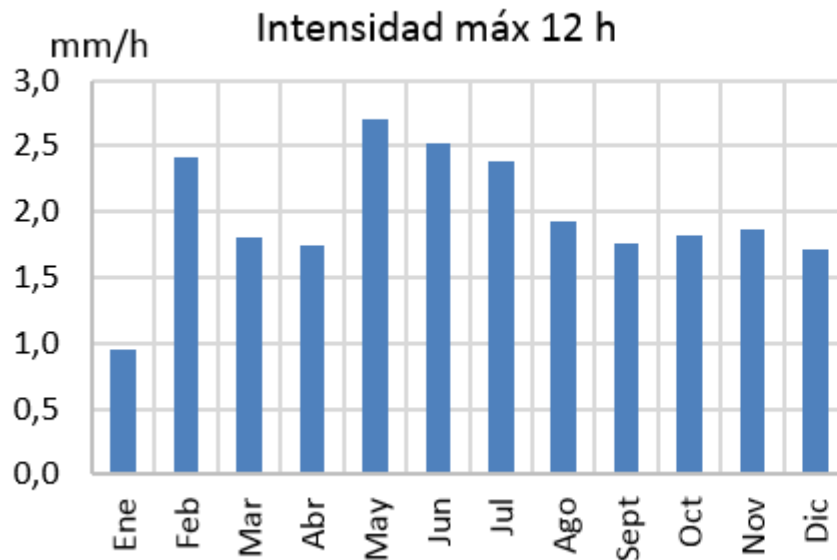
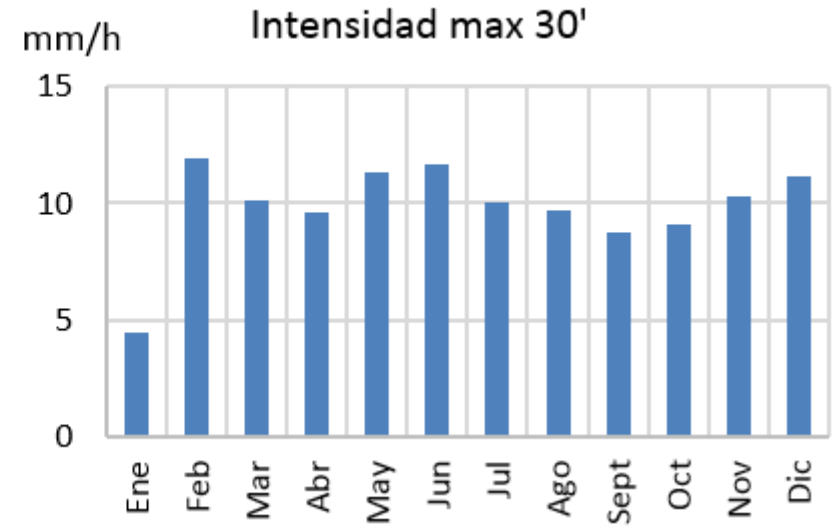
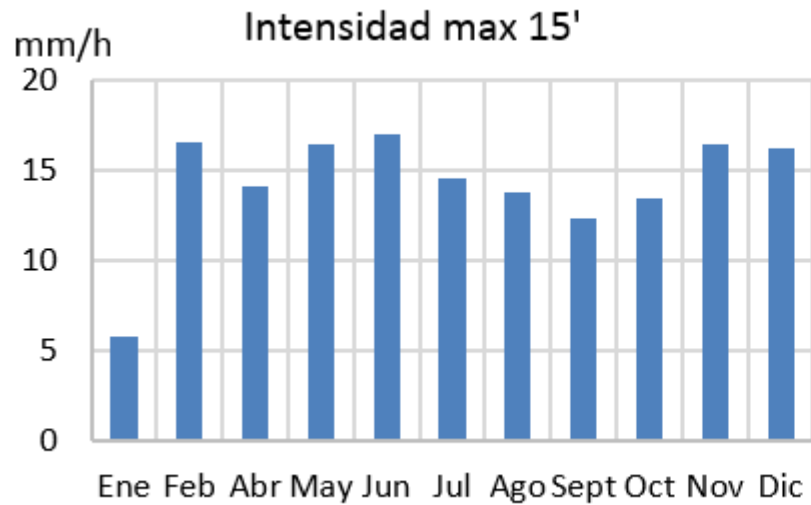


N° eventos

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
3	5	18	42	79	90	90	94	53	44	14	7



