



Antecedentes y estrategias hídricas en praderas/forrajeras para un manejo sustentable en el sur de Chile

Dr. MSc. Rafael López-Olivari
COYHAIQUE 25, ABRIL, 2024





Valeria Quintulen Ancapi
Ayudante de investigación



Dr. M.Sc. Rafael López-Olivari

Investigador en Ciencias del Riego y Agrometeorología

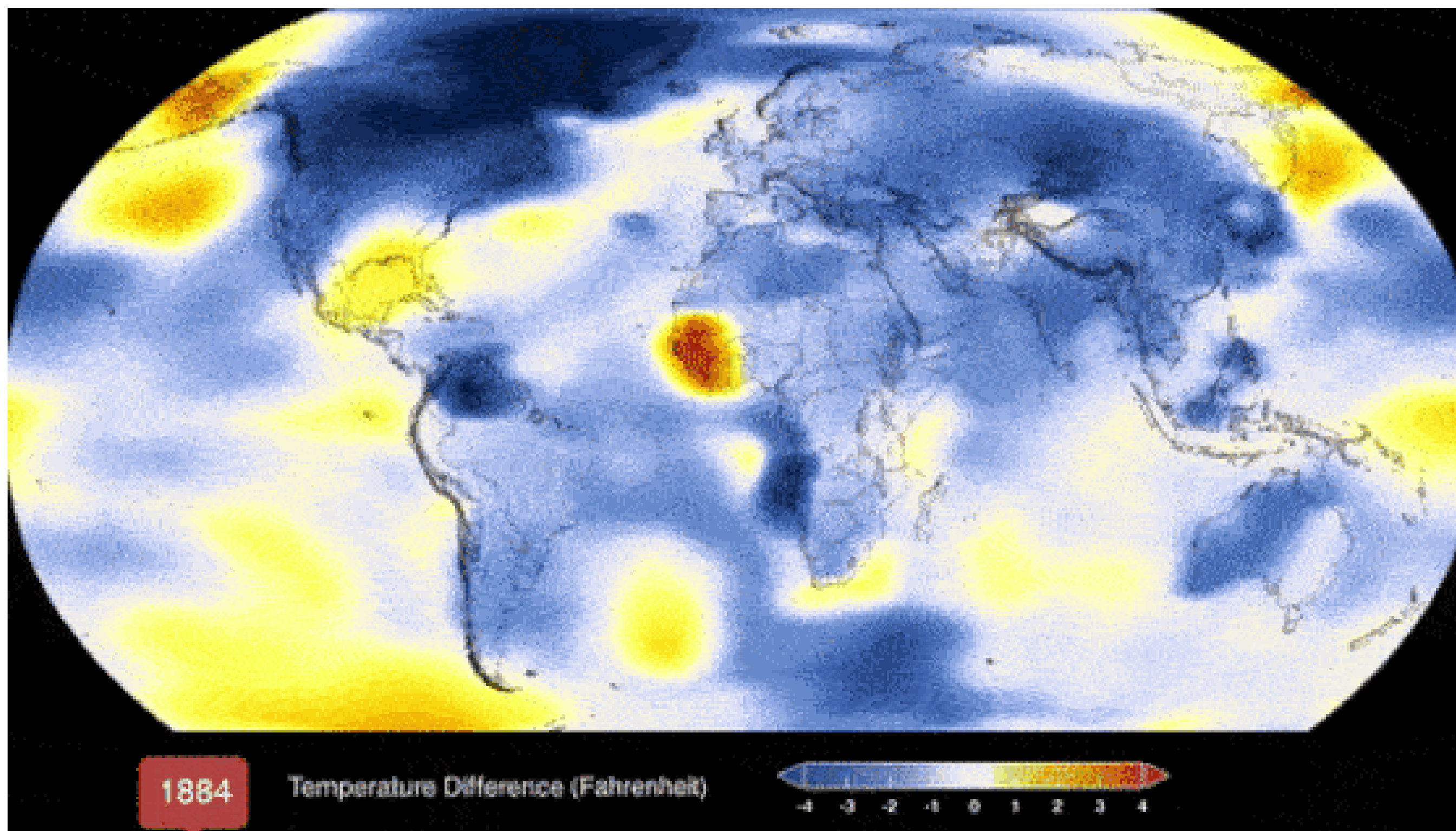


Edgardo Estrada Bustos
Trabajador Agrícola

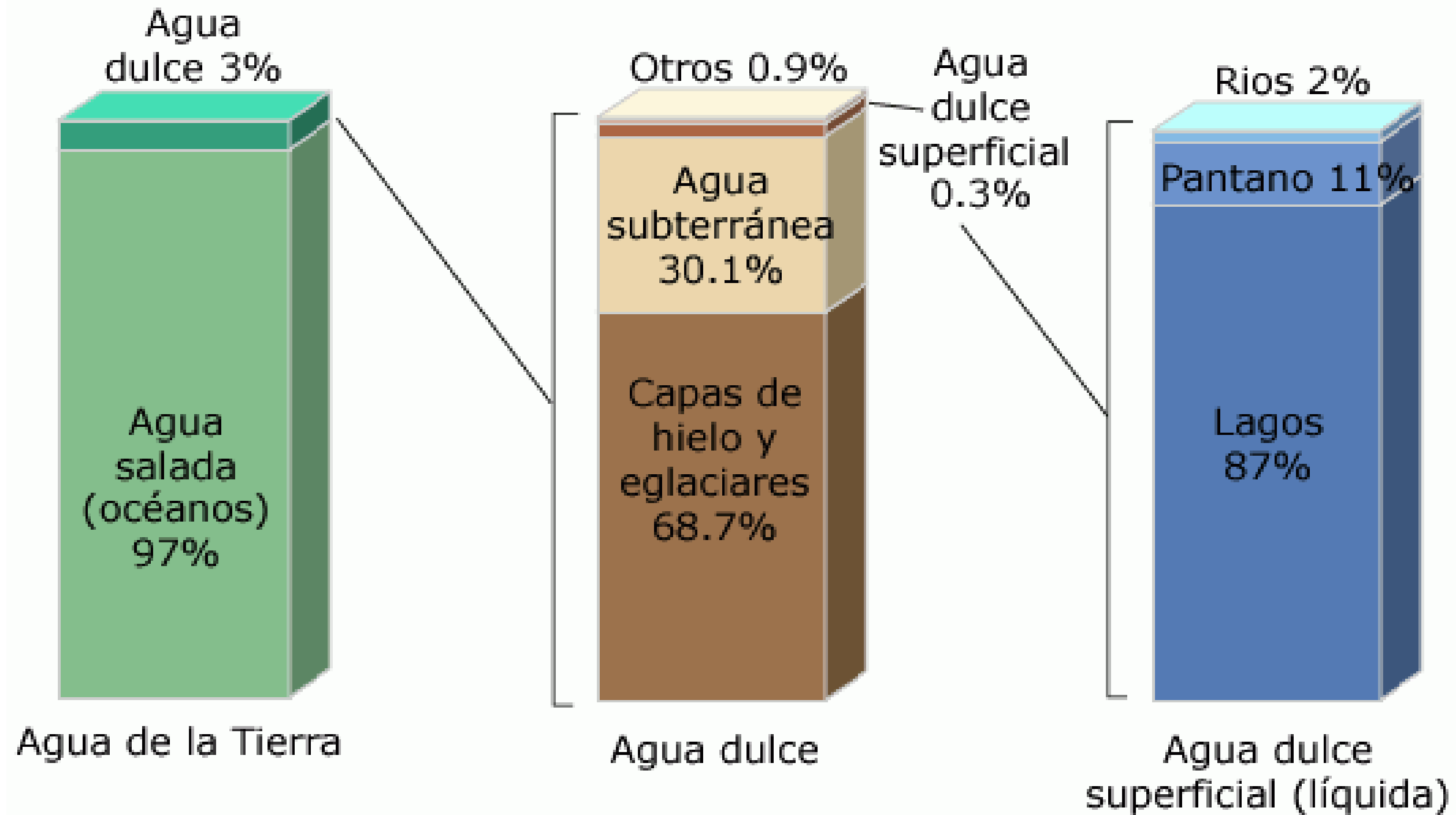
Líneas de investigación:

- Estrategias hídricas intrapredial en cultivos, cereales, praderas, frutales y hortalizas.**
- Adaptación/comportamiento de especies agrícolas al estrés hídrico.**
- Flujos de balance de energía y modelos de evapotranspiración de cultivos.**

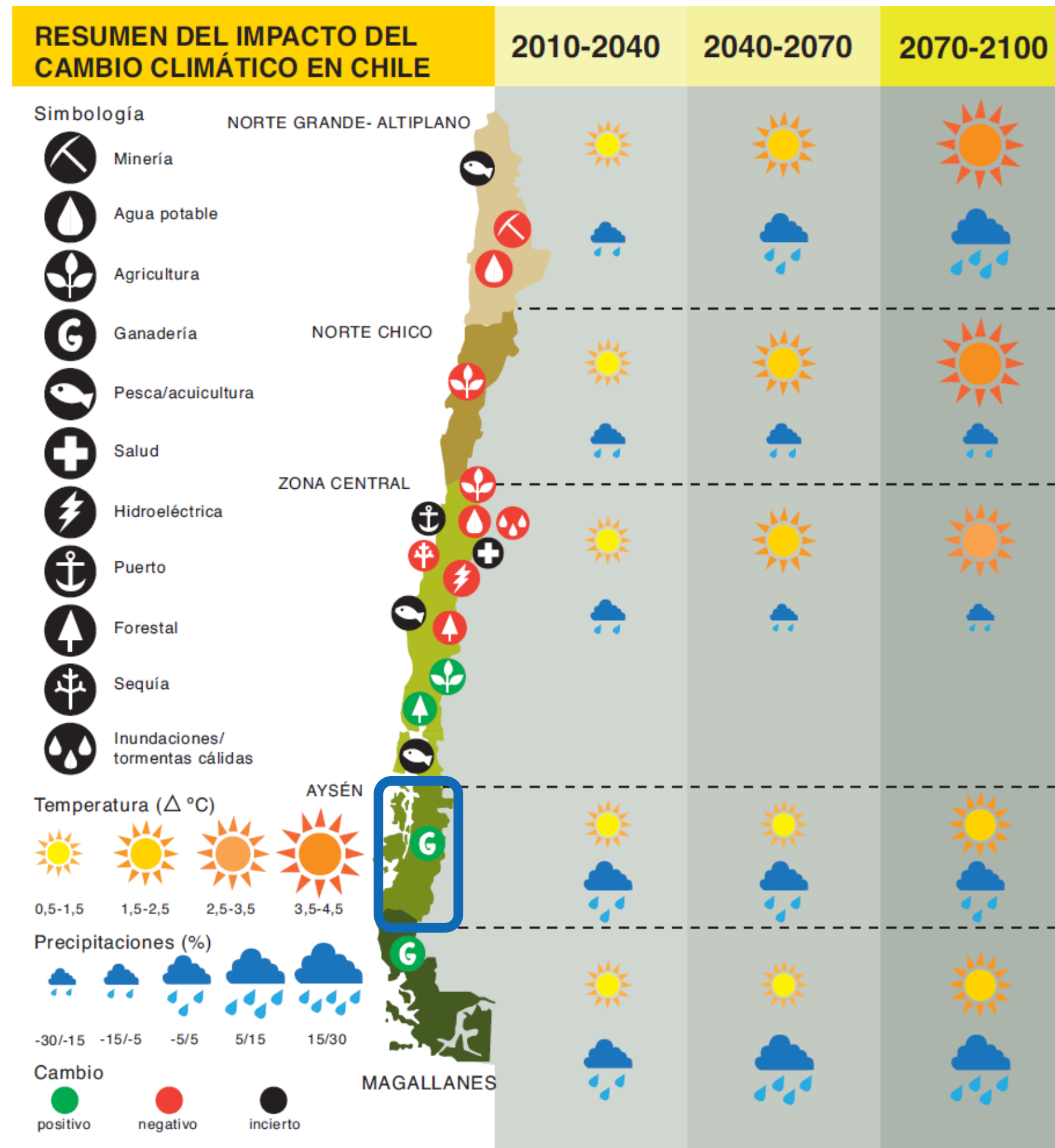
Extensión /TT



Distribución global del agua



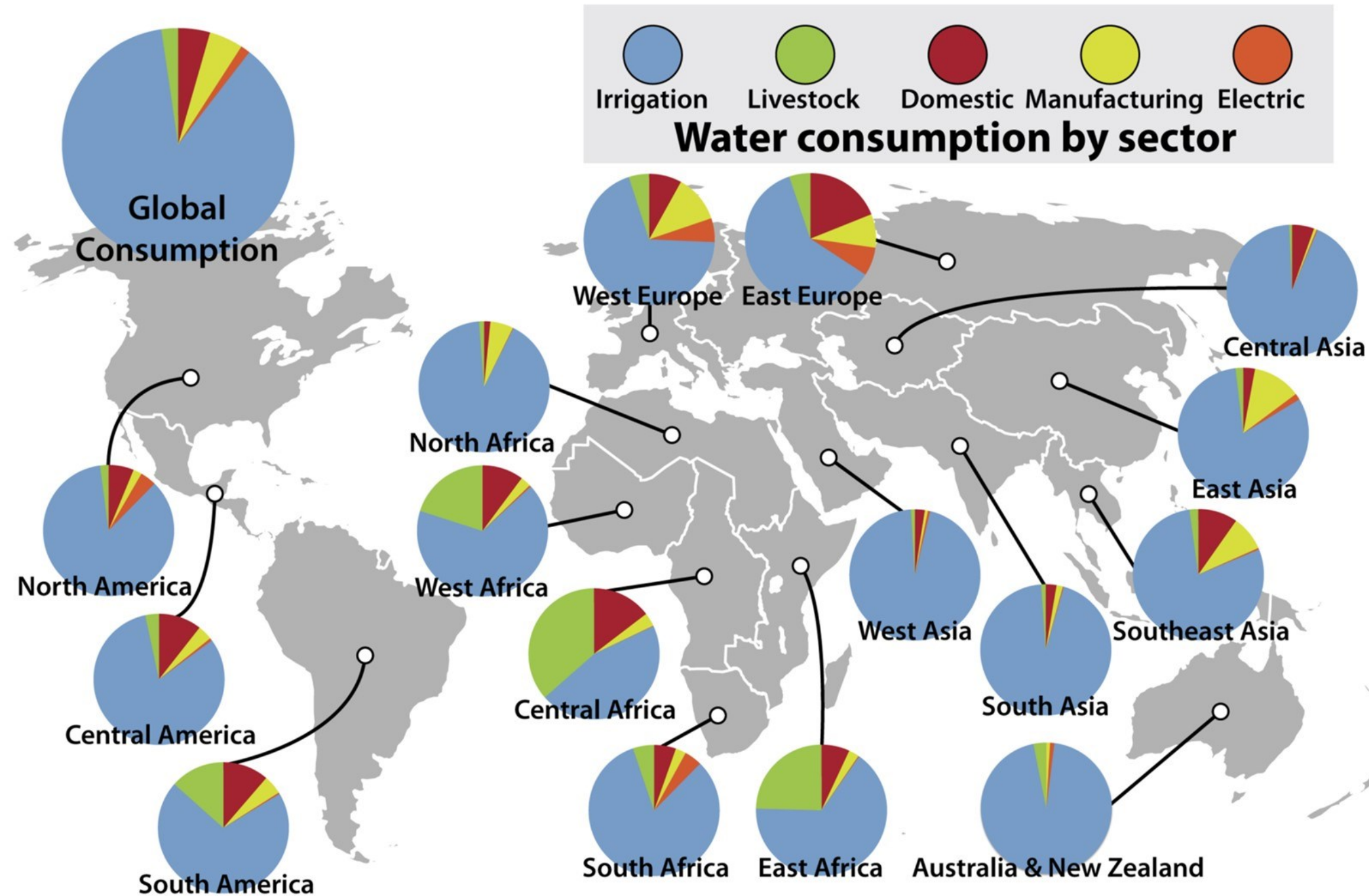
VARIABILIDAD CLIMÁTICA



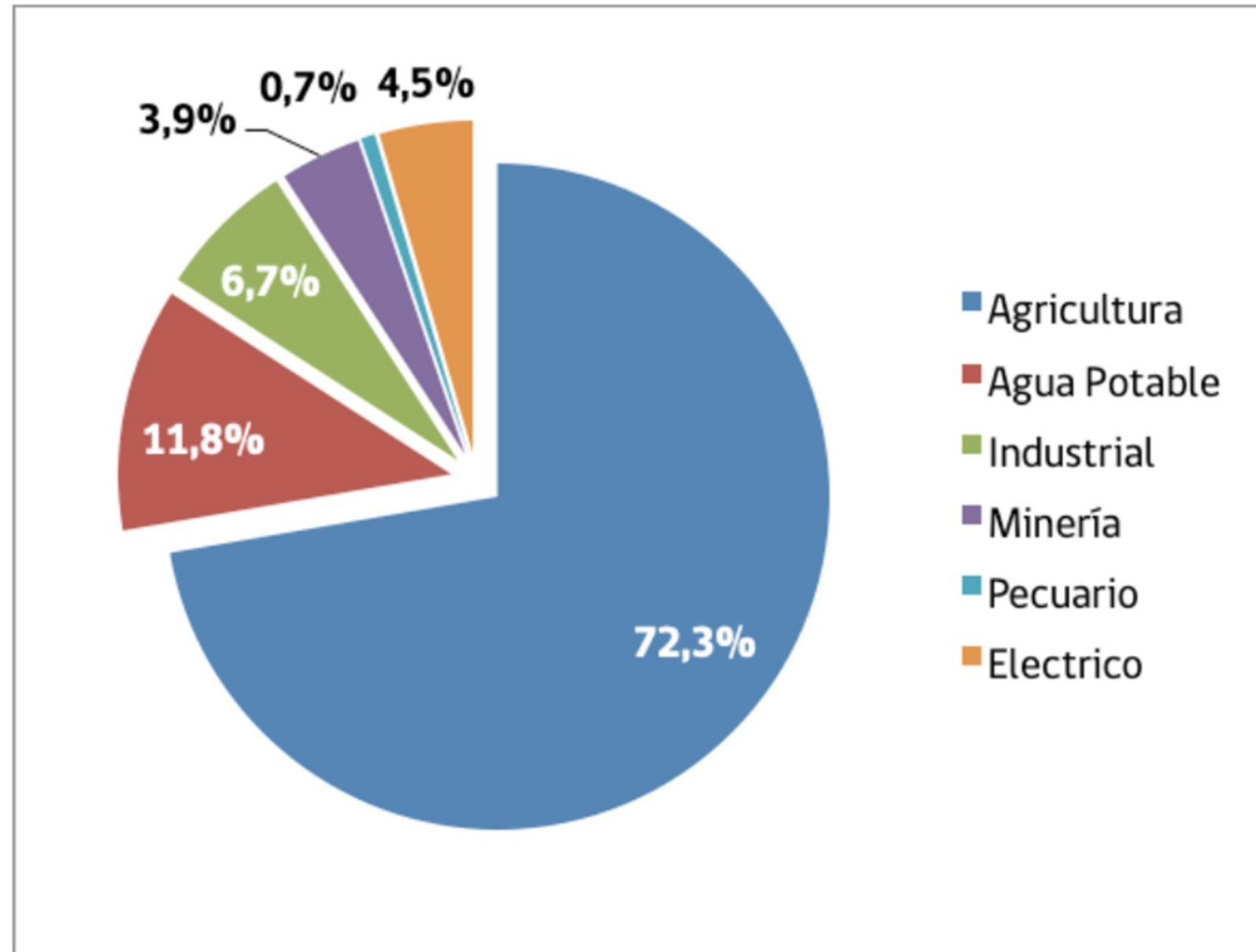
Fuente: CEPAL, 2012



Distribución del agua dulce en el mundo



Distribución porcentual de la demanda consuntiva en Chile

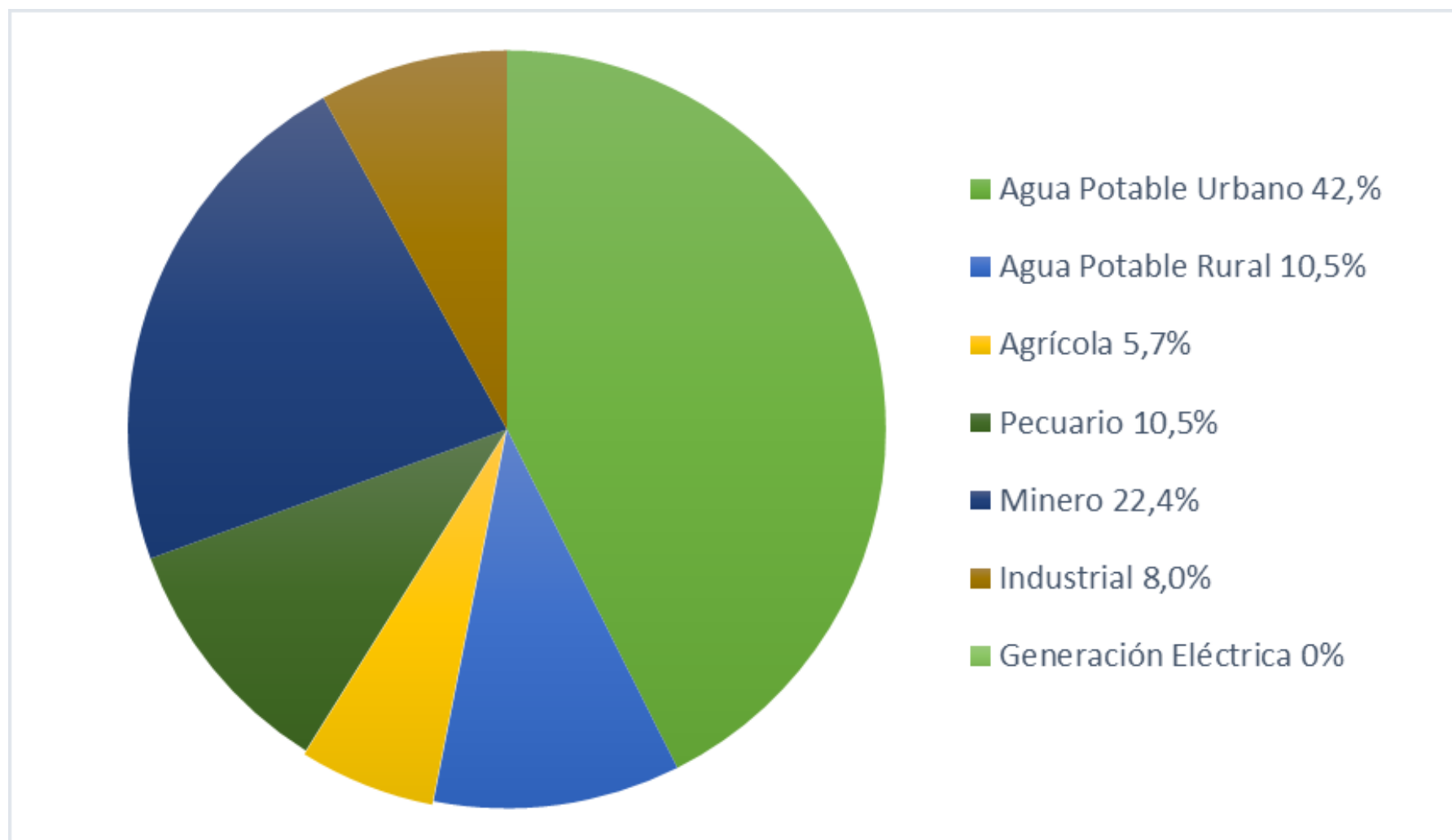


Demanda consuntiva de agua actual y proyección al 2030 y 2040			
	2015	2030	2040
Demanda consuntiva de agua (Millones de m ³ /año)	10.909	11.404	11.969

Fuente: DGA. 2017.

