



## SEMINARIO:

**“Alternativas para la implementación de riego para la ganadería de Aysén”**

### I. Problemática:

**¿Por qué pensar en riego en Aysén?**



Christian Hepp K., INIA Tamel Aike

Coyhaique, 25 abril 2024





# Proyecto

## **“Uso del agua en sistemas ganaderos vulnerables: estrategia de adaptación al cambio climático en Aysén”**

Cofinanciado por Corfo  
Innova-Bienes Públicos para la Competitividad  
Ejecutado por Centro INIA Tamel Aike (2020 - 2024).



**Dónde**  
**Cómo**  
**Cuánto**  
**Cuándo**  
REGAR

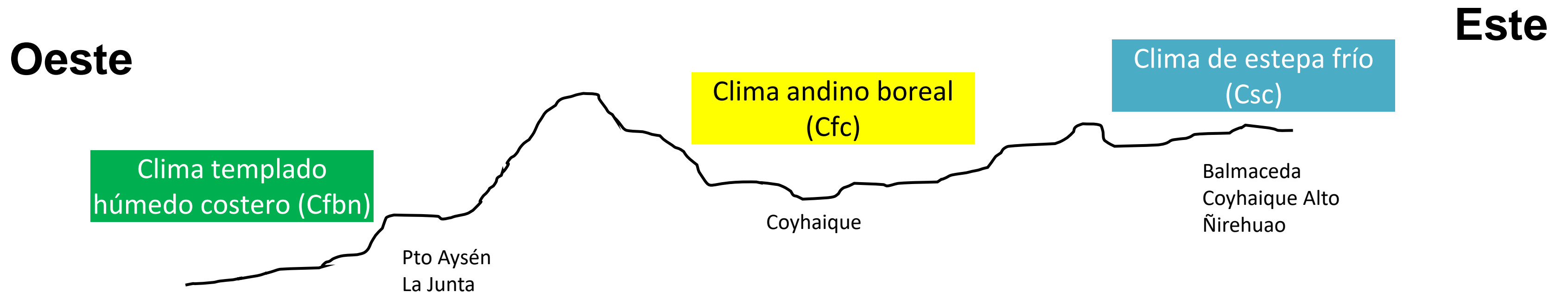
- a) Generar Información base: Suelo – clima – planta relacionada
- b) Aportar en la formación de capacidades técnicas locales
- c) Realizar evaluaciones técnico - económicas
- d) Crear una plataforma web permanente con oferta tecnológica

[riegoaysen.cl](http://riegoaysen.cl)



# Escenario

# Climas predominantes en Aysén



**¿Cómo está cambiando y en qué afecta?**

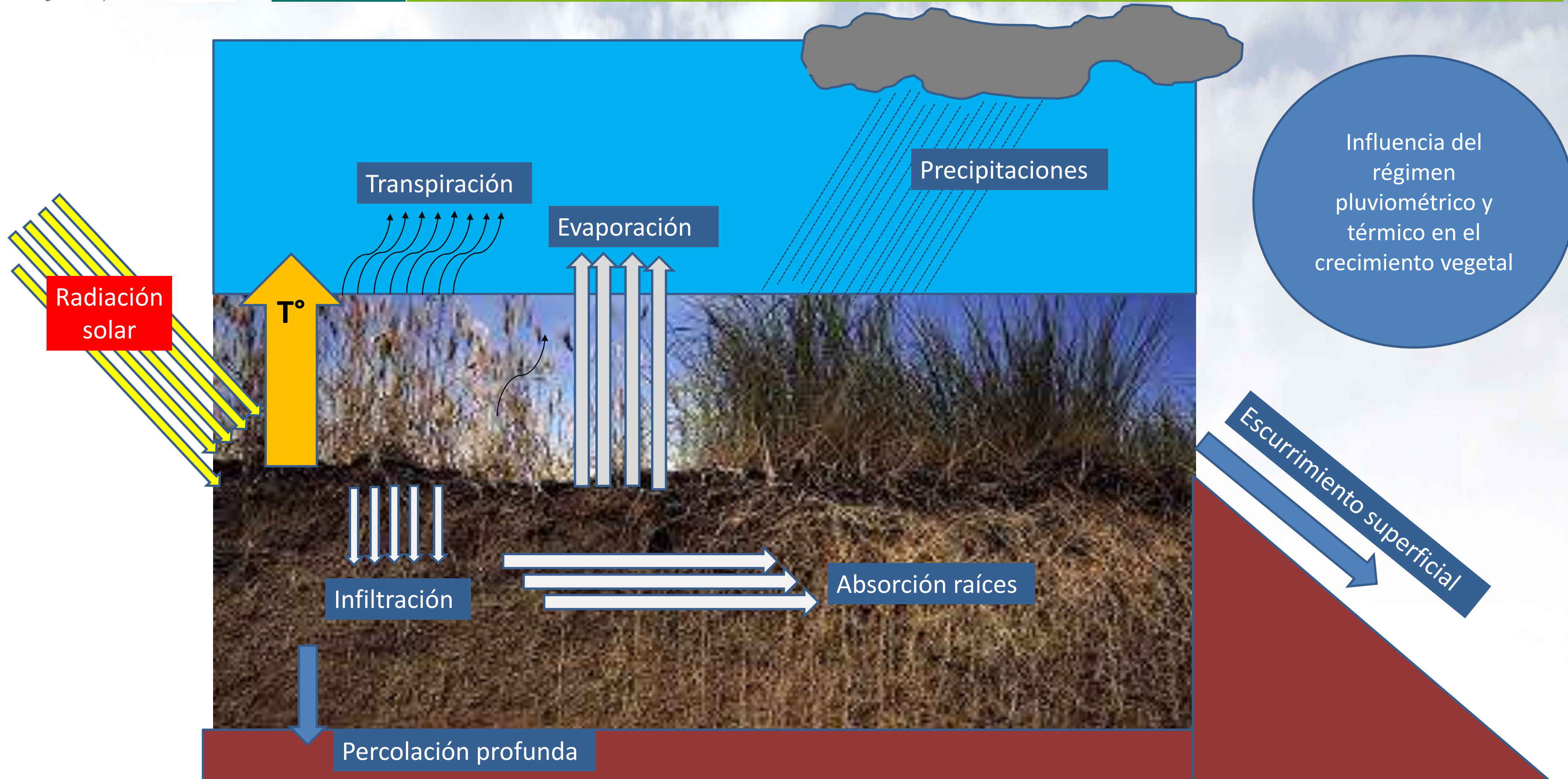
# El clima está cambiando...

- Independiente de las causas

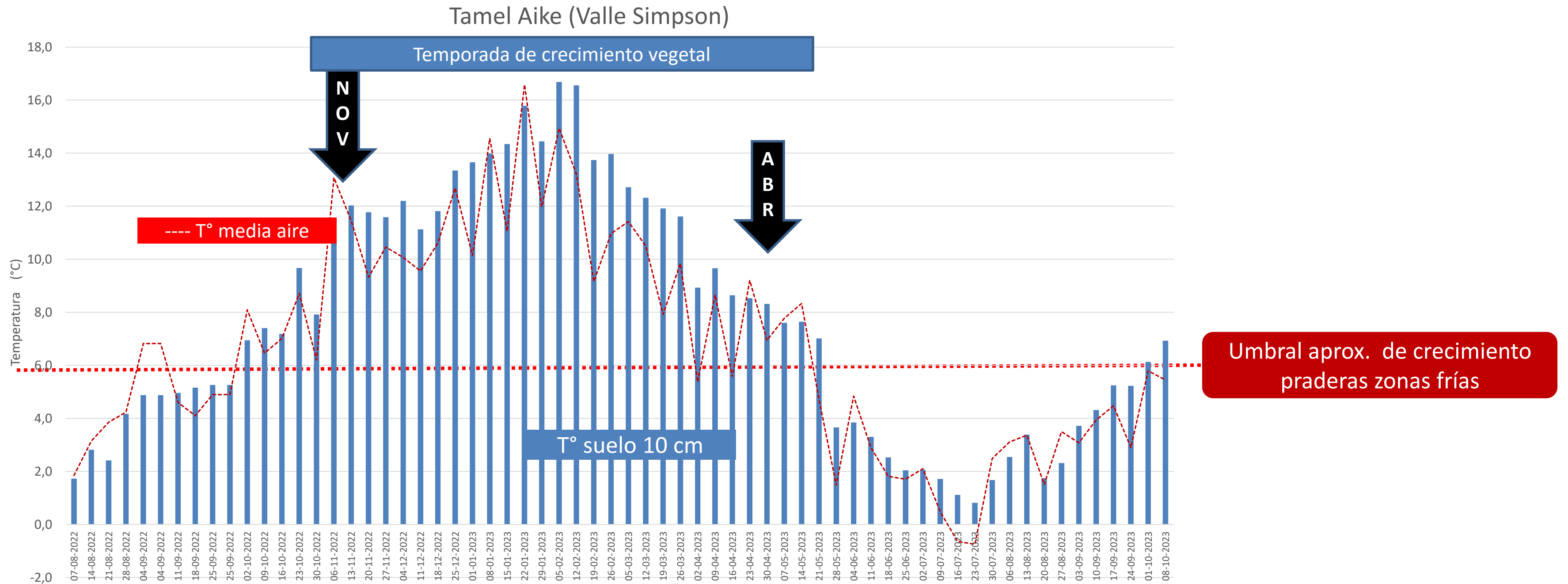
Se percibe en:

- ***Cambios en el régimen térmico***
- ***Cambios en el régimen pluviométrico***
- Aysén posee **datos históricos** para analizar (p.ej. 64 años)
- **Tiempo meteorológico** : registros estaciones históricas
- Sumatoria ..... **Define el clima**

