



JORNADA: AGUA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Mesa redonda: GIRH y Balance Hídrico

***EFICIENCIA DE RIEGO ACTUAL Y POTENCIAL  
EL DESEMPEÑO A TRAVÉS DE NUEVOS INDICADORES***

Ing. Agr. José Morábito

*UNCuyo* - 7 de marzo de 2015 - MENDOZA - ARGENTINA



[www.uncuyo.edu.ar/desarrollo](http://www.uncuyo.edu.ar/desarrollo) ▪ [www.unwater.org/worldwaterday](http://www.unwater.org/worldwaterday)

# ÍNDICE

*Dinámica del uso de agua en la Tierra: la agricultura el mayor consumidor de agua.*

*Evolución de las tierras de regadío.*

*Demanda relativa de agua por parte de los distintos sectores.*

*Conducción, distribución y aplicación del agua de riego.*

*Resultados de investigaciones sobre eficiencia (indicadores) de riego:*

*Indicadores de calidad de servicio*

*Eficiencia (indicador) actual y potencial*

*Usos beneficiosos y racionales*

*Otros métodos de riego: pulsos, goteo, etc.*

*Ahorro de agua: estrategias de riego*

*Herramientas de control del riego en finca*

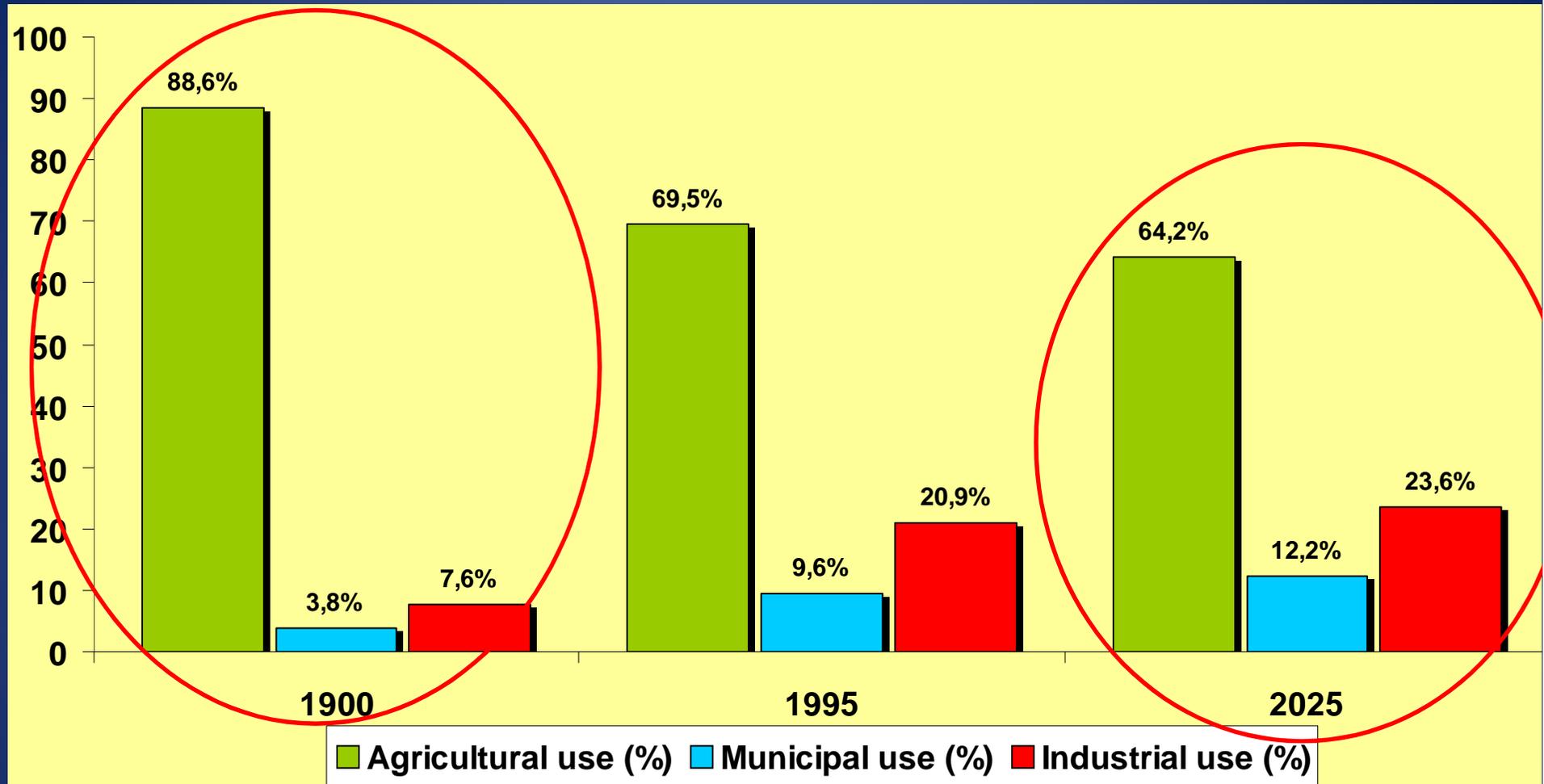
*Cultivos resistentes a sequia y salinidad*