## 3.2. Resultados



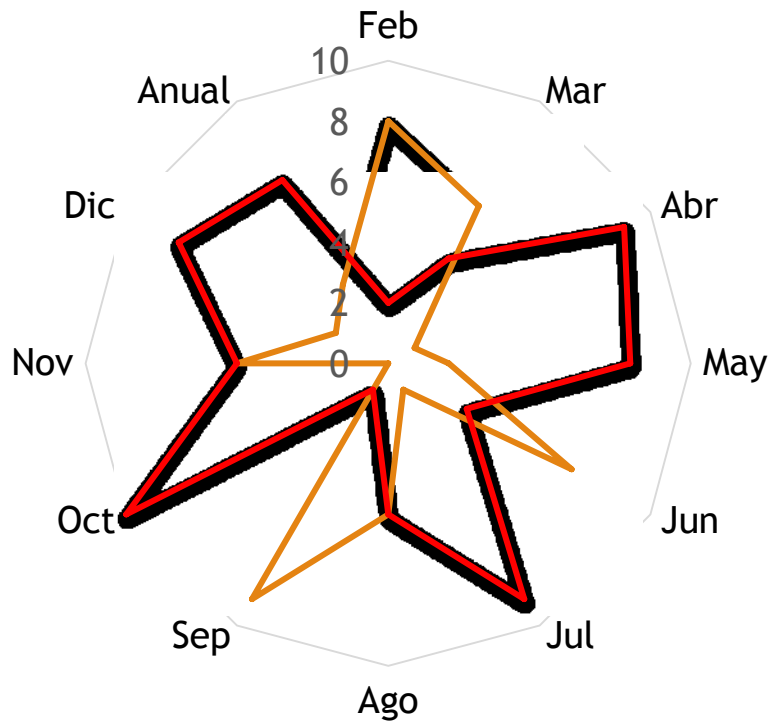
## 3.2. Resultados

### Tendencias mensuales Mann-Kendall

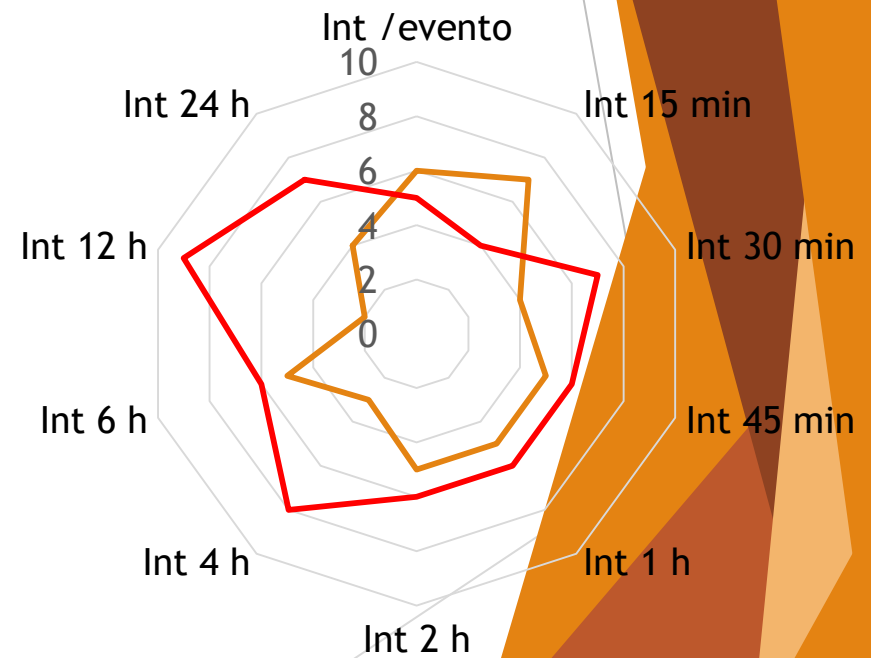
	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anua l	N° +	N° -
N° eventos	-	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-	6	5
Pp total evento	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	3	8
Durac. evento	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	6	5
Int /evento	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	6	5
Int 15 min	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	7	4
Int 30 min	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	4	7
Int 45 min	+	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	5	6
Int 1 h	+	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	5	6
Int 2 h	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	5	6
Int 4 h	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	3	8
Int 6 h	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	5	6
Int 12 h	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	2	9
Int 24 h	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	4	7
N° +	10	7	4	3	8	2	8	10	1	6	2	4		
N° -	3	6	9	10	5	11	5	3	12	7	11	9		

### 3.2. Resultados

## Tendencias mensuales Mann-Kendall



— Tendencia positiva



## 3.2. Resultados

## Tendencias estacionales Mann-Kendall

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	N° +	N° -
Durac. evento	-	-	-	-	0	4
Pp total evento	-	-	+	+	2	2
Int 15 min	+	+	+	+	4	0
Int 30 min	+	+	+	+	4	0
Int 45 min	+	+	+	+	4	0
Int 1 h	+	+	+	+	4	0
Int 2 h	+	+	+	+	4	0
Int 4 h	+	+	+	+	4	0
Int 6 h	+	+	+	+	4	0
Int 12 h	+	+	+	+	4	0
Int 24 h	+	+	+	+	4	0
Int /evento	+	+	+	+	4	0
N° +	10	10	11	11		
N° -	2	2	1	1		

## 3.2. Resultados

### Tendencias estacionales Mann-Kendall para eventos extremos

	Otoño	Invierno	Primavera	Anual	N° +	N° -
Duración evento	-	+	-	-	1	3
Pp total evento	+	+	-	-	2	2
Int 15 min	+	+	-	+	3	1
Int 30 min	+	+	-	+	3	1
Int 45 min	+	+	+	+	4	0
Int 1 h	+	+	-	+	3	1
Int 2 h	-	-	-	-	0	4
Int 4 h	-	+	-	-	1	3
Int 6 h	-	+	-	-	1	3
Int 12 h	-	+	-	-	1	3
Int 24 h	+	+	-	-	2	2
Int /evento	+	-	+	+	3	1
N° +	7	10	2	5		
N° -	5	2	10	7		

### Conclusiones

#### Concentración de precipitaciones

La zona árida-semiárida la precipitación presenta una mayor concentración tanto en la escala diaria como mensual.