# Entradas y salidas de agua del sistema



# Temperatura del suelo: gatilla ciclo de crecimiento vegetal



Crecimiento muestra marcada estacionalidad





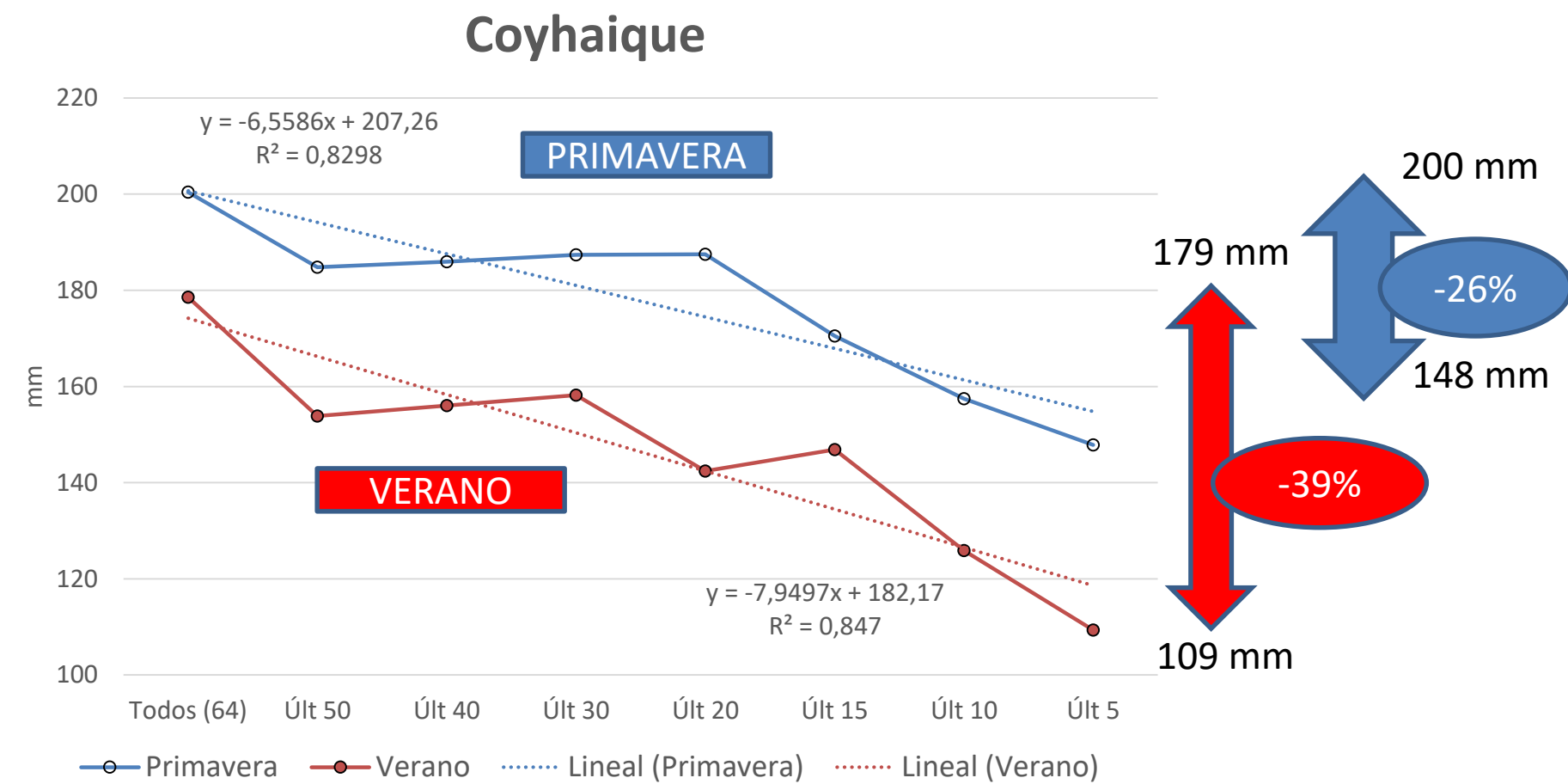
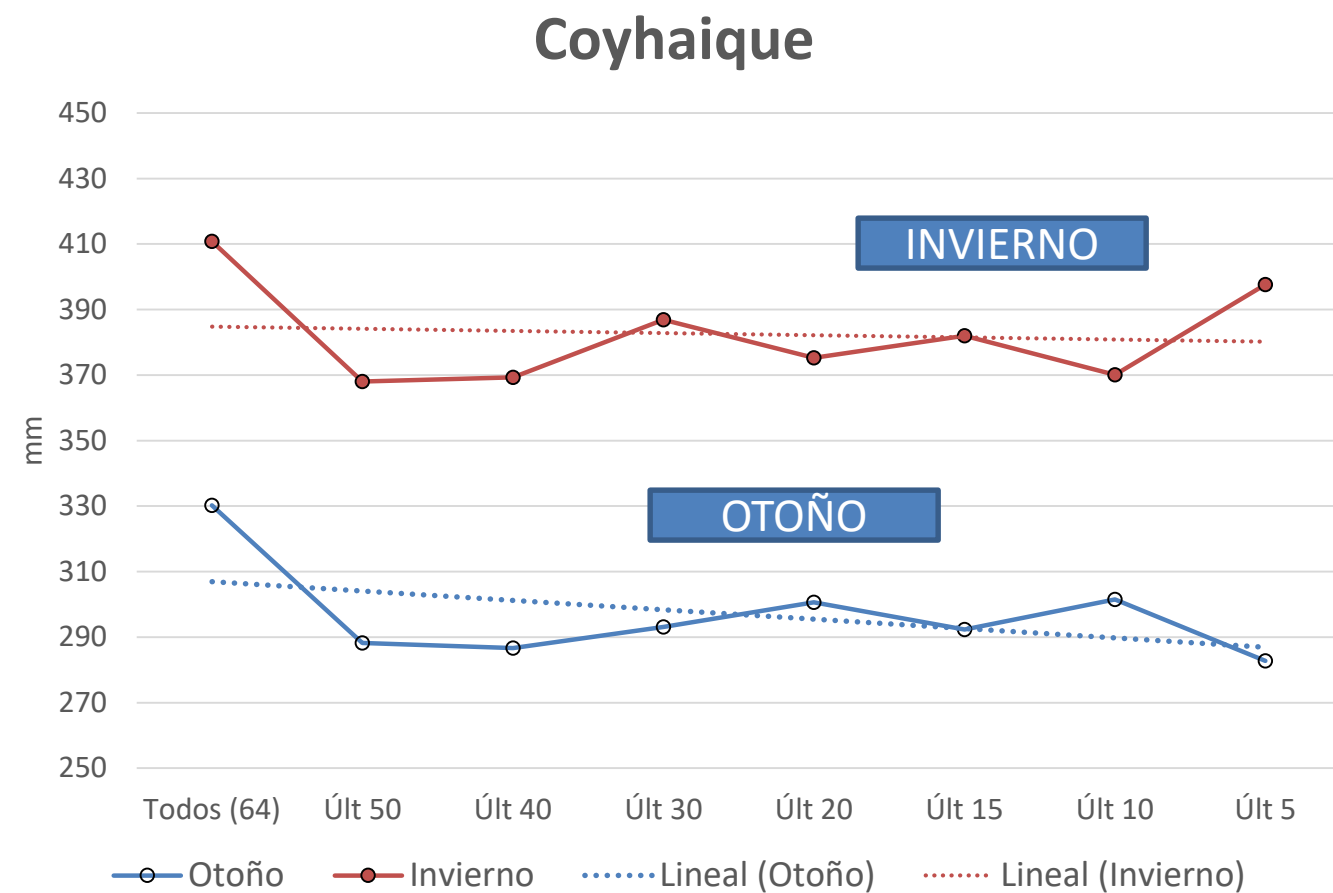
# ¿Qué ha pasado con las precipitaciones?



# pp: Tendencia histórica



Tendencia de las precipitaciones promedio de diferentes rangos de años del registro de los últimos 30 años en **Coyhaique** (Zona Intermedia).

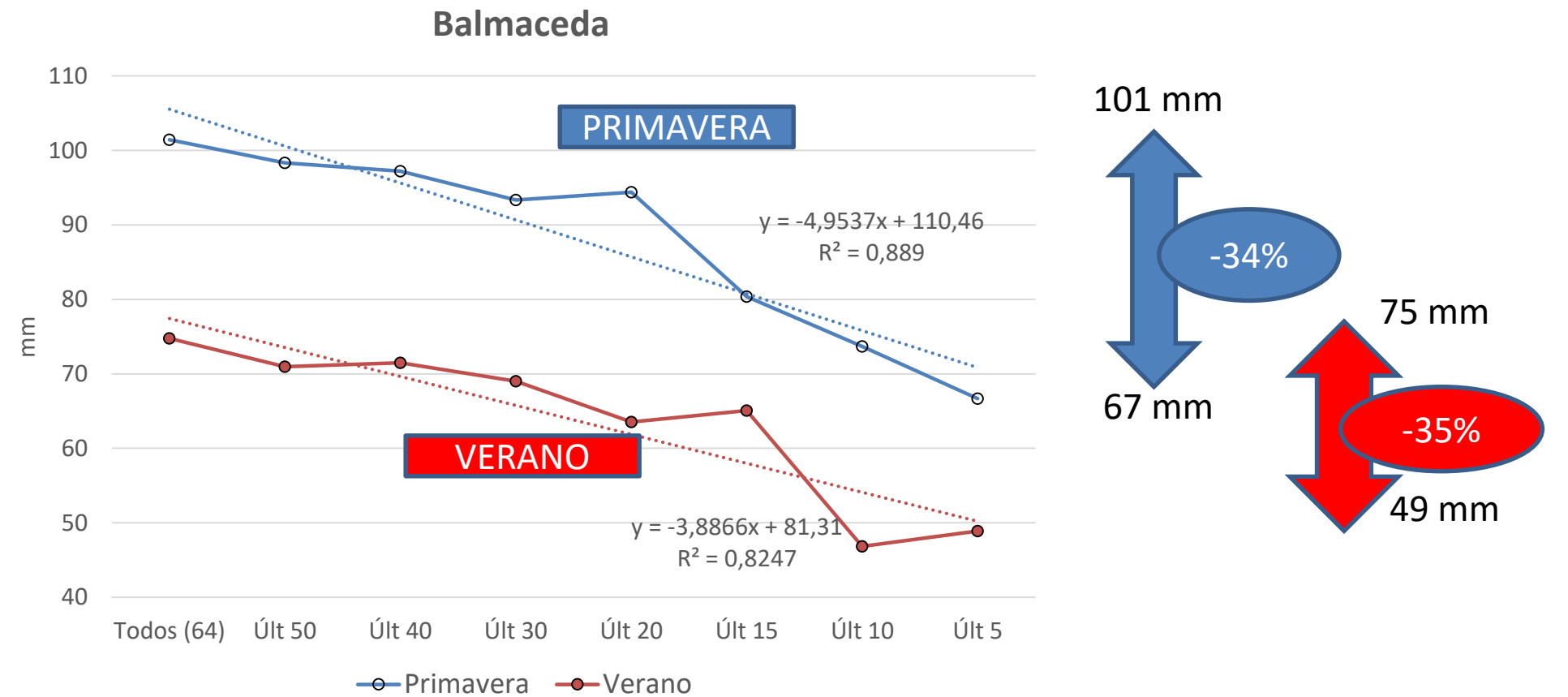
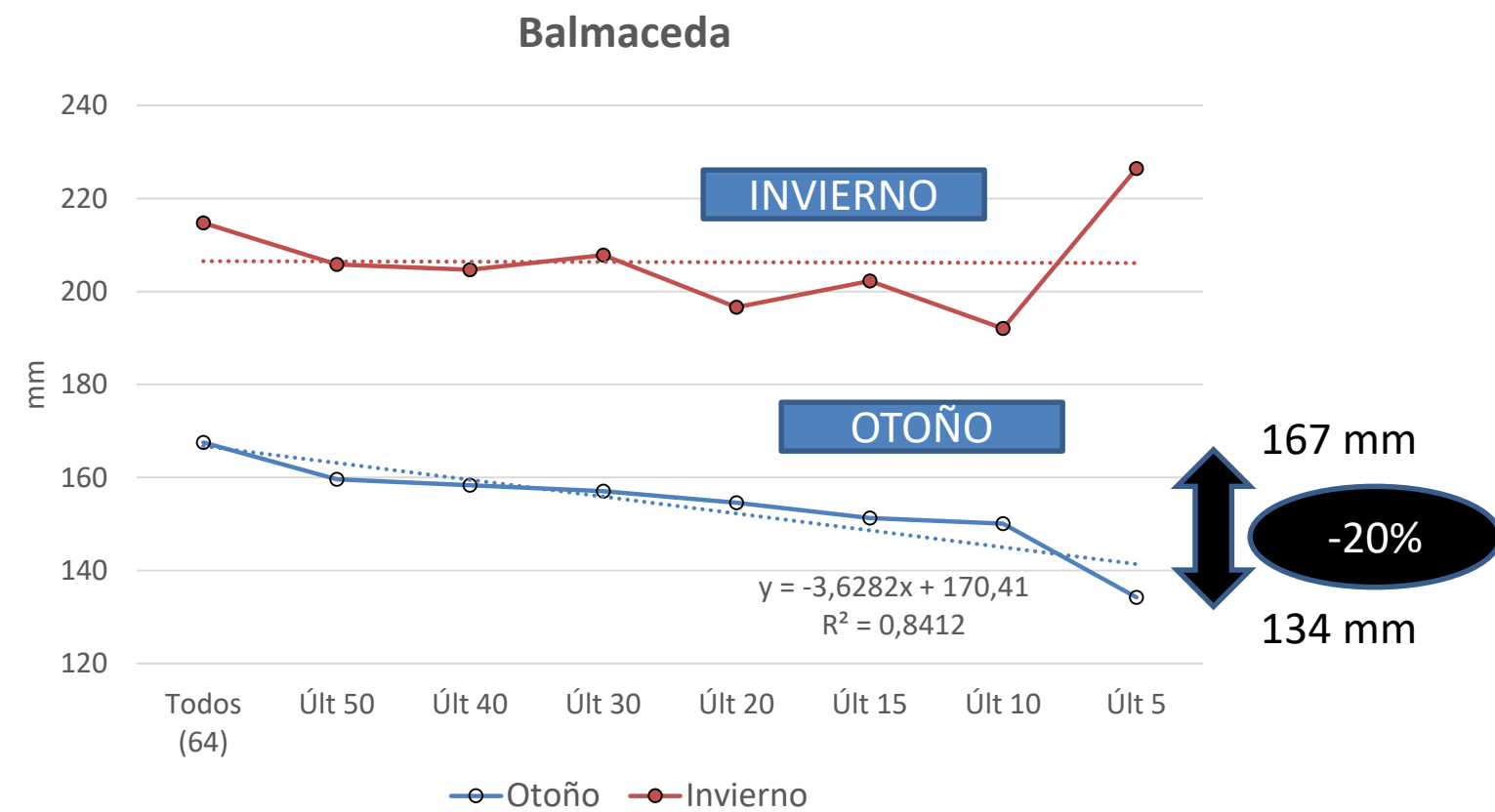