Distribución de demanda consuntiva por sector año 2015. Fuente: DGA, 2017.

Distribución porcentual del agua de uso consuntivo región de Aysén

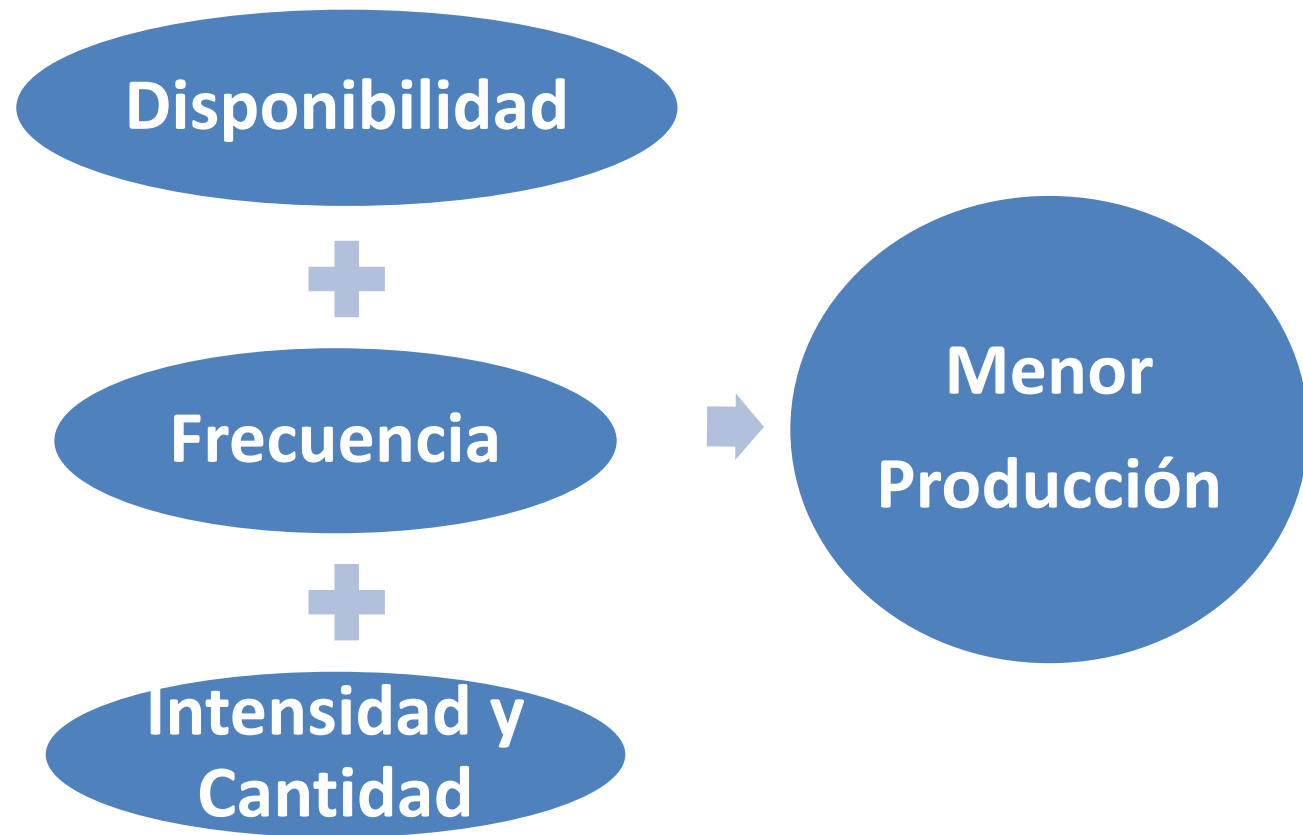


Fuente: DGA, 2017

Resumen Demanda Hídrica - XI Región de Aysén

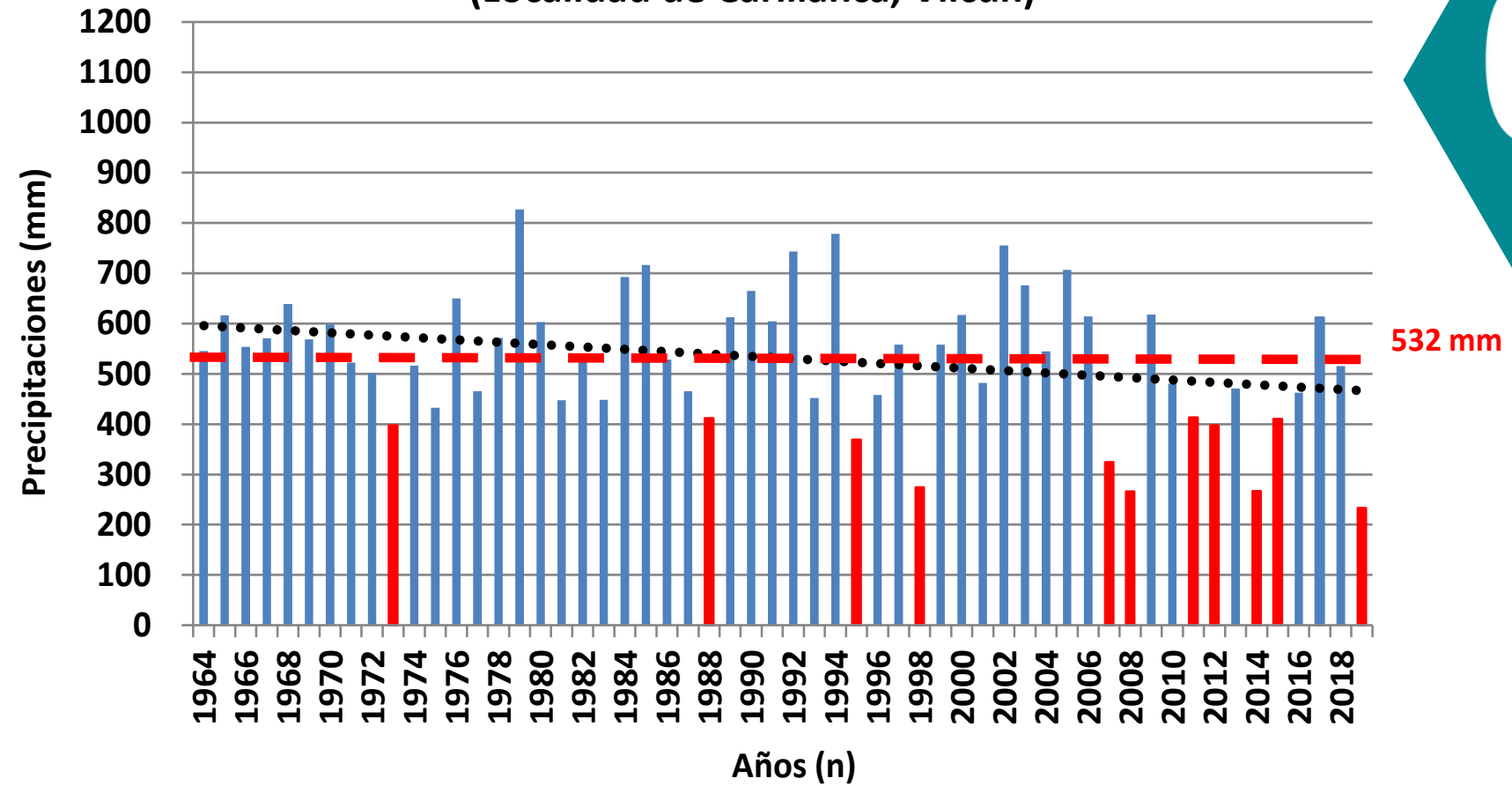
	Demanda (Mm ³ /año)		
	2015	2030	2040
Agua Potable Urbano	5.388	5.947	6.454
Agua Potable Rural	1.332	1.389	1.391
Agrícola	734	488	482
Pecuario	1.337	2.482	2.514
Minero	2.846	971	1.654
Industrial	1.018	1.611	2.010
Generación Eléctrica	0	0	0
TOTAL CONSUNTIVO	12.656	12.888	14.505

Variabilidad Climática



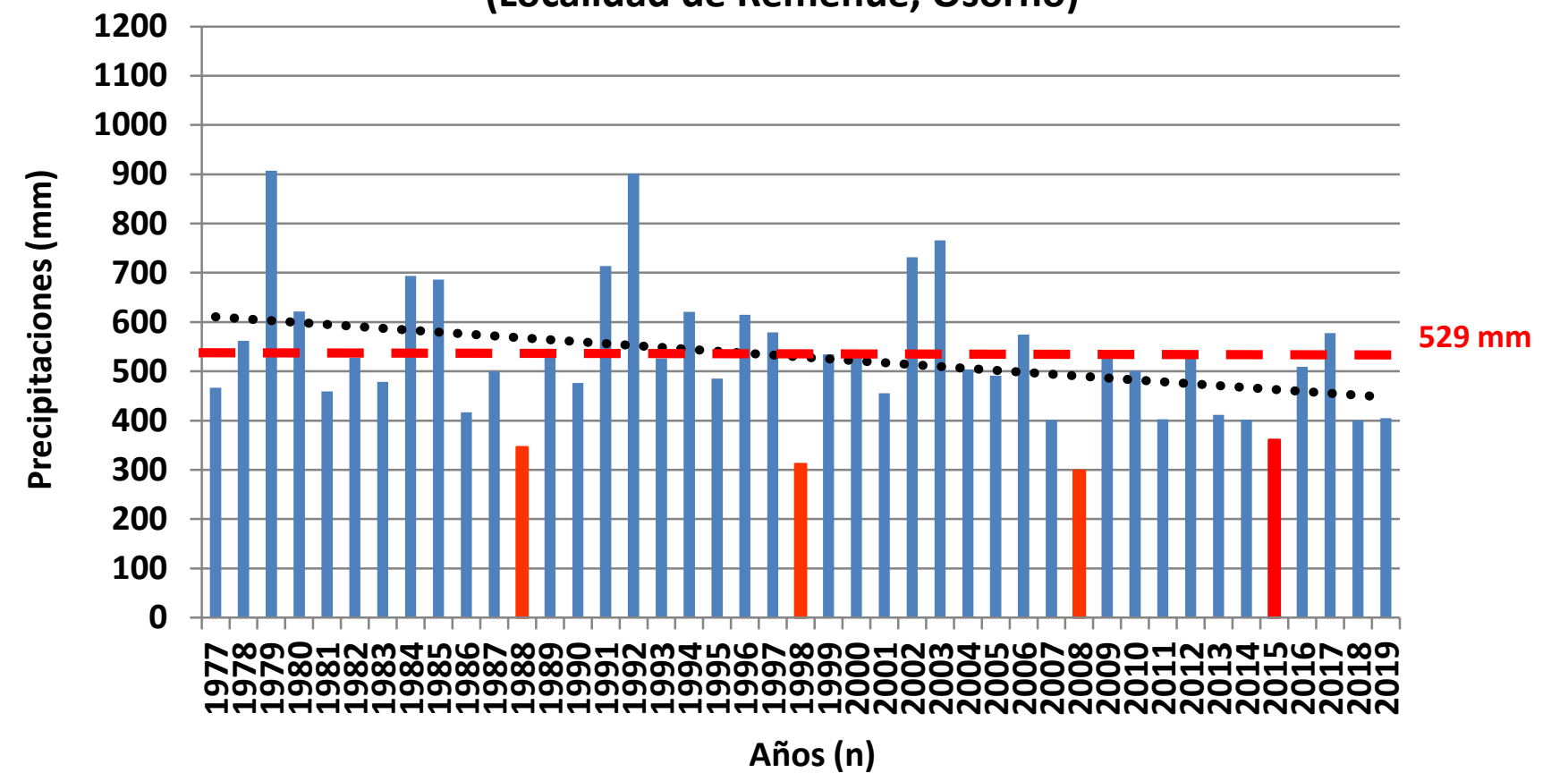
Pluviometría histórica (sept-abril) 1964-2020

(Localidad de Carillanca, Vilcún)

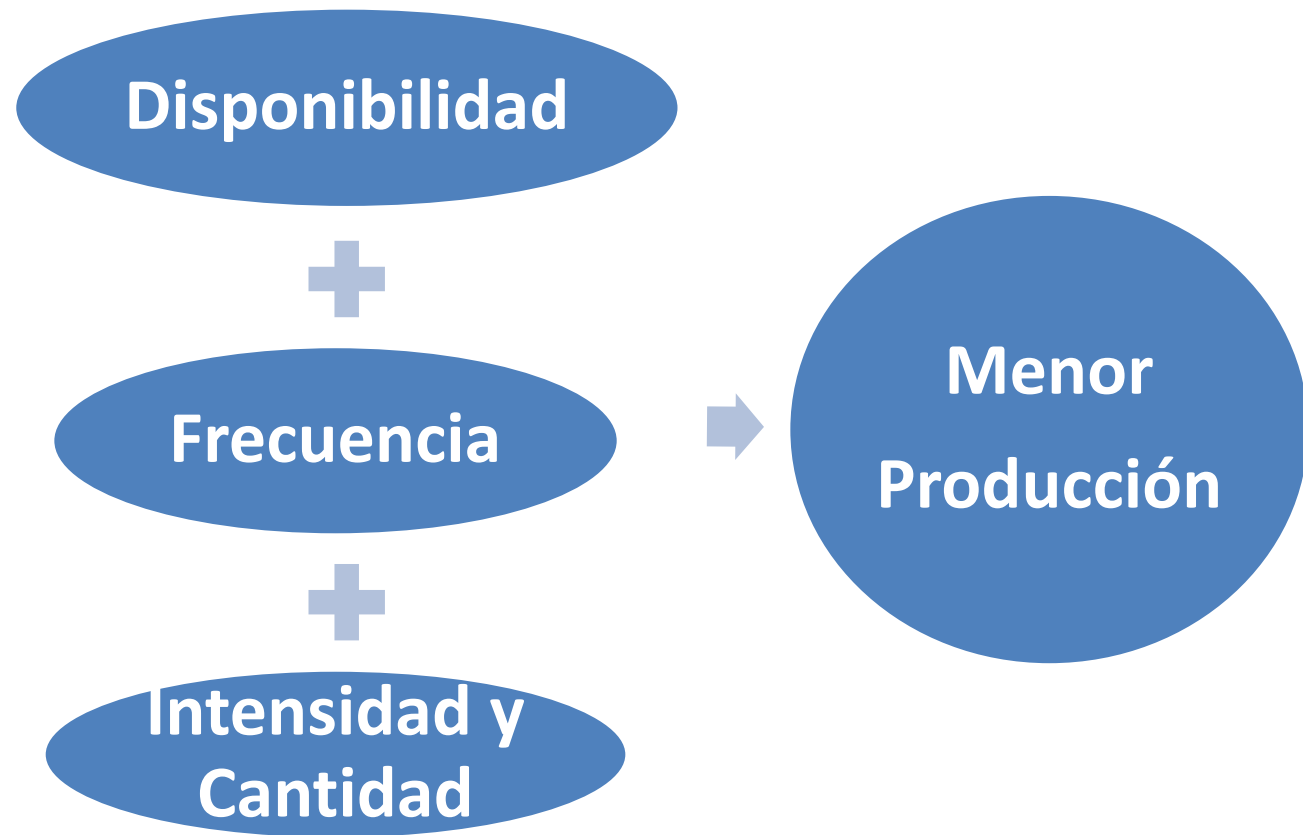


Pluviometría histórica (sept-abril) 1977-2020

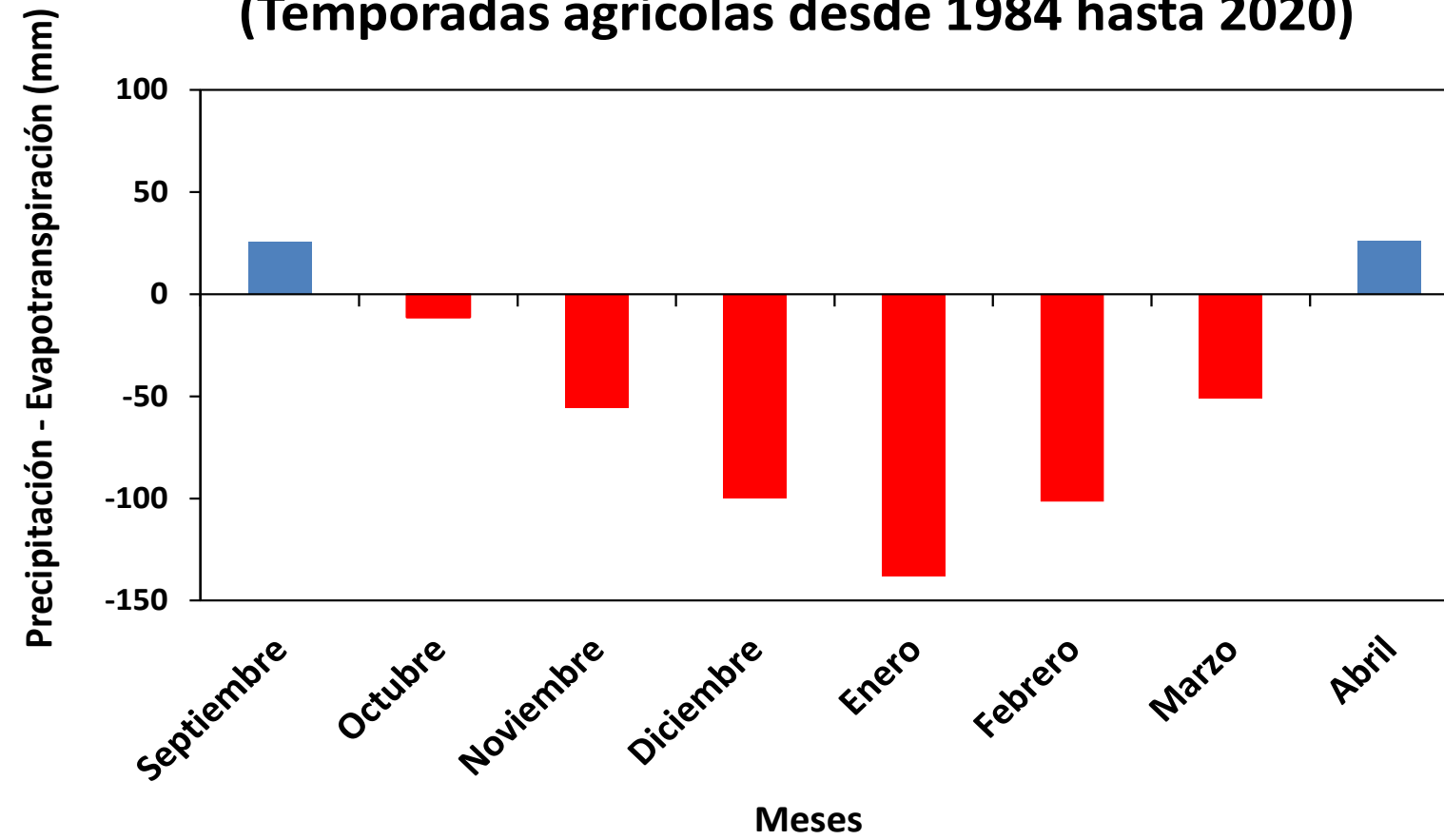
(Localidad de Remehue, Osorno)