*Contaminación del agua*

*Desafíos y acciones*

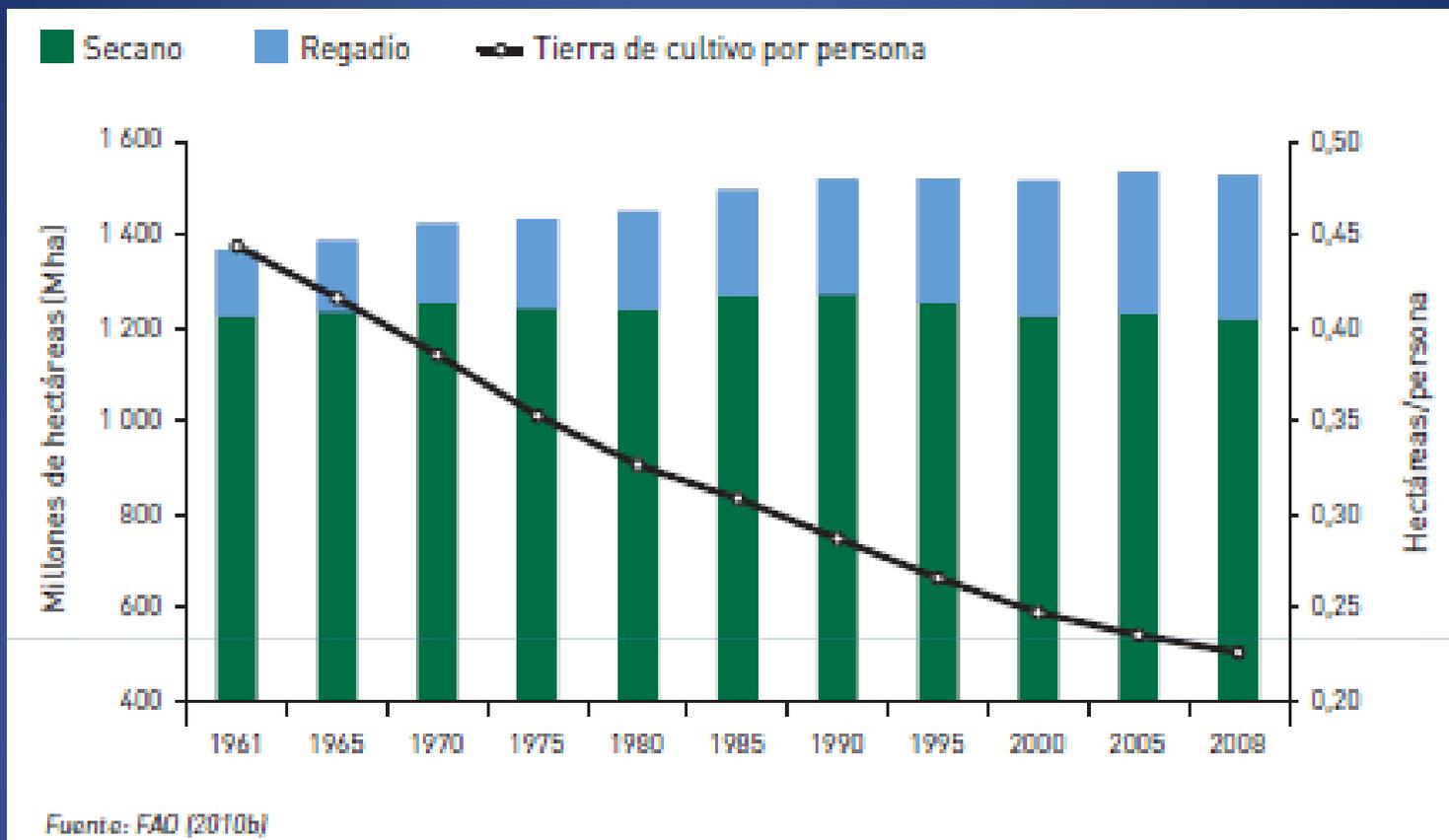


## Dinámica del uso de agua (%) en nuestro planeta



... Pero el mayor crecimiento es para los sectores industrial y urbano

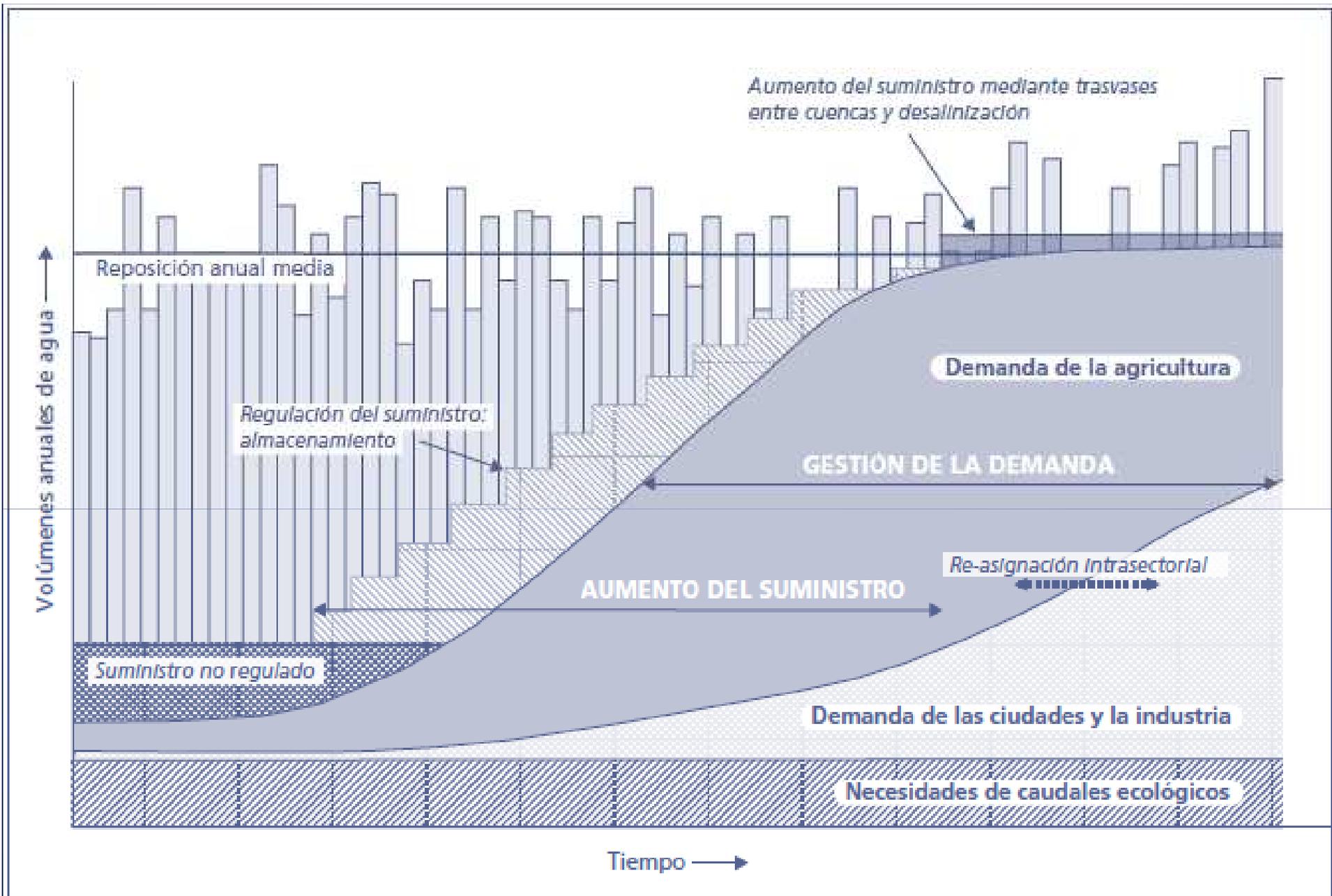
## EVOLUCIÓN DE LAS TIERRAS DE REGADÍO Y DE SECANO (1961-2008)



## VARIACIÓN NETA EN LOS PRINCIPALES USOS DE LAS TIERRAS (Mha)

	1961	2009	Incremento neto 1961-2009
Tierra cultivada	1 368	1 527	12%
• Secano	1 229	1 226	-0,2%
• Regadío	139	301	117%

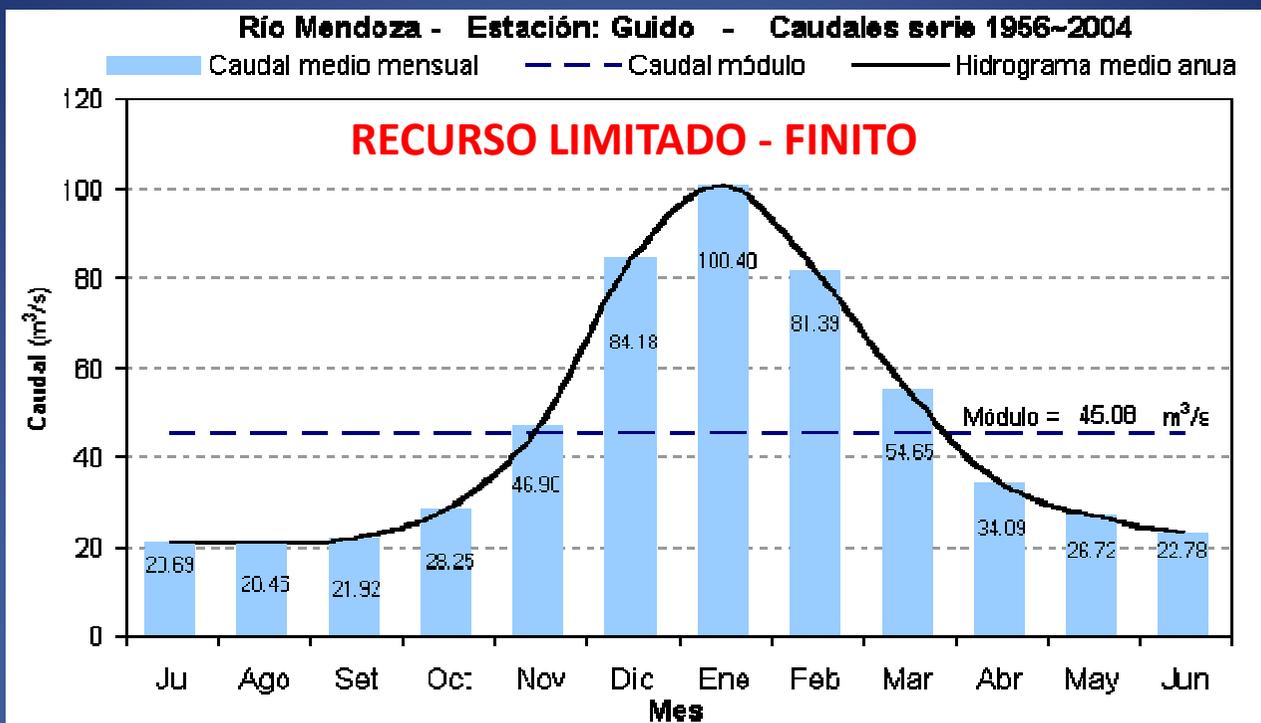
**Superficie regada (20 % de la cultivada) genera el 40% de la producción de alimentos**