Para el Índice de **Gini** existe una dominancia de las tendencias positivas, tanto para la zona árida-semiárida (59,1% de las estaciones) y húmeda-subhúmeda (91,1% de las estaciones), aunque en su mayoría no son significativas.

Para el **ICP**, sólo la zona árida-semiárida presenta tendencias positivas (con un 52,3% de las estaciones), mientras que la zona húmeda-subhúmeda presenta tendencias negativas en 51,1% de las estaciones, aunque no se evidencian tendencias negativas significativas.

## Conclusiones

### Intensidades Máximas de Precipitación

Las intensidades de precipitación en la región del Maule presentan tendencias en su mayoría negativas no-significativas en un número relevante. las intensidades en el lapso comprendido entre 1974 y 2009.

Para duraciones mayores a 4 horas se observa una mayor tendencia negativa en las Intensidades máximas anuales (77% de las series)

Para duraciones menor o igual a 1 hora no se observa tendencia clara (54% positivas y 46% tendencias negativas).

## Conclusiones

En el periodo 1982 - 2009 se registraron 539 eventos, con un promedio anual de 19 eventos/año. Estos eventos muestran una mayor ocurrencia en los meses invernales, concentrando en 5 meses el 75% de ellos.

El monto de lluvia caída por evento y la duración del evento presentan valores mayores durante los meses de mayo, junio, julio y agosto.

Febrero es el mes que presenta una mayor intensidad media de los eventos; así como también presenta los valores más altos de intensidad máxima para 15, 30, 45 min, y 1, 2, 4 y 6 horas.

En términos anuales se verifica una disminución en el número de eventos por año y una disminución en el monto de lluvia caído por evento en el periodo estudiado.



## Conclusiones

Se observa un cambio en la estructuración intra anual de la precipitación ya que algunos meses (febrero, marzo, junio y septiembre) presentan un aumento de las intensidades de lluvia mientras que en los demás meses han disminuido.

Al agrupar las series de datos por estaciones se observan claras tendencias significativas al aumento de las intensidades media del evento y de las máximas por evento para las duraciones desde 15 min hasta 12 horas y ello para las 4 estaciones. Para 24 horas si bien la tendencia es al aumento de la intensidad de precipitación, esta solo es significativa para el verano. Finalmente, al considerar los eventos extremos, estos no muestran tendencias significativas para ningunas de las estaciones, excepto en primavera que tiene una tendencia a aumentar la intensidad media del evento.

# Conclusiones

Se realizaron análisis de registros de precipitación con diferentes escalas temporales.

Las intensidades máximas de precipitación, ya sea como valor máximo anual o del evento o para distintas duraciones pueden ocurrir en cualquier época el año, incluso el mes de febrero presenta altas intensidades de precipitación.

En términos de concentración de la lluvia, el Índice de Gini muestra una tendencia positiva especialmente en la zona húmeda-subhúmeda, es decir, la precipitación se está concentrando a nivel diario. Mientras que el Índice de Concentración de Precipitación, que refleja la concentración de la lluvia a nivel mensual, no se aprecia una tendencia clara para el periodo estudiado.

Al considerar la intensidad máxima anual referida a un valor por año, este no refleja la variabilidad existente en un evento de lluvia. Más aún, el comportamiento de este valor anual difiere para distintas duraciones en una misma estación.

## Comentarios finales

Dada la alta variabilidad de las precipitaciones intra-anual e incluso durante la ocurrencia del evento, surge la necesidad de mejorar el conocimiento acerca del comportamiento de la precipitación, especialmente en los eventos extremos y estos referidos a las lluvias de altas intensidades que ocurren a escala sub-diaria y sub-horaria.



**CENTRO TECNOLÓGICO  
DE HIDROLOGÍA AMBIENTAL**

**UNIVERSIDAD DE TALCA**



Organización  
de las Naciones Unidas  
para la Educación,  
la Ciencia y la Cultura



Cátedra UNESCO en Hidrología de Superficie:  
Investigación, Conocimiento y Difusión en  
Escenarios de Incertidumbre Climática  
Universidad de Talca, Chile

# **Eventos extremos y agresividad climática en Chile: ¿cómo está cambiando?**

**Dra. CLAUDIA SANGÜESA POOL**

**Seminario  
Desastres Naturales Relativos al Agua:  
¿Evidencias de mayor frecuencia?**

**Santiago, 9 de marzo de 2019**