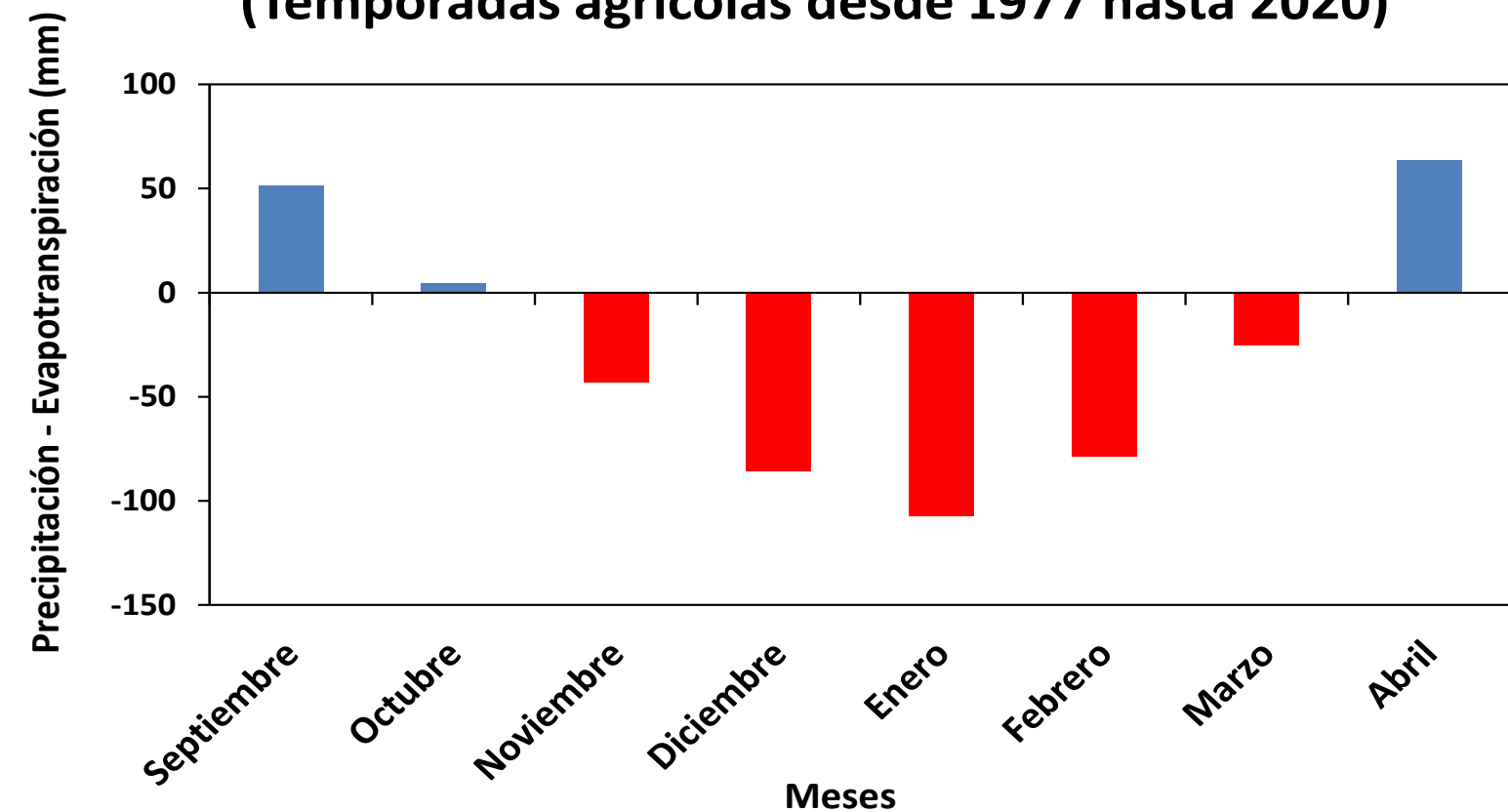
Variabilidad Climática

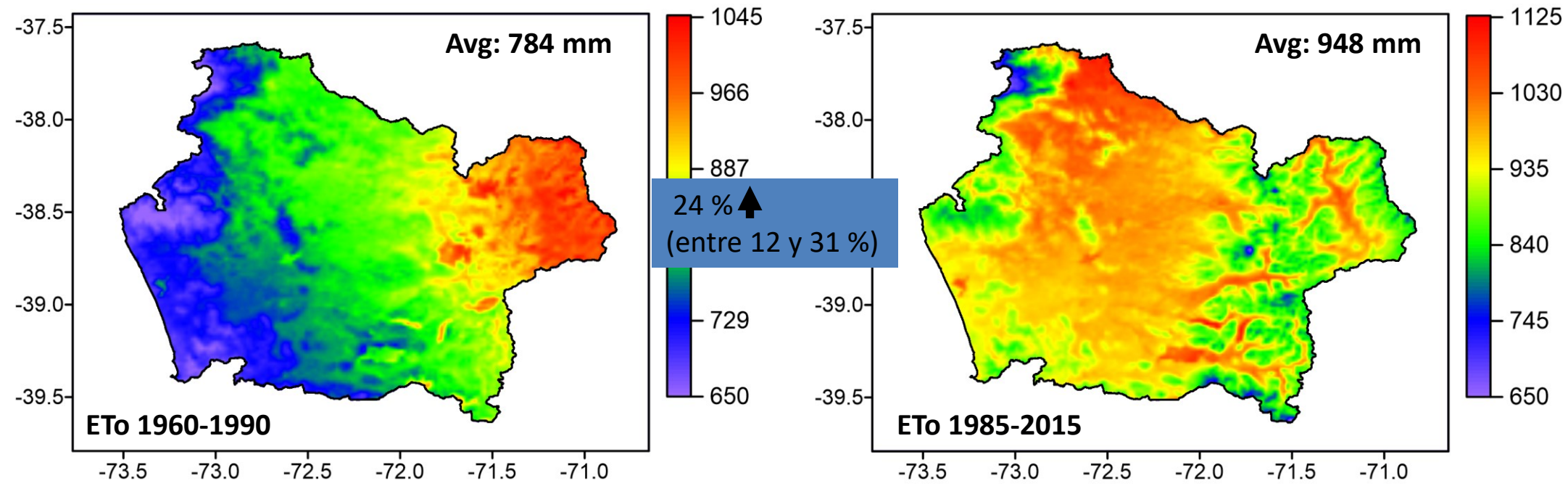


Balance hídrico Carillanca (Temporadas agrícolas desde 1984 hasta 2020)



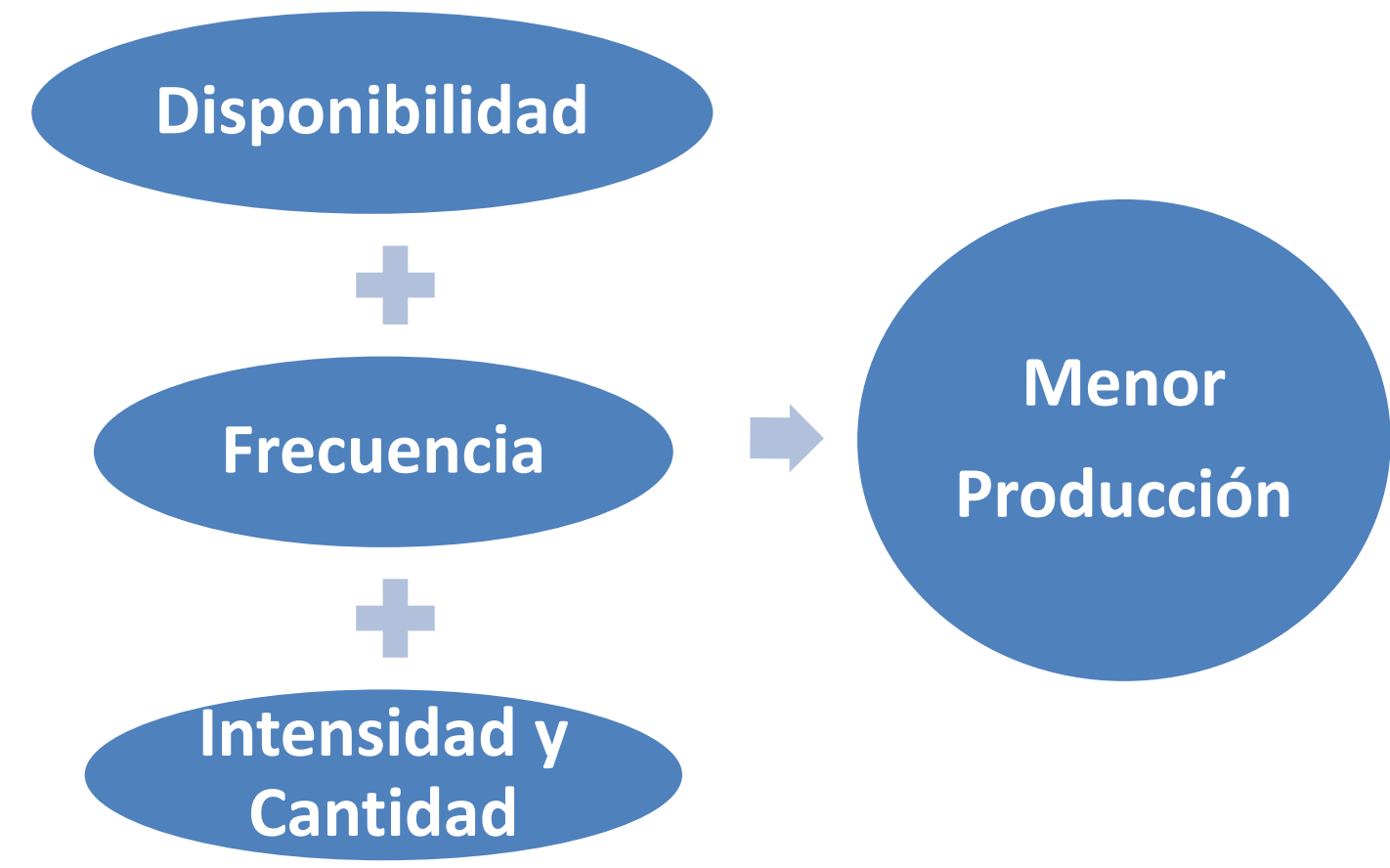
Balance hídrico Remehue (Temporadas agrícolas desde 1977 hasta 2020)





septiembre-abril

Variabilidad Climática



ANÁLISIS HISTÓRICO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN LA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

La evapotranspiración de referencia (ET₀) es una variable clave en la toma de decisiones para la gestión hídrica intrapredial.

Rafael López-Olivari
Ingeniero Agrónomo, Dr.
Investigador en Ciencias del Riego
INIA Carillanca

Luis Morales Salinas
Profesor de Ciencias Naturales y Física, Dr.
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de Chile

Héctor Pauchard Cuevas
Técnico Agrícola
Ayudante de Investigación
INIA Carillanca

La gestión hídrica agrícola es un proceso dinámico clave que interrelaciona, principalmente, componentes de suelo, planta, atmósfera, método de riego, disponibilidad y calidad del agua, incorporación de tecnología (sensoramiento) y capacitación, que es uno de los más críticos pues apunta a facilitar el manejo de este recurso dentro del campo para un uso óptimo, eficiente y eficaz.

El sector agrícola es el mayor consumidor de agua dulce, siendo el riego el que domina gran parte de ese consumo en casi todas las regiones del planeta, aunque su dominio relativo varía según el clima y la infraestructura (Bauman et al., 2016). En Chile, el consumo de agua en la agricultura está cercano al 75% y se estima que la demanda consuntiva de agua incrementará cerca del 5 y 10% hacia los años 2030 y 2040, respectivamente (Mesa Nacional del Agua, 2020). Sin embargo, para la Región de La Araucanía las demandas consuntivas (proyectadas desde el año 2015) se estiman cercanas a 7 y 12% para dichos años.

En la década 1980-1990 empezaron los primeros esfuerzos orientados a identificar zonas agroecológicas homogéneas en la región, con el fin de generar áreas edafoclimáticas similares para un mejor entendimiento de los ambientes físicos de la producción agrícola (Rouanet, 1982; Rouanet et al., 1988). En este sentido, las áreas que se determinaron fueron divididas en cinco: Secano Costero, Secano Interior, Valle Central, Precordillera Andina y Cordillera Andina, que han sido la base para la generación de zonificaciones de otras variables de interés agronómico. En tanto, la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA)

presentó las Áreas Homogéneas Ambientales de la Región de La Araucanía, dividiéndolas en seis: Depresión Intermedia, Secano Costero, Secano Interior, Valle Secano, Precordillera y Cordillera (ODEPA, 2018). De esta forma, uno de los puntos críticos en la gestión hídrica es la determinación de las demandas o requerimientos hídricos de los cultivos dentro de todas estas zonas agroecológicas de importancia agrícola, donde la evapotranspiración de referencia (ET₀) es una de las variables determinantes en el cálculo de dicha demanda. Entre los años 1990 y 2000, la Comisión Nacional de Riego (CNR) y el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN) desarrollaron el Estudio de Cálculo y Cartografía de la Evapotranspiración Potencial en Chile (CNR-CIREN, 1997) que pone a disposición información sistemática valiosa, enfocada en eliminar la heterogeneidad en la estimación de los valores, contribuyendo a un mejoramiento de los resultados globales del instrumento de Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje (Ley N° 18.450).

En esos años, en la Región de La Araucanía había pocas estaciones meteorológicas, siendo casi todas manuales. Sin embargo, hoy existen cerca de 40 estaciones meteorológicas automáticas (EMAs) en funcionamiento; 33 de las cuales son parte de la Red Agrometeorológica del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA, <https://agrometeorologia.cl/>), las que proporcionan a los usuarios en tiempo real la variable ET₀, entre otras de interés agrícola. Así, La Araucanía es la región de Chile con más EMAs robustas y de calidad en funcionamiento, con cobertura en el 100% de las comunas, lo que permite a sus agricultores ventajas comparativas de información valiosa para la toma de decisiones en relación a otras regiones.

32

Contactos:
rafael.lopez@inia.cl
lmorales@uchile.cl
hpauchard@inia.cl

Las otras estaciones pertenecen, en su mayoría, a la Dirección Meteorológica de Chile, AgriChile y a la Asociación Nacional de Productores de Semilla.

CAMPO&TECNOLOGÍA | Julio - Agosto 2022

Revista Campo & Tecnología
Edición: Julio-Agosto 2022
32-35

ANÁLISIS HISTÓRICO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN LA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

La evapotranspiración de referencia (ET₀) es una variable clave en la toma de decisiones para la gestión hídrica intrapredial.



▶ **Rafael López-Olivari**
Ingeniero Agrónomo, Dc.
Investigador en Ciencias del Riego
INIA Curicó



▶ **Luis Morales Salinas**
Profesor de Ciencias Naturales y Física, Dc.
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de Chile



▶ **Héctor Pauchard Cuevas**
Técnico Agrícola
Ayudante de Investigación
INIA Curicó

La gestión hídrica agrícola es un proceso dinámico clave que interrelaciona, principalmente, componentes de suelo, planta, atmósfera, método de riego, disponibilidad y calidad del agua, incorporación de tecnología (sensoramiento) y capacitación, que es uno de los más críticos pues apunta a facilitar el manejo de este recurso dentro del campo para un uso óptimo, eficiente y eficaz.

El sector agrícola es el mayor consumidor de agua dulce, siendo el riego el que domina gran parte de ese consumo en casi todas las regiones del planeta, aunque su dominio relativo varía según el clima y la infraestructura (Brauman et al., 2016). En Chile, el consumo de agua en la agricultura está cercano al 75 % y se estima que la demanda consumista de agua incrementa cerca del 5 y 10 % hacia los años 2030 y 2040, respectivamente (Mesa Nacional del Agua, 2020). Sin embargo, para la Región de La Araucanía las demandas consumistas (proyectadas desde el año 2015) se estiman cercanas a 7 y 12 % para dichos años.

En la década 1980-1990 empezaron los primeros esfuerzos orientados a identificar zonas agroecológicas homogéneas en la región, con el fin de generar áreas edafoclimáticas similares para un mejor entendimiento de los ambientes físicos de la producción agrícola (Rouanet, 1982; Rouanet et al., 1988). En este sentido, las áreas que se determinaron fueron divididas en cinco: Secano Costero, Secano Interior, Valle Central, Precordillera Andina y Cordillera Andina, que han sido la base para la generación de zonificaciones de otras variables de interés agronómico. En tanto, la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA)

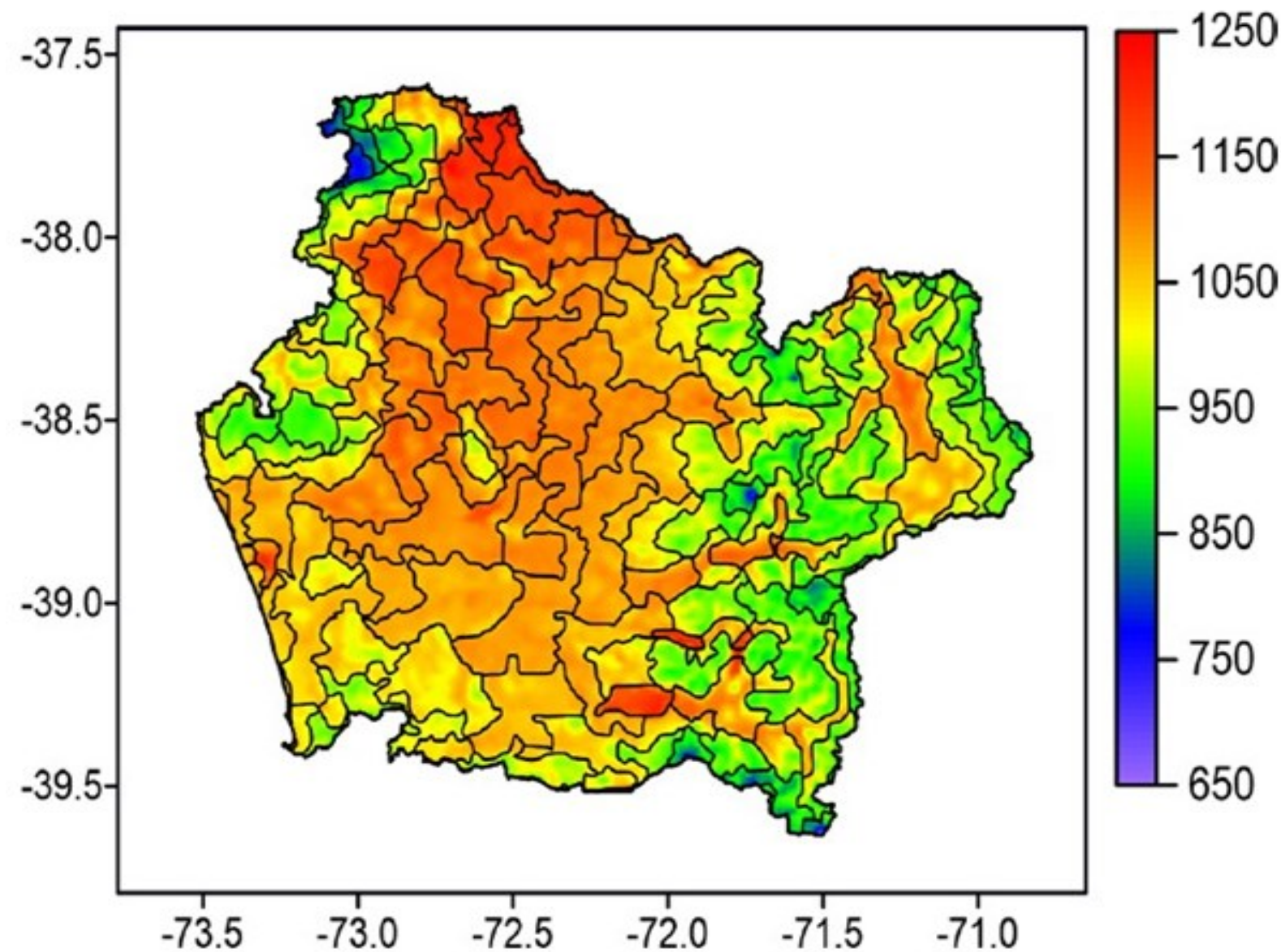
presentó las Áreas Homogéneas Ambientales de la Región de La Araucanía, dividiéndolas en seis: Depresión Intermedia, Secano Costero, Secano Interior, Valle Secano, Precordillera y Cordillera (ODEPA, 2018). De esta forma, uno de los puntos críticos en la gestión hídrica es la determinación de las demandas o requerimientos hídricos de los cultivos dentro de todas estas zonas agroecológicas de importancia agrícola, donde la evapotranspiración de referencia (ET₀) es una de las variables determinantes en el cálculo de dicha demanda. Entre los años 1990 y 2000, la Comisión Nacional de Riego (CNR) y el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN) desarrollaron el Estudio de Cálculo y Cartografía de la Evapotranspiración Potencial en Chile (CNR-CIREN, 1997) que pone a disposición información sistemática valiosa, enfocada en eliminar la heterogeneidad en la estimación de los valores, contribuyendo a un mejoramiento de los resultados globales del instrumento de Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje (Ley N° 18.450).