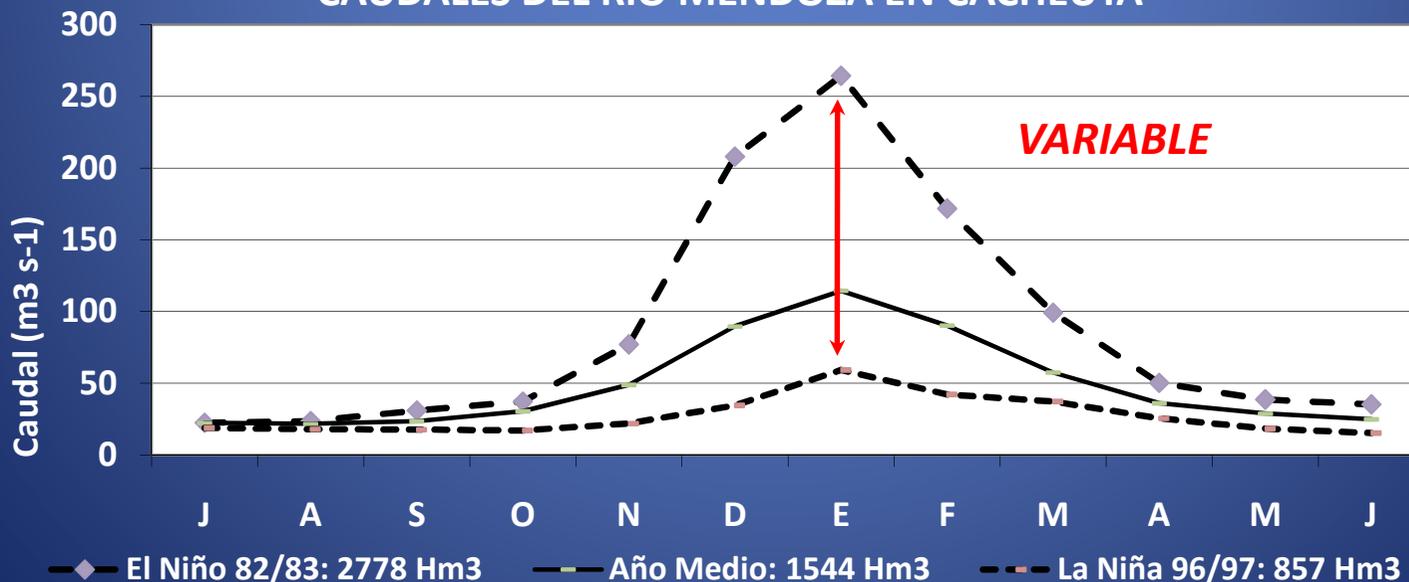
Secuencia de la demanda relativa de agua por parte de los distintos sectores y opciones de respuesta a lo largo del tiempo FAO, 2013

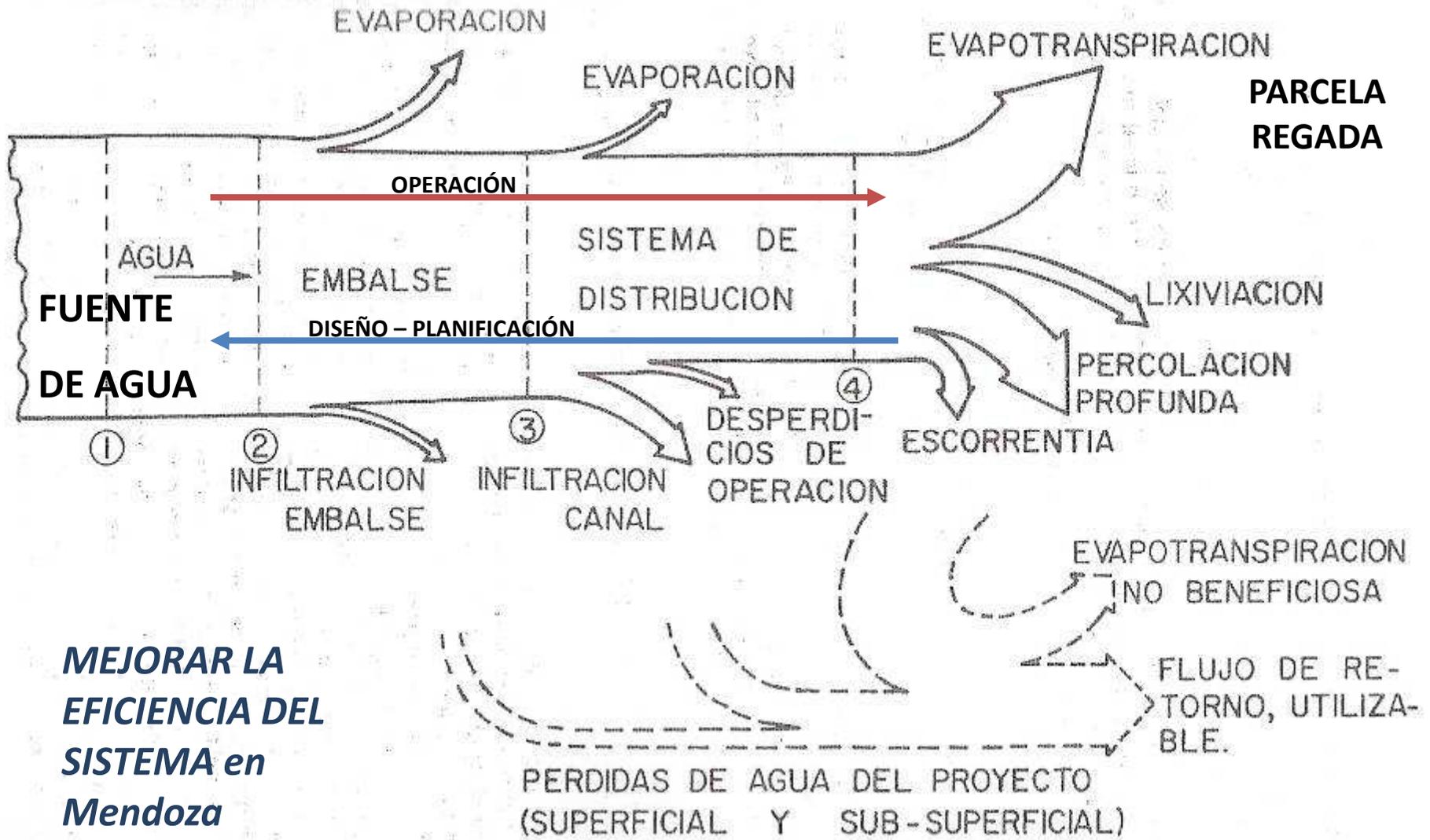
**PROBLEMAS:**

- Recurso limitado
- Variabilidad
- Amenaza del CC
- Contaminación
- Nec. de inversión
- Educación
- Otros.....