Principal efecto en precipitaciones de primavera-verano

# pp: Tendencia histórica

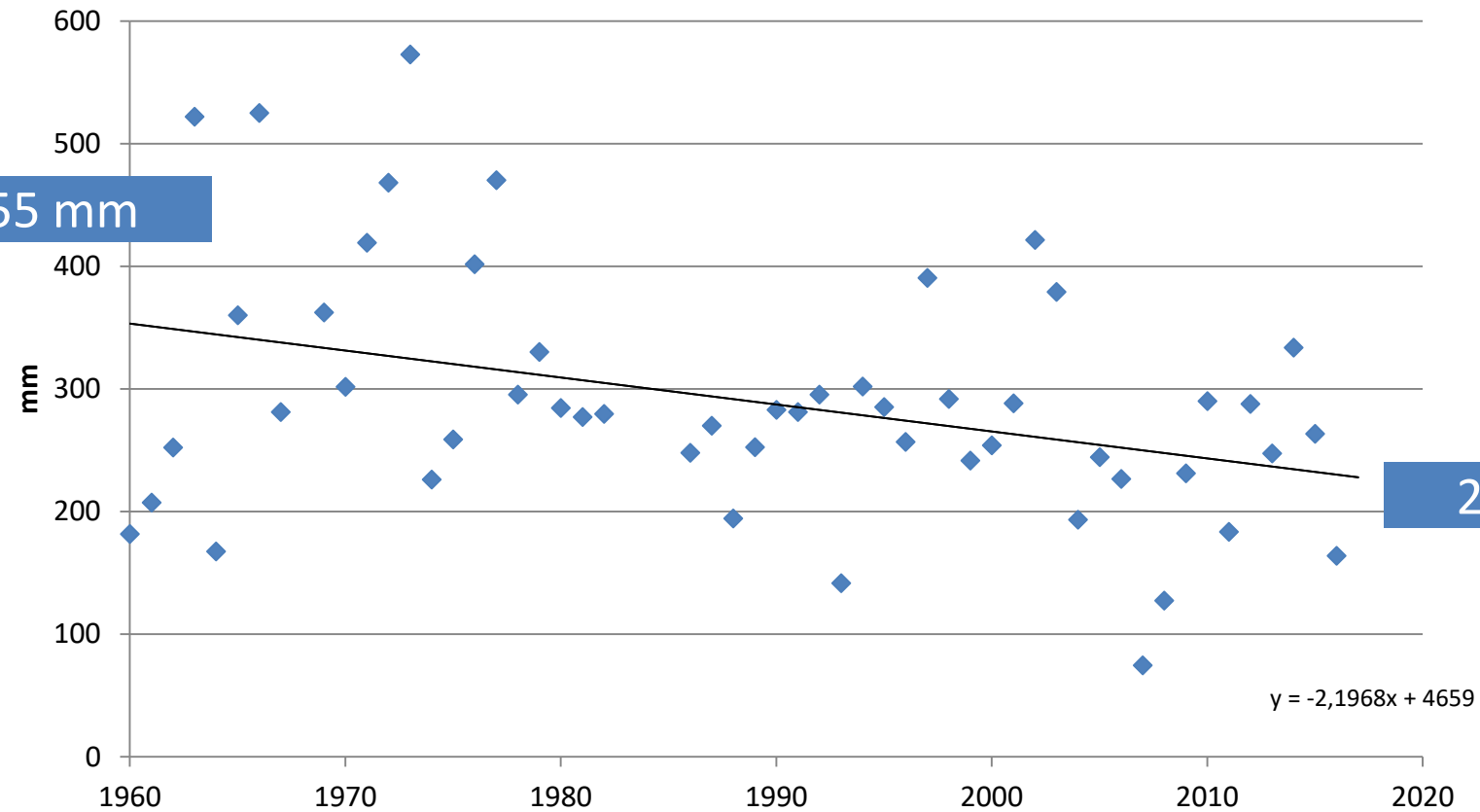


Tendencia de las precipitaciones promedio de diferentes rangos de años del registro de los últimos 30 años en **Balmaceda** (Zona de Estepa).

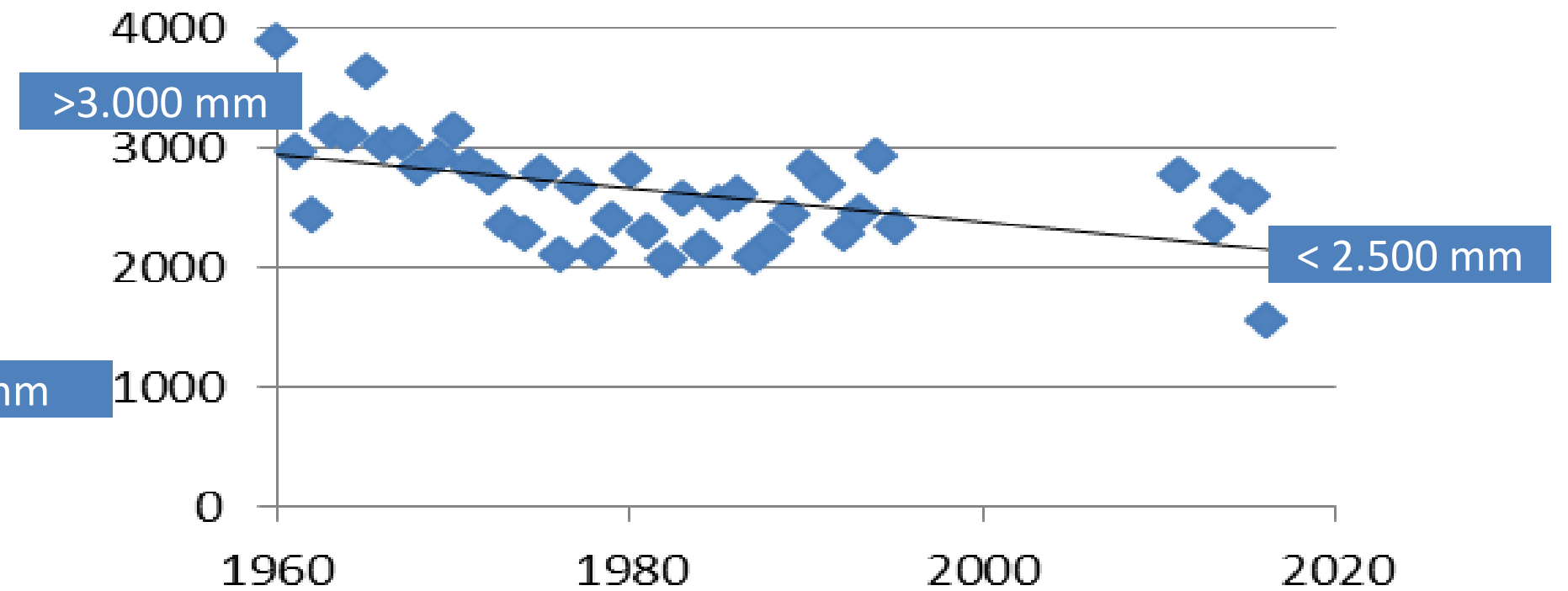


# En otras zonas de Aysén situación es similar

## Chile Chico

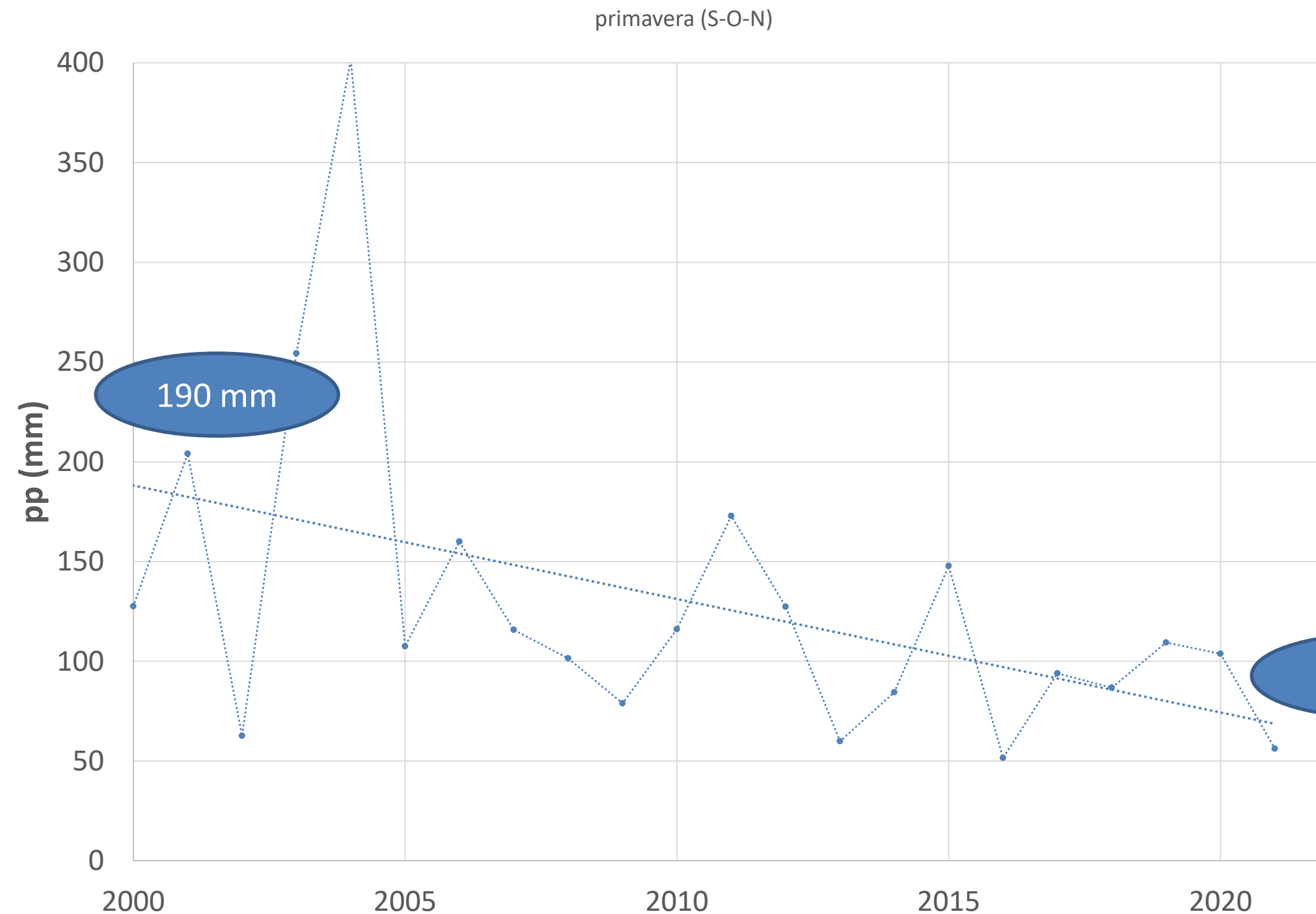


## P. Aysén



Chile Chico y Pto Aysén: **disminución sostenida** de precipitaciones

## Cochrane: Precipitación primavera (2000-2020)



Tendencia:  
Casi 6 mm menos por año  
120 mm menos en dos  
décadas

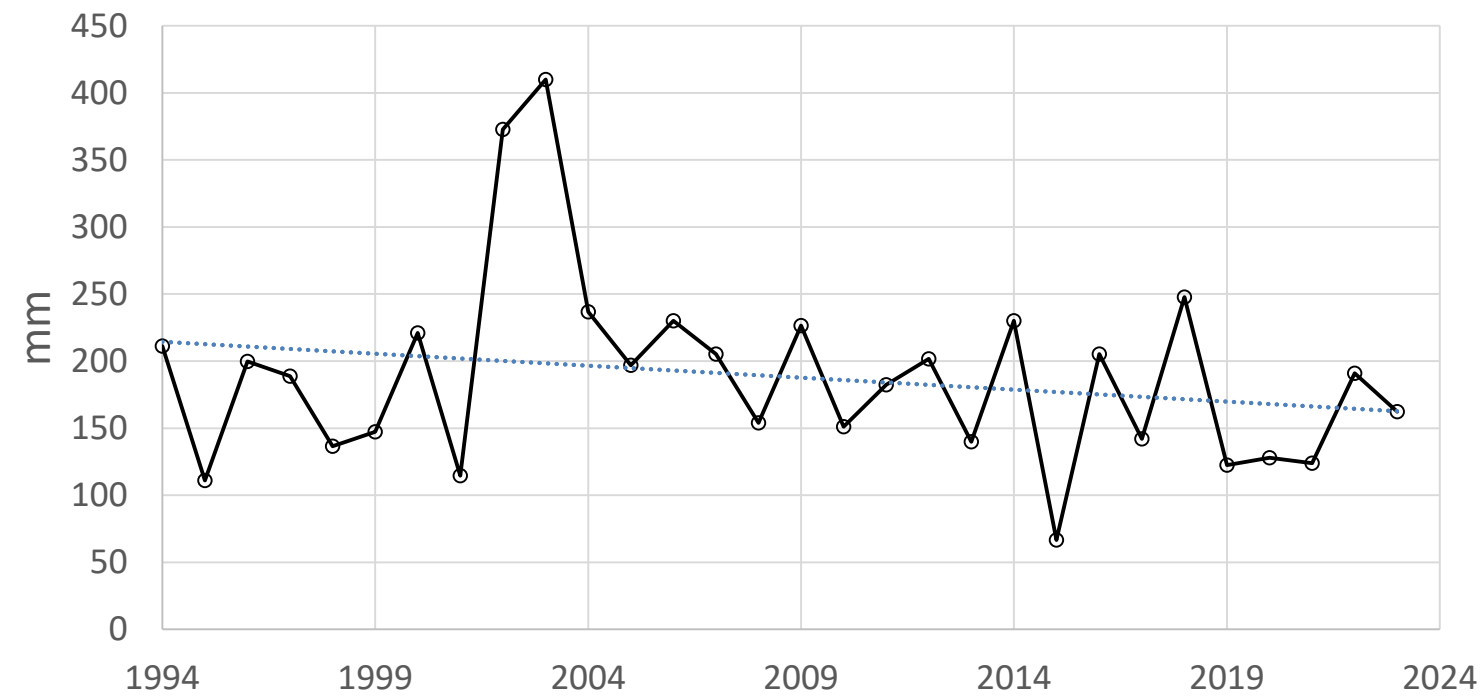
Disminución de pp de primavera: especialmente septiembre

# PERO: Alta fluctuación entre años

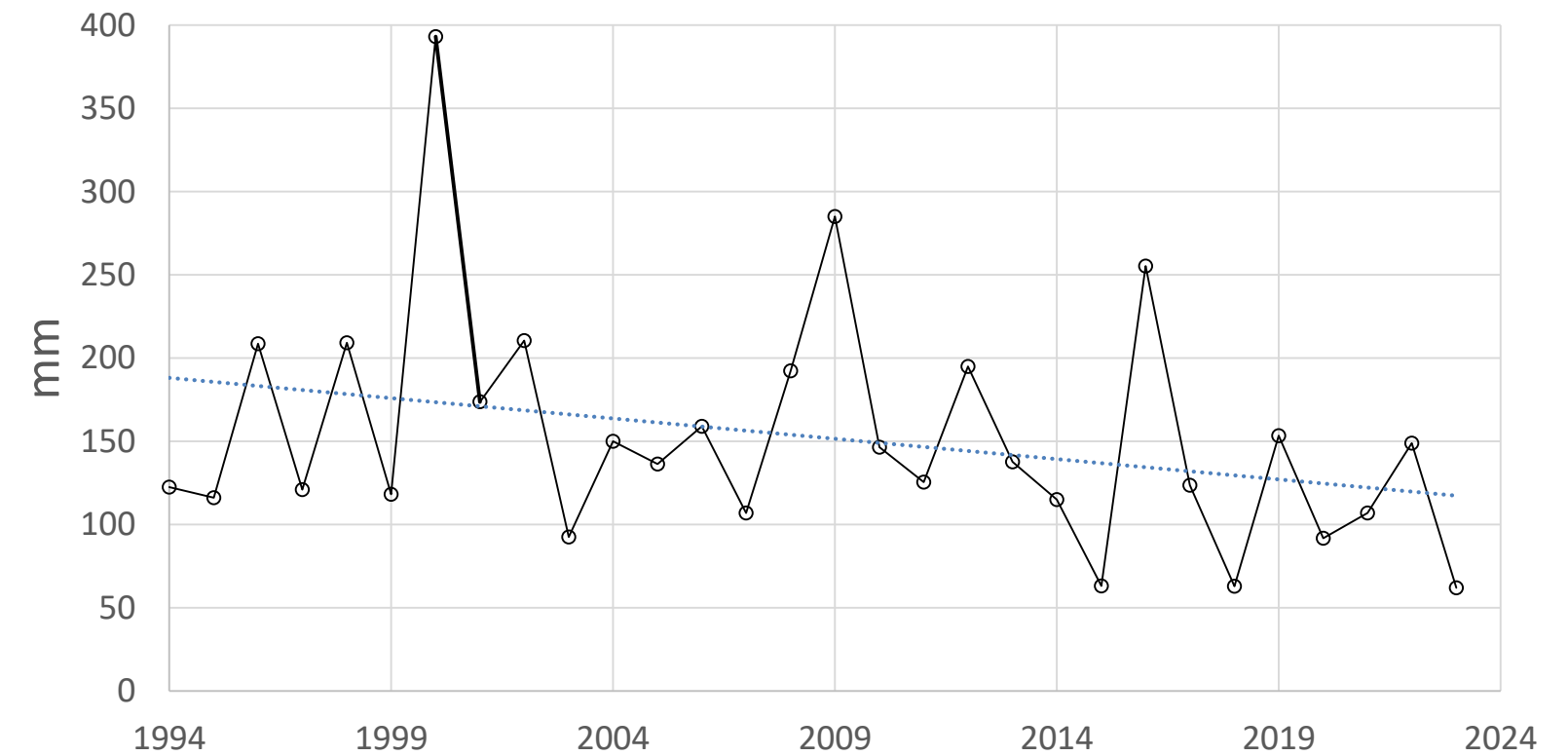


Promedio de precipitaciones de **primavera y verano** en los últimos **30 años** en **Coyhaique** y su tendencia.

### Primavera (S-O-N)



### Verano (D-E-F)



Elaborado en base a datos de estación DMC Teniente Vidal.

# pp mensuales últimos años



Precipitaciones mensuales (mm) de las últimas cinco temporadas de crecimiento en la **Zona Intermedia** de Aysén y comparación con promedio de 30 años.

Período	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Temporada	
2019-20	24,4	23,8	74,2	51,8	28,6	73,0	275,8	-20%
2020-21	54,4	39,0	34,6	31,0	54,4	6,4	219,8	-37%
2021-22	15,4	89,2	19,4	12,4	55,2	39,4	231,0	-33%
2022-23	120,8	51,5	18,6	87,3	21,4	40,3	339,9	
2023-24	58,1	55,7	48,4	9,8	10,2	42,0	224,2	-35%
2015-16 (más seco)	26,6	9,1	30,9	24,4	4,4	34,4	129,8	-62%
Promedio 30 años	59,9	67,9	59,6	55,2	58,8	44,2	345,6	

# pp recientes (estacionales)



Precipitaciones estacionales (mm) de las últimas cinco temporadas de crecimiento en la Zona Intermedia de Aysén y comparación con promedio de 30 años.

Período	Primavera	Verano	
2019-20	122,4	153,4	
2020-21	128,0	91,8	-42%
2021-22	124,0	107,0	-32%
2022-23	190,9	149,0	
2023-24	162,2	62,0	-61%
2015-16 (más seco)	66,6	63,2	-60%
Promedio 30 años	187,4	158,2	

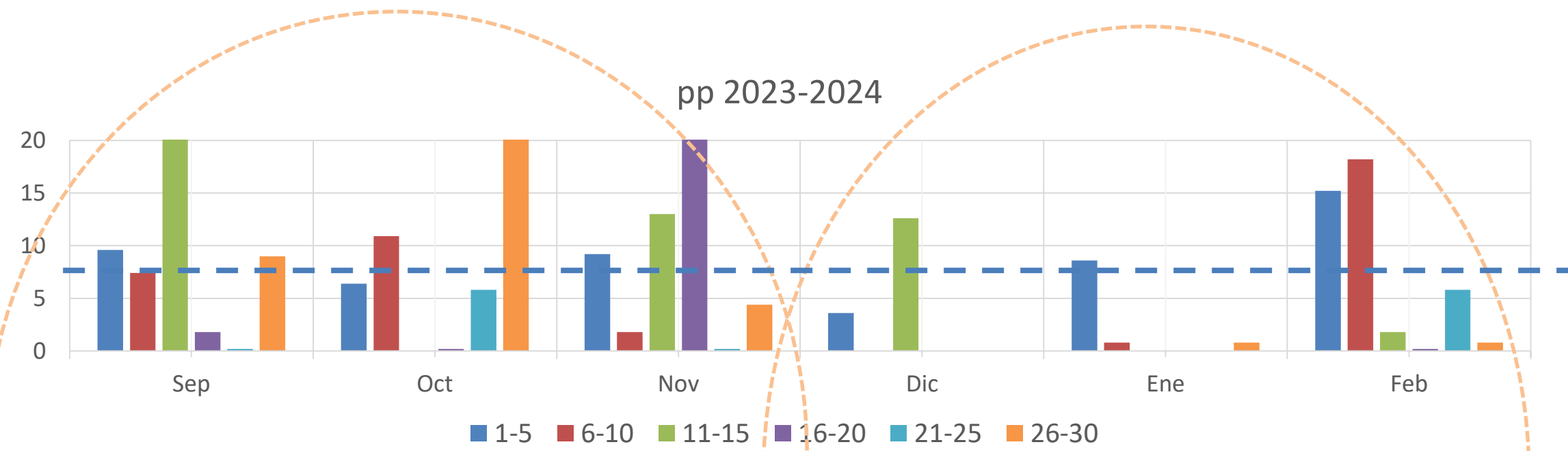


# Distribución de precipitaciones



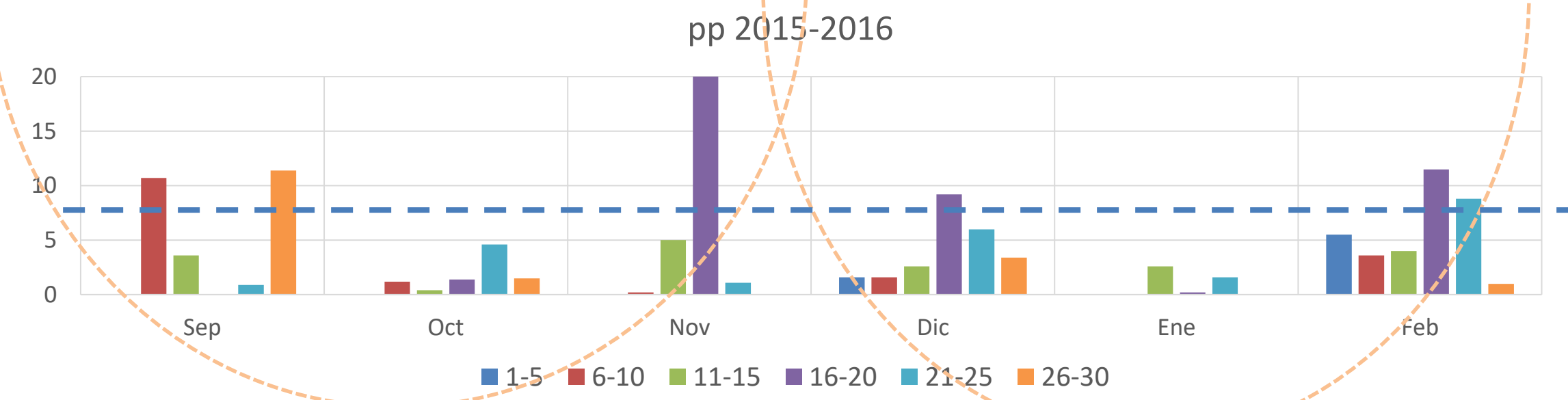
Distribución de precipitaciones e intensidad (Coyhaique)

Temporada 2023-2024



Nivel pp efectiva

Temporada más seca en registro (65 años)



Nivel pp efectiva

# Importante: Distribución de la precipitación

Uso agronómico de datos meteorológicos:

- Interesa la “**temporada**” (Agosto a Abril) más que el “año calendario”
- Promedios anuales y estacionales pueden **enmascarar** la realidad
- **Diferentes patrones** cada temporada (alta variabilidad)
- **Precipitación total** versus **Precipitación “efectiva”**

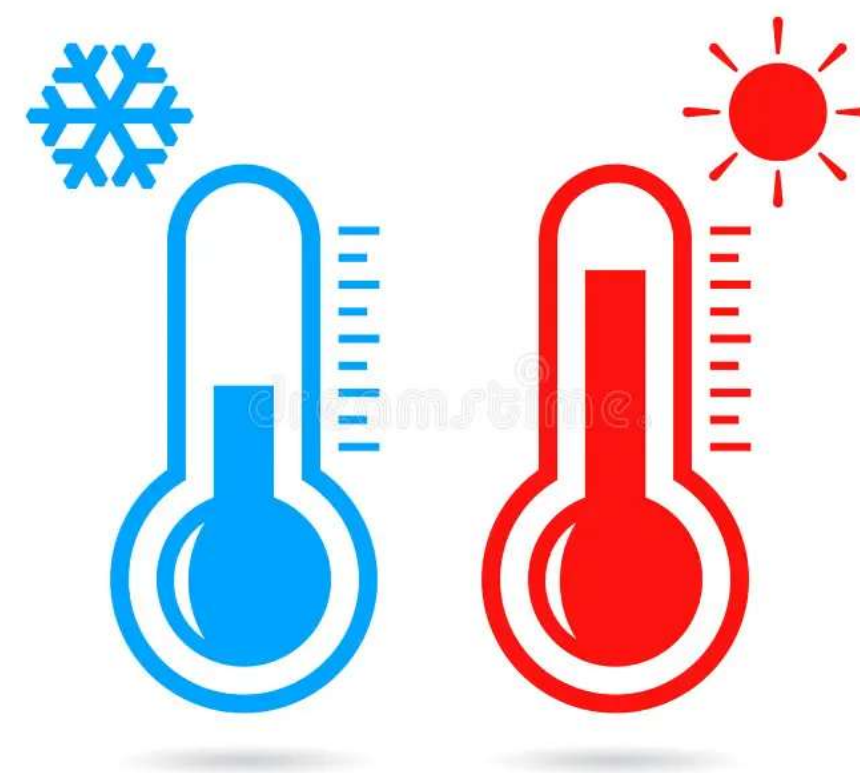
# Consecuencias generales



- Lluvias de fines de invierno y primavera son una **reserva de agua** del suelo
- **Distribución inadecuada** de lluvias estimula deficit hídrico (períodos largos sin pp)
- Hay una proporción de lluvias que **NO son efectivas** (p.ej. <5 mm)
- Sin pp → baja humedad suelo → bajo crecimiento → PMP
- Escaso o nulo **rebrote** significativo en praderas post corte/pastoreo
- **Déficit de forraje**
- **Efecto en aguadas**



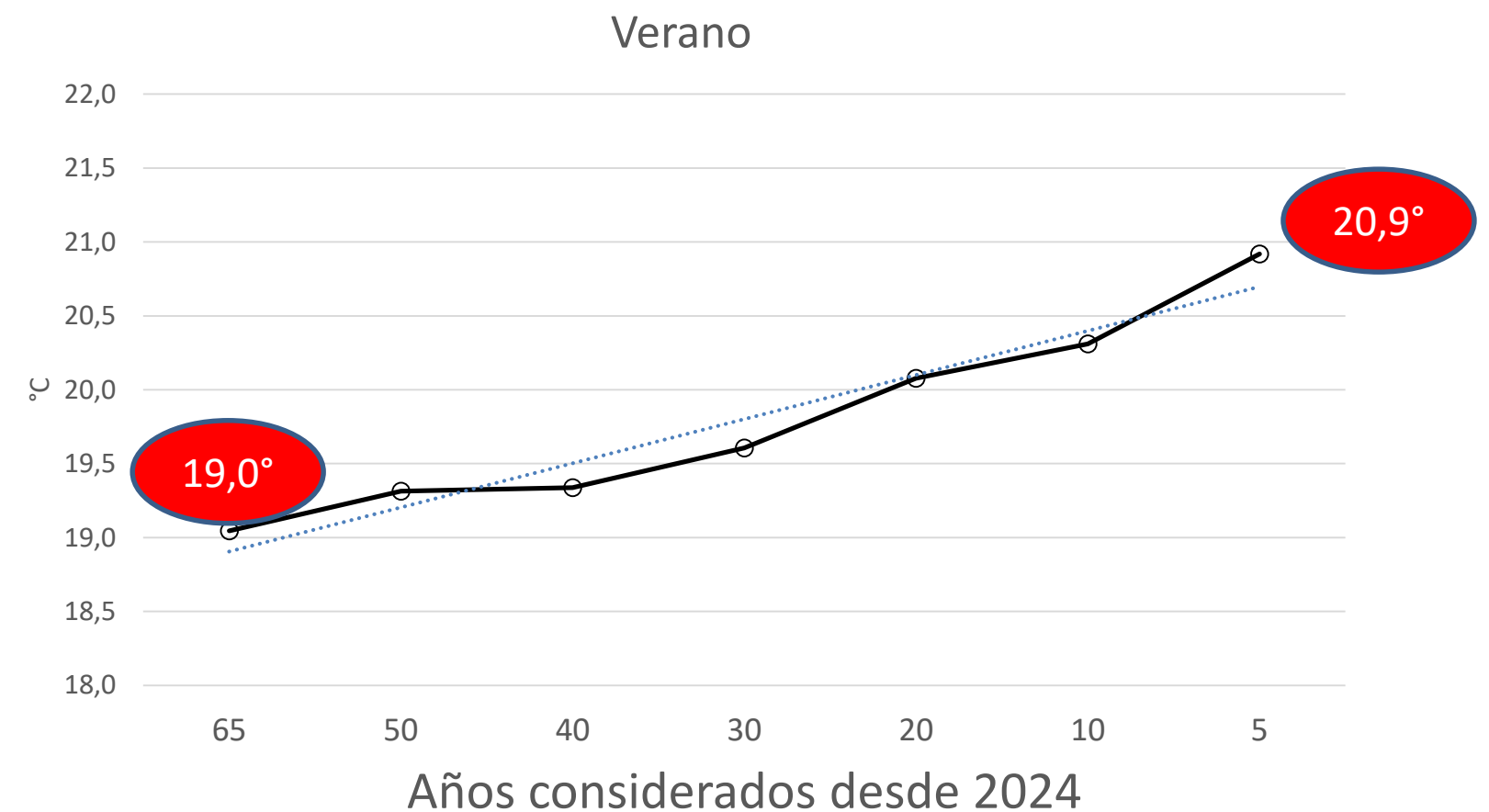
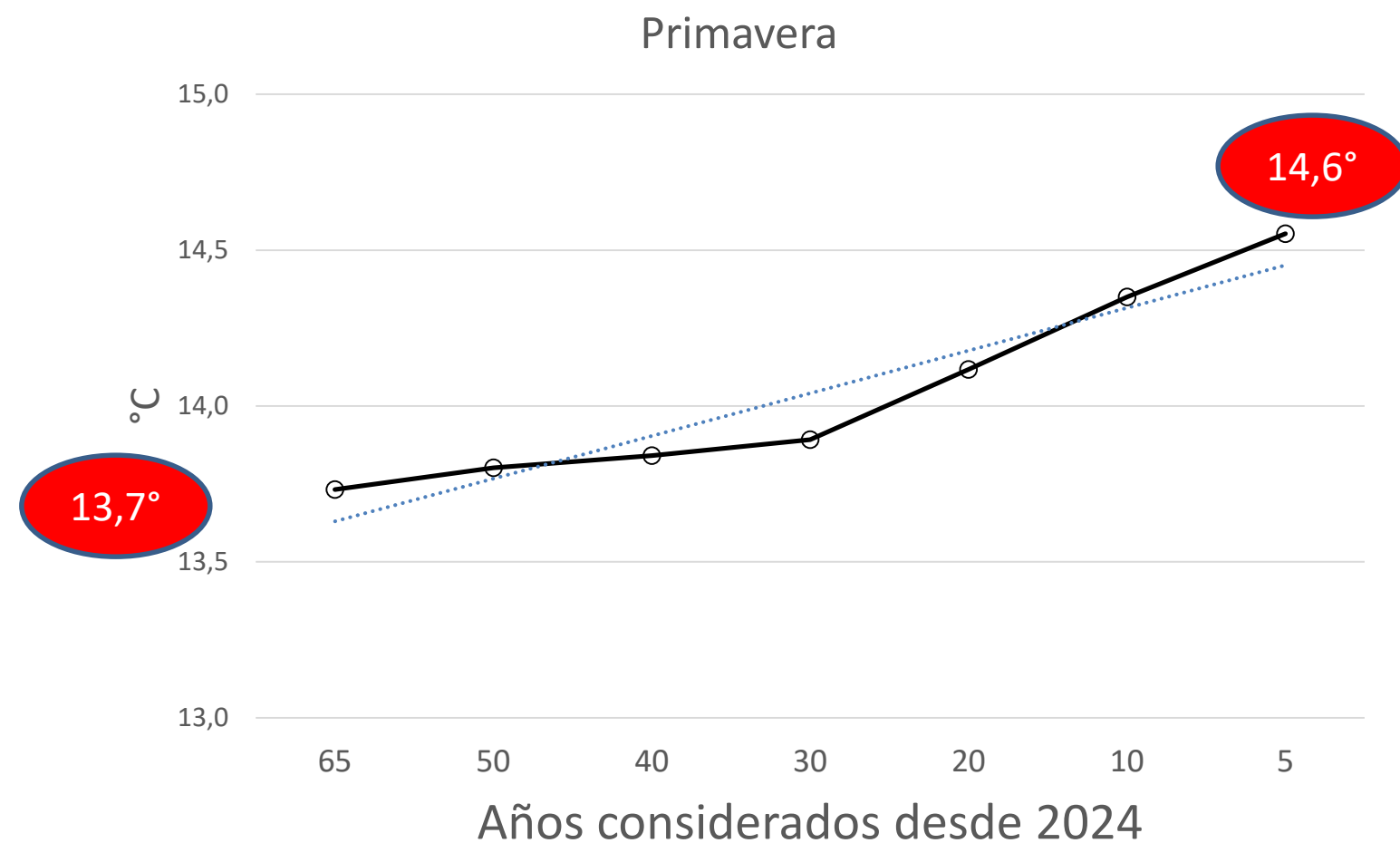
...¿y la temperatura?