En esos años, en la Región de La Araucanía había pocas estaciones meteorológicas, siendo casi todas manuales. Sin embargo, hoy existen cerca de 40 estaciones meteorológicas automáticas (EMAs) en funcionamiento, 33 de las cuales son parte de la Red Agrometeorológica del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA, <https://agrometeorologia.cl/>), las que proporcionan a los usuarios en tiempo real la variable ET₀, entre otras de interés agrícola. Así, La Araucanía es la región de Chile con más EMAs robustas y de calidad en funcionamiento, con cobertura en el 100 % de las comunas, lo que permite a sus agricultores ventajas comparativas de información valiosa para la toma de decisiones en relación a otras regiones.

Contactos:
rafael.lopez@inia.cl
lmorales@uchile.cl
hpauchar@inia.cl

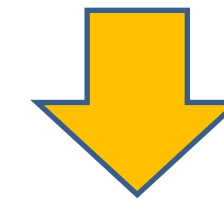
Las otras estaciones pertenecen, en su mayoría, a la Dirección Meteorológica de Chile, AgriChile y a la Asociación Nacional de Productores de Semilla.

CIAMPO&TECNOLOGÍA | Julio - Agosto 2022



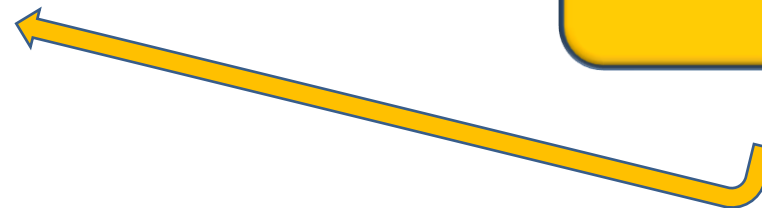
Valores del promedio histórico anual de la evapotranspiración de referencia (ET₀, mm) de la Región de La Araucanía, correspondiente al ET₀ 1985-2015, donde se le superponen las zonas topoclimáticas definidas, para usarse en definir zonas de riego homogéneo

Variabilidad Climática

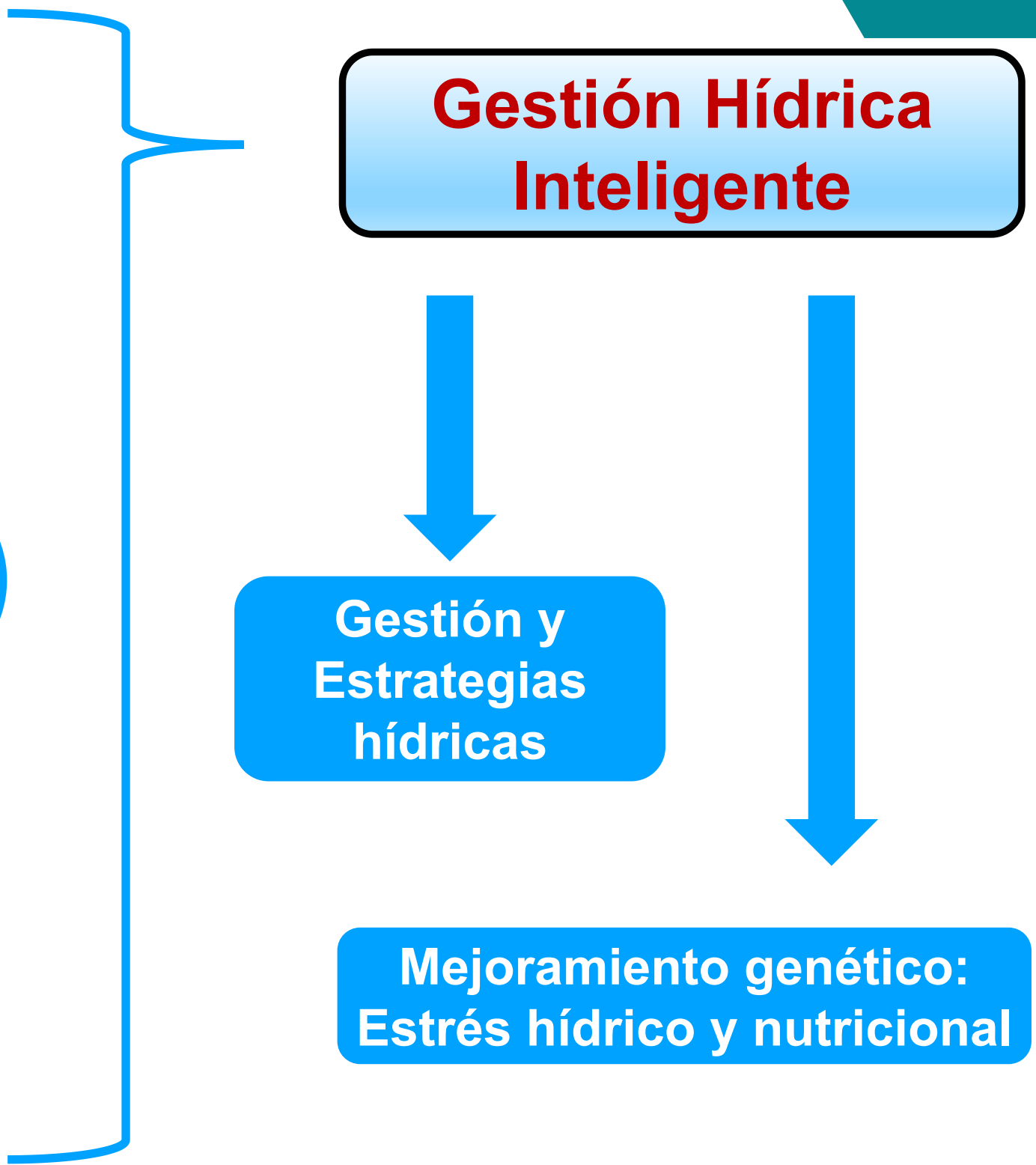
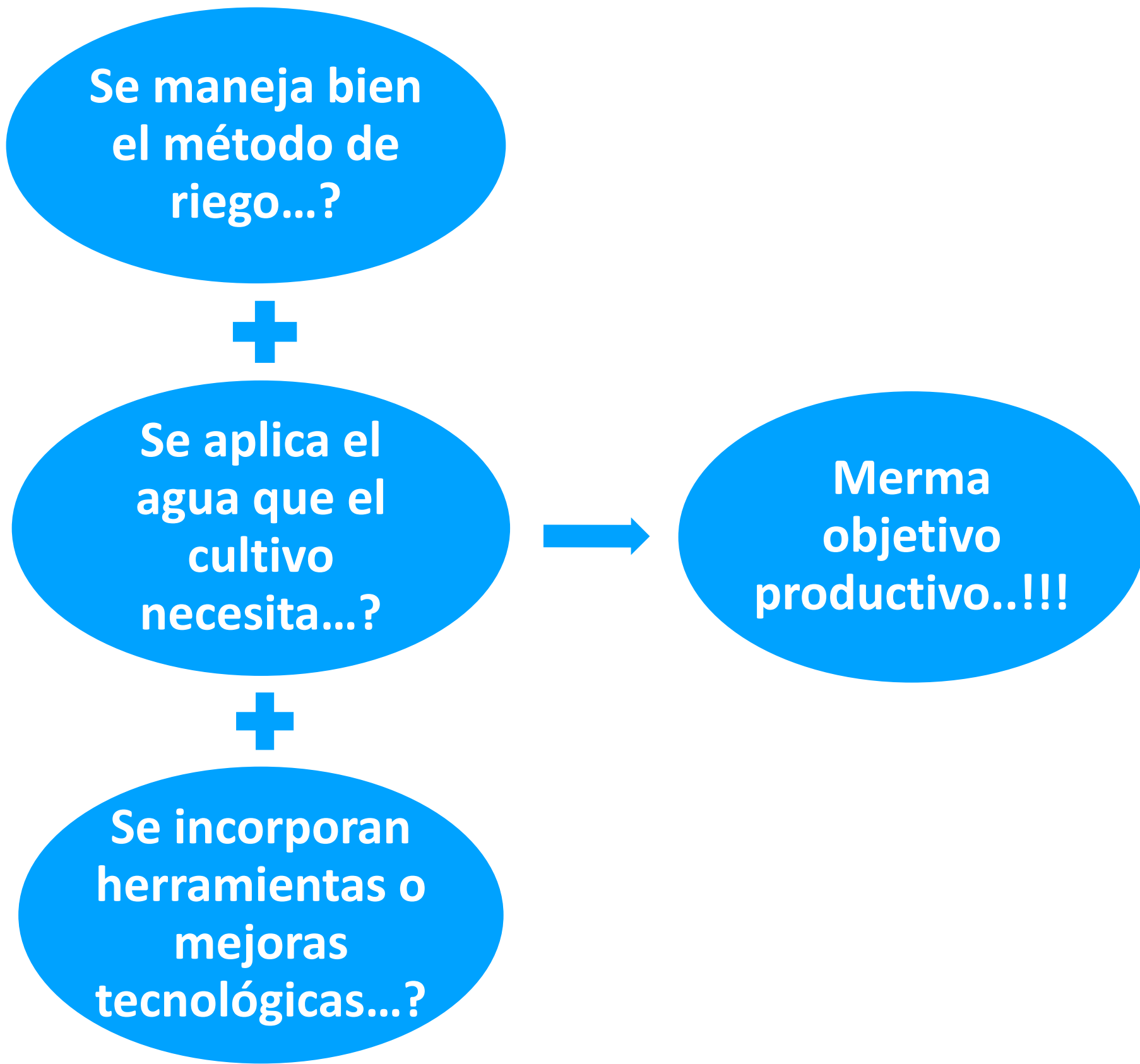


Nuevo/potencial escenario de escasez hídrica

Necesidad de incorporar nuevas herramientas tecnológicas y/o estrategias hídricas



Brecha competitiva



iii...El AGUA es un recurso escaso y esencial...!!!!



Desarrollo e implementación de acciones para una buena toma de decisiones



- Monitoreo meteorológico (EMAs)
- Disponibilidad de información
- Formación de recursos humanos
- Capacitación a los agricultores, productores y equipos técnicos
- Uso eficiente del agua de riego en la agricultura y ganadería
- Implementación en la tecnología de riego (Sistemas de riego)
- Introducción de nuevas variedades y especies adaptadas a estrés hídrico y térmico (alimentación humano y ganadería)
- Incorporar estrategias hídricas para una agricultura sustentable.

¡Como el agua natural (Lluvia) no es suficiente!



La aplicación de agua de manera artificial
(riego agrícola) se hace necesaria...

CIENCIAS DEL RIEGO



El éxito o fracaso de una agricultura de riego depende en gran medida del método de riego que se aplique, el cual debe permitir que el cultivo alcance su máximo rendimiento sin deteriorar el suelo (erosión, lixiviación -o lavado- de nutrientes, concentraciones de sales).

No existe un método de riego ideal o uno mejor que otro que se pueda emplear en forma eficiente en todas las condiciones de suelo y cultivo; *los métodos de riego se diseñan para determinadas condiciones de operación, considerando factores técnicos y económicos.*

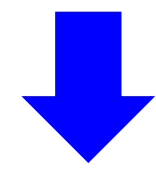
FACTORES QUE DETERMINAN SU ELECCIÓN COMO SISTEMA DE RIEGO



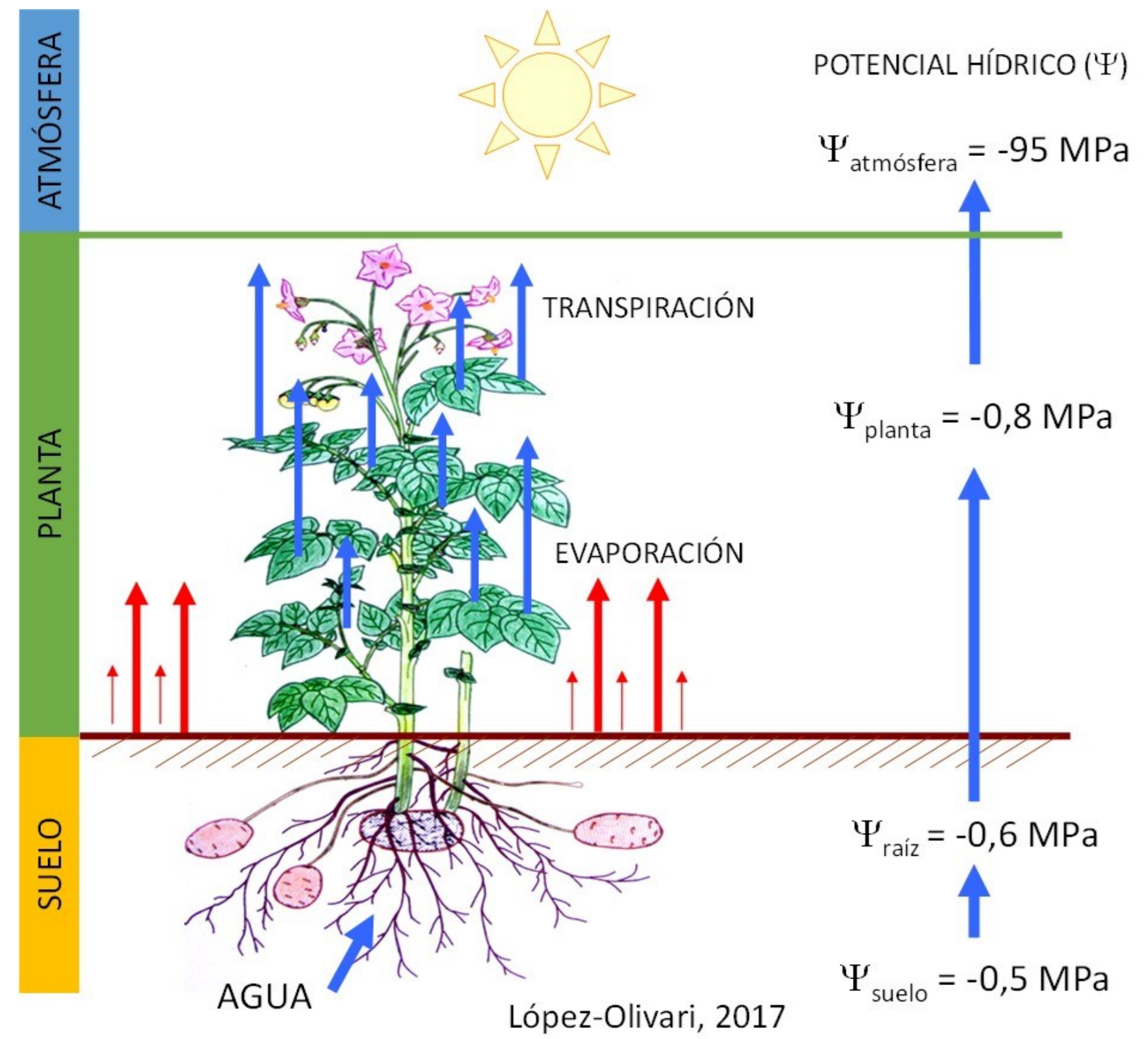
- **Rentabilidad del cultivo**
- **Características físicas del suelo**
- **Clima**
- **Características del agua**
- **Topografía**
- **Factores de manejo**

Movimiento del agua desde el suelo hasta la atmósfera en una planta (potencial hídrico)

Proceso de pérdida de agua desde el suelo a la atmósfera en un cultivo (Evapotranspiración de cultivo)



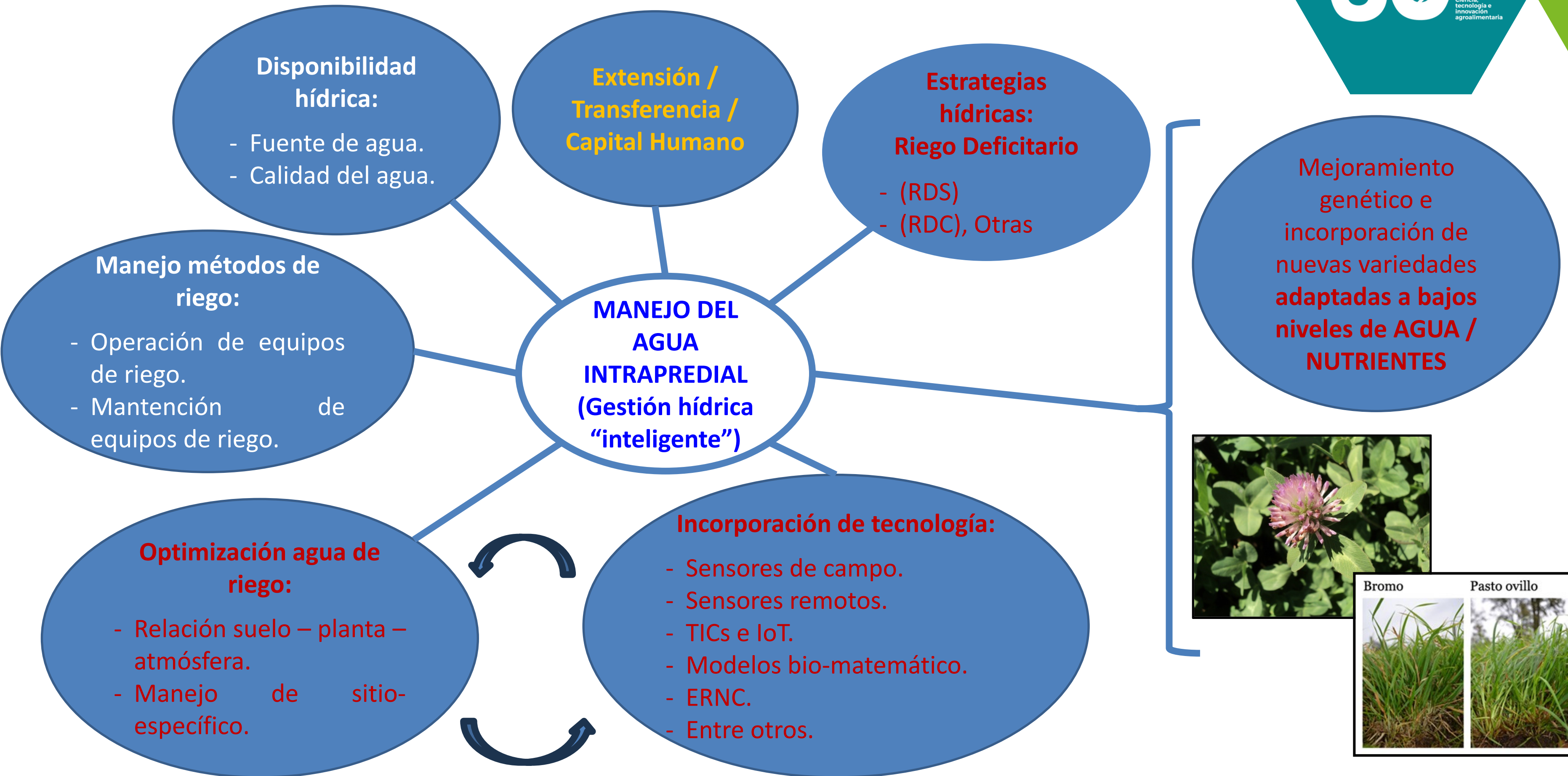
Hay que reponer el agua Evapotranspirada



Manejo del agua de riego intrapredial en agricultura (≈ regar adecuadamente!!!)