### CAUDALES DEL RIO MENDOZA EN CACHEUTA



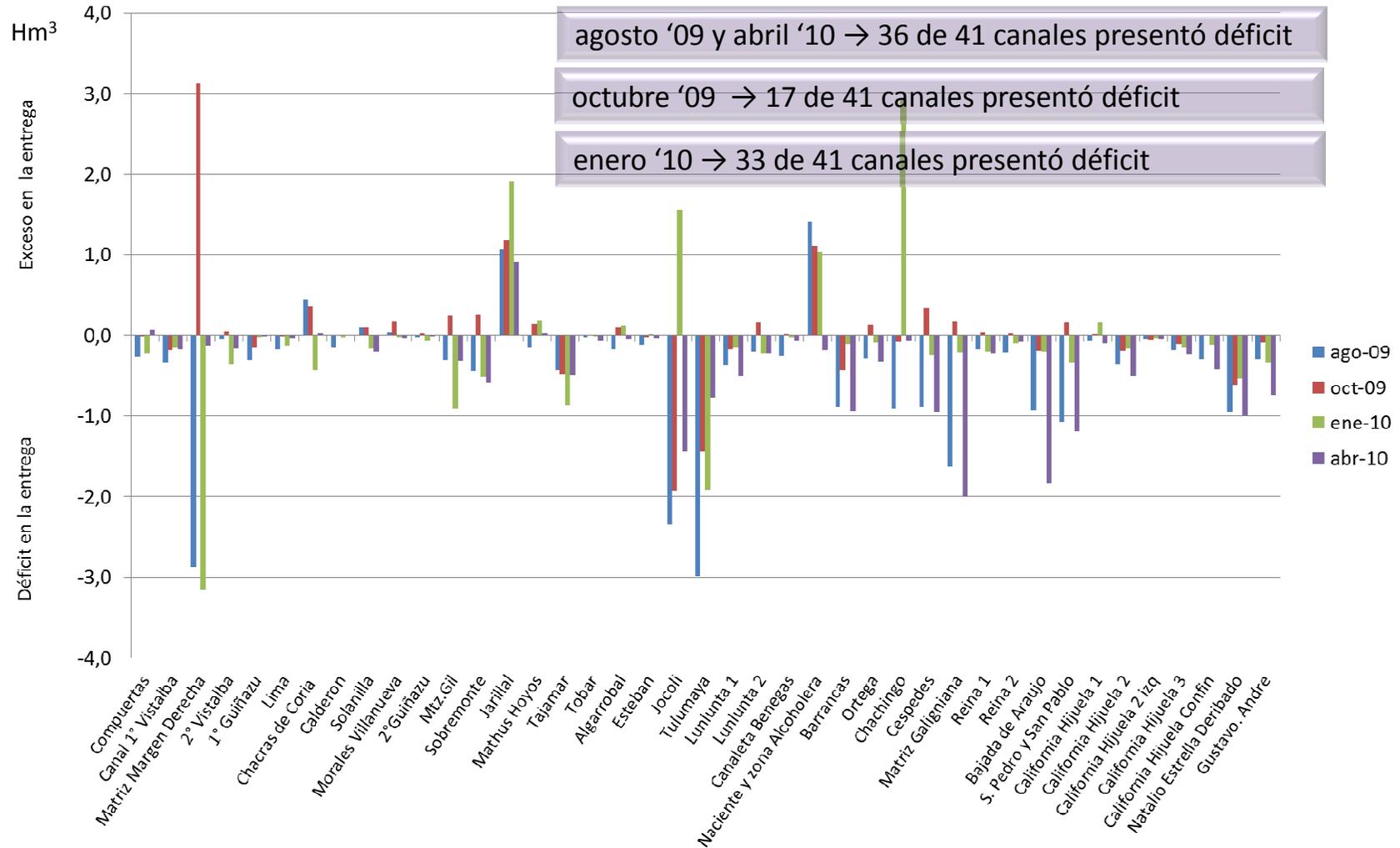


**MEJORAR LA EFICIENCIA DEL SISTEMA en Mendoza**

**CONDUCCIÓN, DISTRIBUCIÓN y APLICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO**

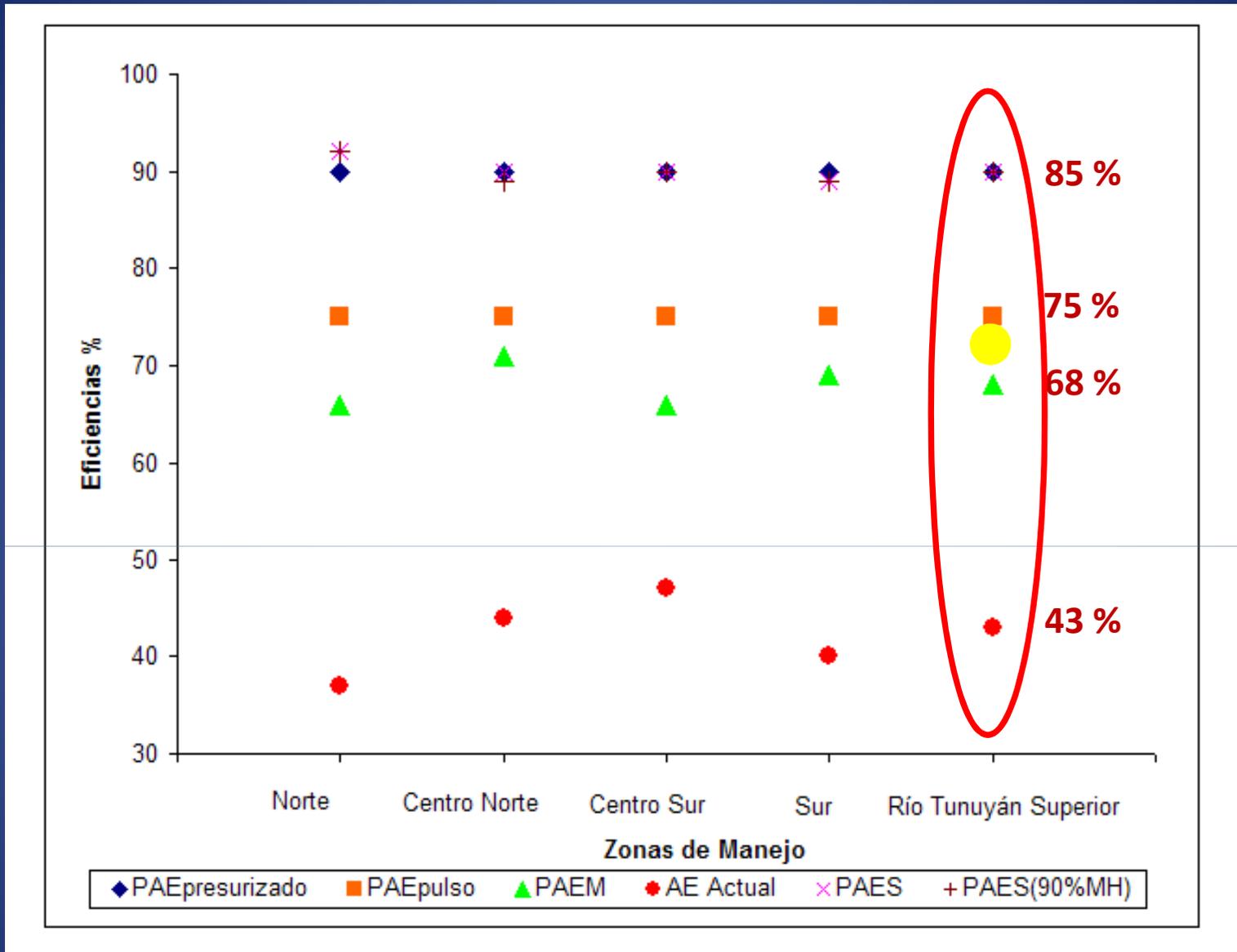
# RED EXTERNA: Análisis de la distribución del agua para riego en canales primarios del río Mendoza (CICLO 2009/2010) Miranda y otros, 2012

**Diferencias entre el volúmen de agua planificado y el volúmen realmente entregado**





Desempeño del riego. Riego por escurrimiento superficial  
Volúmenes excesivos y desagüe al pie inutilizado.



**Eficiencia de aplicación actual y potenciales: a) de manejo (modelada bajo SIRMOD), según balance salino y métodos de riego.** Schilardi et al, 2011

# EFICIENCIA ACTUAL EN LOS OASIS DE MENDOZA

Definiciones tradicionales

Oasis	EAP		EE	ep <sub>ICID</sub>	
Mendoza	63		61	38	
RTS	51		60	31	
RTI	69		±71	±49	
Diamante	±45		±65	±29	
Atuel	±50		±56	±28	
Provincia	±56		±63	±35	

## Partición física del agua aplicada

Evaporación (E)

Transpiración (T)

Evapotranspiración del cultivo (ETc)

Infiltración

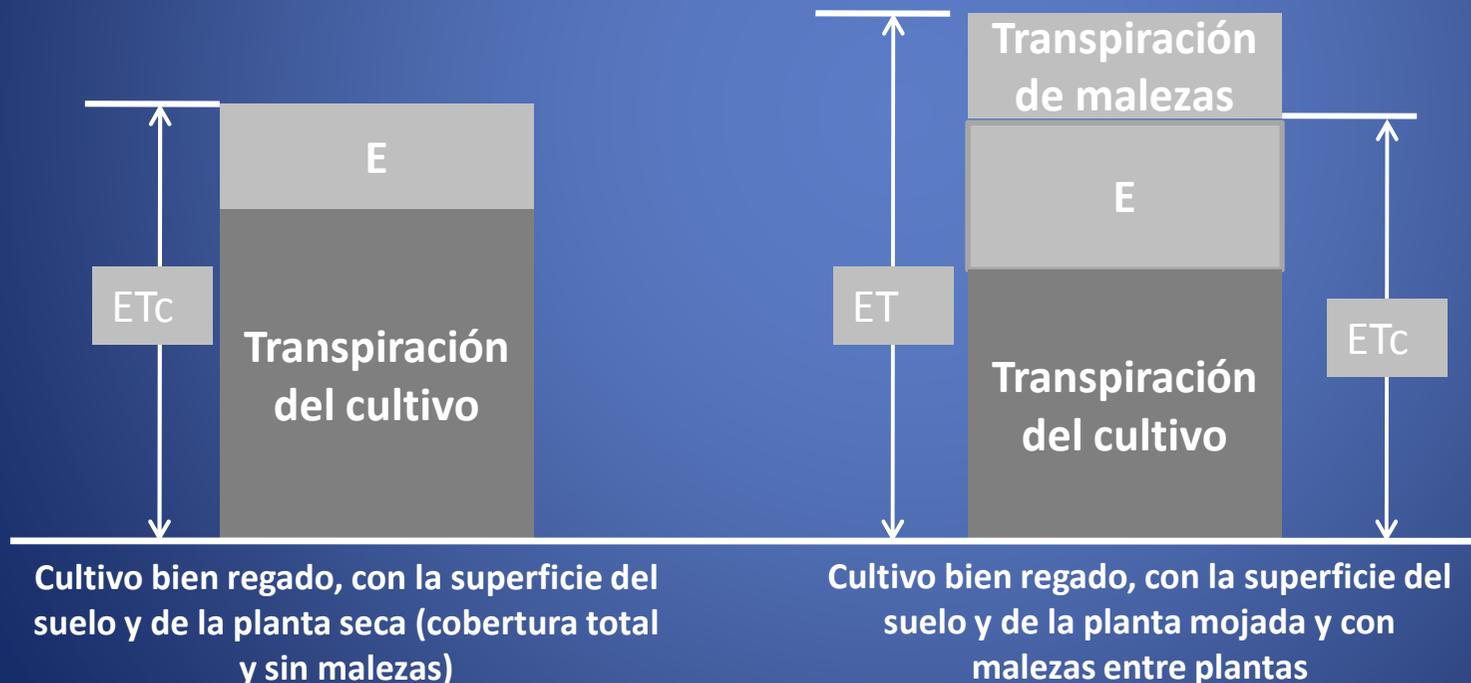
Percolación profunda (PP)