# Principales cambios en el regimen térmico:

## T° máximas medias aumentan

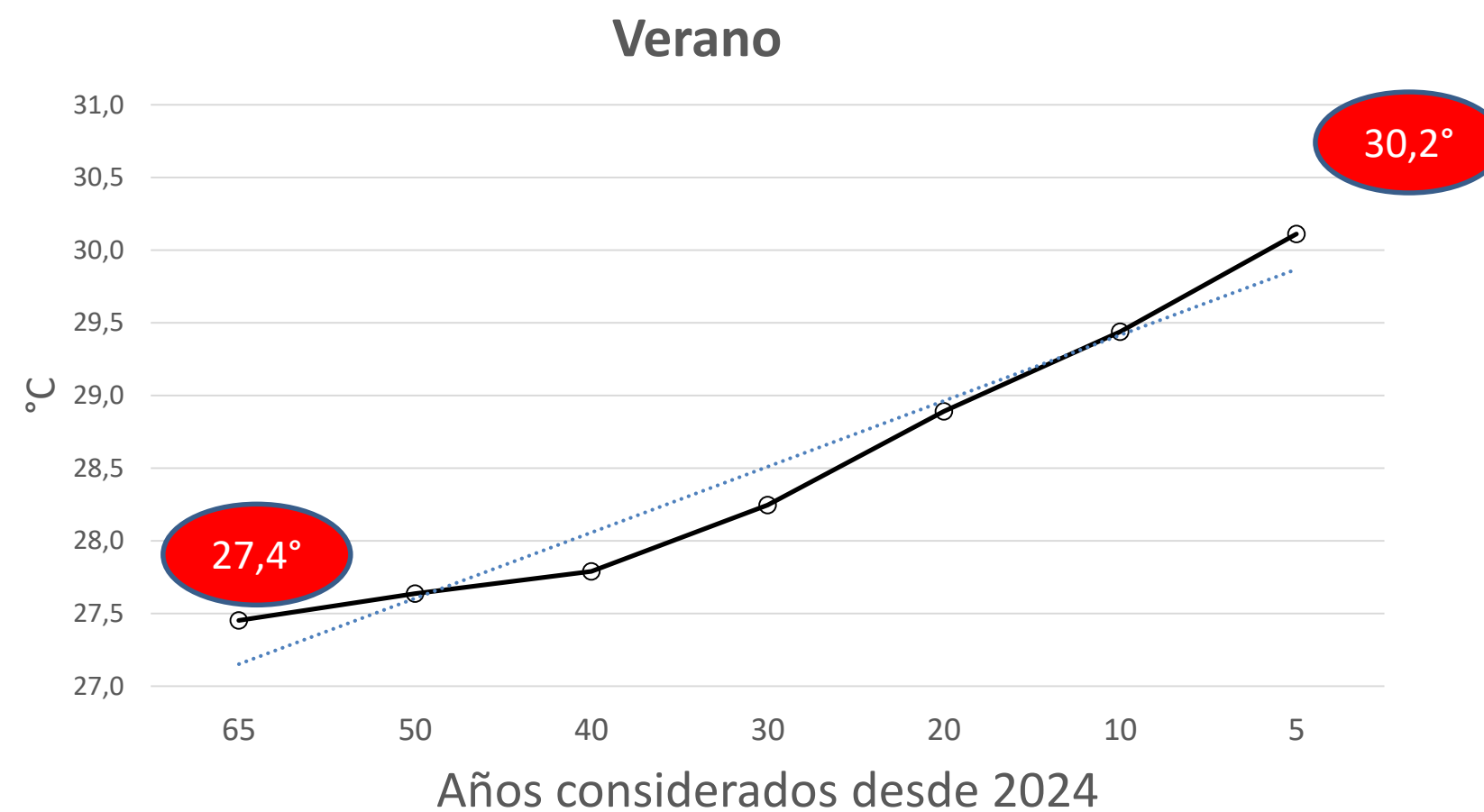
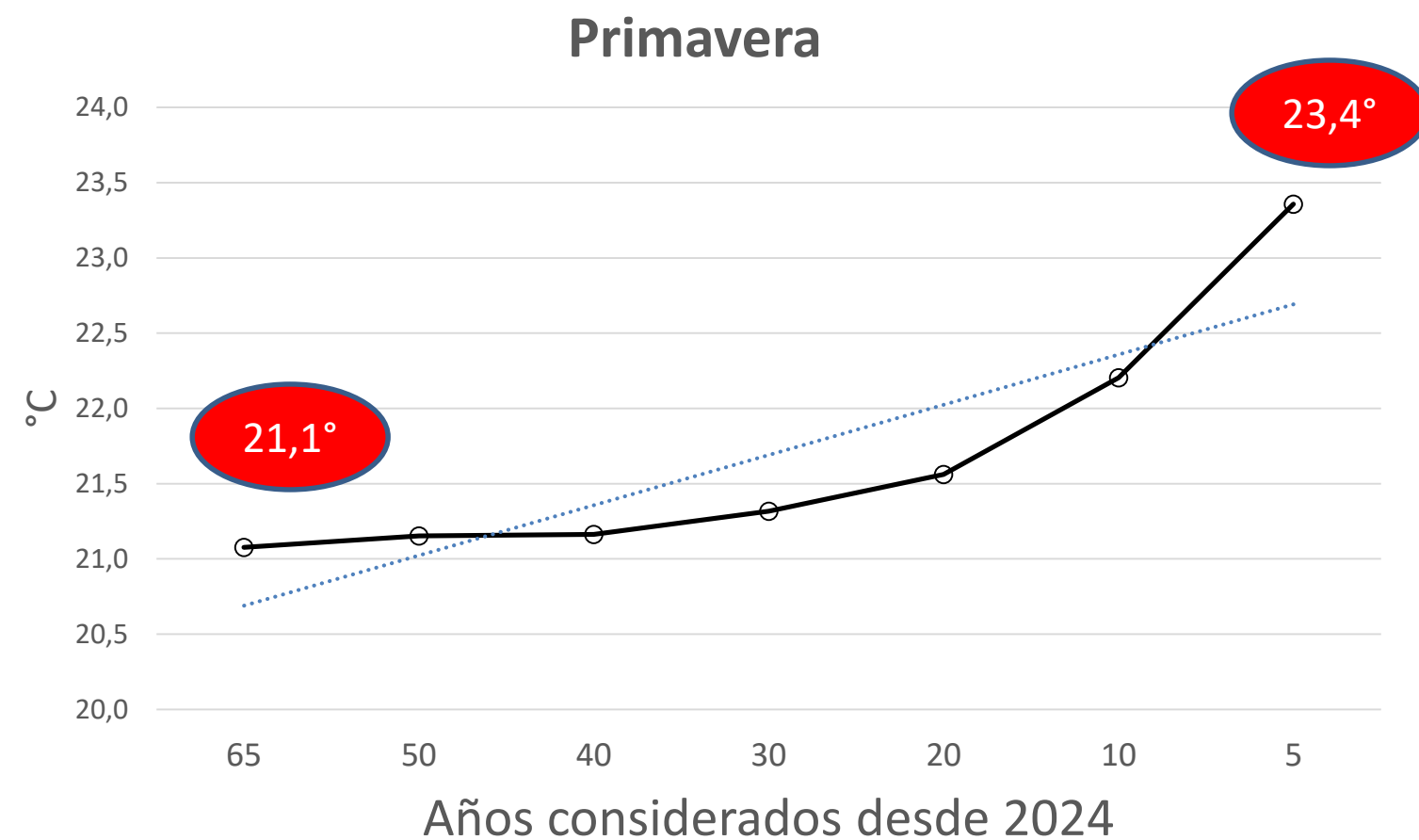
Tendencia de la temperatura **máxima media** (°C) de la primavera y verano en **Coyhaique**, considerando **diferentes rangos de años** desde 1960-2024. Elaborado en base a datos de estación DMC Teniente Vidal



# T° máxima absoluta aumenta



Tendencia de la temperatura **máxima absoluta** (°C) de la primavera y verano en Coyhaique, considerando diferentes rangos de años desde 2024. Elaborado en base a datos de estación DMC Teniente Vidal



# Consecuencias de temperaturas en la temporada



- Primavera **frías**: **Atraso del inicio** del crecimiento vegetal
- **Menor crecimiento de primavera** (época de mayores tasas)
- Conservación de forraje **atrasada y disminuída**
- Primavera más **cálidas**: mayores tasas de crecimiento
- Veranos más **cálidos** (**Demanda hídrica** plantas **aumentada**)
- Incrementa **stress** frente a deficiencia hídrica



**...¿cómo se combinan los regímenes  
térmico y pluviométrico?**



Aportes al suelo : Precipitación

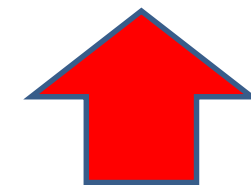
Pérdidas : Evaporación (superficies) + Transpiración (plantas)

→ Evapotranspiración (inciden diferentes parámetros meteorológicos: T°, viento, radiación...)

Evapotranspiración de referencia promedio mensual y diaria (Coyhaique)

Mes	mm/mes	mm/d
Septiembre	55	1,8
Octubre	86	2,8
Noviembre	106	3,5
Diciembre	125	4,0
Enero	128	4,1
Febrero	106	3,8
Marzo	86	2,8

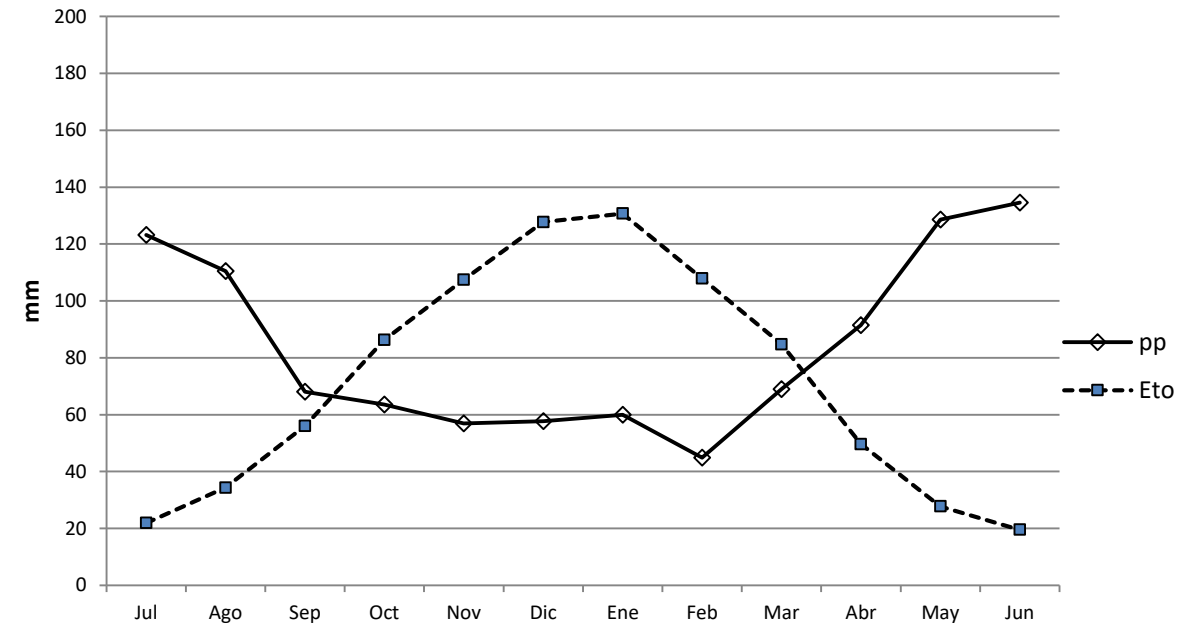
Lluvias de pocos mm no son en realidad **“efectivas”**, sobre todo en días ventosos y calurosos.



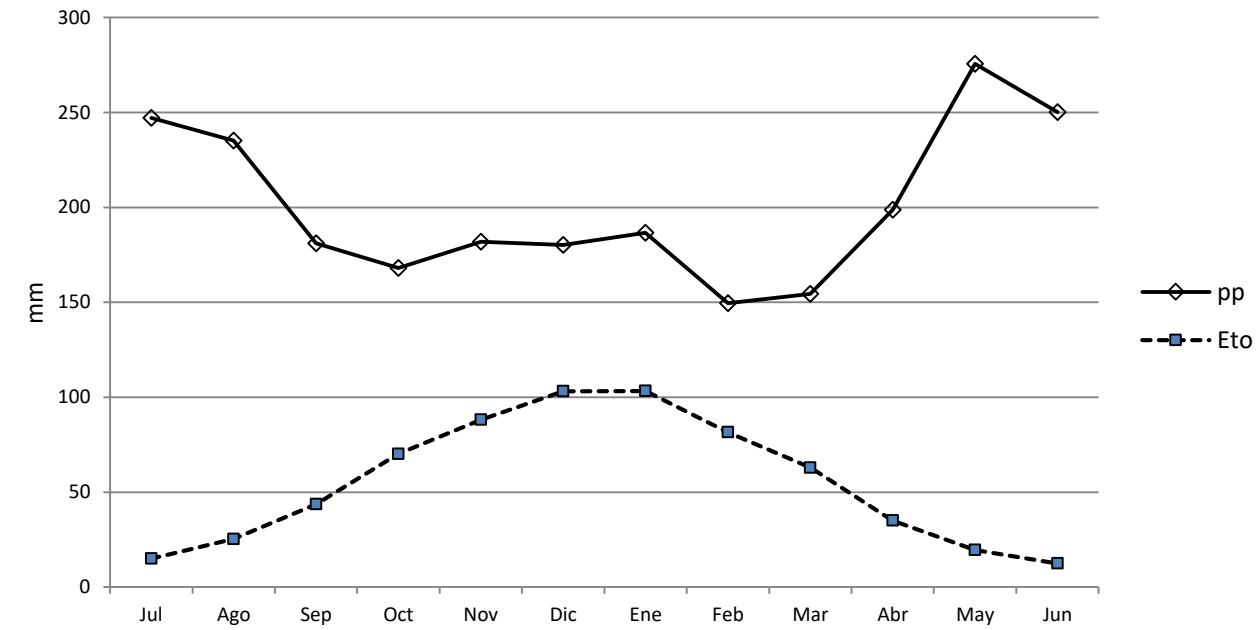
# Pp y Eto (año promedio)



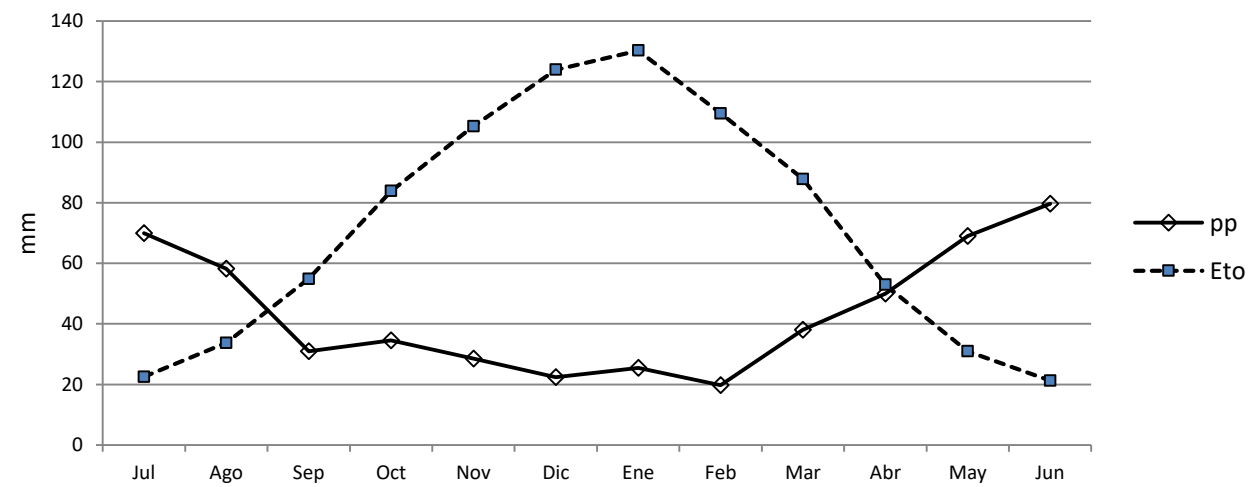
Año "normal"  
Coyhaique



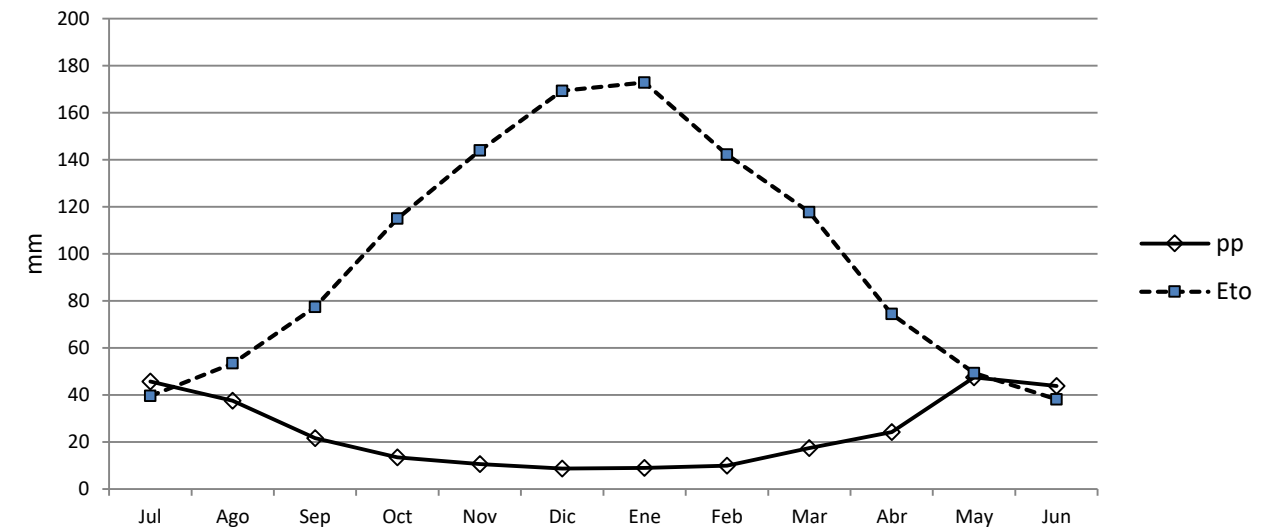
Año "normal"  
Puerto Aysén



Año "normal"  
Balmaceda

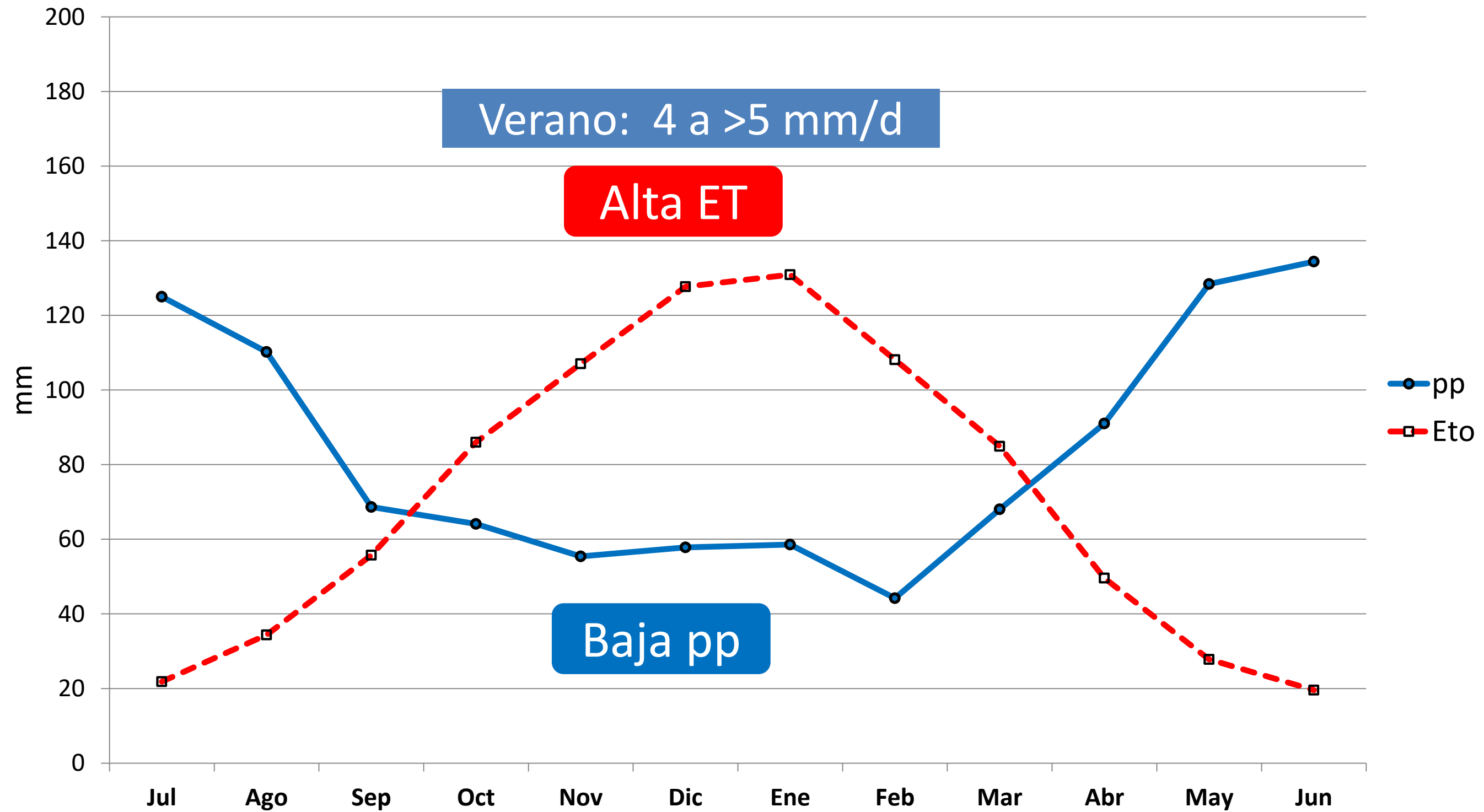


Año "normal"  
Chile Chico



Elaborado en base a datos de estaciones DMC.

# Coyhaique: Evapotranspiración



En esta zona existen en promedio **cuatro meses considerados “secos”**

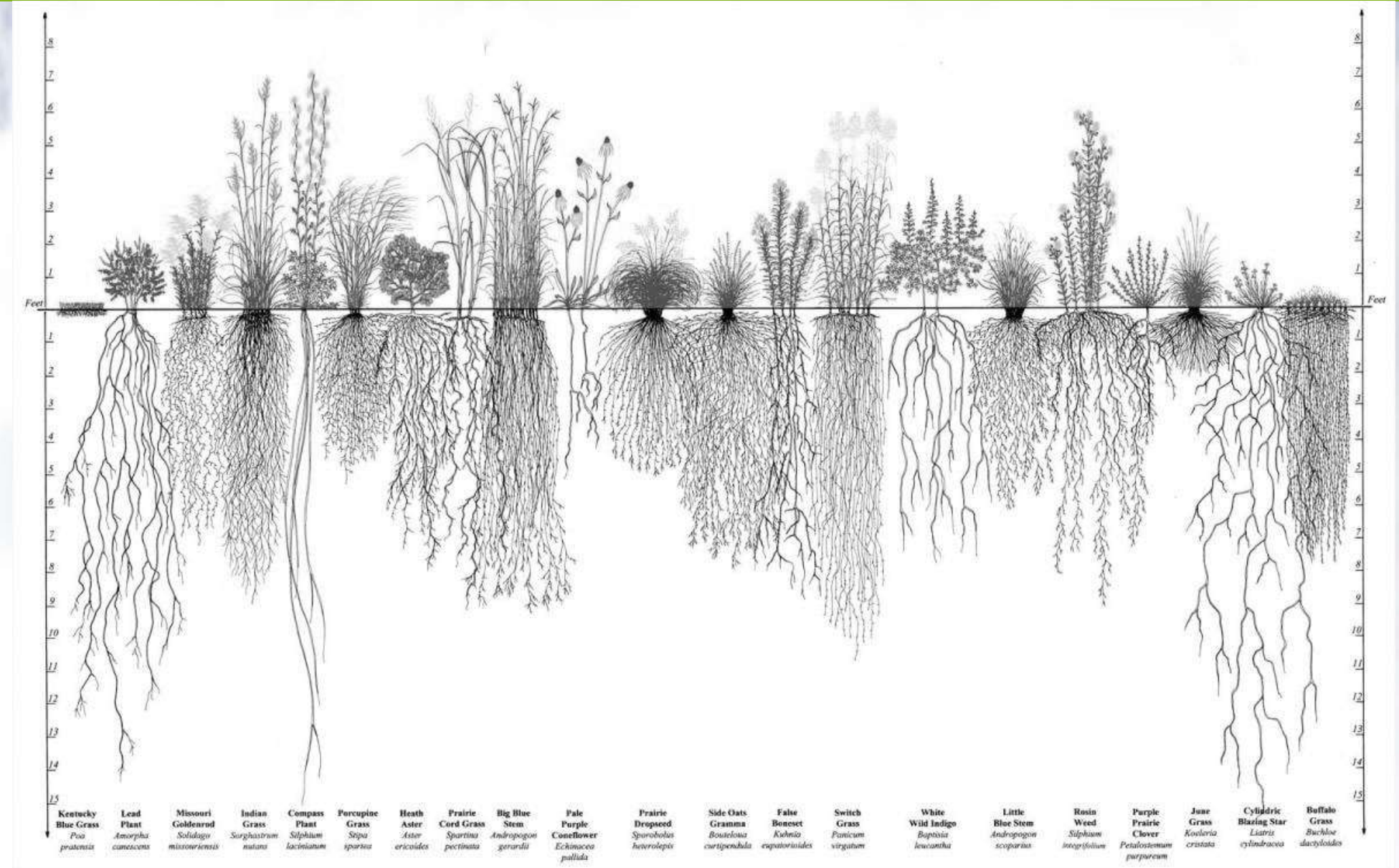
La **precipitación** no alcanza a reponer la demanda de **evapotranspiración**

Balance hídrico negativo (se va **agotando** la “reserva de agua del suelo”)

Habitualmente son **diciembre, enero, febrero y marzo**

Definir según:

- Tipo de cultivo o praderas
- Arraigamiento
- Limitaciones de profundidad del suelo
- En muchos casos se usan 50 cm



# Balance hídrico: COYHAIQUE (Zona Intermedia)

Temporada de crecimiento vegetal

APORTE

PÉRDIDAS

mm	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Año
Precipitación	125,0	110,2	68,6	64,1	55,4	57,8	58,6	44,2	68,1	91,0	128,4	134,4	1005,9
Evapotranspiración	21,8	34,4	55,8	86,0	107,1	127,7	130,9	108,1	84,9	49,6	27,8	19,6	853,7
pp-Eto	103,2	75,8	12,9	-21,9	-51,6	-69,8	-72,3	-63,9	-16,9	41,4	100,6	114,8	
Reserva suelo	75	75	75	53,1	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	41,4	75,0	75,0	
Variación reserva	0,0	0,0	0,0	-21,9	-51,6	-1,5	0,0	0,0	0,0	41,4	33,6	0,0	
ETR	21,8	34,4	55,8	86,0	107,1	59,3	58,6	44,2	68,1	49,6	27,8	19,6	632,2
Falta de agua	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	68,4	72,3	63,9	16,9	0,0	0,0	0,0	221,5 mm
Exceso de agua	103,2	75,8	12,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	67,0	114,8	

Agua de reserva desde el invierno

Reserva se va agotando

pp en estos meses definen la temporada de crecimiento

Déficit de agua impide expresión potencial 2.215 m<sup>3</sup>/ha

Elaborado en base a datos de estación DMC Coyhaique y datos Eto elaborados por INIA

# Balance hídrico: BALMACEDA



Balance base promedios 30 años (Zona de Estepa)

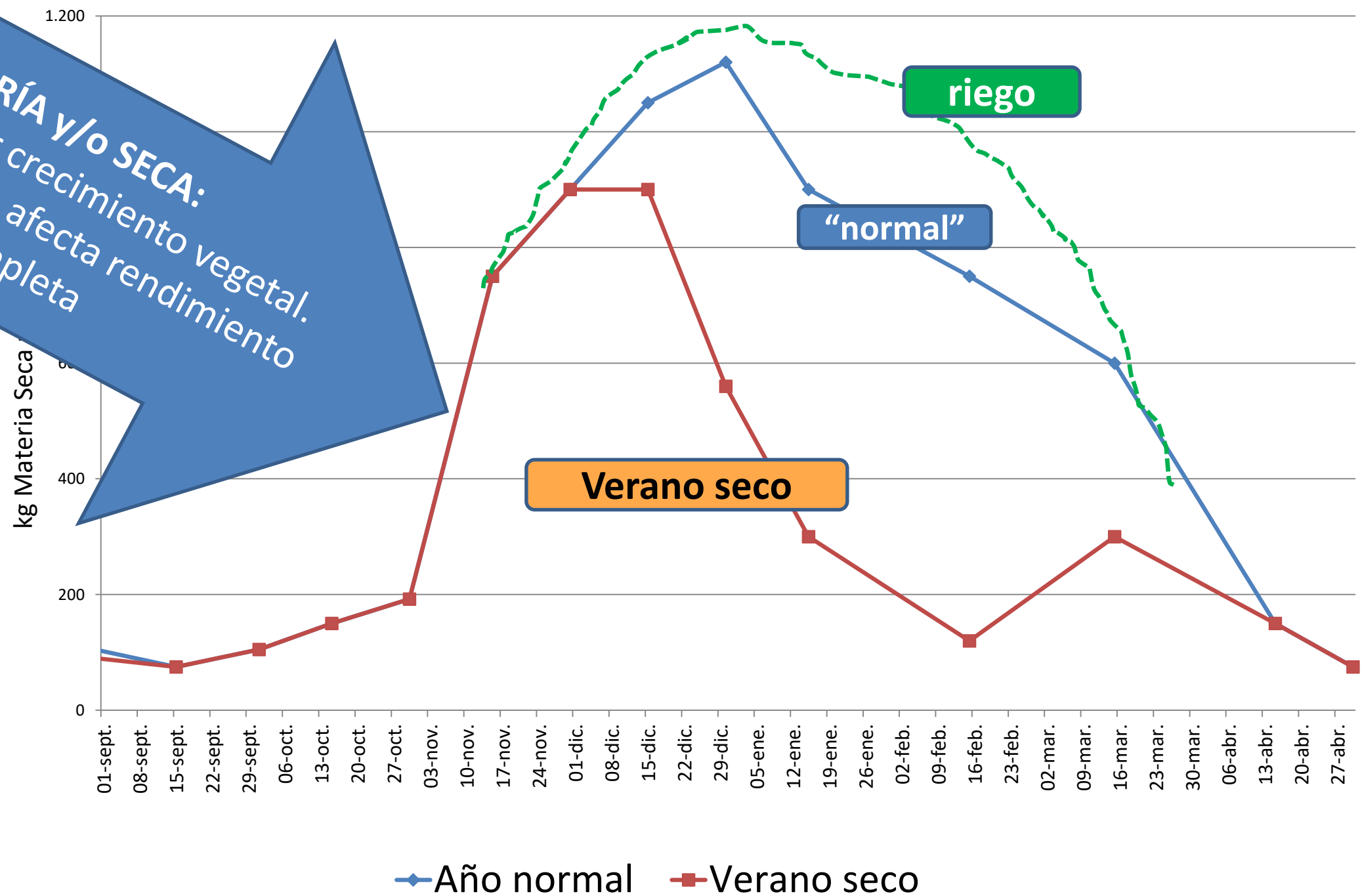
mm	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Año
pp	70,0	58,2	30,9	34,5	28,5	22,4	25,4	19,7	38,0	50,0	69,0	79,7	526,3
Eto	22,5	33,7	54,8	83,9	105,3	124,0	130,3	109,5	87,9	52,9	30,9	21,2	856,8
pp-Eto	47,5	24,5	-23,9	-49,4	-76,8	-101,6	-104,9	-89,8	-49,9	-2,9	38,1	58,5	
Reserva (50 cm)	62	62	38,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,1	62,0	
Variación reserva	0,0	0,0	-23,9	-38,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,1	23,9	
ETR	22,5	33,7	54,8	72,6	28,5	22,4	25,4	19,7	38,0	52,9	30,9	21,2	422,6
Falta de agua	0,0	0,0	0,0	11,3	76,8	101,6	104,9	89,8	49,9	0,0	0,0	0,0	434,2
Exceso de agua	47,5	24,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,6	106,6

**6 meses secos**

Elaborado en base a datos de estación DMC Balmaceda y datos Eto elaborados por INIA

# Cambio climático generando colapso de crecimiento vegetal de verano

**PRIMAVERA FRÍA y/o SECA:**  
 Nov/Dic meses de mayor crecimiento vegetal.  
 Falta de humedad también afecta rendimiento  
 temporada completa



**Efecto:**  
 30-60%  
 Menor  
 Producción  
 Anual



# Zona de mayor potencial de riego en Aysén



Hoy: sólo 2.961 ha bajo riego  
(50% Coyhaique y 47% Gral. Carrera)  
(Odepa, 2014)

# Valor estratégico del riego



- **Interacción de régimen hídrico y térmico** en la temporada de crecimiento condiciona la **respuesta** en crecimiento vegetal.
- Hay **consecuencias** directas sobre los sistemas ganaderos
- **Magnitud** del déficit justificará el uso de sistemas de riego
- ¿Zonas más **críticas**?
- ¿Cómo **regular/manejar/monitorear** el riego?
- ¿**Requisitos**?
- ¿Qué **sistemas** se pueden implementar?
- ¿Cuál es el **resultado económico** de la implementación?
- ... a continuación



# Muchas gracias