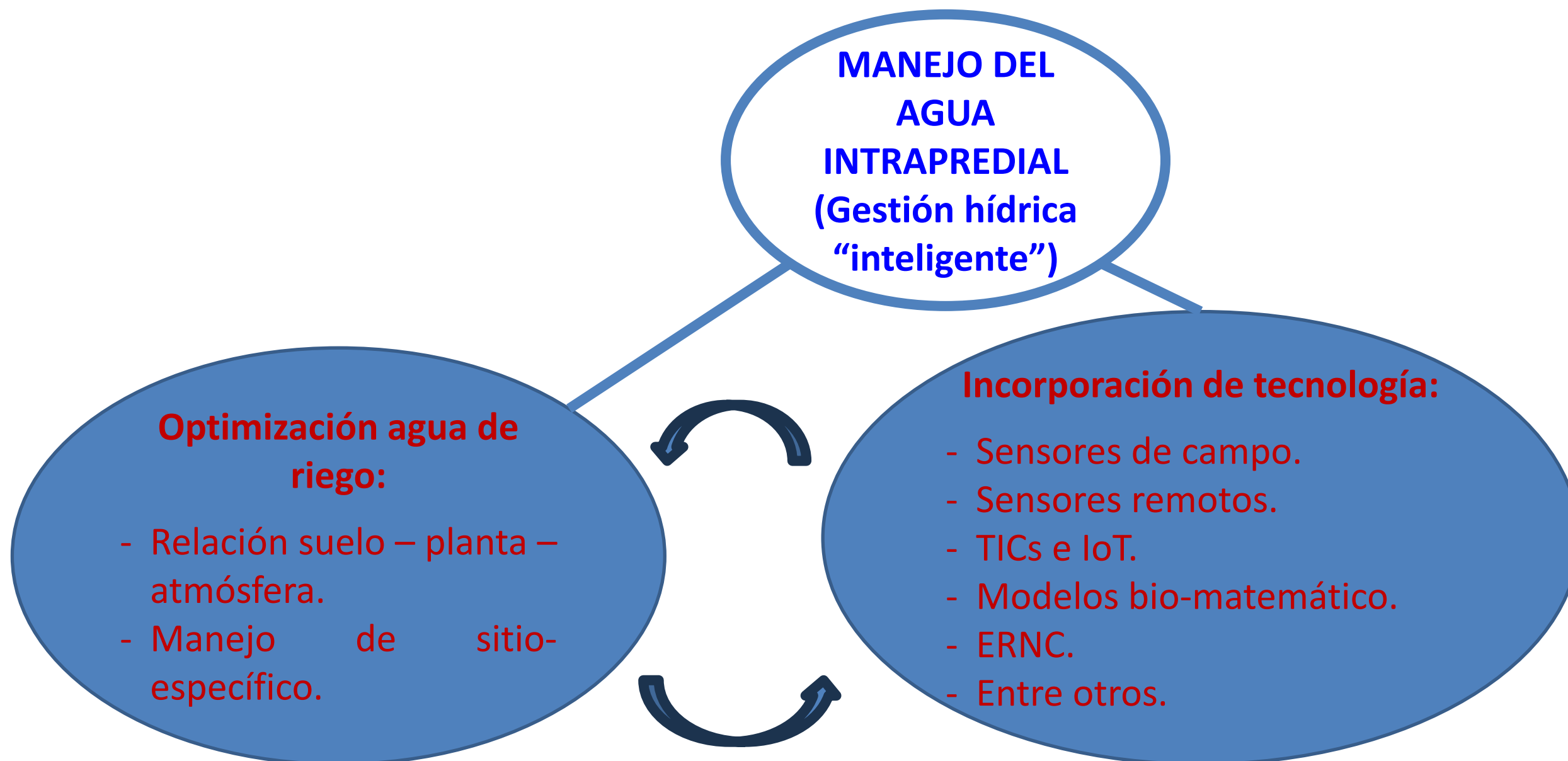
Manejo del agua de riego intrapredial en agricultura (≈ regar adecuadamente!!!)



Manejo del agua de riego intrapredial en agricultura (≈ regar adecuadamente!!!)



PROGRAMACION DE RIEGO



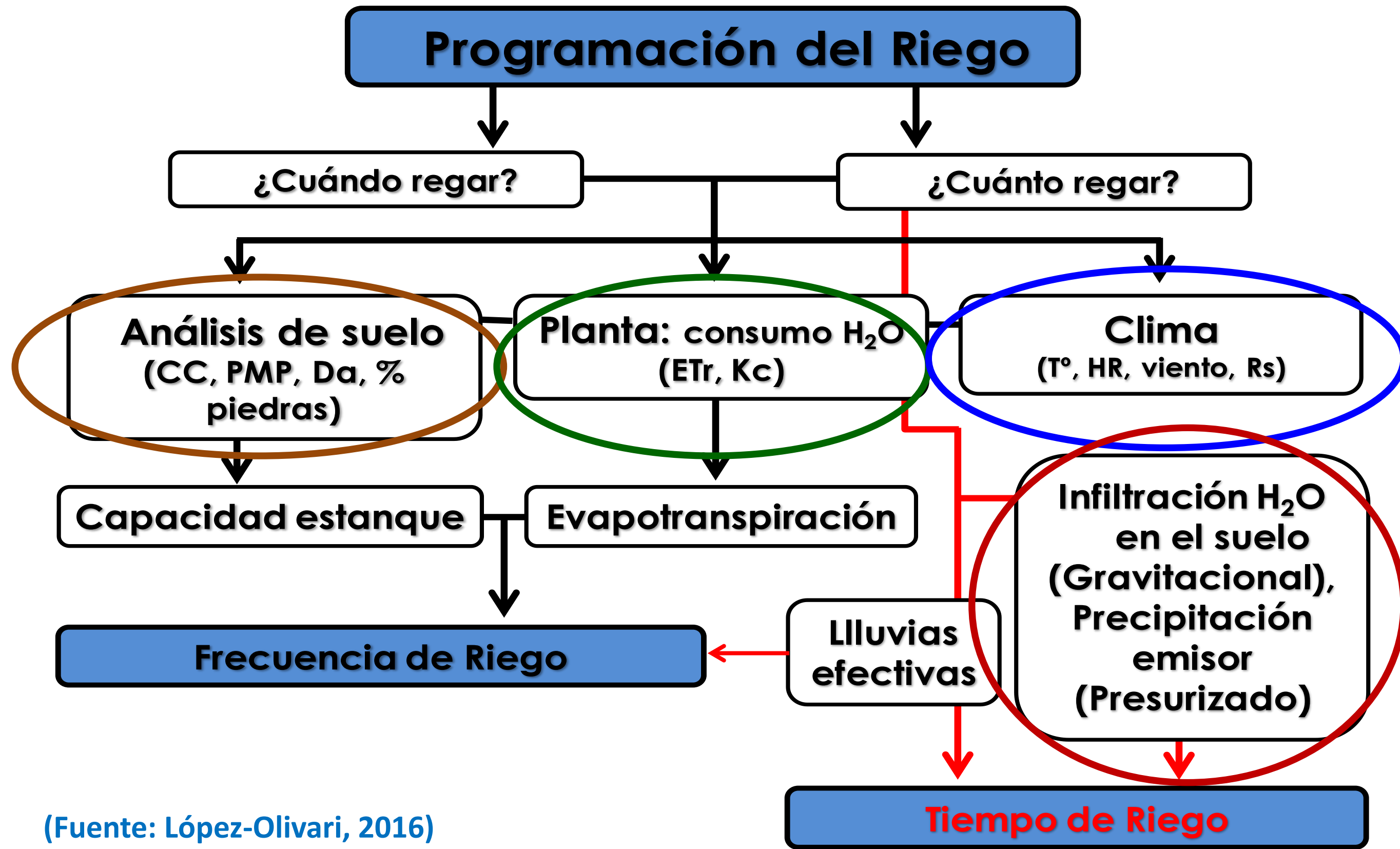
Programación de riego en cultivos agrícolas



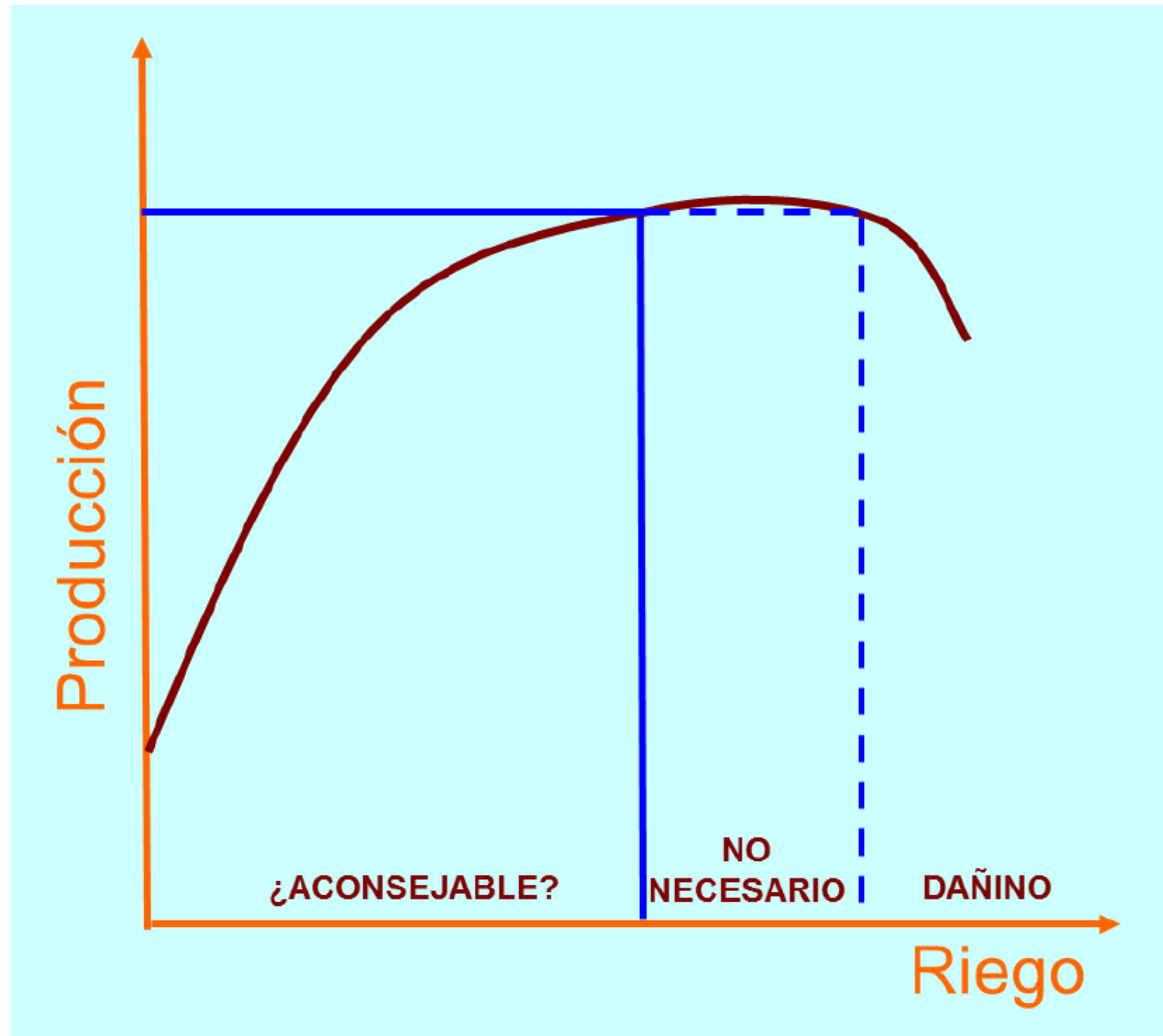
ETAPAS BÁSICAS:

- Caracterización de las propiedades físicas del suelo
- Determinación del consumo de agua de la planta
- Programación del riego según **objetivos de producción**

¿Porqué, Cuándo y Cuánto regar?



(Fuente: López-Olivari, 2016)



Manejo del agua de riego intrapredial en agricultura (≈ regar adecuadamente!!!)



Estrategia hídrica inteligente en praderas (≈ regar óptimamente!!!)



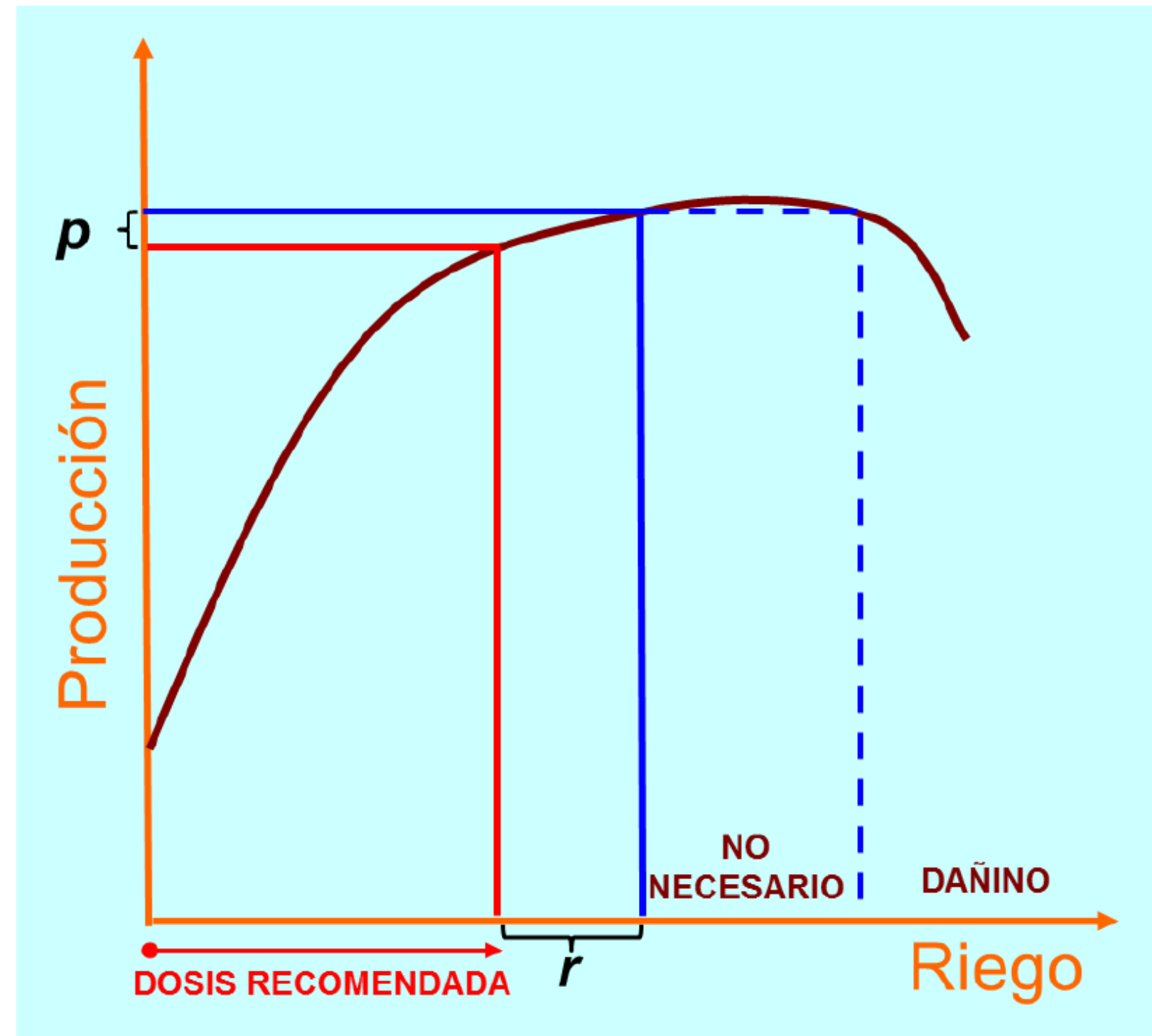
Riego deficitario: es una técnica o estrategia hídrica inteligente que consiste en la disminución de la cantidad de agua de riego, sin mermar mayormente el objetivo productivo.

Se pueden conseguir producciones cercanas al máximo potencial con dosis de riego mucho más bajas que las necesarias para reponer el 100% de las necesidades del cultivo.

Estrategia hídrica inteligente en praderas (≈ regar óptimamente!!!)



Usando el riego deficitario suele lograrse una mayor rentabilidad del cultivo, ya que lo que se deja de ganar por el descenso de producción (p) está compensado con creces por lo que se ahorra en agua, electricidad y tiempo (manejo del riego (r)).



Estrategia hídrica inteligente en praderas (≈ regar óptimamente!!!)



La elección de un u otro RD dependerá de varios factores, principalmente:

- Tipo de especie/variedad,
- Disponibilidad de agua y
- Sistema de riego del que se disponga.
 - Riego suplementario o complementario
 - Riego deficitario de baja frecuencia
 - Secado Parcial de Raíces (Partial Root Drying; PRD)
 - Riego Deficitario Regulado (Regulated Deficit Irrigation; RDI)
 - Riego Deficitario Sostenido (Sustained Deficit Irrigation; SDI)



Resultados estrategias hídricas (INIA Carillanca)



Gramíneas forrajeras



Material usado

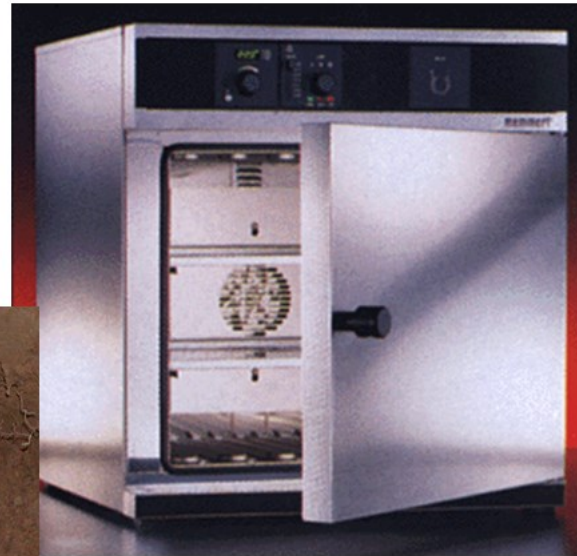


<i>Bromus valdivianus</i> Phil	(Bromino INIA, Bronco INIA, 3287 y 3771)
<i>Lolium perenne</i> L.	(Nui; Ballica perenne)
<i>Festuca arundinaceae</i> Schreber	(Kora; Festuca)
<i>Dactylis glomerata</i> L.	(Greenly; Pasto ovillo)

Cálculo Humedad Gravimétrica

$$W = \frac{SHC - SSC}{SSC - PC}$$

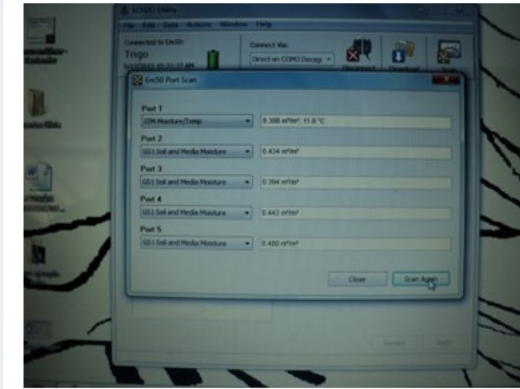
W= humedad gravimétrica (g g⁻¹; x100, %)
 SHC= peso suelo húmedo más cápsula (g)
 SSC= peso suelo seco más cápsula (g)
 PC= peso cápsula o anillo con tapas (g)

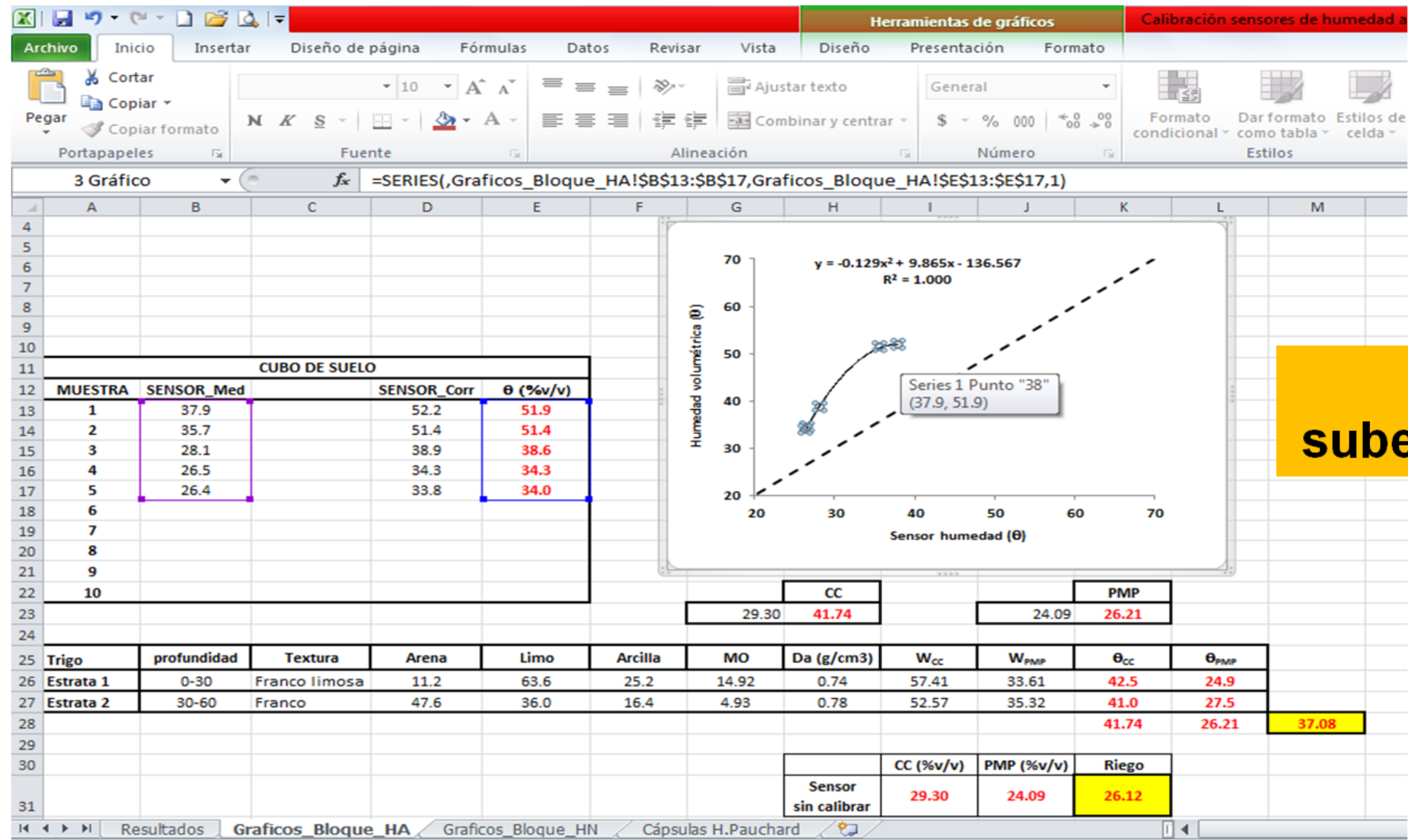


Calibración sensores de humedad arándanos 2017_18 - Microsoft Excel (Error de activación de productos)