Escurrimiento superficial (ES)

## Partición del agua según posibilidad de recuperación

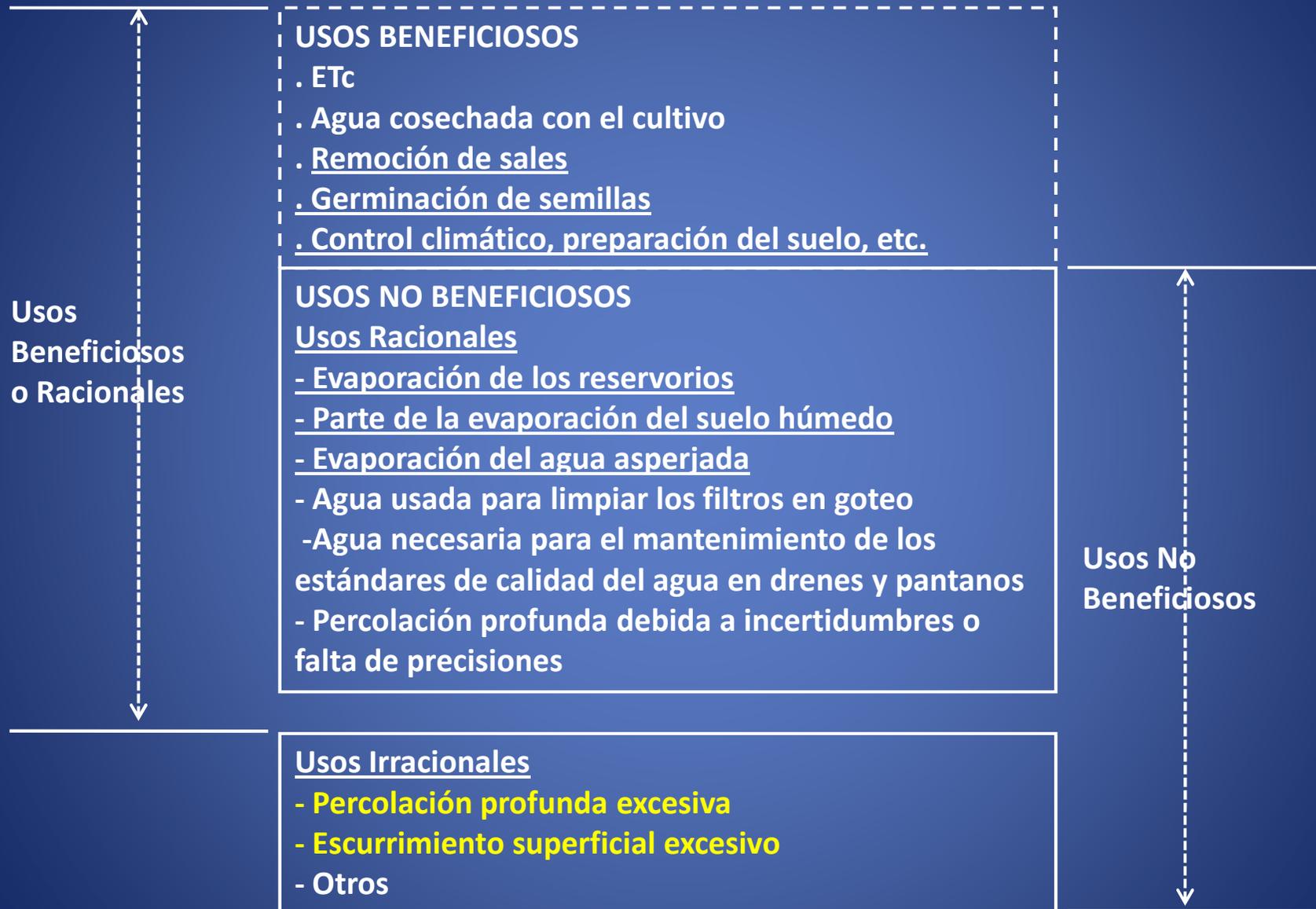
**Usos consuntivos:** es considerada irrecuperable y consumida (E, T, agua contenida en los tejidos).

**Usos no consuntivos:** es el agua que deja el área considerada, esencialmente escurrimiento superficial (ES) y percolación profunda (PP).



Esquema entre evaporación y transpiración de cultivos regados

# Usos Benéficos y No Benéficos - Racionales y No Racionales



## EFICIENCIA ACTUAL EN LOS OASIS DE MENDOZA

Considerando los usos beneficiosos

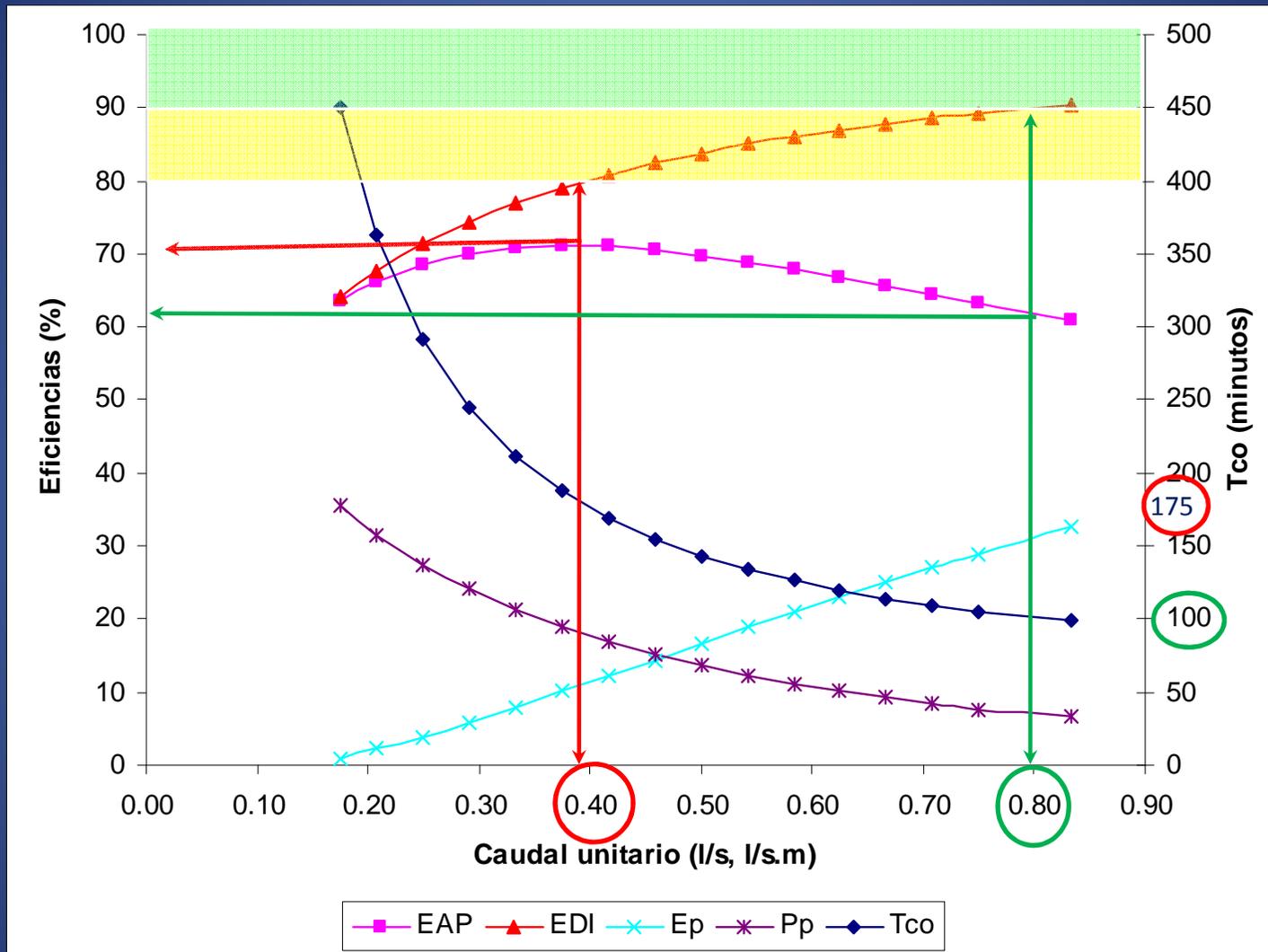
Oasis	EAP	RL	OUB	EE	ep <sub>ICID</sub>	ep <sub>ub</sub>
Mendoza	63	17	9	61	38	54
RTS	51	10	12	60	31	44
RTI	69	14	7	±71	±49	±64
Diamante	±45	18	7	±65	±29	±46
Atuel	±50	20	7	±56	±28	±43
Provincia	±56	16	8	±63	±35	±50



# Mejora en la conducción y distribución hasta bocatoma de propiedad



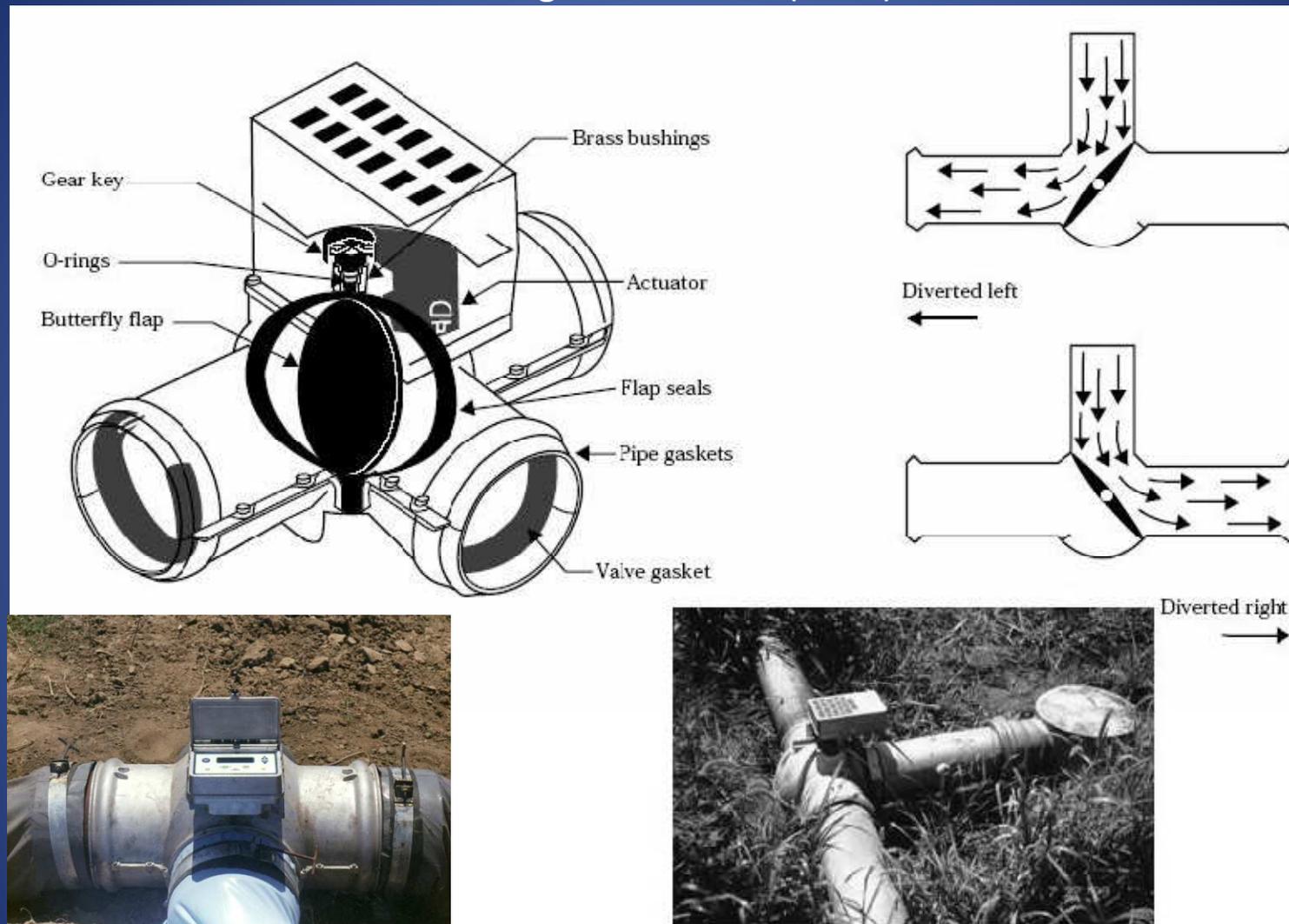
# MEJORA DE LA APLICACIÓN: modelos de simulación (optimización)



Escenario de optimización: Cultivo = Hortícola; L = 200 m; dn = 30 mm; i = 0,006 m/m;  
Ib = 5,3 mm/h; EAL = 100 % y W = 0,5 m

# RIEGO TECNIFICADO: Riego por pulsos o caudal discontinuo (surge flow).

Stringham & Keller (1979)



**Válvula automática de mariposa para riego por pulso** NRCS National Engineering Handbook, 1997.

Precio final: 6" U\$S 3260, 8" U\$S 3550, 10" U\$S 3820; mayo 2010). Costo promedio de inversión del equipo, sin incluir represas o planta de bombeo U\$D 150 para un sistema con mangas y U\$D 250 para tuberías rígidas de PVC. La amortización en el caso de PVC es de 10 años y en el caso de mangas es 3 años, no así las compuertas y la válvula que van a 10 años.

# RIEGO LOCALIZADO (POR GOTEO)

## ALTA EFICIENCIA Y MUY BUENA UNIFORMIDAD



DISTRIBUCIÓN TÍPICA DE LAS SALES  
EN LA ZONA HUMEDECIDA



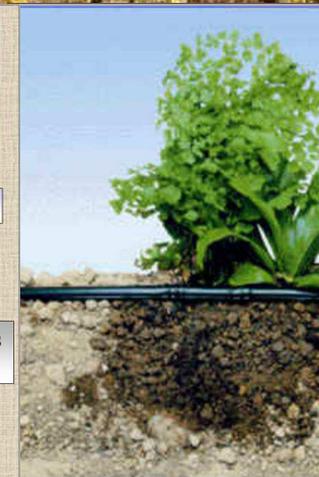
### *BULBO HÚMEDO Y RAÍCES*

#### FORMA DEL BULBO

Estratificación

Obstáculos Impermeables

Caudal y tpo de riego  
(emisor)



**RESULTADOS DE ESTUDIOS LOCALES** (Chambouleyron et al.1993, Fontela et al 2009 y Schilardi et al 2012,)

**SUB-USO DEL POTENCIAL TECNOLÓGICO “RIEGO POR GOTEO”**

**USO IRRACIONAL DEL AGUA Y LA ENERGÍA**

**RECOMENDACIONES**

**REVISAR ALTERNATIVAS DISEÑO Y CERTIFICAR LAS INSTALACIONES (EVAL.)**

**OPERAR Y MANTENER ADECUADAMENTE LOS EQUIPOS DE RIEGO**

**CUIDAR SISTEMA DE FILTRADO, INSTRUMENTOS DE CONTROL Y PROTECCIÓN**

**CONTROLAR SALINIDAD, SODICIDAD Y ANIONES (franja húmeda e interfilar) → LAVADOS**

**CAPACITAR PERSONAL**



# MÉTODOS DE RIEGO y ESTRATEGIAS DE RIEGO



**RIEGO POR ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL. SURCOS, MELGAS Y OTROS. No siempre eficientes.**

**RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO (RDC):** consiste en aplicar cantidades de agua inferiores a las necesarias (o evapotranspiración máxima del cultivo, ETC) durante ciertos periodos del ciclo del cultivo (estrés hídrico intencional) en los cuales la producción y la calidad sean poco afectados y aplicar el total de dichas necesidades durante el resto del ciclo, en especial en aquellos momentos en que la producción y/o la calidad son más afectados por la falta de agua (periodos críticos)



**RIEGO LOCALIZADO (POR GOTEO)**  
**Bien operados: alta eficiencia y muy buena uniformidad**

# Efectos del riego deficitario controlado (RDC) pos-cosecha sobre el crecimiento vegetativo en cerezos. 2005-2006. Podestá y otros. 2006.

Evaluar el RDC poscosecha como herramienta de control de vigor de plantas jóvenes de cerezo.

Hipótesis: el estrés hídrico moderado en poscosecha: disminuye el crecimiento vegetativo, aumenta floración y fructificación, favorece fructificación precoz y no disminuye la calidad de la fruta



## Lámina de agua recibida en cada tratamiento (mm)

Trat.	Antes del RDC		A partir del RDC		Total
	R	Pp	R	Pp	
T1 100 %	111	20	515	121	766
T2 75 %	111	20	383	121	635
T3 50 %	111	20	255	121	507

Ahorro de agua



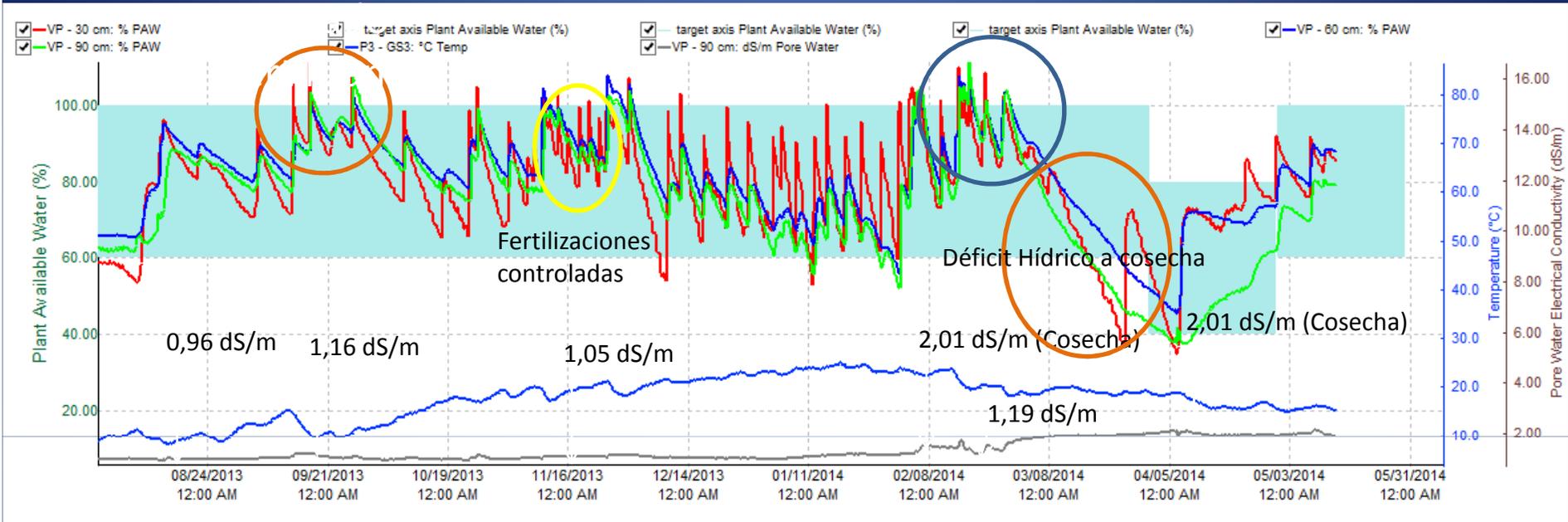
17 %

34 %

El RDC pos-cosecha permitió: controlar el crecimiento vegetativo, aumentar la diferenciación floral y ahorrar agua

# HERRAMIENTAS DE CONTROL DEL RIEGO. GESTIÓN INTEGRAL DE RIEGO Y DEL FERTIRRIEGO

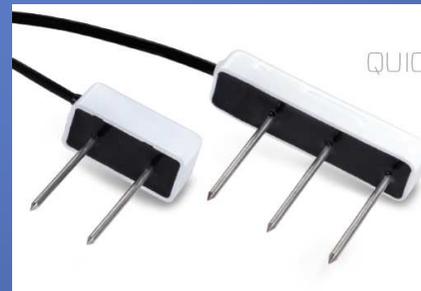
Registro en tiempo real: agua disponible, salinidad y tº en suelo



Sensor 5TE



Sensor GS3

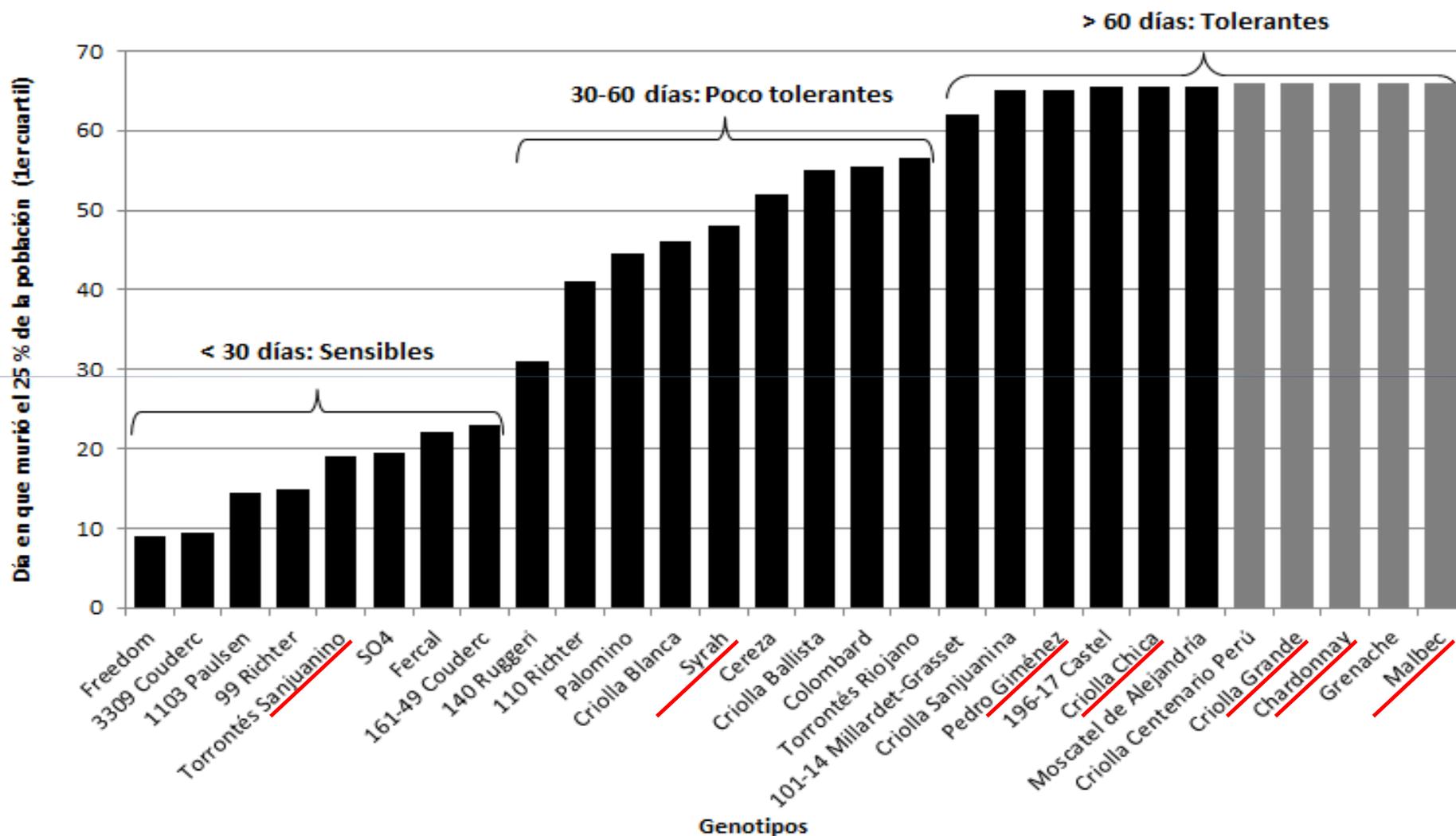


Sensor GS1 y GS3



Constante dieléctrica del suelo = permitividad dieléctrica

**CULTIVOS RESISTENTES: Portainjertos: clasificación según tolerancia a salinidad, de 28 genotipos del género *Vitis*, regados con una solución 100 mM de NaCl ( $\pm 12$  dS/m), durante 66 días**



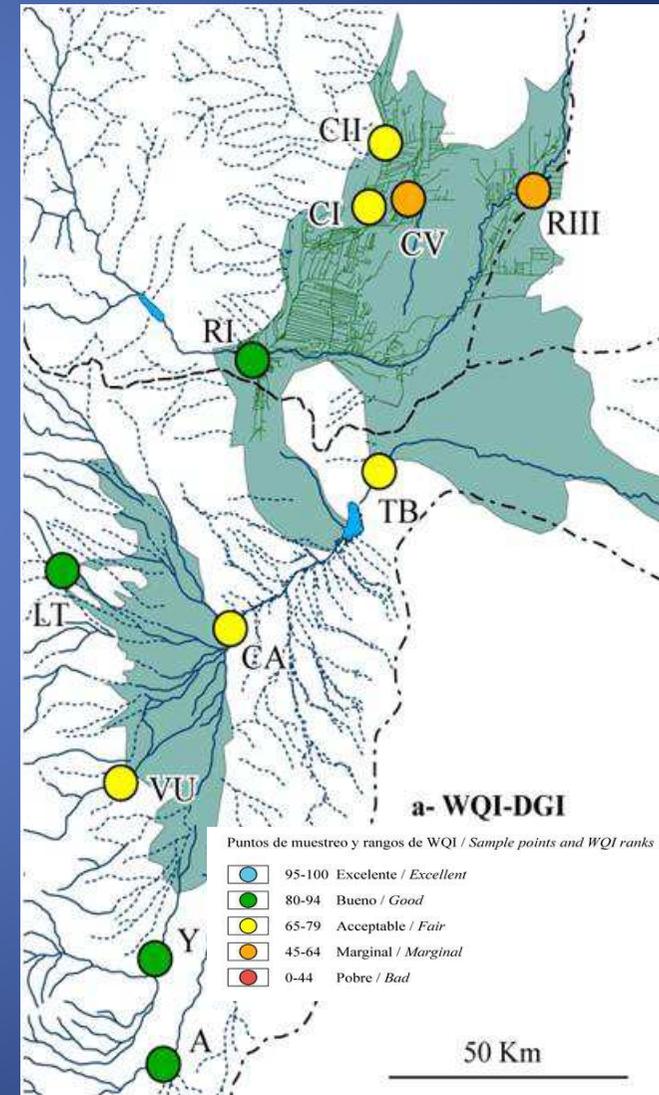
Barras de color gris indican las variedades en las que no murió ningún individuo durante los 66 días. **Martin & Vila, 2013. PAE-INTA-UNCuyo-INA.**

**REDUCIR LA CONTAMINACIÓN:** La basura impacta sobre la red de riego como consecuencia de los conflictos derivados de su deposición, del incremento del consumo, del crecimiento urbano no planificado y de la educación/costumbres de los numerosos actores intervinientes. Resulta necesario encontrar una solución a este problema.

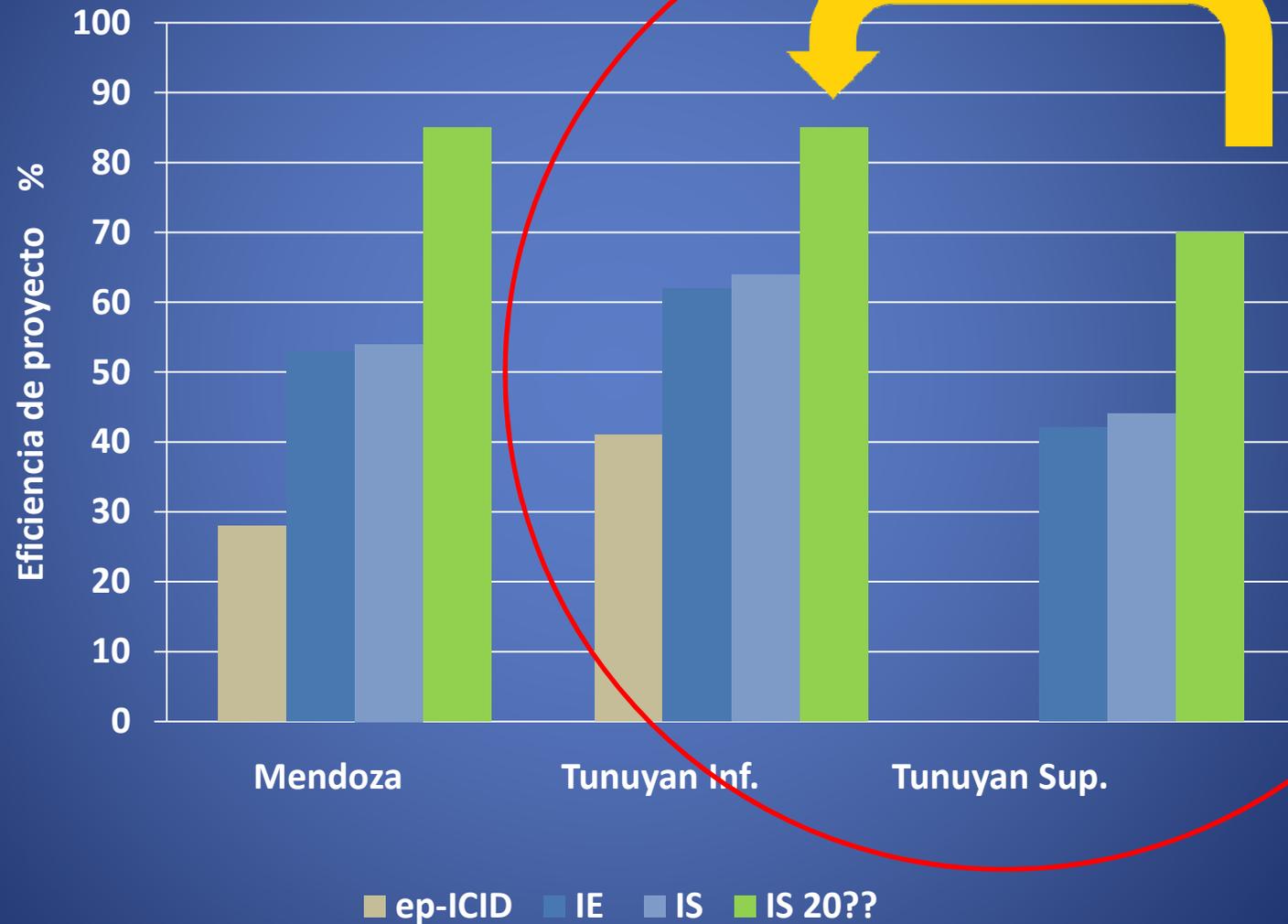


Calidad del agua  
de riego a  
través del Índice  
Integrado WQI  
(2013)

12 parámetros



# INDICADORES DE DESEMPEÑO DEL RIEGO A NIVEL DE PROYECTO EN ÁREAS REGADÍAS DE LOS OASIS NORTE Y CENTRO DE MENDOZA (SEGÚN ICID Y BURT ET AL, 1997)



El BALANCE HÍDRICO debería considerar la evolución esperada en el tiempo

## DESAFÍOS

*Ahorrar agua*

*Incrementar la producción (y calidad) por gota de agua*

*No contaminar*

*Mejorar la gestión hídrica (externa e interna)*

La agricultura se enfrenta a retos complejos de aquí al 2050 para alimentar a una población que alcanzará 9.000 millones de personas

Una certeza es que se necesitará más agua para producir el 60% de los alimentos adicionales

La labor de todos se deberá centrar en un uso del agua en la agricultura más eficiente, equitativo y respetuoso con el medio ambiente.

(FAO, 2013)

*Muchas gracias*