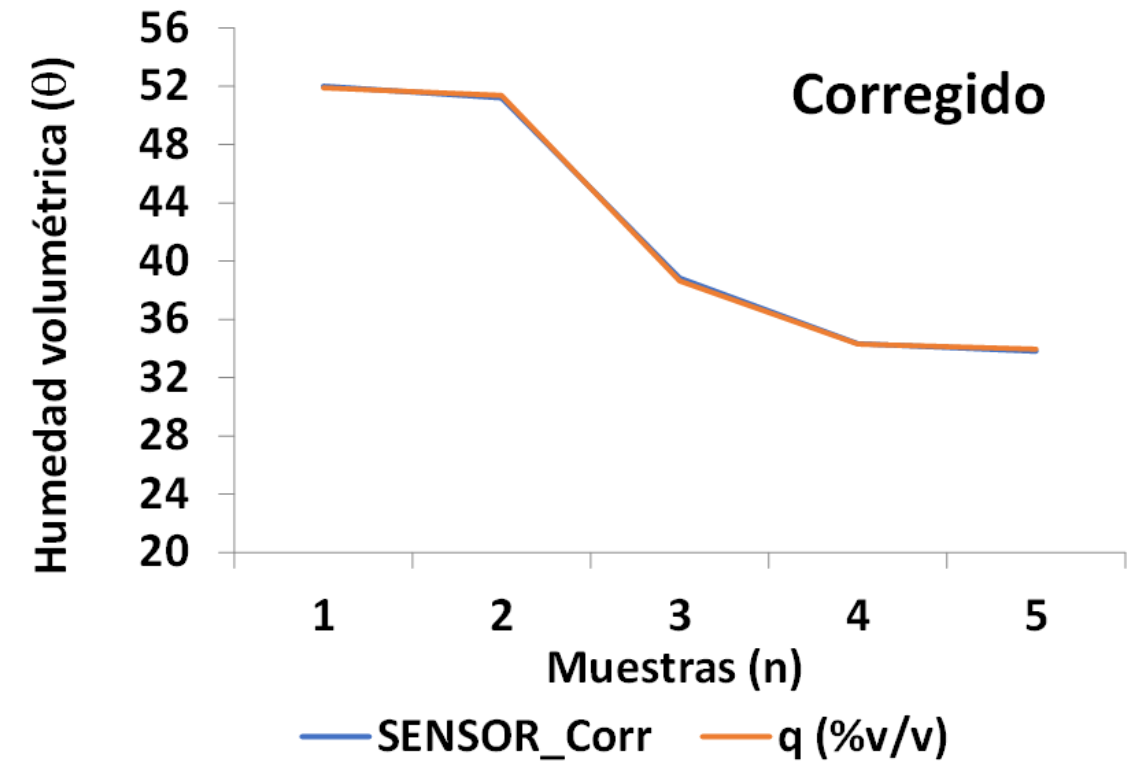
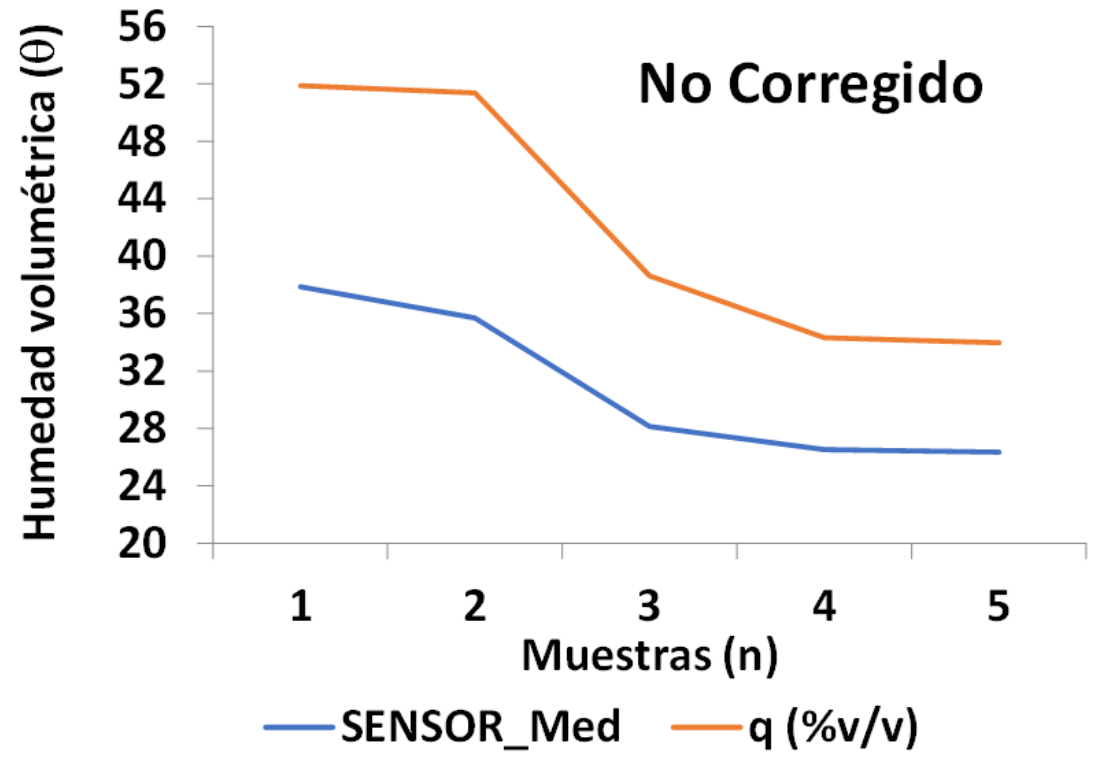
DESVEST $=((F8)-(G8))/((G8)-(E8))*100$

DETERMINACIÓN HUMEDAD PARA CALIBRACIÓN SENSORES DE HUMEDAD SUELO																		
Fecha inicio: Cilindro Da 0.74																		
Instalación 1 sensor de humedad GS-3 (20 cm prof. apróx) 0.78																		
Instalación 4 sensor de humedad GS-1 (10, 30, 40 y 60 cm prof. apróx)																		
Secado muestras en cápsulas: 48 horas a 105°C																		
BLOQUE	Muestras	Fecha	Cápsula	Tara	P.H.	P.S.	P1	P2	P3	P4	P5	Promedio puertos	GS-3	Da (g/cm3)	W (%g/g)	θ (%v/v)	θ (%w/v)	
Huerto Antiguo	1		1	12.6	62.8	43.0	0.442	0.336	0.394	0.419	0.302	37.9	44.2	0.76	=(F8)-(G8)/	49.5	51.9	
			11	12.6	63.0	42.0								0.76	71.4	54.3		
	2		1	12.6	64.0	43.4	0.416	0.382	0.341	0.351	0.295	35.7	41.6	0.76	66.9	50.8	51.4	
			11	12.6	64.1	43.2								0.76	68.3	51.9		
	3		1	12.6	53.3	39.5	0.272	0.268	0.042	0.238	0.347	28.1	27.2	0.76	51.3	39.0	38.6	
			11	12.6	52.6	39.2								0.76	50.4	38.3		
	4		1	12.6	52.1	39.9	0.257	0.253	0.198	0.242	0.309	26.5	25.7	0.76	44.7	34.0	34.3	
			11	12.6	55.7	42.2								0.76	45.6	34.7		
	5		1	12.6	52.4	40.1	0.246	0.249	0.250	0.255	0.304	26.4	24.6	0.76	44.7	34.0	34.0	
			11	12.6	50.5	38.8								0.76	44.7	33.9		
	6		1	12.6									#iDIV/0!	#iDIV/0!	0.76	0.0	0.0	0.0
			11	12.6									#iDIV/0!	#iDIV/0!	0.76	0.0	0.0	0.0
	7		1	12.6									#iDIV/0!	#iDIV/0!	0.76	0.0	0.0	0.0
			11	12.6									#iDIV/0!	#iDIV/0!	0.76	0.0	0.0	0.0
	8		1	12.6									#iDIV/0!	#iDIV/0!	0.76	0.0	0.0	0.0
			11	12.6									#iDIV/0!	#iDIV/0!	0.76	0.0	0.0	0.0
	9		1	12.6									#iDIV/0!	#iDIV/0!	0.76	0.0	0.0	0.0
			11	12.6									#iDIV/0!	#iDIV/0!	0.76	0.0	0.0	0.0





26% subestimación

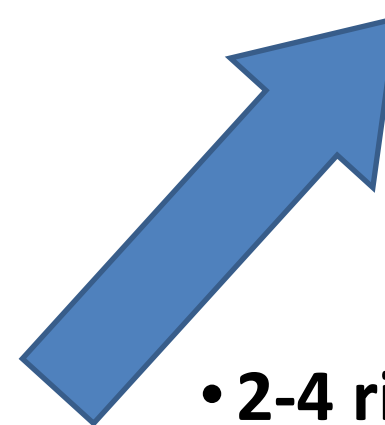




Tratamientos	2017/18 (kg MS/ha)	2018/19 (kg MS/ha)	Total
T3: bien regado	12.773 a	8.551 a	21.324
T2: 80% de T3	11.086 a	8.784 a	19.870
T1: 60% de T3	11.052 a	8.148 ab	19.200
T0: agua lluvia	8.700 b	7.271 b	15.971

Tratamientos (2017/18)	Riego aplicado (m ³ /ha)	Aporte Pp_efectiva (m ³ /ha)	Aporte total (m ³ /ha)
T3: bien regado	3.682	567	4.249
T2: 80% de T3	2.945	567	3.512
T1: 60% de T3	2.209	567	2.776
Diferencia	737-1.472	-	737-1.472

Tratamientos (2018/19)	Riego aplicado (m ³ /ha)	Aporte Pp_efectiva (m ³ /ha)	Aporte total (m ³ /ha)
T3: bien regado	3.273	1.315	4.587
T2: 80% de T3	2.618	1.315	3.933
T1: 60% de T3	1.964	1.315	3.278
Diferencia	655-1.309	-	655-1.309



20-40% menos de agua de riego aplicada

- 2-4 riegos entre cortes (5-6 cortes por temporada)
- 41 mm por riego (30 cm raíces efectivas)
- 8-9 promedio de riegos por temporada (sept-abr)
- Suelo franco arcillo limoso





International Grassland Congress

More About IGC

Welcome To The Joint International Grassland & International Rangeland Congress.

Home Page

Postponement of the Joint XXIV IGC and XI IRC Congress from October 2020 to October 2021.

The National Organizing Committee, together with the International Grassland and International Rangeland Organizing

IGC-IRC 2021 INFORMATION

Online Registration Open!

Call for Exhibitions

The Joint XXIV IGC and XI IRC Congress Third Announcement

Third Call for Papers, Posters, and Proposals for concurrent

Perennial forage grasses response to water stress as an alternative for water-limited conditions of southern Chile

Key words: water stress; *Bromus*; ryegrass; dry matter yield; irrigation water use efficiency

Abstract

Perennial grasses are an important forage to marketable animal industry around the world. However, the lack of available water limits the use and efficiency of the water resource for maximizing the yield of dry matter. Furthermore, the highest perennial grasses production is obtained in southern Chile, where the frequency and intensity of the rainfalls has been significantly diminished in the main growing period. Thus, the purpose of this research was to evaluate the responses of dry matter production (DMP) and irrigation water use efficiency (IWUE) under different levels of water stress on perennial grasses sown in Chile. The experiment was conducted at the Regional Research Center Carillanca of the Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA-Carillanca), Región de La Araucanía, Chile (38°41' LS; 72°25' LW; 188 m above sea level) during the 2017/2018 season. Four treatments of water stress were established: T1 (non-stressed: the soil moisture was always between readily available soil water and field capacity), T2 (80% irrigation application of T1), T3 (60% irrigation application of T1) and T4 (only rainfed). Seven perennial grasses were used: *Bromus valdivianus* Phil (Bromino INIA, Bronco INIA, 3287 and 3771), *Lolium perenne* L. (Nui), *Festuca arundinaceae* Schreber (Kora) and *Dactylis glomerata* L. (Greenly). The soil water content at each water stress treatments were monitored using FDR sensors. The DMP and IWUE were only measured during maximum water demand period (November-February) reaching 4 cuts. Strip-plot statistical design with 7x4 factorial arrangements and three repetitions was used in this study. There was clear response of the perennial grasses type and water stress condition over DMP and IWUE. Some *Bromus* materials would have a value of DMP and IWUE statistically similar to that obtained by the Kora fescue. These results are promising to find Chilean native perennial grasses materials that adapt to better water-limited conditions.

López-Olivari and Ortega-Klose (2021)



University of Kentucky

UKnowledge

International Grassland Congress Proceedings

XXIV International Grassland Congress / XI International Rangeland Congress

Perennial Forage Grasses Response to Deficit Irrigation as an Alternative for Water-Limited Conditions of Southern Chile

Rafael López-Olivari
INIA, Chile

Fernando Ortega-Klose
INIA, Chile



Antecedentes generales de la respuesta al agua de riego en gramíneas forrajeras para La Araucanía Sur

Rafael López-Olivari, Ing. Agrónomo, Mg. Sc. Dr., Investigador en Gestión Hídrica Intrapredial
Fernando Ortega Klose, Ing. Agrónomo Ph.D., Investigador en Fitomejoramiento de Forrajeras
Muriel Melo Huenulao, Ing. Agrónomo
Centro Regional INIA Carillanca

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS - INFORMATIVO N° 113



Reporte Técnico 2020

Las gramíneas forrajeras son especies de importancia económica en el sur de Chile para la producción animal, algunas de ellas caracterizadas por presentar cierta adaptabilidad al estrés hídrico. Sin embargo, hay poca información actualizada sobre los requerimientos hídricos en general de las gramíneas forrajeras. Actualmente se está observando una variabilidad climática importante donde existen cambios en los patrones de distribución, frecuencia y cantidad de las precipitaciones en la zona sur de Chile (Gráfico 1). Así, la pluviometría histórica en INIA Carillanca durante los meses de crecimiento y desarrollo de la

mayoría de los cultivos agrícolas, experimenta una tendencia a una disminución entre los meses de septiembre y abril. En La Araucanía existe un déficit hídrico de un 46% hasta marzo de 2020, siendo un valor preocupante y obligando a los agricultores, productores y asesores, a incorporar un manejo del agua de riego en los campos. Bajo este escenario, es importante determinar las cantidades de agua de riego que necesitan las gramíneas forrajeras para incorporar un concepto de gestión hídrica en el área de praderas.

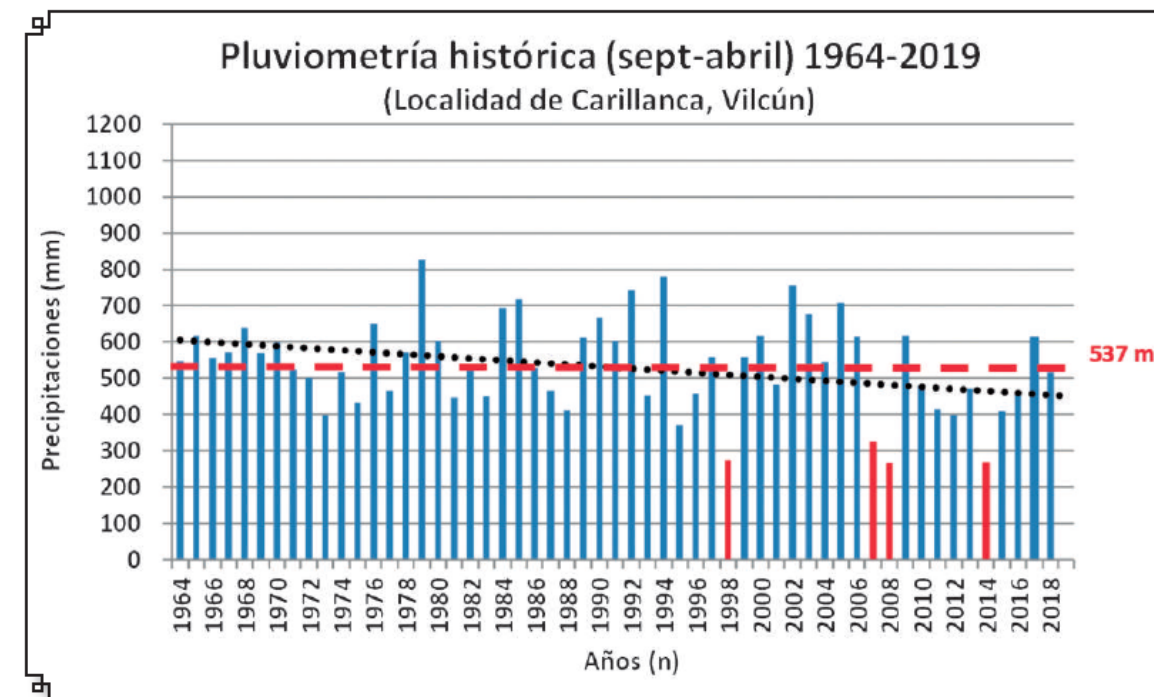


Gráfico 1. Comportamiento de la pluviometría histórica en los meses donde se necesita la incorporación de agua artificial a través del riego (septiembre-abril), localidad de INIA Carillanca comuna de Vilcún. Línea negra punteada representa la tendencia de la pluviometría histórica y línea roja el promedio histórico

<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR41954.pdf>



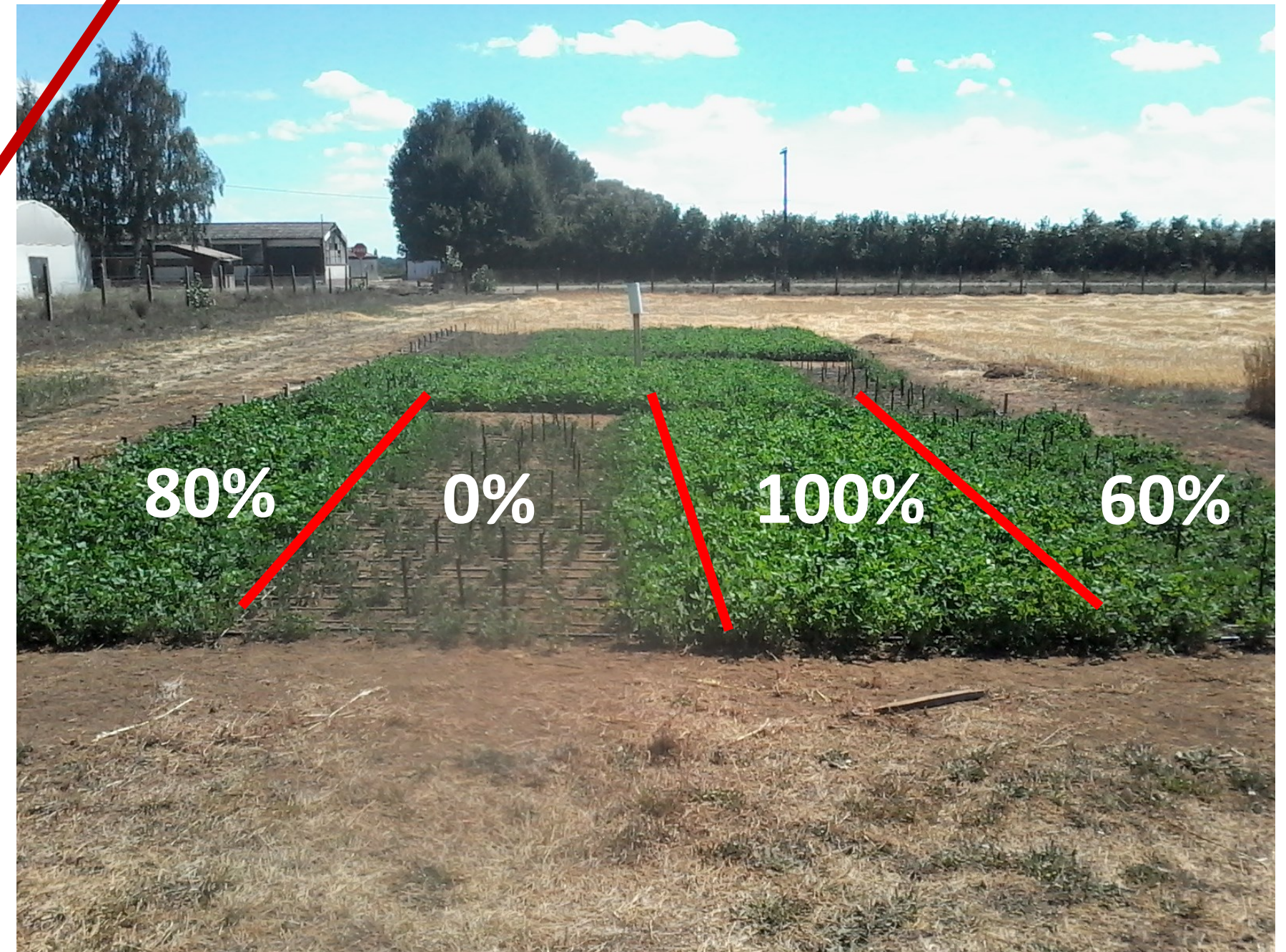
Trébol rojo/rosado



Material usado

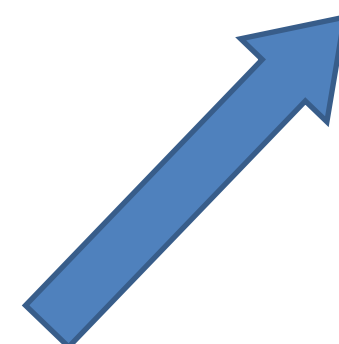
Quiñequeli
Redqueli
Syn-III Int VI (3a generación)
Sel SynII PRE III (generación 1)
Sel SynII PRE I (generación 2)
Sel SynII Int IV (generación 1)
Syn -III PRE 3 (3a generación)
SYN-III INT- 4 (3a generación)
Starfire

Nueva variedad Perduro





Tratamientos	2014/15 (kg MS/ha)	2015/16 (kg MS/ha)	Total
T1: bien regado	11.495	15.975	27.470
T2: 80% de T1	10.281	15.863	26.144



20% menos de agua de riego aplicada

- 3-6 riegos entre cortes (4 cortes por temporada)
- 30-33 mm por riego (30 cm raíces efectivas)
- Suelo franco limoso

Tratamientos (2014/15)	Riego aplicado (m ³ /ha)	Aporte Pp_efectiva (m ³ /ha)	Aporte total (m ³ /ha)
T1: bien regado	4.663	2.305	6.968
T2: 80% de T1	3.731	2.305	6.036
Diferencia	932	-	932

Tratamientos (2015/16)	Riego aplicado (m ³ /ha)	Aporte Pp_efectiva (m ³ /ha)	Aporte total (m ³ /ha)
T1: bien regado	4.254	1.766	6.020
T2: 80% de T1	3.403	1.766	5.169
Diferencia	851	-	851





Irrigation Science (2021) 39:173–189

<https://doi.org/10.1007/s00271-020-00693-0>

ORIGINAL PAPER



Response of red clover to deficit irrigation: dry matter yield, populations, and irrigation water use efficiency in southern Chile

R. López-Olivari¹  · F. Ortega-Klose¹

Received: 2 March 2020 / Accepted: 1 August 2020 / Published online: 9 August 2020

© Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2020

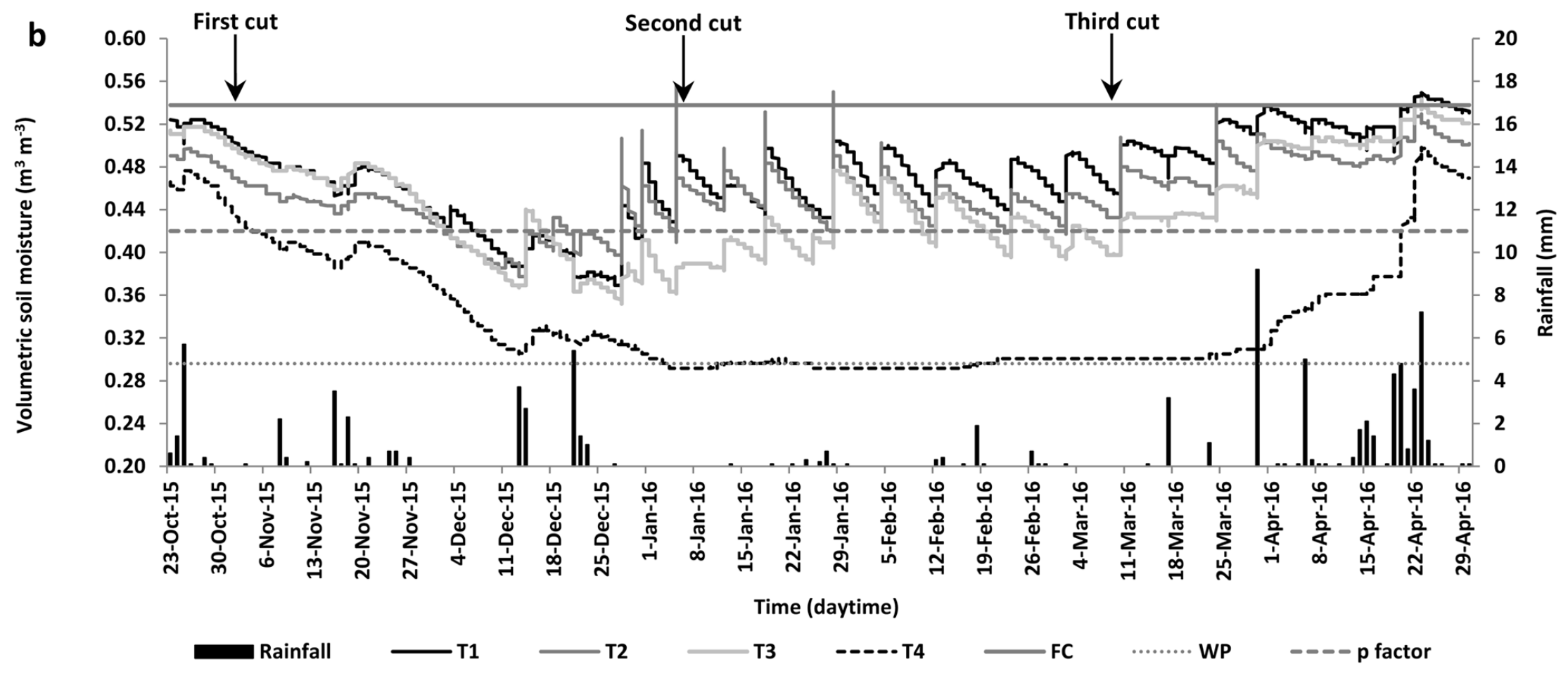
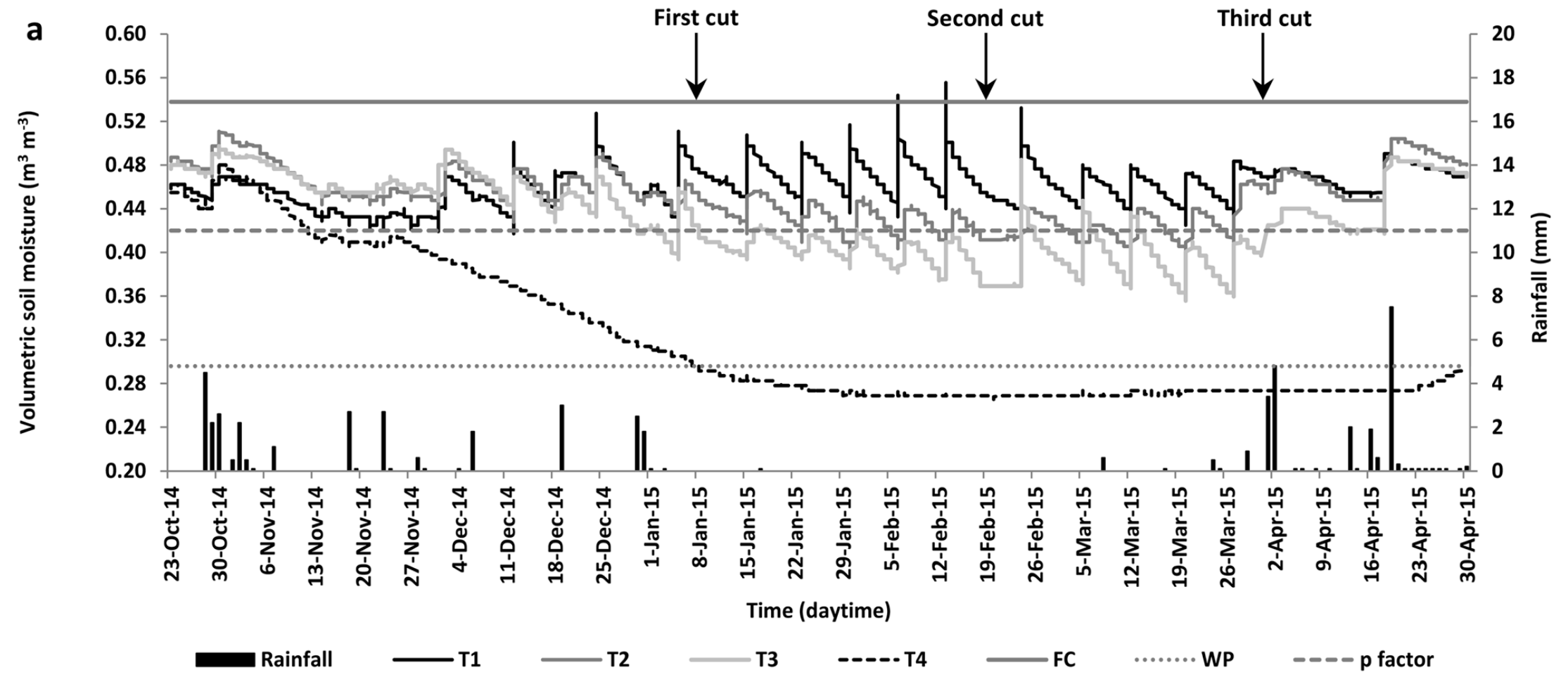




Table 3 Forage yield (Kg DM ha⁻¹) for the different soil–water levels (SWL) and red clover genotypes (G) evaluated during the 2014/2015 season

Treatments	Cut 1 (Jan 8, 2015)	Cut 2 (Feb 19, 2015)	Cut 3 (Mar 31, 2015)	Cut 4 (Jun 12, 2015)	Total (2014/2015)
Soil–water levels (SWL)					
T1 (non-stressed)	4885.5a	3489.1a	2644.8a	473.0b	11,495.7a
T2 (80% of T1)	3822.3b	3523.0a	2317.9b	617.6a	10,280.9b
T3 (60% of T1)	3848.4b	2770.7b	1820.1c	493.3b	8922.9c
T4 (rainfed)	1715.9c	229.3c	– (&)	– (&)	1958.9d
Significance ANOVA	***	***	***	***	***
Genotypes (G)					
Quiñequeli INIA	2703.8	1891.8b	1276.5b	309.7ab	6212.5b
Redqueli INIA	3692.5	2603.3a	1670.2ab	427.2ab	8393.4ab
Superqueli INIA	4017.5	2628.8a	1817.6a	417.0ab	8881.0a
Sel SynII PRE III	3115.3	2649.6a	1760.9ab	375.9ab	7862.6ab
Sel SynII PRE I	3268.3	2481.4ab	1744.0ab	472.6a	7966.5ab
Sel SynII Int IV	3950.8	2627.2a	1808.4a	430.9ab	8817.4a
Syn-III PRE 3	3508.5	2295.3ab	1689.1ab	405.4ab	7757.7ab
SYN-III INT-IV	3792.9	2862.2a	1911.5a	480.1a	9046.9a
Starfire	4062.6	2487.6ab	1582.8ab	244.8b	8543.2a
Significance ANOVA	n.s.	**	*	**	**
SWL × G					
Significance ANOVA	n.s. (<i>p</i> =0.988)	n.s. (<i>p</i> =0.263)	n.s. (<i>p</i> =0.899)	n.s. (<i>p</i> =0.973)	n.s. (<i>p</i> =0.673)

Means in a column with the same letter are not significantly different according to test Tukey HSD (*p* ≤ 0.05). ANOVA (**p* ≤ 0.05; ***p* ≤ 0.01; ****p* ≤ 0.001; n.s.: not significance when *p* > 0.05). (&): plants were not found in the central meters of each plot

Temporada 2014/2015

Temporada 2015/2016

Table 4 Forage yield responses (kg DM ha⁻¹) for the different soil–water levels (SWL) and red clover genotypes (G) evaluated during the 2015/2016 season

Treatments	Cut 1 (Nov 3, 2015)	Cut 2 (Jan 6, 2016)	Cut 3 (Mar 9, 2016)	Cut 4 (Jun 2, 2016)	Total (2015/2016)
Soil–water levels (SWL)					
T1 (non-stressed)	5678.0a	5407.7a	4388.0a	708.1a	15,974.7a
T2 (80% of T1)	5827.8a	5574.2a	3881.0a	689.0a	15,863.1a
T3 (60% of T1)	5470.6a	5306.6a	2443.7b	507.6b	13,914.6b
T4 (rainfed)	3378.1b	4118.6b	487.0c	122.0c	8105.8c
Significance ANOVA	***	***	***	***	***
Genotypes (G)					
Quiñequeli INIA	4549.2ab	3205.8d	1712.0c	269.7cd	9736.8d
Redqueli INIA	5690.5a	5748.7ab	2370.5bc	450.2bcd	14,260.0ab
Superqueli INIA	5753.7a	5595.9ab	2718.1abc	589.9ab	14,420.4ab
Sel SynII PRE III	5164.1ab	5272.8ab	3790.6a	673.6ab	14,901.4ab
Sel SynII PRE I	5094.3ab	4708.4bc	2930.3ab	537.7ab	12,996.2bc
Sel SynII Int IV	5147.6ab	6191.3a	3657.8a	761.9a	15,871.9a
Syn-III PRE 3	4683.7ab	5410.2ab	3271.2ab	545.2ab	13,910.4ab
SYN-III INT-IV	5651.1a	6055.1ab	3016.4ab	524.5abc	15,247.3ab
Starfire	4063.4b	3727.7cd	1732.6c	207.3d	9836.6cd
Significance ANOVA	***	***	***	***	***
SWL × G					
Significance ANOVA	n.s. (<i>p</i> =0.614)	n.s. (<i>p</i> =0.211)	** (<i>p</i> =0.0056)	n.s. (<i>p</i> =0.126)	n.s. (<i>p</i> =0.097)

Means in a column with the same letter are not significantly different according to test Tukey HSD (*p* ≤ 0.05). ANOVA (***p* ≤ 0.01; ****p* ≤ 0.001; n.s.: not significance when *p* > 0.05)

Corte 3 (9 marzo 2016)

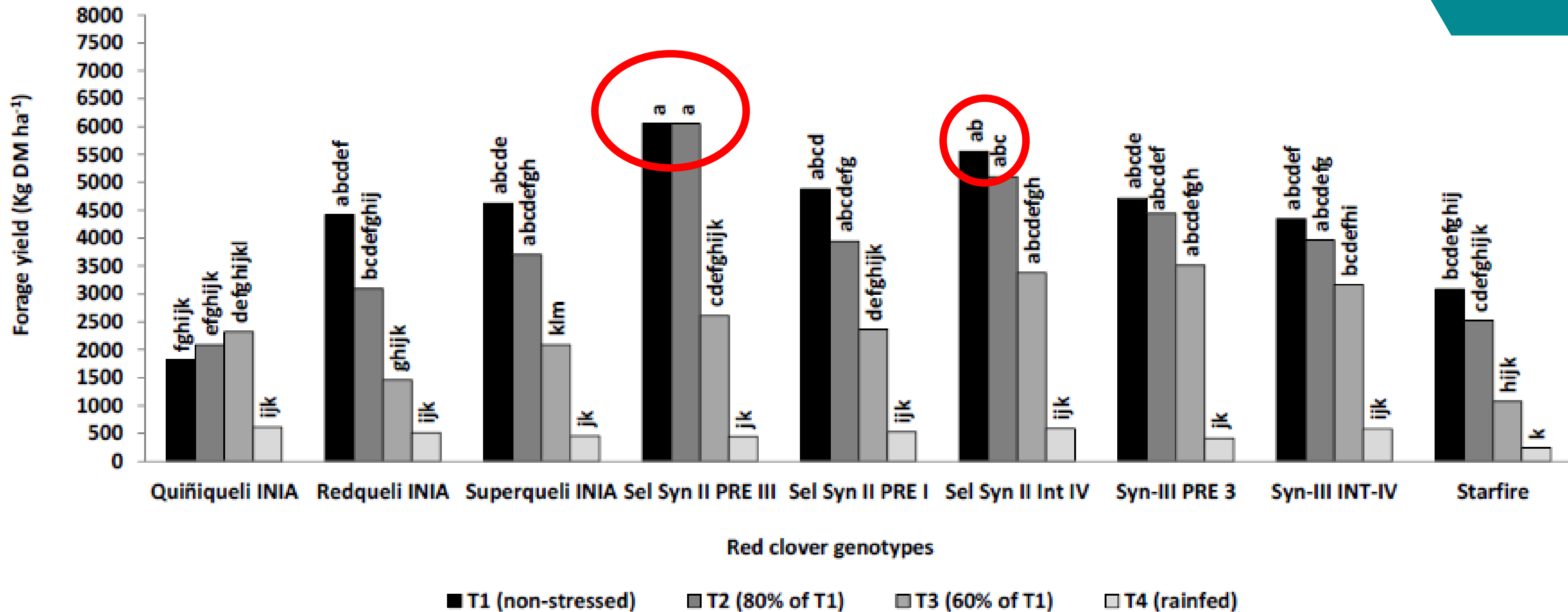


Fig. 3 Interaction of forage yield response between red clover genotypes and soil-water stress levels (T1: non-stressed, T2: 80% of T1, T3: 60% of T1 and T4: rainfed) for the cut 3 measured in the 2015/2016 season

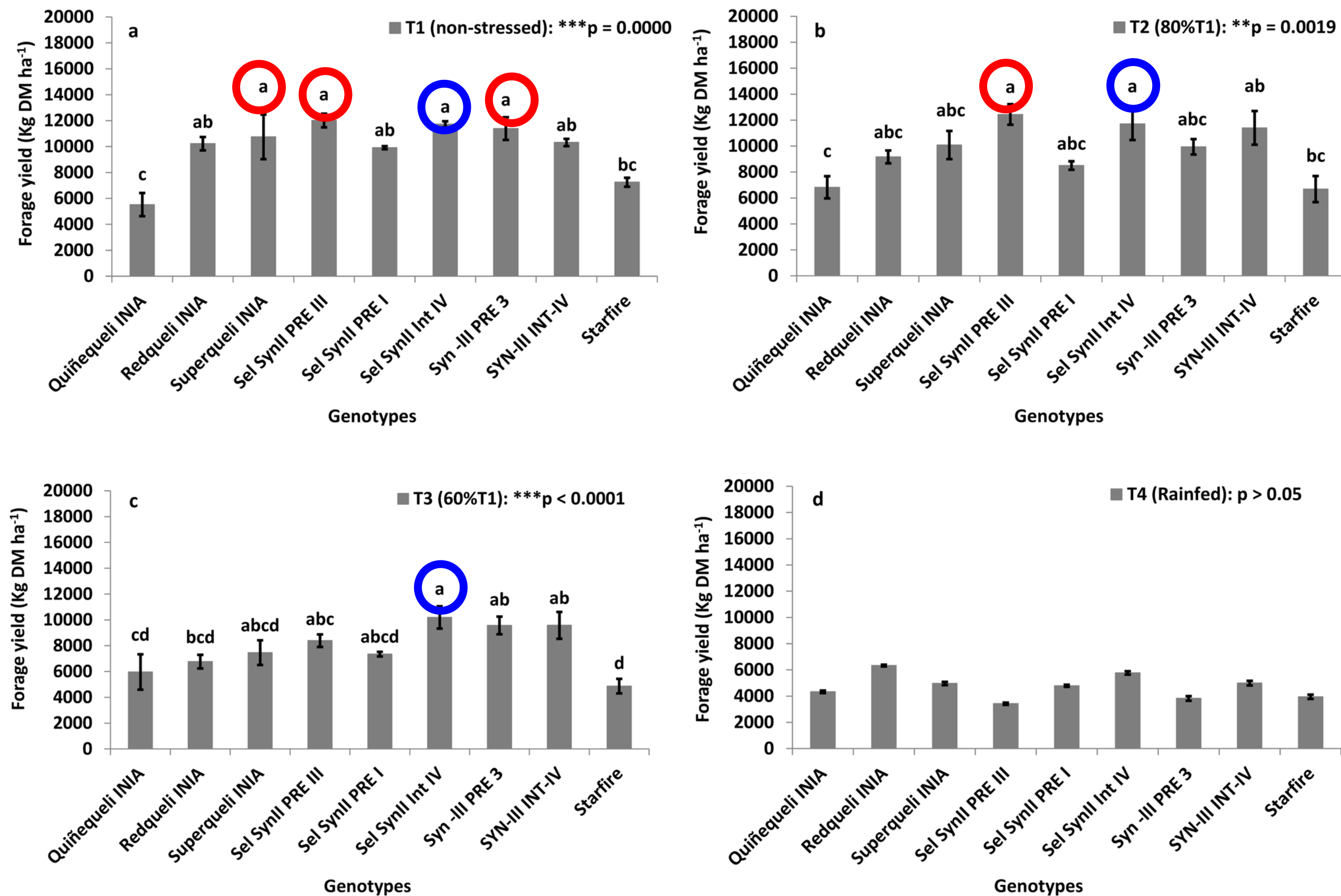


Fig. 4 Red clover forage yield of both second and third cut as affected by different genotypes and soil–water stress conditions during 2015/2016 season: T1: non-stressed (a), T2: 80% of T1 (b), T3: 60% of T1 (c) and T4: rainfed (d). Bars with the same letter are not significantly different according to test Tukey HSD ($p \leq 0.05$). Error bars indicate \pm SE ($n = 3$)



Table 5 Average values of plant population (S_{rc} , plants m^{-2}) for the soil–water levels (SWL) and genotypes (G) treatments measured at the beginning and end of each season

Treatments	S_{rc} (plants m^{-2}) beginning	S_{rc} (plants m^{-2}) end	S_{rc} (plants m^{-2}) beginning	S_{rc} (plants m^{-2}) end
Soil–water levels (SWL)	2014/15 season		2015/16 season	
T1 (non-stressed)	110.3ab	73.2a	44.8a	30.2a
T2 (80% of T1)	119.8ab	77.1a	46.8a	30.7a
T3 (60% of T1)	131.2a	63.8a	50.2a	28.4a
T4 (rainfed)	100.8b	23.4b	18.7b	8.8b
Significance ANOVA	*	***	***	***
Genotypes (G)				
Quiñequeli INIA	105.1a	53.8	33.5b	12.9c
Redqueli INIA	113.3a	69.9	41.5ab	20.2bc
Superqueli INIA	100.6a	58.8	40.0ab	25.2ab
Sel SynII PRE III	111.9a	57.1	37.9ab	31.9a
Sel SynII PRE I	98.9a	53.4	35.8ab	23.0ab
Sel SynII Int IV	132.2a	66.5	45.1a	30.3a
Syn -III PRE 3	105.9a	50.5	37.0ab	25.4ab
SYN-III INT-IV	136.5a	67.7	46.5a	29.1a
Starfire	135.5a	56.9	43.9a	22.7ab
Significance ANOVA	*	n.s.	**	***
SWL \times G				
Significance ANOVA	n.s. ($p=0.656$)	n.s. ($p=0.993$)	n.s. ($p=0.686$)	** ($p=0.0049$)

Means in a column with the same letter are not significantly different according to test Tukey HSD ($p \leq 0.05$). ANOVA (* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$; n.s.: not significance when $p > 0.05$)

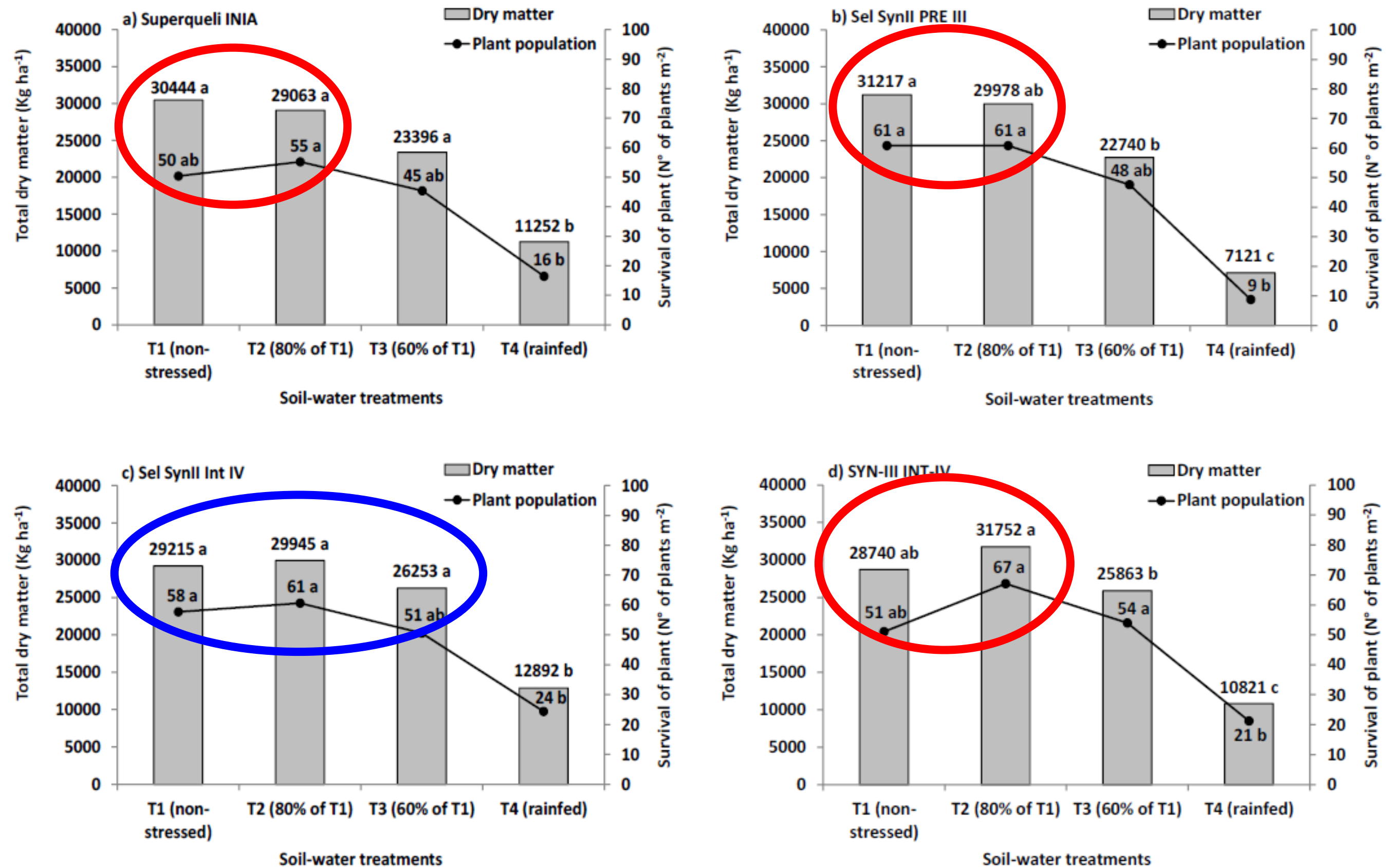


Fig. 6 Average forage dry matter yield and final plant population of the best red clover genotypes for both evaluated seasons. Superqueli INIA was used as a control. Means in a column or line with the same letter are not significantly different according to test Tukey HSD ($p \leq 0.05$)

Table 7 Averages values of irrigation water use efficiency (I_{WUE}) include effective rainfall as natural water contribution for both second and third cut in the different soil–water levels (SWL) and genotypes (G) during the 2014/15 and 2015/16 evaluated seasons

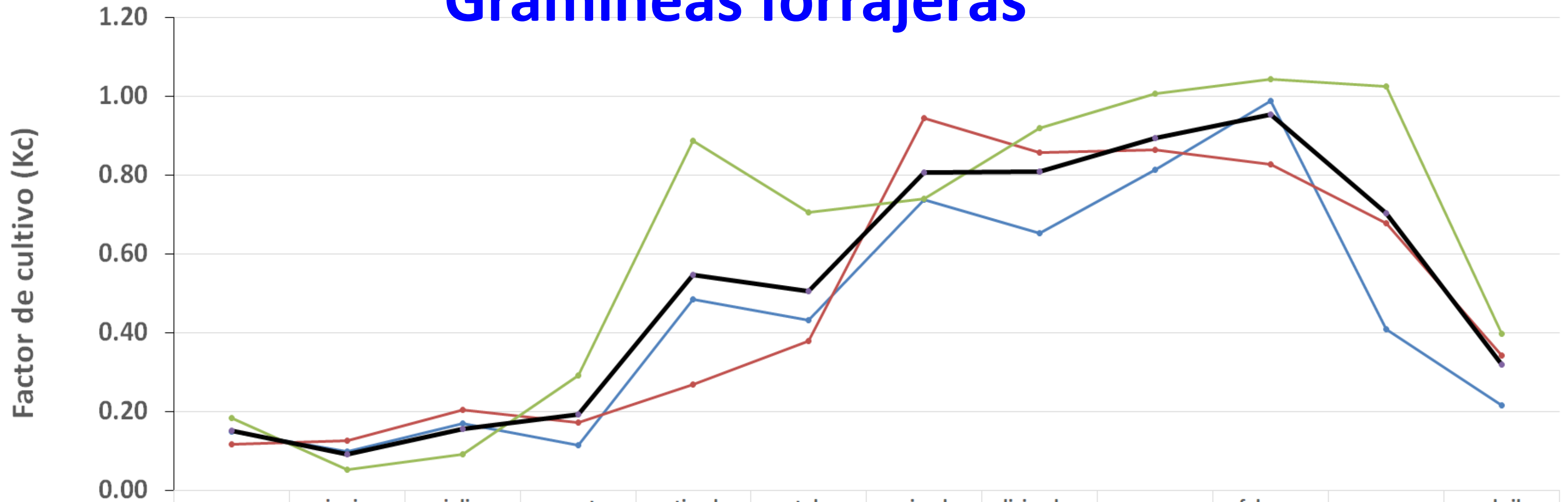
Treatments	I_{WUE} (kg DM m ⁻³)	I_{WUE} (Kg DM m ⁻³)	I_{WUE} (kg DM m ⁻³)
Soil–water levels (SWL)	2014/15 season	2015/16 season	Seasonal average
T1 (non-stressed)	2.04b	1.34	1.69b
T2 (80% of T1)	2.40a	1.62	2.01a
T3 (60% of T1)	2.49a	1.51	2.00a
Significance ANOVA	***	n.s.	**
Genotypes (G)			
Quiñequeli INIA	1.76 b	0.50 c	1.13 d
Redqueli INIA	2.37a	0.60c	1.48cd
Superqueli INIA	2.46a	1.51abc	1.98bc
Sel SynII PRE III	2.45a	2.70a	2.58a
Sel SynII PRE I	2.34a	1.19bc	1.76bc
Sel SynII Int IV	2.41a	1.85ab	2.13ab
Syn-III PRE 3	2.22ab	2.41a	2.32ab
SYN-III INT-IV	2.61a	2.03ab	2.32ab
Starfire	2.19ab	0.64c	1.41cd
Significance ANOVA	***	***	***
SWL × G			
Significance ANOVA	n.s. ($p=0.527$)	n.s. ($p=0.864$)	n.s. ($p=0.337$)

Means in a column with the same letter are not significantly different according to test Tukey HSD ($p \leq 0.05$). ANOVA (*** $p \leq 0.001$; ** $p \leq 0.01$; n.s.: not significance when $p > 0.05$)



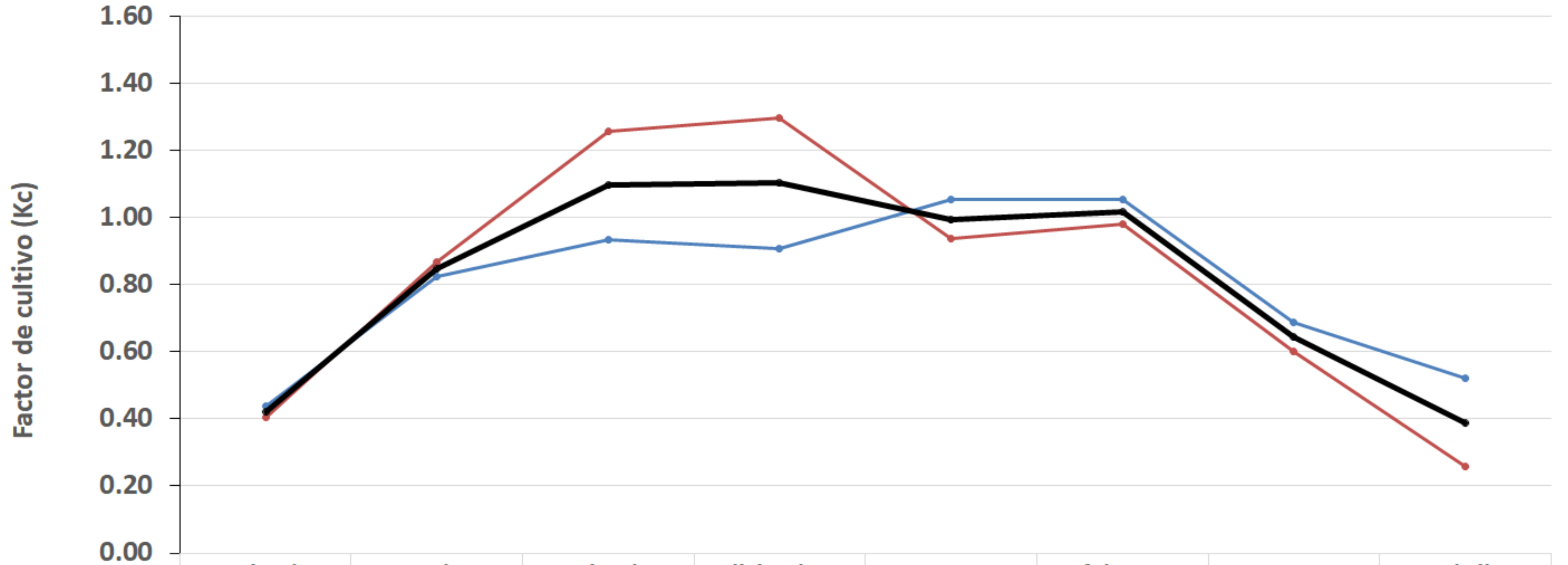
***Factores de cultivo (Kc)
Preliminares (Valle central La Araucanía)***

Gramíneas forrajeras



	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero	marzo	abril
— Kc 2017/2018	0.150	0.099	0.170	0.115	0.486	0.432	0.737	0.653	0.815	0.988	0.410	0.217
— Kc 2018/2019	0.119	0.126	0.206	0.174	0.269	0.381	0.945	0.859	0.864	0.829	0.678	0.343
— Kc 2019/2020	0.185	0.054	0.093	0.291	0.887	0.706	0.740	0.920	1.008	1.044	1.027	0.398
— Kc Promedio	0.151	0.093	0.156	0.193	0.547	0.506	0.807	0.811	0.896	0.954	0.705	0.319

Trébol rosado/rojo



	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero	marzo	abril
— Kc 2014/2015	0.438	0.823	0.936	0.906	1.053	1.055	0.686	0.520
— Kc 2015/2016	0.405	0.869	1.258	1.299	0.938	0.982	0.601	0.257
— Kc Promedio	0.421	0.846	1.097	1.103	0.995	1.019	0.644	0.388

Requerimientos hídricos aplicado (promedio de 2 a 3 años)

<i>Variedad</i>	<i>N° de riego temporada (n)</i>	<i>Total temporada (riego + $Pp_{efectiva}$) (m^3/ha)</i>
<i>Trébol rosado (leguminosa)</i>	<i>13 a 15</i>	<i>5.603 – 6.492</i>
<i>Gramíneas forrajeras</i>	<i>7 a 9</i>	<i>3.512 – 4.587</i>
<i>Trigo invierno</i>	<i>3 a 4</i>	<i>2.004 – 2.233</i>
<i>Avena</i>	<i>6 a 8</i>	<i>1.879 – 2.424</i>
<i>Quínoa</i>	<i>5 a 8</i>	<i>1.860 – 2.808</i>
<i>Papa (Costa Araucanía)</i>	<i>9 a 15</i>	<i>2.894 – 3.568</i>
<i>Papa (valle central)</i>	<i>16 a 18</i>	<i>3.600 – 3.900</i>
<i>Lupino Amargo</i>	<i>9 a 10</i>	<i>1.600 – 2.200</i>
<i>Ajo</i>	<i>19 a 21</i>	<i>3.000 – 3.500</i>

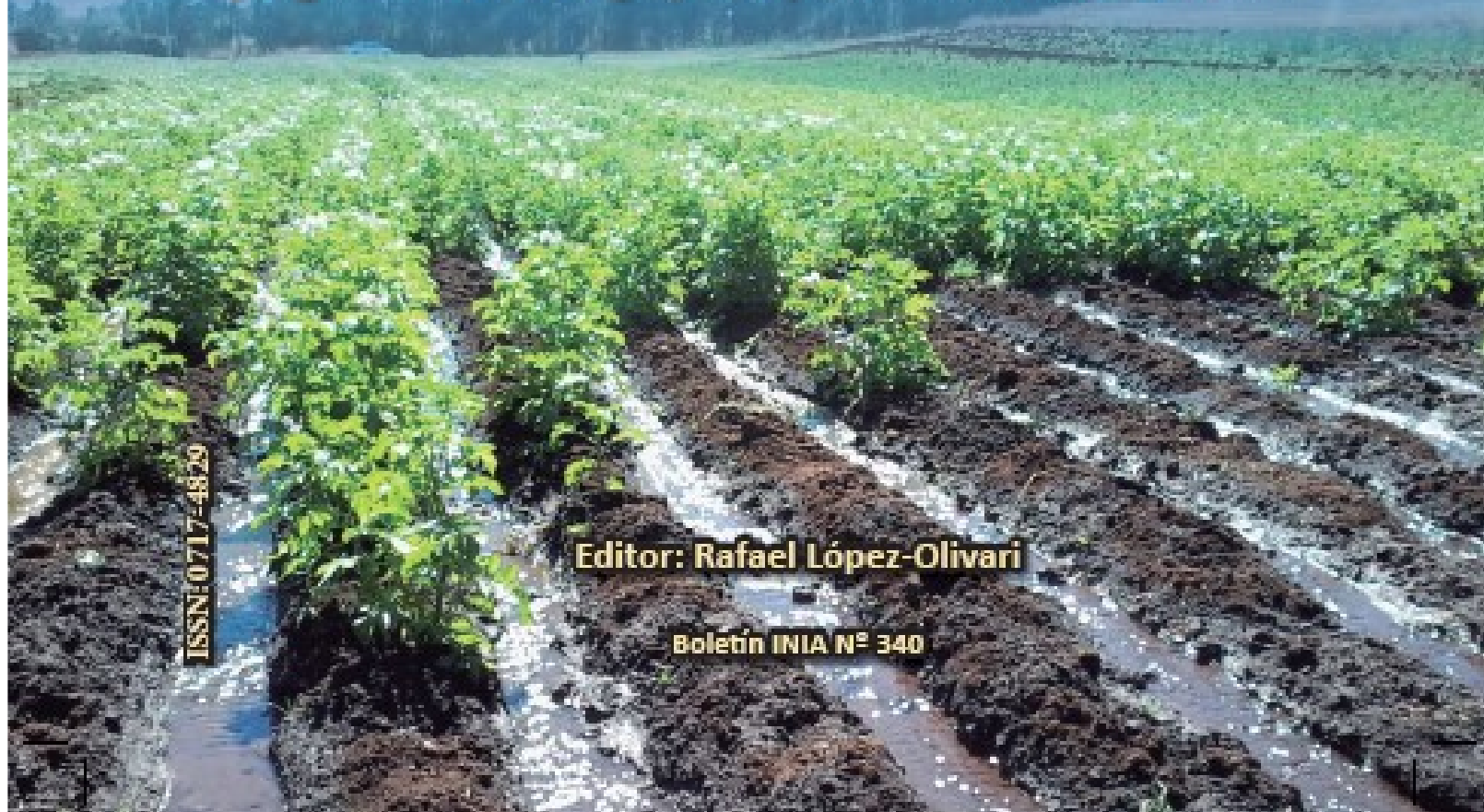


INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



MANEJO Y USO EFICIENTE DEL AGUA DE RIEGO INTRAPREDIAL PARA EL SUR DE CHILE

Conceptos y consideraciones básicas en métodos y programación de riego para optimizar el recurso hídrico



ISSN: 0717-4829

Editor: Rafael López-Olivari

Boletín INIA N° 340



<https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6558>



GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN