

Seminario

Manejo del riego y suelo en el cultivo del palto

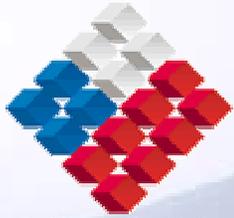
27-28 de Septiembre de 2006

Gobierno de Chile  
Ministerio de Agricultura

**Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)**  
*Institute of Agricultural Research*

El Centro Regional de Investigación (CRI) La Platina  
Santa Rosa 11610 - La Pintana - Santiago - Chile  
Teléfono: (562) 757-5100 - Fax: (562) 541-7667

<http://www.inia.cl/platina>

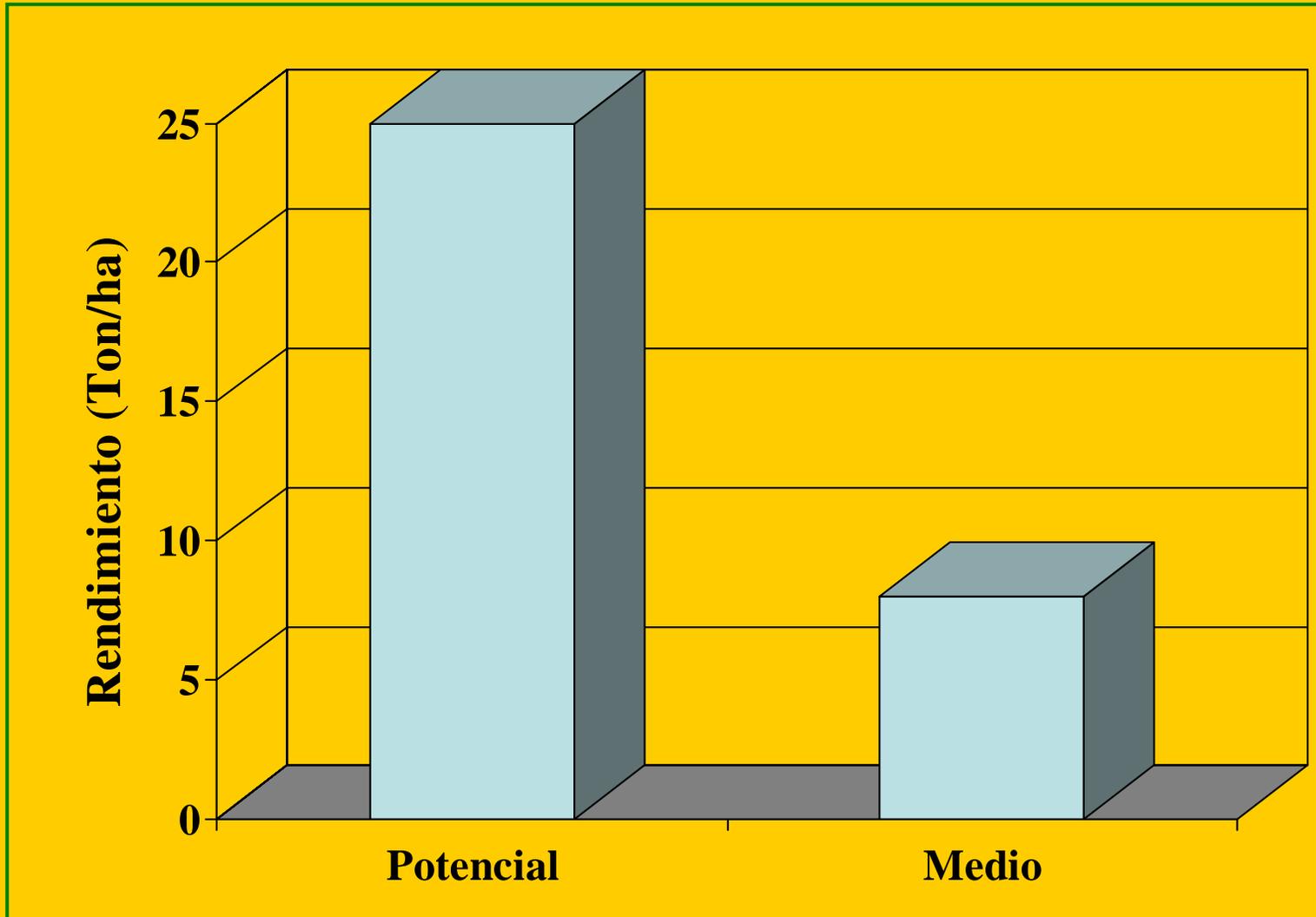


Gobierno de Chile  
INIA

# LA ASFIXIA RADICULAR Y EL MANEJO DEL RIEGO EN PALTO

Raúl Ferreyra E.  
INIA La Cruz

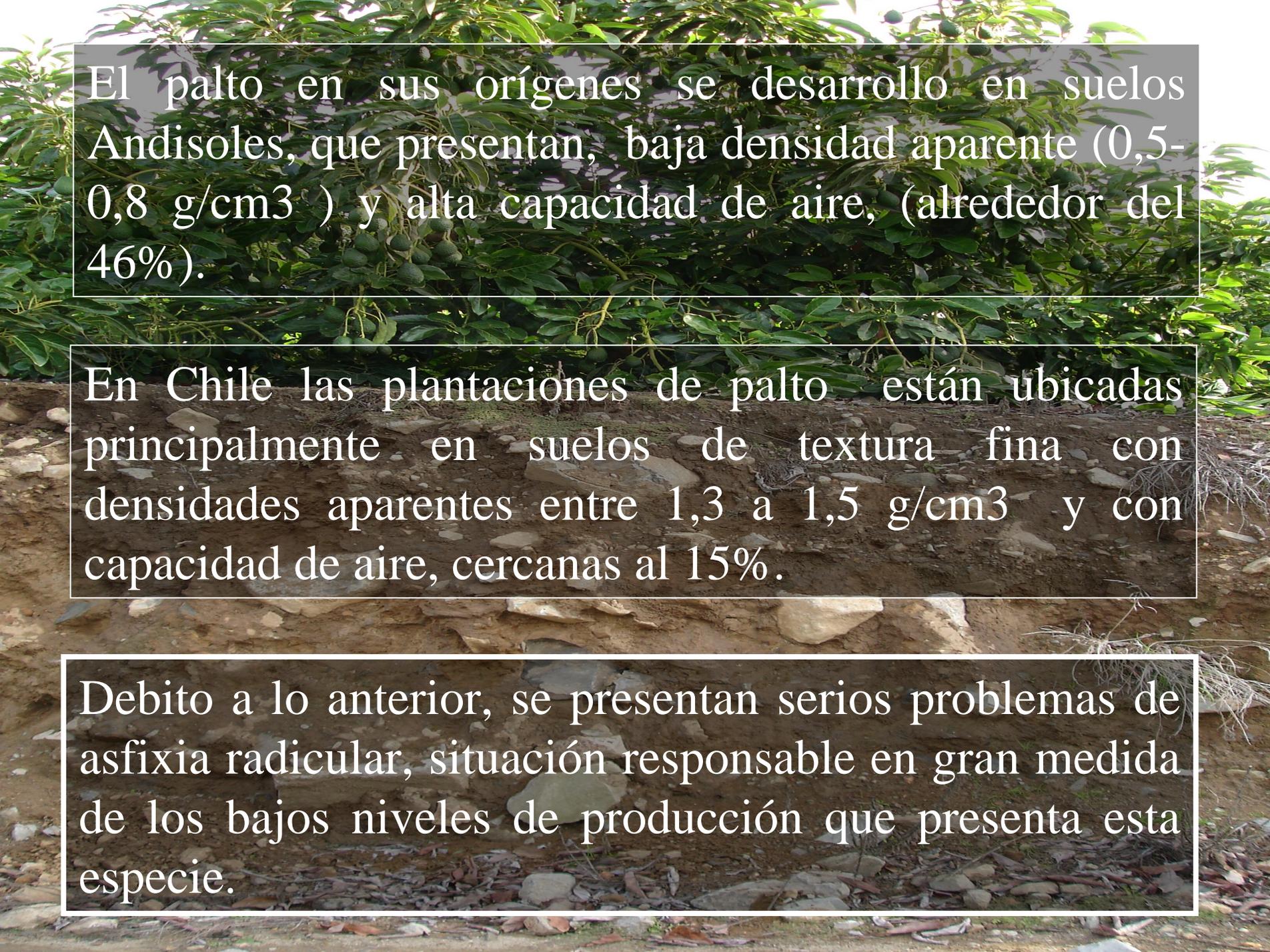
# Rendimiento del palto en Chile



**¿Por qué las producciones  
de los huertos de palto son  
bajas?**

- **Una de las principales causas** de los bajos rendimientos promedio, en las plantaciones de palto en Chile, **es la asfixia radicular**

- Otros factores de estrés que inciden en la baja productividad del palto, son el añerismo, la salinidad, la fertilidad, el emboscamiento, etc., pero sin duda, el mal manejo del riego en suelos que presentan condiciones ambientales desfavorables es el factor que más condiciona la productividad de este cultivo.



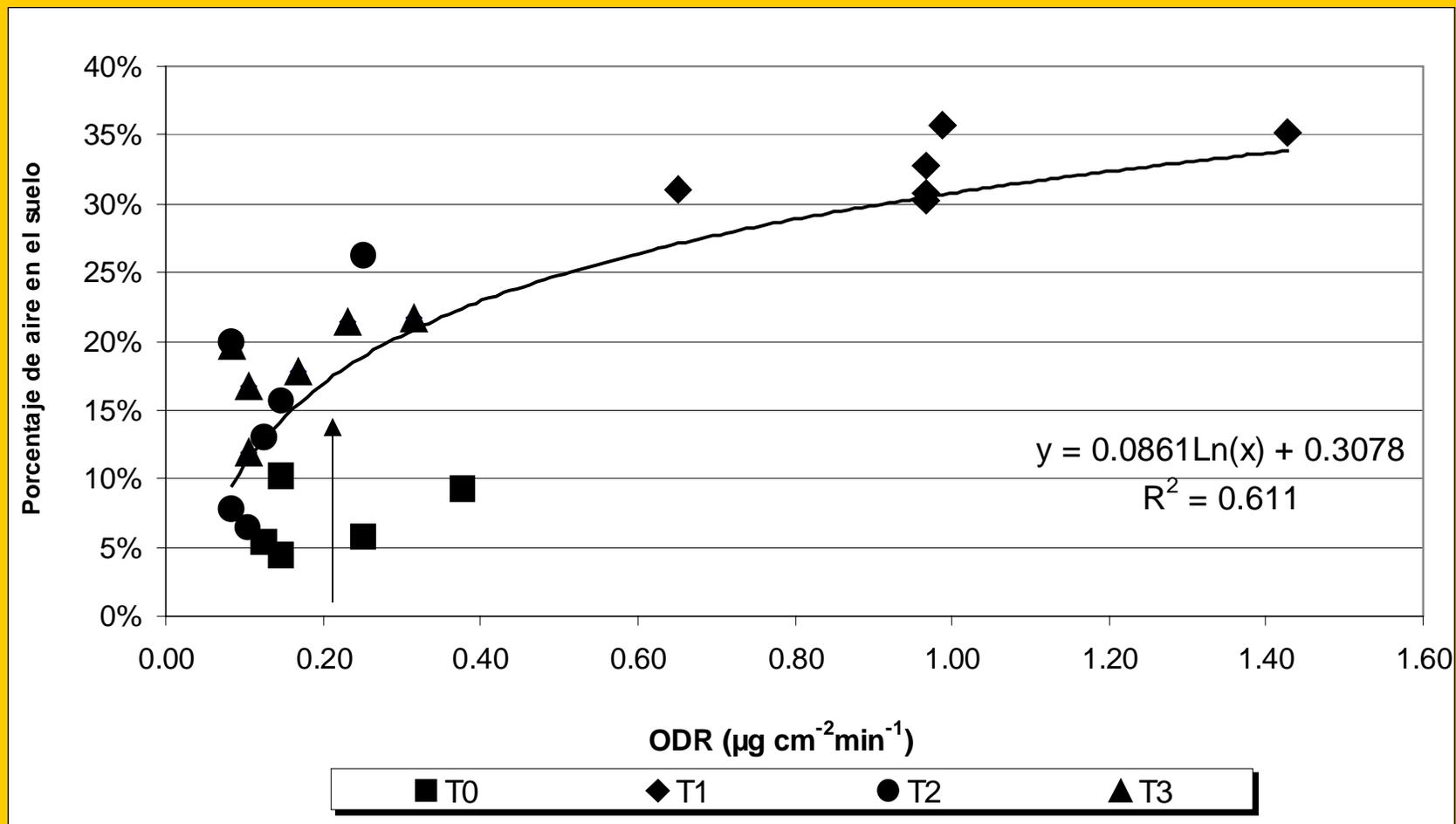
El palto en sus orígenes se desarrollo en suelos Andisoles, que presentan, baja densidad aparente ( $0,5-0,8 \text{ g/cm}^3$ ) y alta capacidad de aire, (alrededor del 46%).

En Chile las plantaciones de palto están ubicadas principalmente en suelos de textura fina con densidades aparentes entre  $1,3$  a  $1,5 \text{ g/cm}^3$  y con capacidad de aire, cercanas al 15%.

Debido a lo anterior, se presentan serios problemas de asfixia radicular, situación responsable en gran medida de los bajos niveles de producción que presenta esta especie.

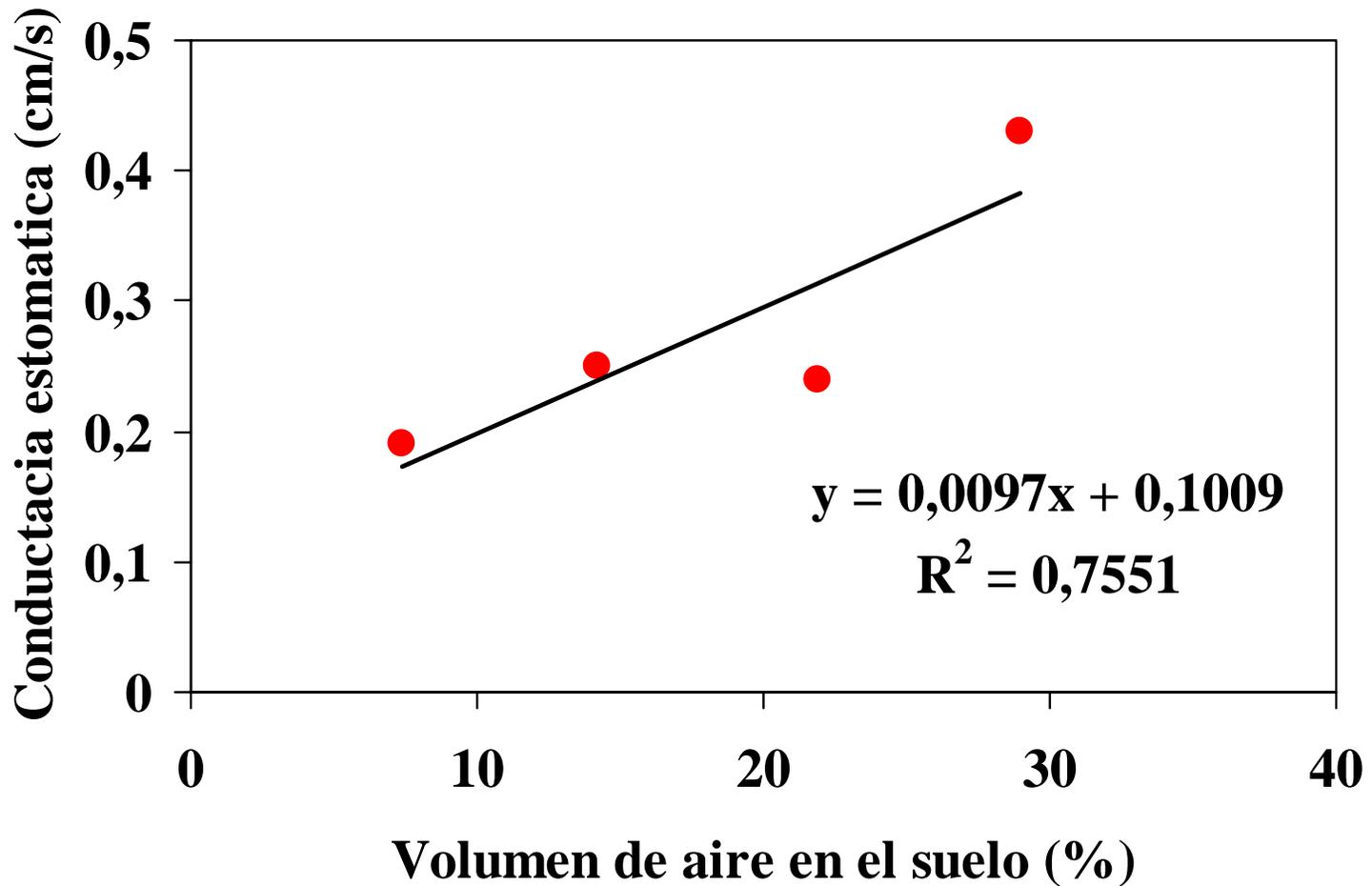
# Relación entre la difusión de Oxígeno (ODR) y el volumen de aire del suelo (Ea) en suelos manejados con riego frecuente y altos contenidos de humedad.

Fuente: Ferreyra et al 2006.



T0= Franco; T1= Arenoso; T2= Franco arenoso; T3= Franco arcilloso.

## Relación entre el contenido de aire del suelo en la conductancia estomática en palto



- El palto comienza a presentar síntomas de asfixia radicular con niveles de aire en el suelo de 17% y presenta un buen desarrollo con niveles cercanos al 30%



Palto creciendo con 29% de aire en el suelo  
Capacidad de aire del suelo 29,87%  
suelo Arenoso



Palto creciendo con 7% de aire en el suelo  
Capacidad de aire del suelo 14,08%  
suelo franco limoso





Capacidad de aire 27%  
Suelo Franco Arenoso  
Rendimiento Medio 25 Ton/has



Capacidad de aire 12 %  
Suelo Franco Arcilloso  
Rendimiento Medio 8 Ton/has

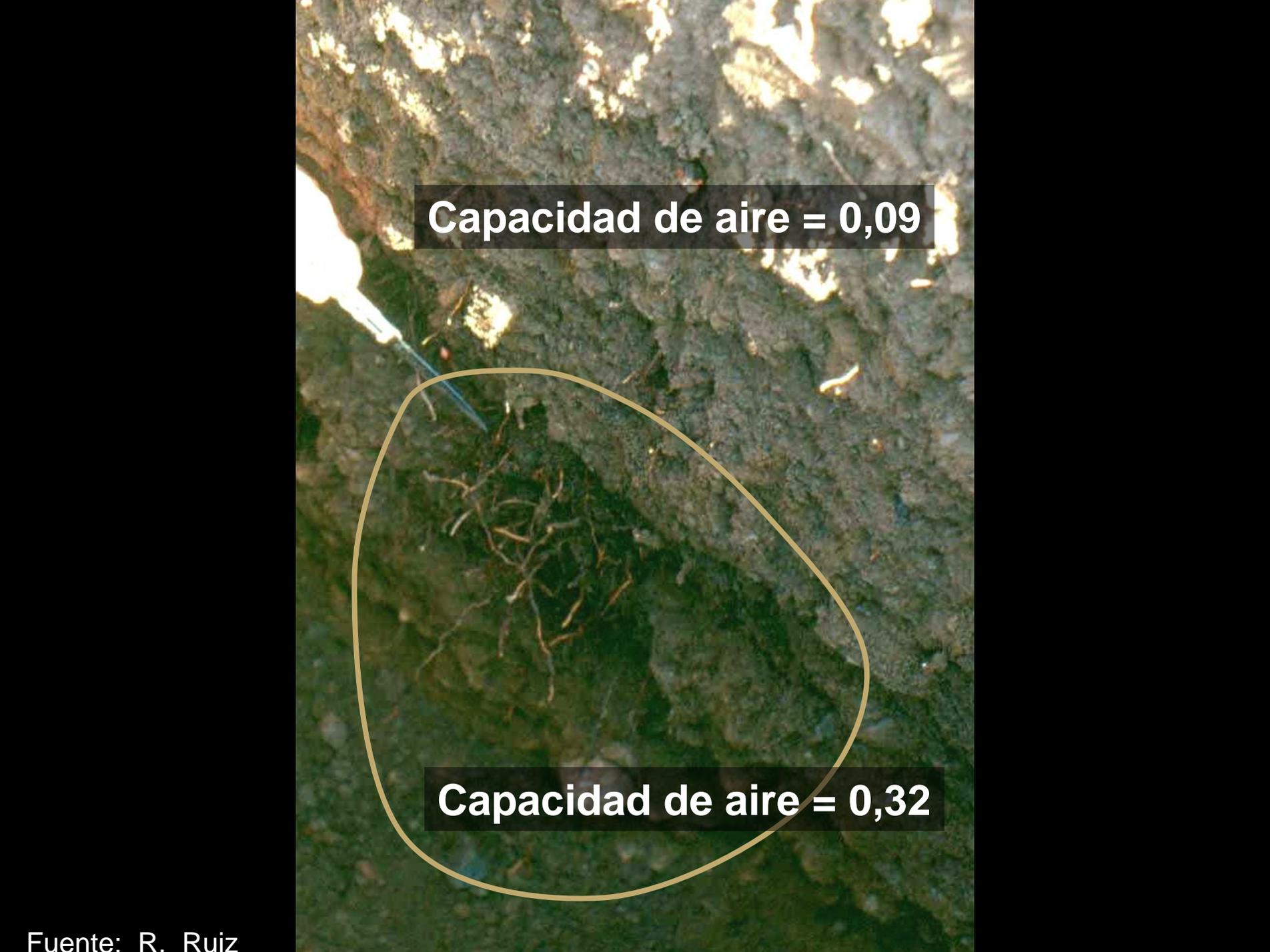




**Capacidad de aire = 0,21**

**Capacidad de aire = 0,10**

**Capacidad de aire = 0,18**

A photograph of soil with a blue probe and a yellow circle highlighting a root system. The soil is dark and appears moist. The probe is inserted into the soil, and the root system is visible within the yellow circle. The text 'Capacidad de aire = 0,09' is overlaid on the top part of the image, and 'Capacidad de aire = 0,32' is overlaid on the bottom part of the image.

**Capacidad de aire = 0,09**

**Capacidad de aire = 0,32**

**¿Cómo afecta la falta de  
aire en el suelo al  
desarrollo del palto?**

- **La falta de oxígeno en el suelo induce a trastornos fisiológicos múltiples en las plantas.**
- **Se produce cierre de estomas, y un menor crecimiento de las raíces (Lafitte 2001), y como consecuencia se inhibe la fotosíntesis y el transporte de hidratos de carbono (Kozlowski 1997).**
- **se disminuye la absorción de macronutrientes,**
- **Se acumula ácido abscísico y auxinas y, se reduce los niveles de citoquininas y ácido giberélico (Lafitte 2001).**

**¿Que síntomas presentan  
la plantas con asfixia  
radicular?**



Pocas raíces y de mala calidad



Árboles con hoja inclinadas al suelo, y angosta



Caída de hoja abundante durante la floración



**Caída de fruta abundante a fines de primavera y/o finales de verano**



Desfoliación de brotes de la temporada golpe de sol en la fruta; Hojas angostas

**Árboles desfoliados,  
fruta bajo calibre  
Color follaje verde  
amarillento, hojas angosta**



**Árboles con puntas quemadas,  
en condiciones  
de baja salinidad**





**Árbol desfoliados con exceso de floración**  
**Árboles desfoliados en la zona de mayor acumulación de agua.**  
**Ejemplo final líneas de riego**

# Aumento de la floración y caída de hoja

Floración Normal



Floración muy abundante,  
pedúnculos cortos



# Aumento de la floración y caída de hoja

Floración Normal



Mucho aborto floral





Planta desarrollo normal

**¿Cuáles son las causas de una baja aireación en el suelo?**

**1.- No se respetaron los drenajes naturales de agua de lluvia en el predio, debido a lo cual el agua de invierno son evacuada lentamente desde el huerto, presentándose sectores con asfixia radicular.**



**2.- Manejo del riego con contenidos de humedad alto en suelo, en huertos con baja capacidad de aire.**

### **3.- Aplicación de cargas de aguas excesivas en suelos con restricciones de drenaje en profundidad**

#### **4.- Baja uniformidad de descarga entre emisores.**

**Un equipo con baja uniformidad entrega caudales variable entre plantas. Encontrándose situaciones, donde las cantidades de agua aplicada a una planta, difiere en más de 2 a 3 veces a la de otra del mismo sector de riego.**

**La baja uniformidad de los emisores es producto de la obturación de los emisores; sector de riego con diferentes de emisores; perdidas de la goma, en microaspersores autocompensado, que regula el caudal y/o válvulas de compuerta descalibrada, entre otras**

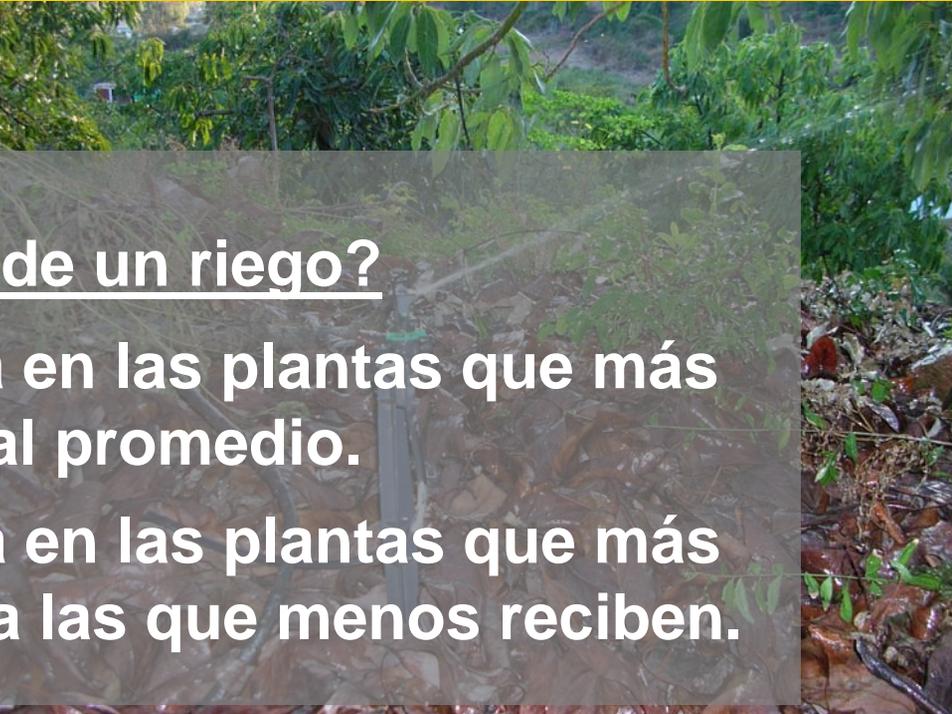
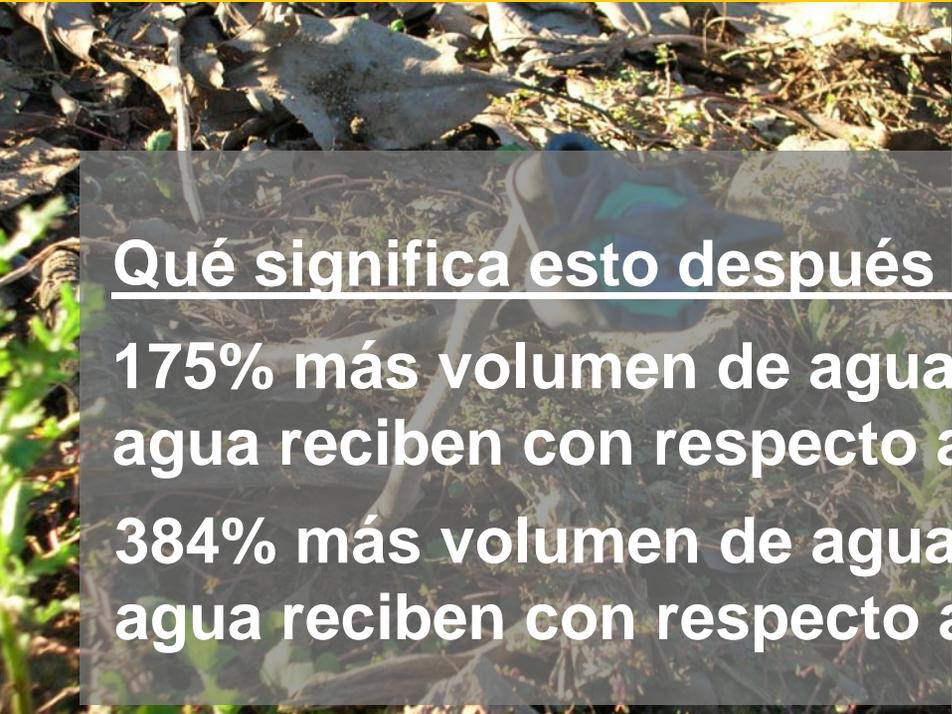
## Uniformidad de Riego Predio:

CU: 45%

Q prom: 44 lt/h

Q max: 77 lt/h

Q min: 20 lt/h



## Qué significa esto después de un riego?

175% más volumen de agua en las plantas que más agua reciben con respecto al promedio.

384% más volumen de agua en las plantas que más agua reciben con respecto a las que menos reciben.



**5.- Sobre riego de los sectores bajo, debido descarga del agua de la red de riego, luego de detener el equipo.**





Microapensor con válvula antidrenante (4 m.c.a)  
En palto



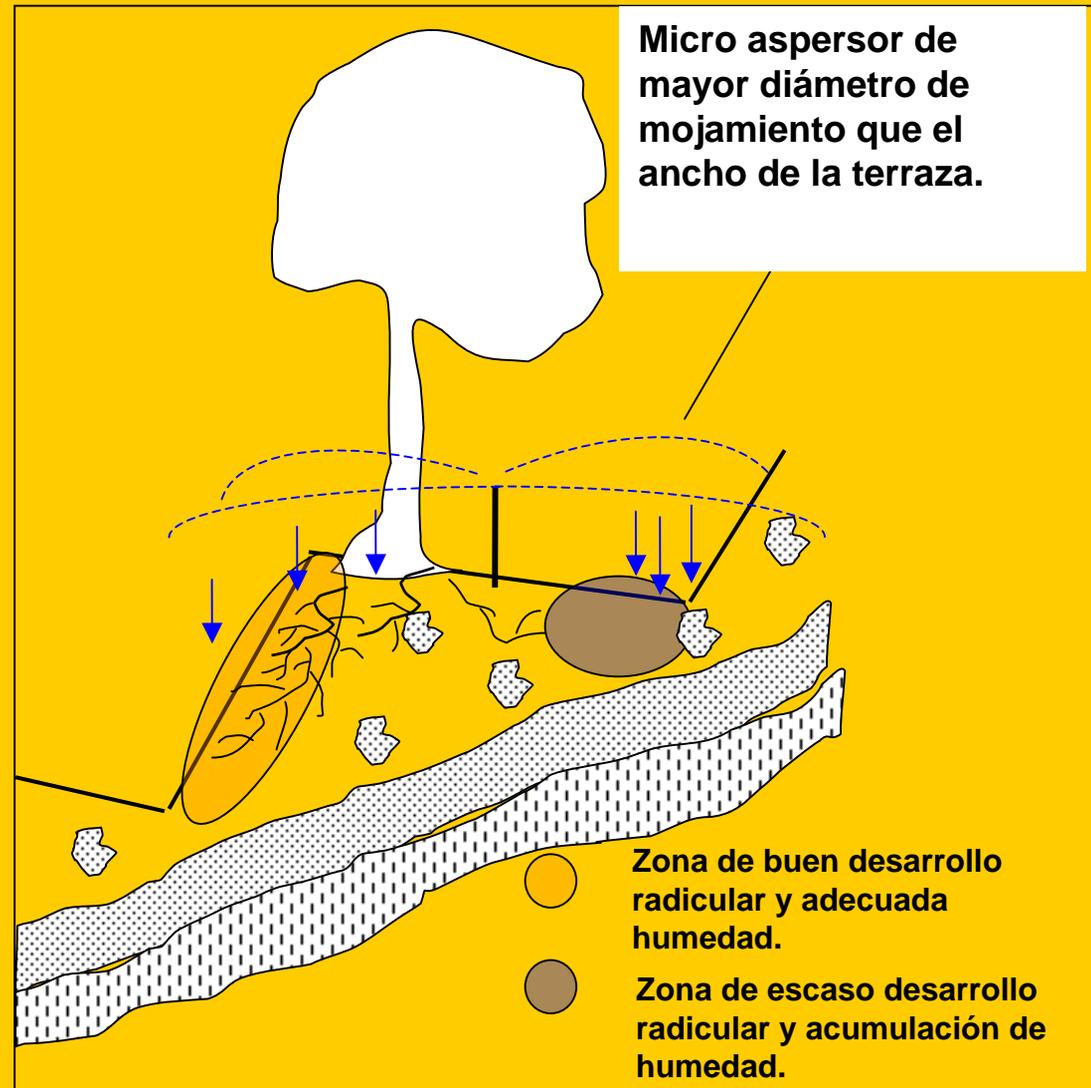
**Goteros antidrenante y de baja descarga  
Paltos Nogales V región**

**6.- Distribución inadecuada del agua en el suelo debido a bajo porcentaje de suelo mojado por el emisor; a utilización de un modelo de microaspersor muy desuniforme en cuando a su forma de mojamiento y/o interferencia del agua del microaspersor por las ramas del palto (faldas), entre otros.**



# Equipo de Riego, Raíces y Distribución de Humedad en el Suelo

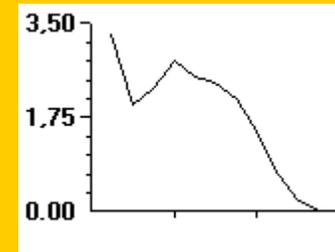
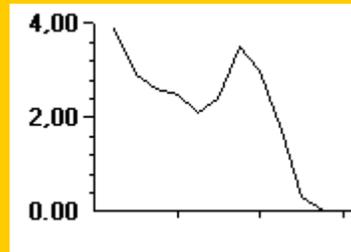
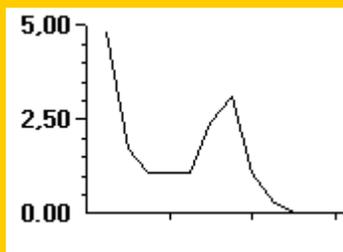
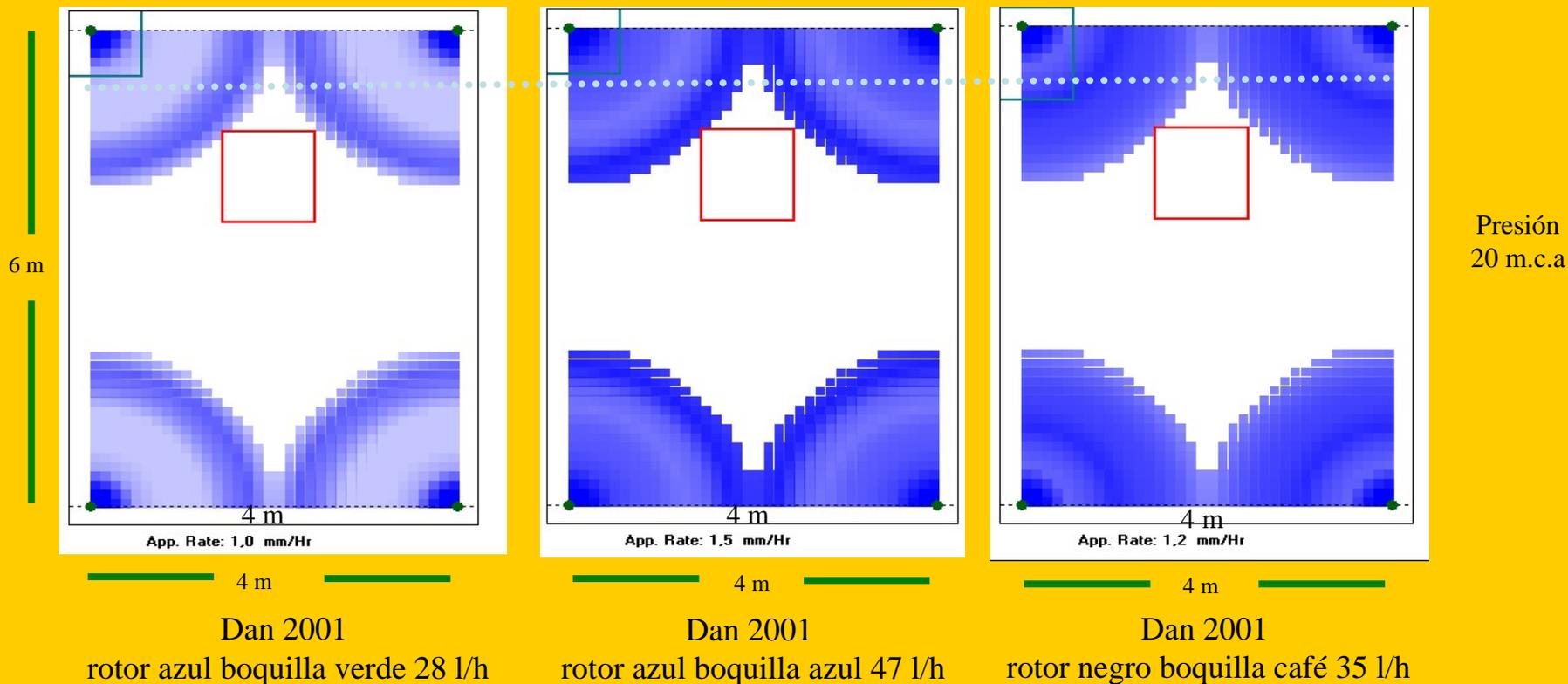
- Área de mojado.
- Tipo de emisor.



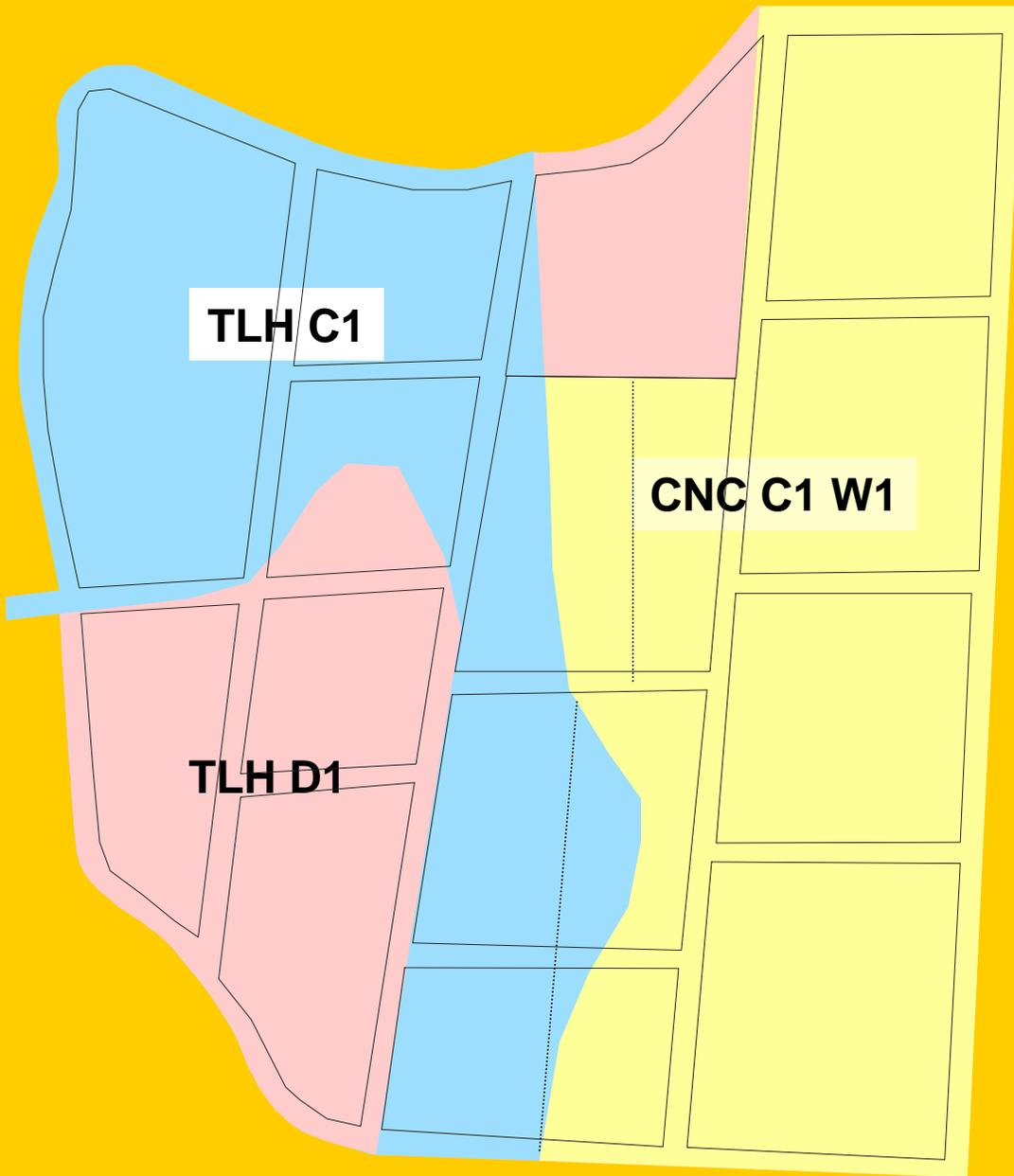
Húmedo

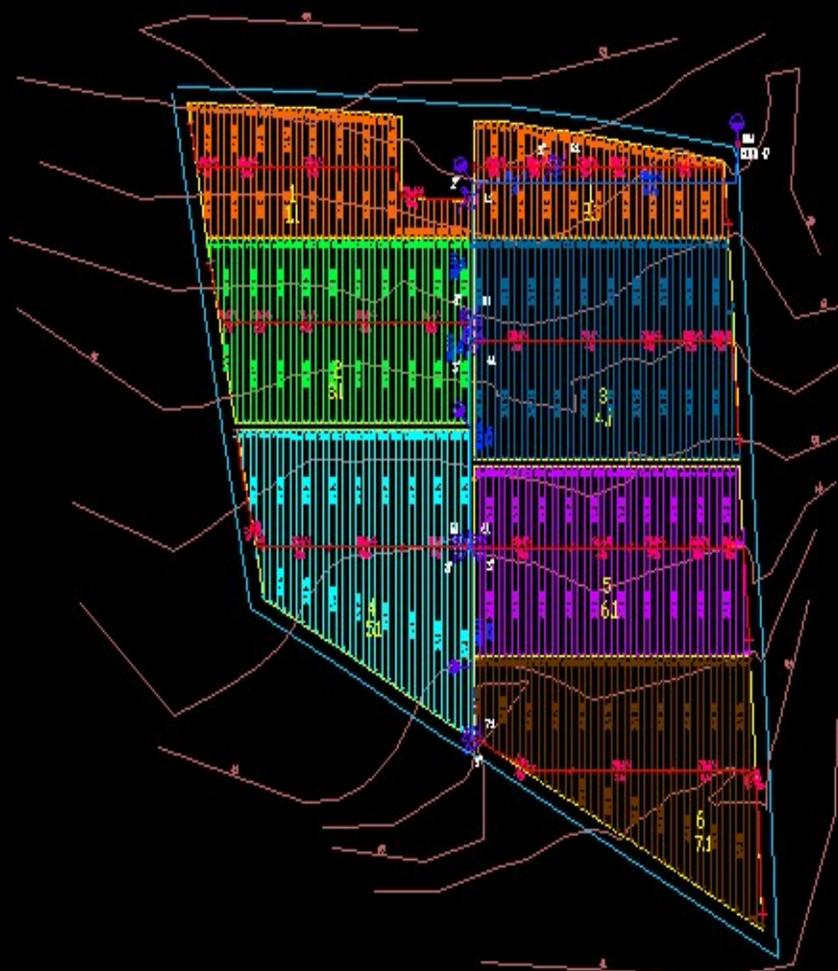
# DISTRIBUCIÓN HUMEDAD MICROASPERSORES

Seco



**7.- Sectores de riego con diferentes tipos de suelo en cuanto a textura y profundidad.**





| CUADRO RESUMEN DE BLOQUES |       |                |         |         | Doble<br>Cosecha |
|---------------------------|-------|----------------|---------|---------|------------------|
| Sector                    | Block | Area           | Plantas | Plantas |                  |
|                           |       | m <sup>2</sup> | (10/1)  | (10/1)  |                  |
| 1                         | 1.1   | 1.94           | 2282    | 2282    |                  |
| 1                         | 1.1   | 1.17           | 2428    | 2428    |                  |
|                           | TOTAL | 2.11           | 4710    | 4710    | 100%             |
| 2                         | 2.1   | 2.11           | 4408    | 4408    | BLANCO           |
| 3                         | 3.1   | 2.87           | 5028    | 5028    | BLANCO           |
| 4                         | 4.1   | 2.25           | 4408    | 4408    | PERE             |
| 5                         | 5.1   | 2.25           | 4408    | 4408    | BLANCO           |
| 6                         | 6.1   | 2.57           | 4408    | 4408    | BLANCO           |
|                           | TOTAL | 14.59          | 28610   | 28610   | BLANCO CUBA      |

DATOS GUAJAL 600 x 400 1.50 m  
 DISTAN. entre filas 100/4 (1) 2.50 x 1.50 m doble fila  
 DISTAN. 1.50 m entre plantas 170 metros de 1.50 m  
 PLANT. 2000 PLANTAS / 2 x 3 Unidades

**SIMBOLOGIA**

-  MANA DE CUBA BLANCO
-  MANA DE CUBA BLANCO



|   |  |
|---|--|
| <br>COLETA<br><b>1:20000</b> | INVESTIGADOR<br><b>JOSE LIRA</b>                                   |
|   | INSTITUCION<br><b>PONAMIRE</b>                                     |
| FECHA<br><b>08/07/2004</b>  | LOCALIDAD<br><b>CIBICUYAS</b>                                      |
|   | AUTORE<br><b>ANDRES OLIVOS Y.</b>                                  |
|   | PAIS: CUBA<br>MUNICIPIO: <b>793</b><br>COORDENADAS: <b>1011800</b> |

- Generalmente más de una de estas causas pueden estar presente en los huertos que tienen plantas con algún grado de asfixia radicular.

**¿Cómo evitar la asfixia  
radicular en los huertos de  
paltos?**

# FACTORES QUE AFECTAN DIRECTAMENTE EL DESARROLLO DE LAS RAÍCES Y LA PRODUCCIÓN

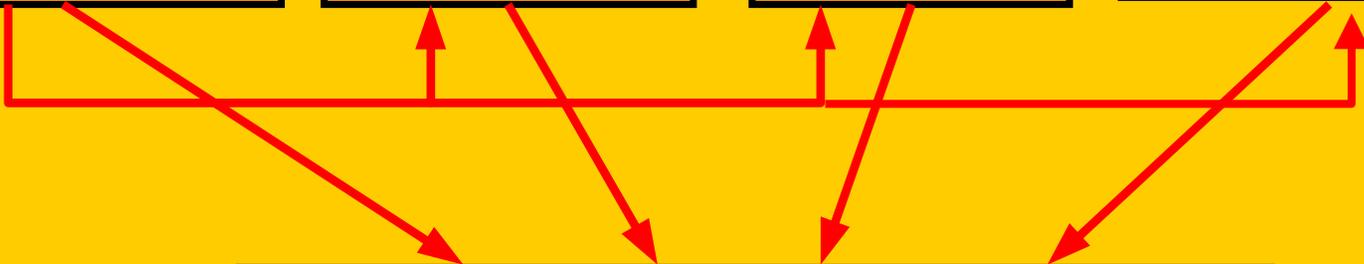
Disponibilidad  
de agua

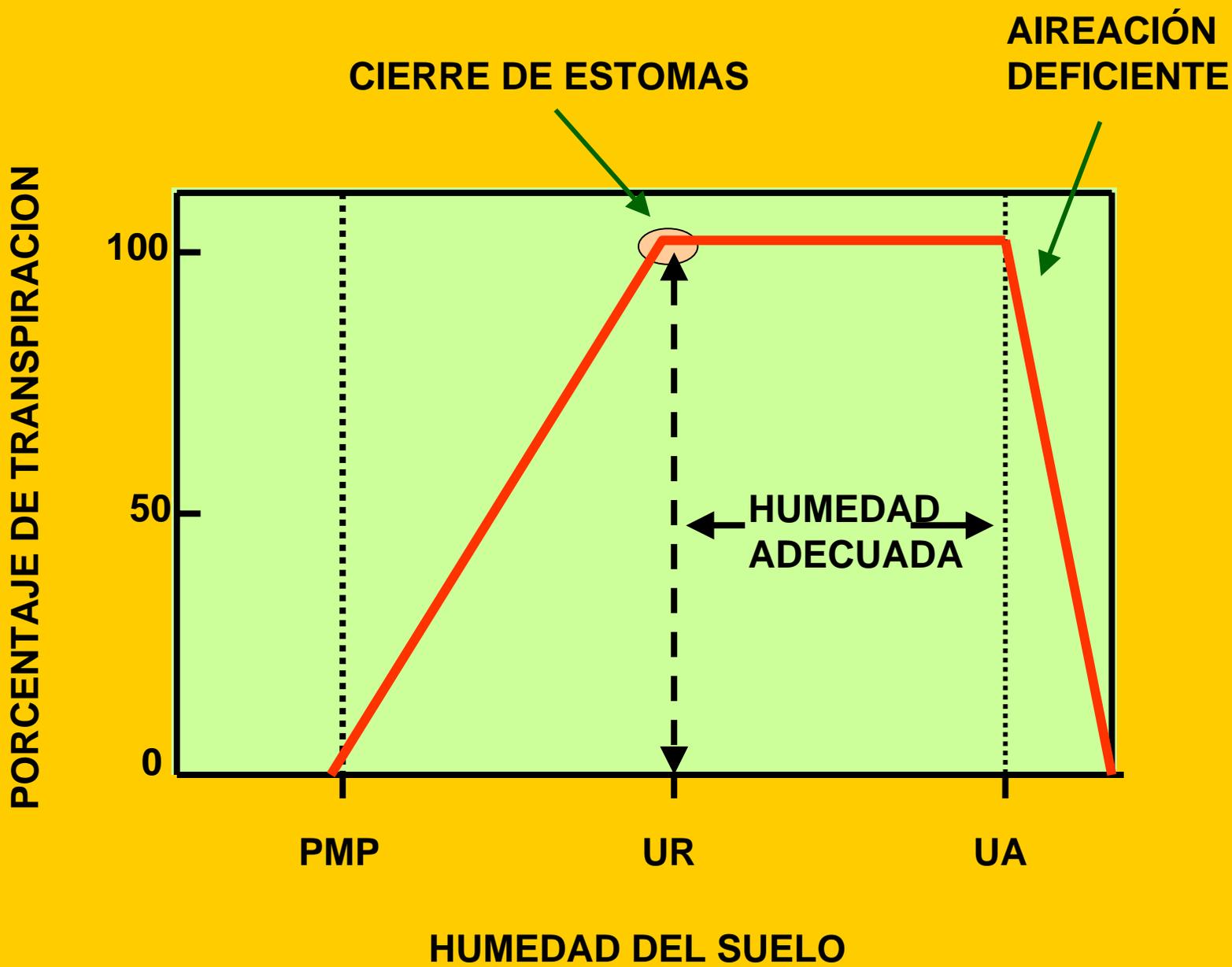
Resistencia  
mecánica

Aireación

Temperatura

DESARROLLO Y  
CRECIMIENTO DE LAS  
RAÍCES Y DE LAS PLANTAS



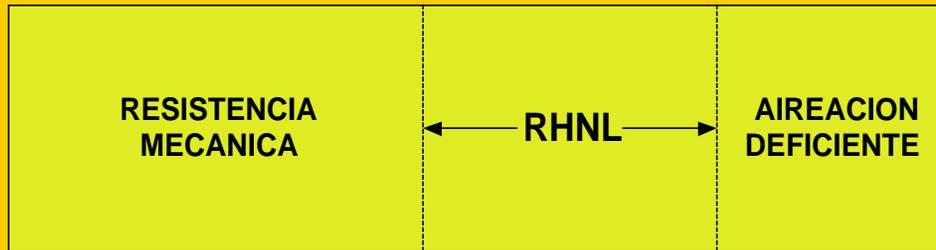


# RELACIÓN SUELO AGUA AIRE

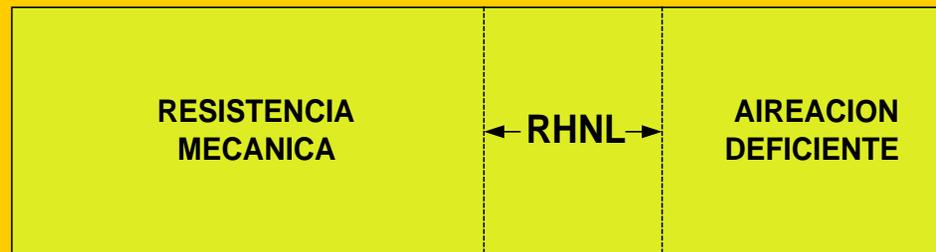
AUMENTA DENSIDAD APARENTE Y  
DECRECE ESTRUCTURACION



CONTENIDO DE HUMEDAD →



CONTENIDO DE HUMEDAD →



CONTENIDO DE HUMEDAD →



# **CAPACIDAD GASEOSA**

---

**POROSIDAD LIBRE  
AL FLUJO DE GASES  
CON EL SUELO A  
CAPACIDAD DE CAMPO**

**COMO:**

$$\text{Porosidad Total} = 1 - \frac{\rho}{\rho_s}$$

---

$\rho$  = DENSIDAD APARENTE

$\rho_s$  = DENSIDAD REAL

$$y: \theta_{cc} = \omega_{cc} \times \rho$$

---

**$\omega_{cc}$  = CONTENIDO GRAVIMÉTRICO  
DE AGUA A CAPACIDAD  
DE CAMPO**

$$\text{Capacidad de aire} = \left( 1 - \frac{\rho}{\rho_s} \right) - \theta_{cc}$$

- Para enfrentar los problemas de asfixia radicular es necesario determinar en los huertos las causas de la baja aireación en el suelo, para luego ver si es necesario y posible, adecuar los equipos de riego y aplicar estrategias de manejo del agua de riego que permitan optimizar la relación agua - aire en la zona de raíces.

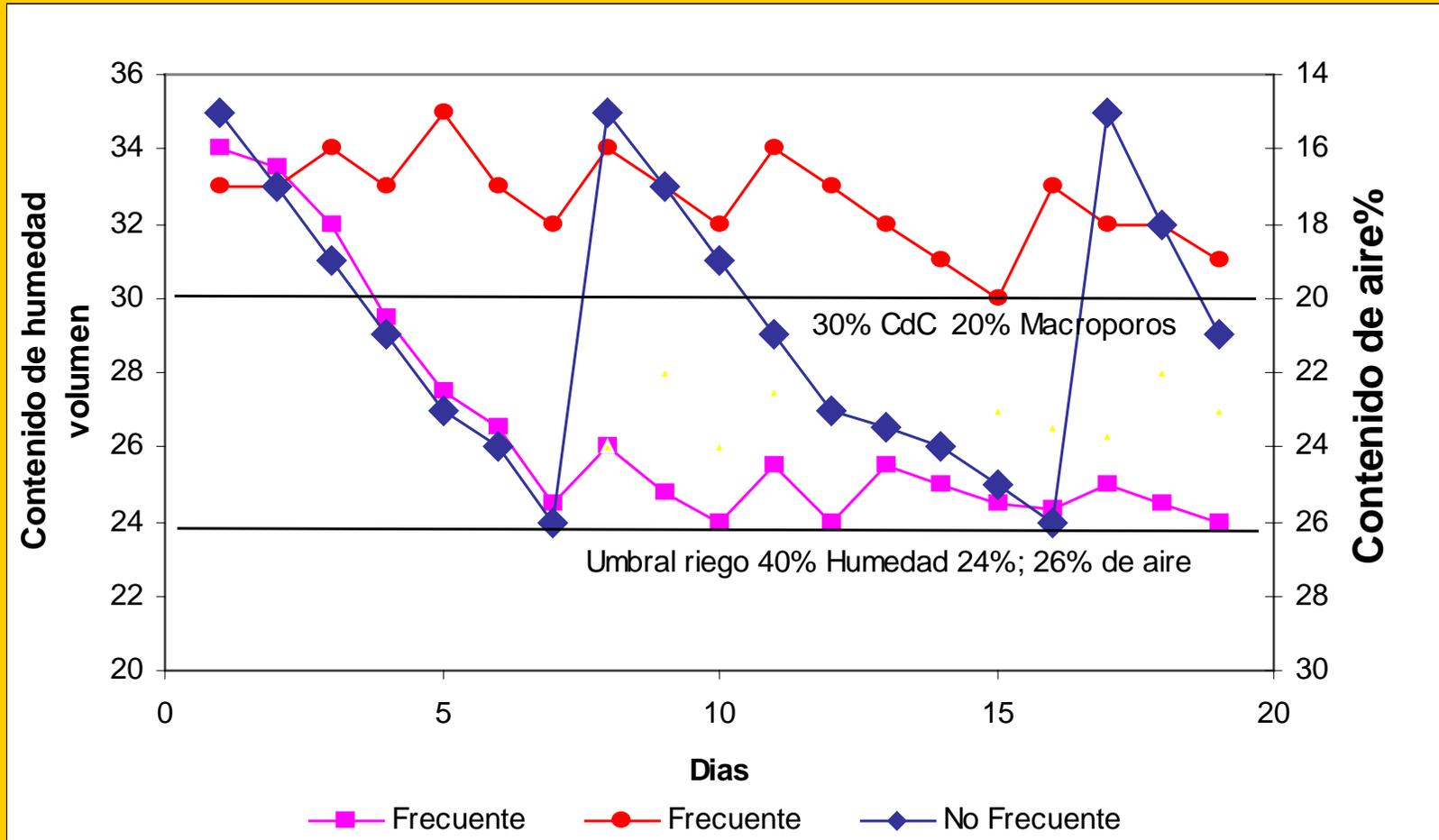
# PROGRAMA DE RIEGO

Cuadro 1. Volúmenes de agua a aplicar en la zona de Quillota en paltos adultos.

| Meses        | Eto<br>mm/día | Kc   | Etc<br>mm/día | DB<br>l/m <sup>2</sup> /día | 6 x 4<br>l/planta/día       | 6 x 6<br>l/planta/día |
|--------------|---------------|------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Ene          | 5,7           | 0,75 | 4,3           | 5,0                         | 120,7                       | 181,1                 |
| Feb          | 5,9           | 0,75 | 4,4           | 5,2                         | 124,9                       | 187,4                 |
| Mar          | 4,6           | 0,75 | 3,5           | 4,1                         | 97,4                        | 146,1                 |
| Abr          | 3,3           | 0,75 | 2,5           | 2,9                         | 69,9                        | 104,8                 |
| May          | 2,1           | 0,75 | 1,6           | 1,9                         | 44,5                        | 66,7                  |
| Jun          | 1,1           | 0,65 | 0,7           | 0,8                         | 20,2                        | 30,3                  |
| Jul          | 0,8           | 0,65 | 0,5           | 0,6                         | 14,7                        | 22,0                  |
| Ago          | 1,1           | 0,65 | 0,7           | 0,8                         | 20,2                        | 30,3                  |
| Sep          | 2,1           | 0,65 | 1,4           | 1,6                         | 38,5                        | 57,8                  |
| Oct          | 3,3           | 0,65 | 2,1           | 2,5                         | 60,6                        | 90,8                  |
| Nov          | 4,6           | 0,75 | 3,5           | 4,1                         | 97,4                        | 146,1                 |
| Dic          | 5,5           | 0,75 | 4,1           | 4,9                         | 116,5                       | 174,7                 |
| <b>Total</b> |               |      |               | <b>10318,2</b>              | <b>m<sup>3</sup>/ha/año</b> |                       |

Etc = Evapotranspiración del cultivo = Eto x Kc; Kc = Coeficiente de cultivo; DB Demanda bruta = Etc/efa; Efa = eficiencia de aplicación (goteo = 0,9; Microaspersión = 0,85).

# Efecto sobre la aireación de tres programas de riego



Porosidad Total = 50%

# FRECUENCIA DE RIEGO

$$Fr = h/Etr$$

$$Etr = Eto \times Kp$$

$$h = (cdc - pmp) \times da \times Ur \times (1 - \%p) \times H \times Psm$$

Donde:

Fr = Frecuencia de riego

h = humedad aprovechable disponible

Cdc = Capacidad de campo base peso

Pmp = Punto de marchites permanente base peso

da = densidad aparente (g/cc)

Ur = Umbral de riego (30 a 40%)

P = Porcentaje de piedra en el perfil

H profundidad radicular

Psm = Porcentaje de suelo mojado

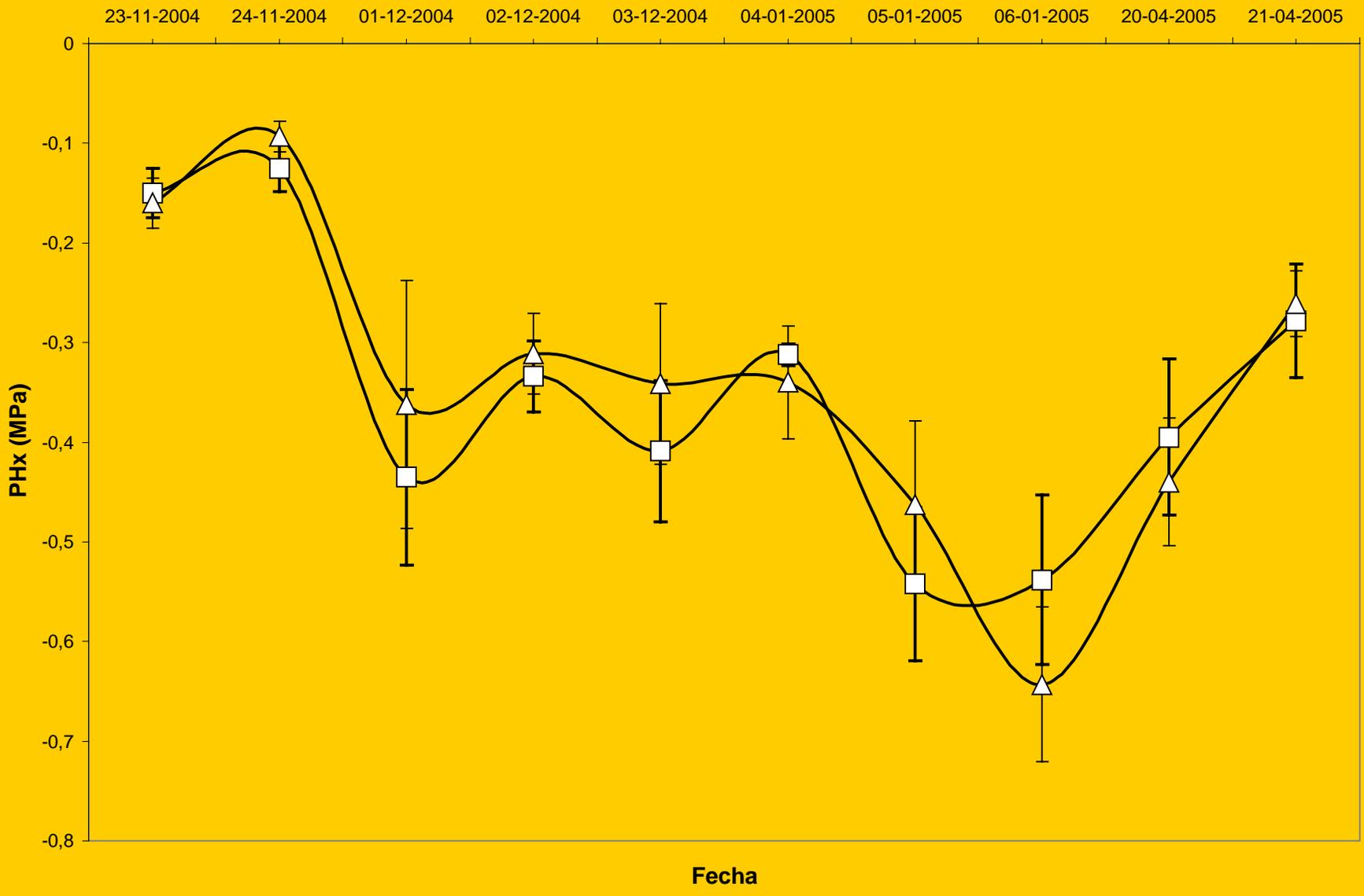
h en Paltos (50 cm suelo)

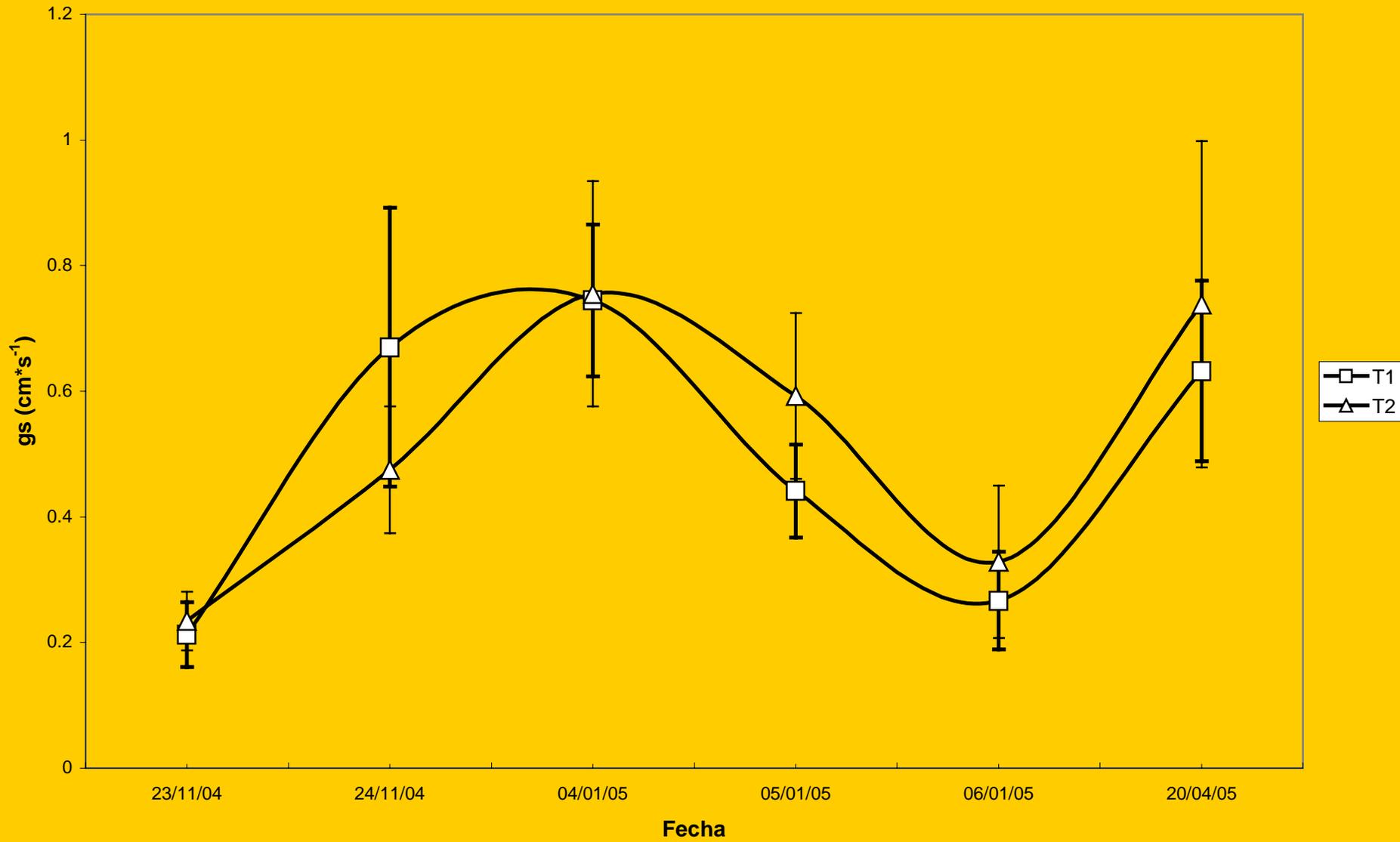
|                  |       |
|------------------|-------|
| Arenoso          | 15 mm |
| Franco arenoso   | 24 mm |
| Franco           | 26 mm |
| Franco Arcilloso | 29 mm |
| Arcilloso        | 38 mm |



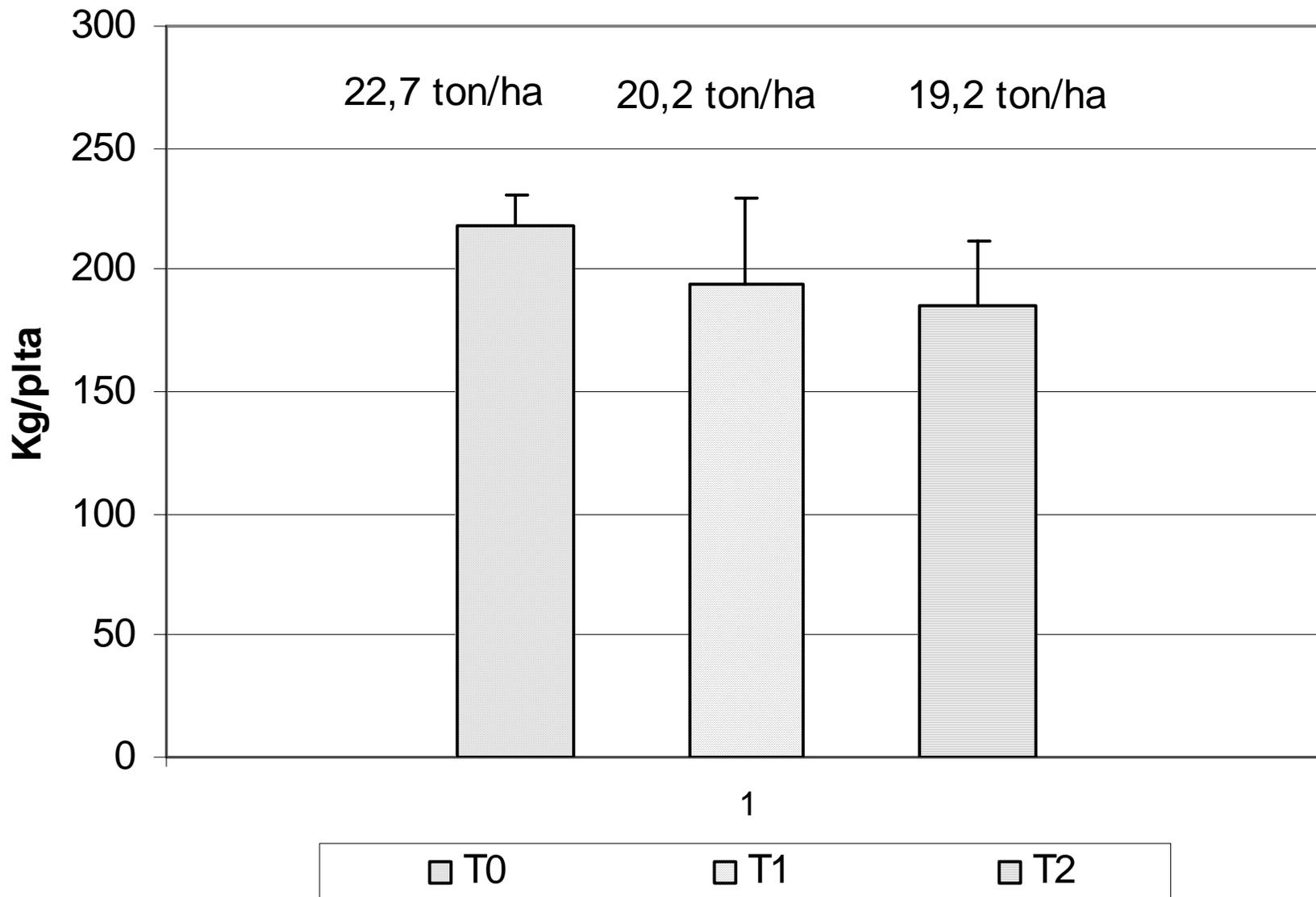
# Ensayo Umbrales de Riego, La Chacra.

- **Objetivos:**
  - Establecer un umbral de riego para palto.
- **Descripción del ensayo:**
  - 144 Árboles de 8 años, plena producción.
  - Productividad de 25 ton/ha.
  - Tratamientos. T0, T1 (10% UR) y T2 (20% UR).
  - Microaspersión.
  - Suelo Franco ( $D_a = 1,4 \text{ g/cm}^3$ ), sin camellón.
  - Mediciones de: dendrometría, PHx, FDR, porometría, DPV.

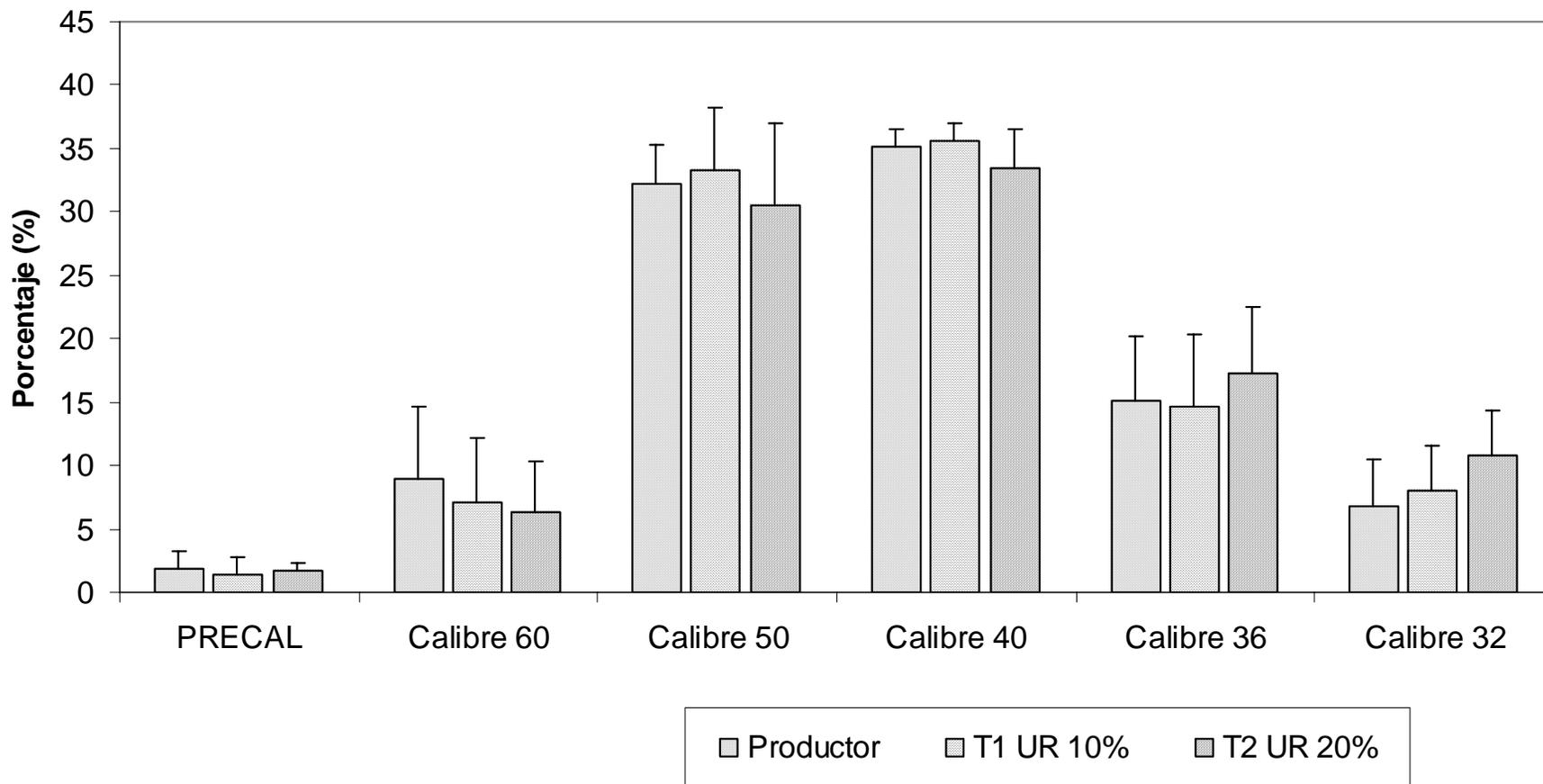




# Rendimiento Acumulado años 2003, 2004 y 2005



## DISTRIBUCIONES DE CALIBRES 2005 POR TRATAMIENTO, CULENES 2005





# Ensayo Umbrales de Riego, Panquehue.

- **Objetivos:**

- Evaluar la respuesta del palto ante manejos de riego con distintos umbrales de riego en un suelo franco arenoso.

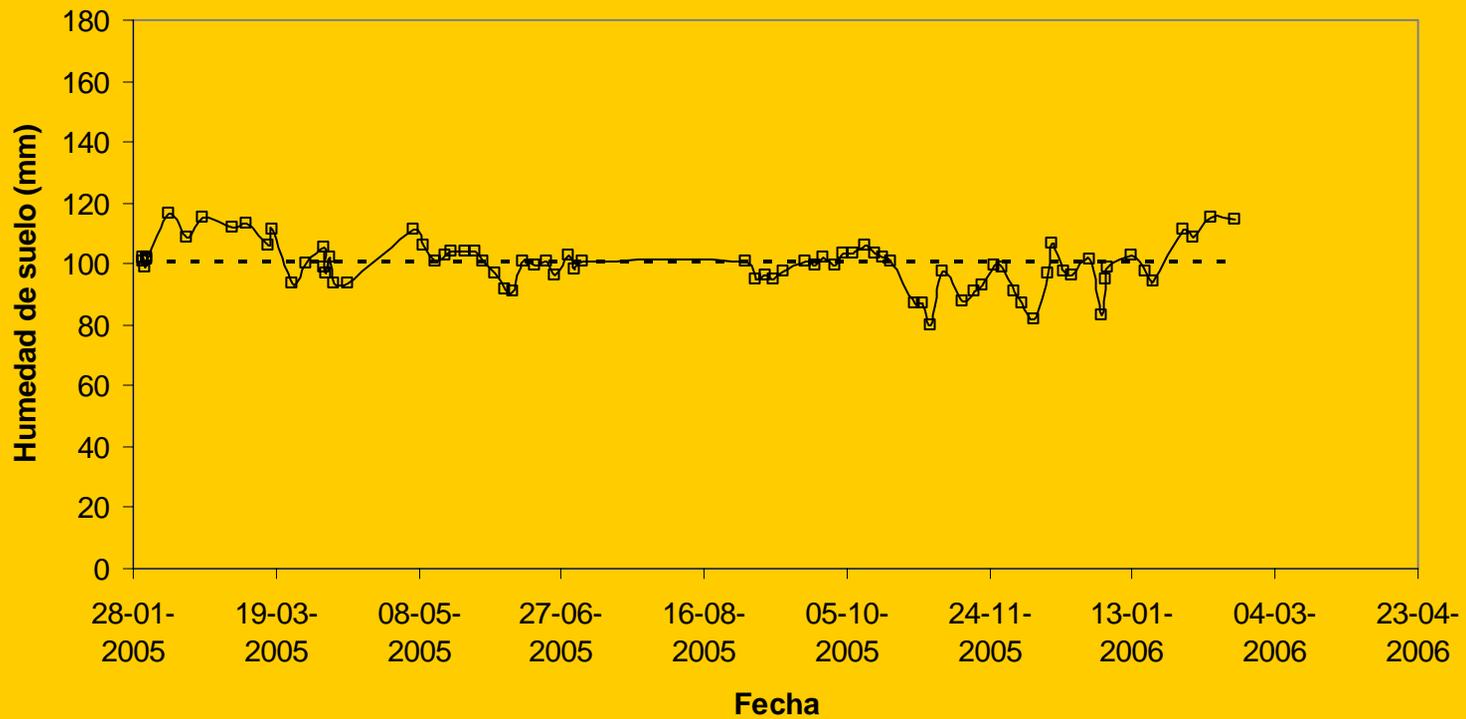
- **Descripción del ensayo:**

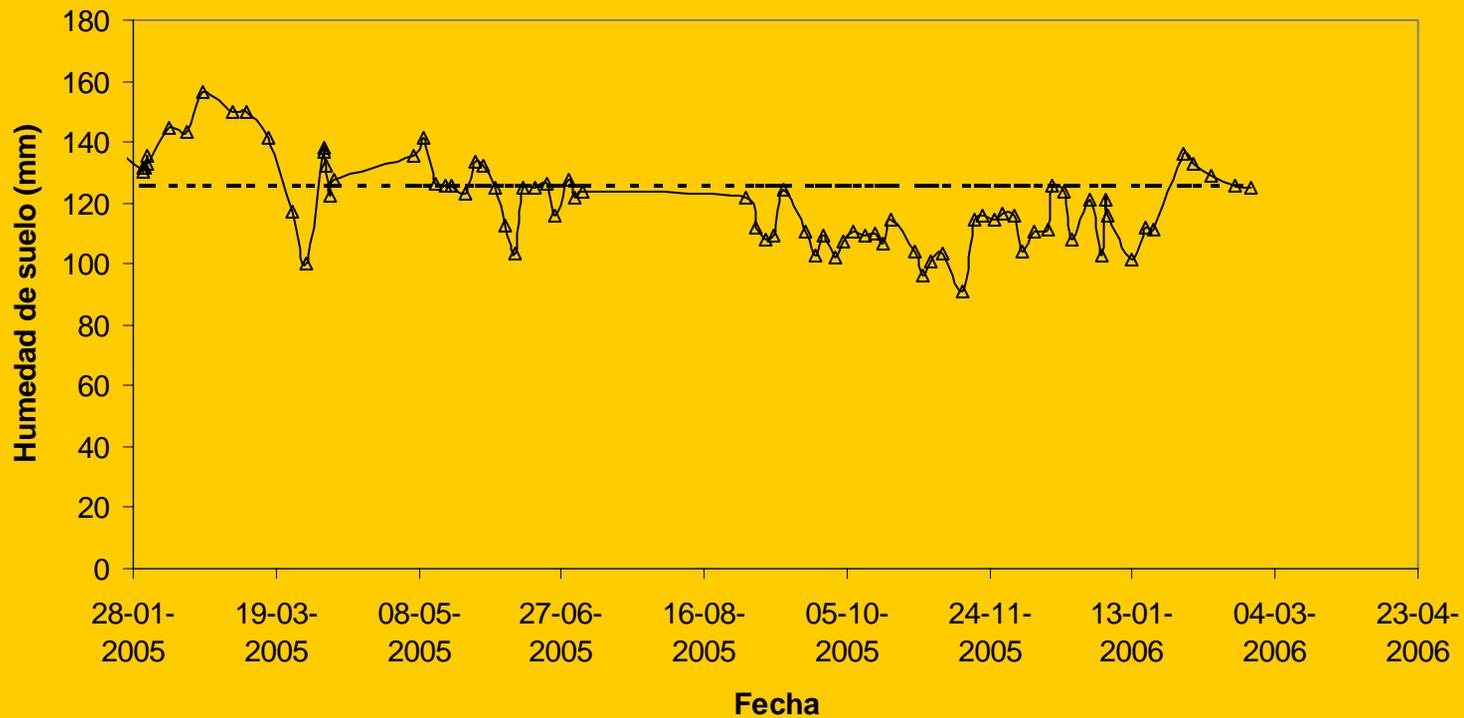
- 144 árboles.
- 3 tratamientos: T1 (UR 5%), T2 (UR 35%), T3 (UR 60%)
- Mediciones de: producción, dendrometría, PHx, FDR, porimetría, interceptación de radiación.
- Suelo franco arenoso de baja retención de humedad.

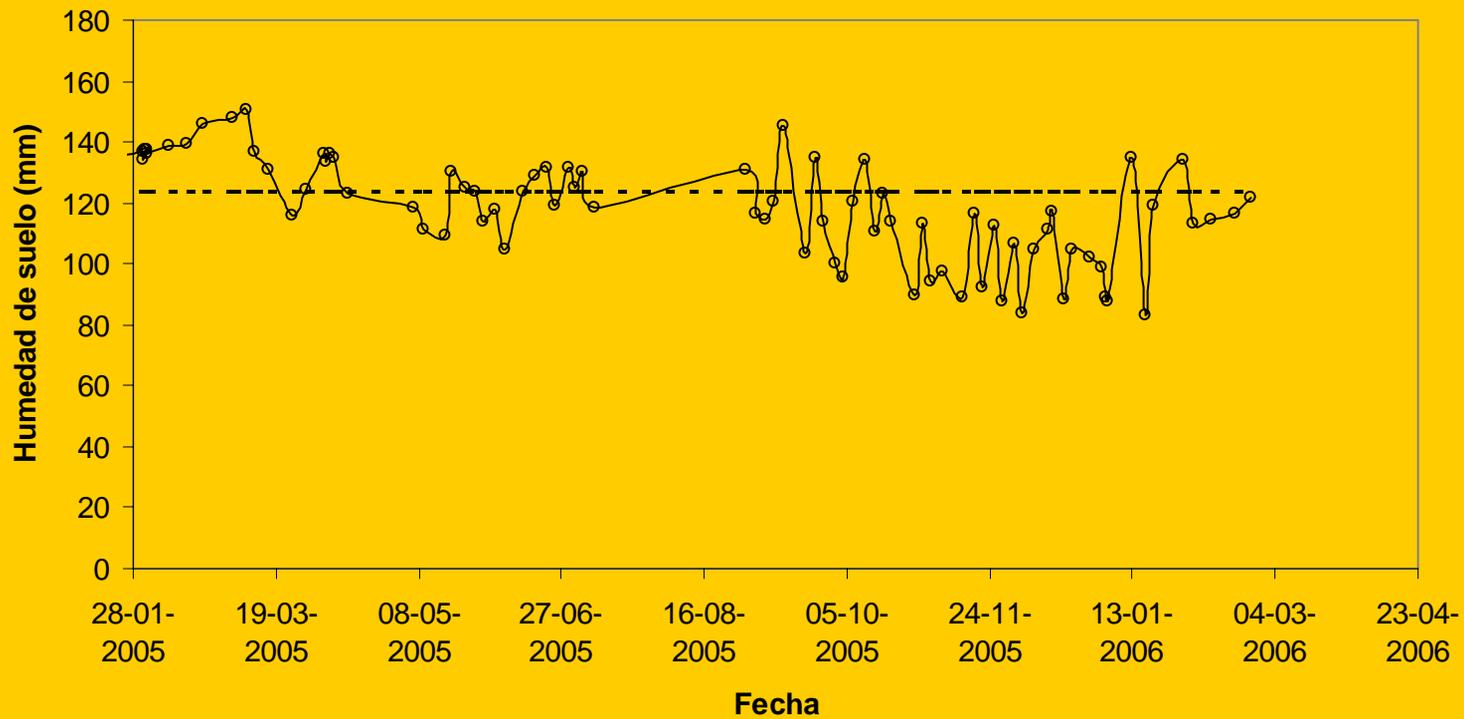
## SUELO:

- $D_a = 1.22 \text{ g/cm}^3$
- CDC = 22% grav
- Pedregosidad = 50%
- Porosidad = 54% vol
- Microporos = 27% vol
- Macroporos = 27% vol

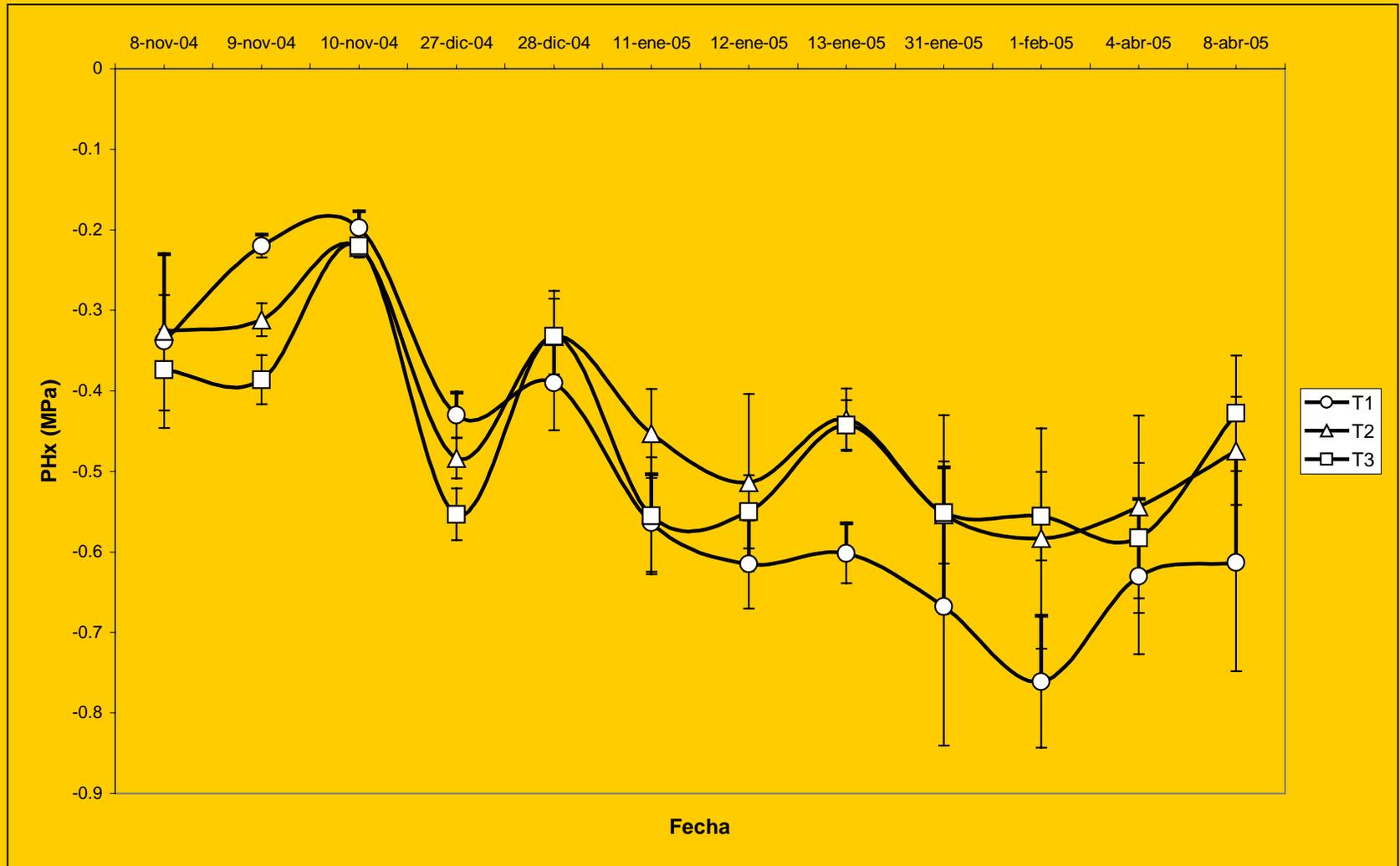




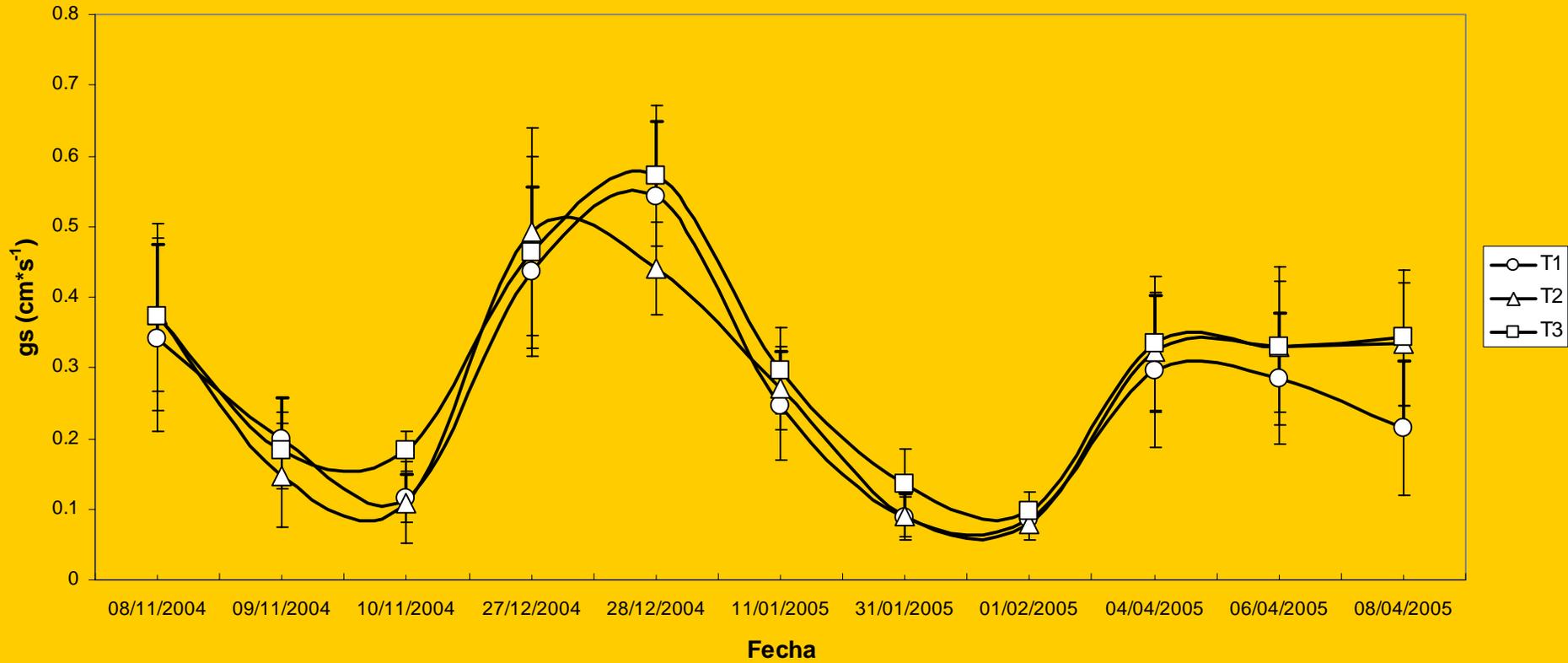


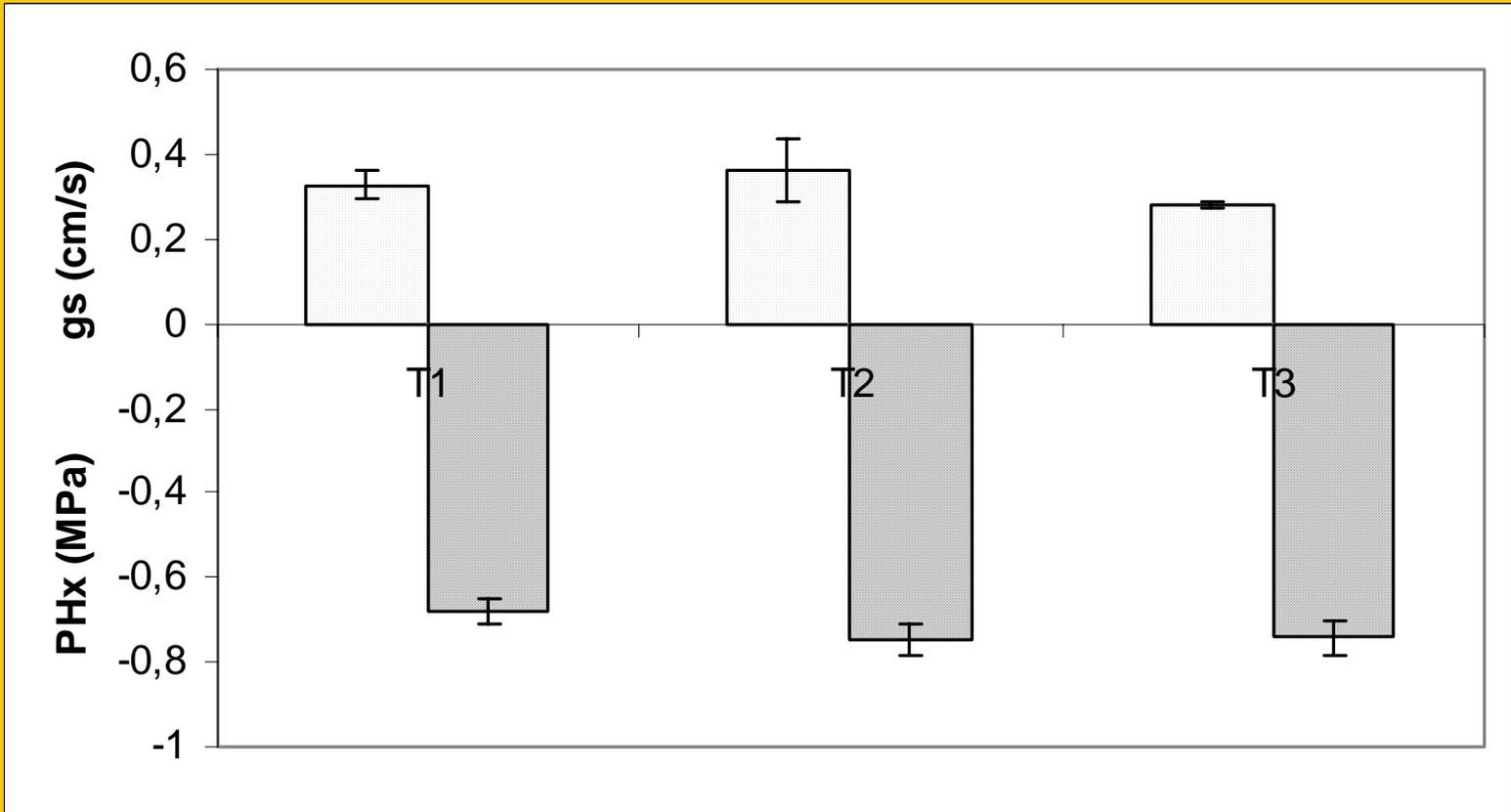


# Potencial hídrico xilemático

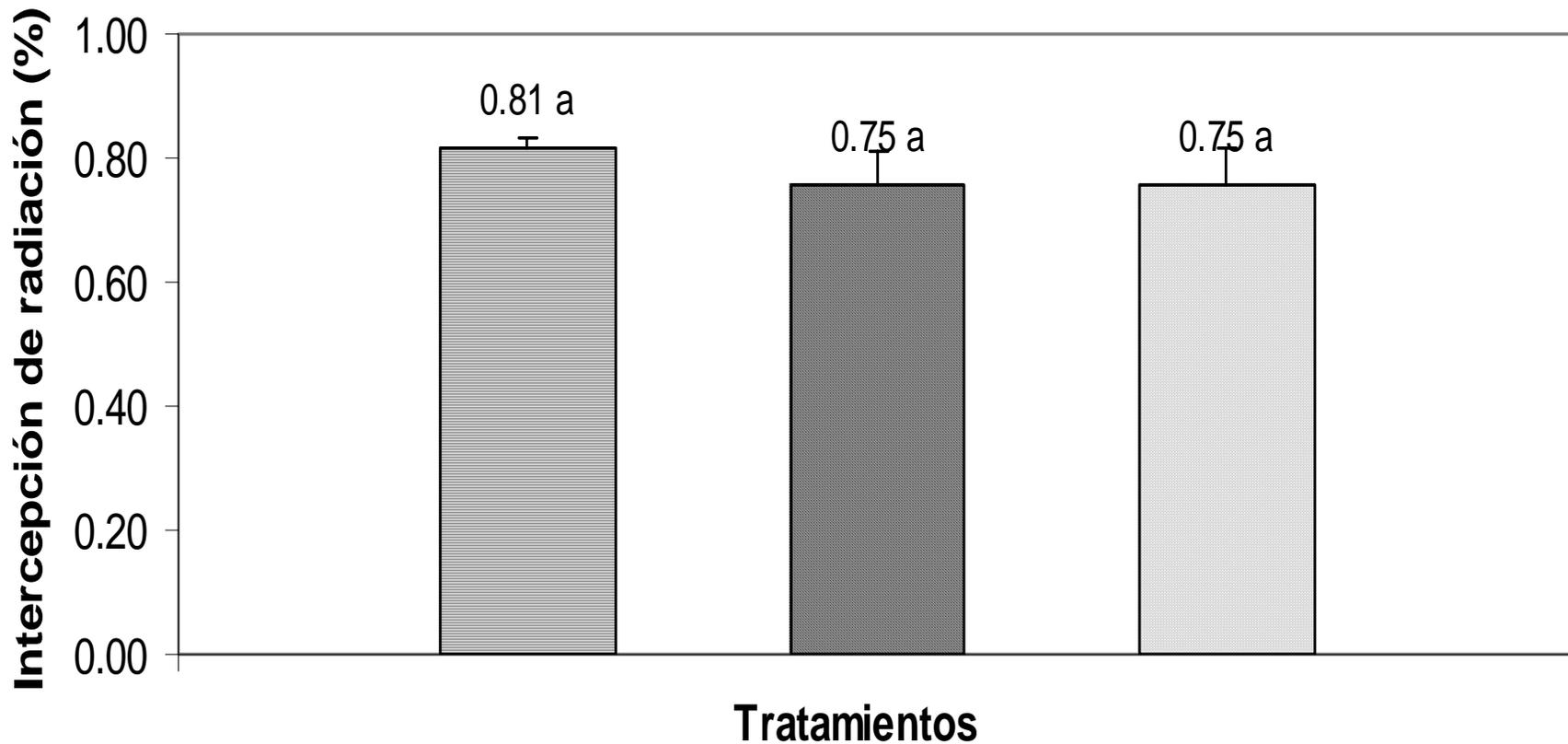


# Conductancia estomática





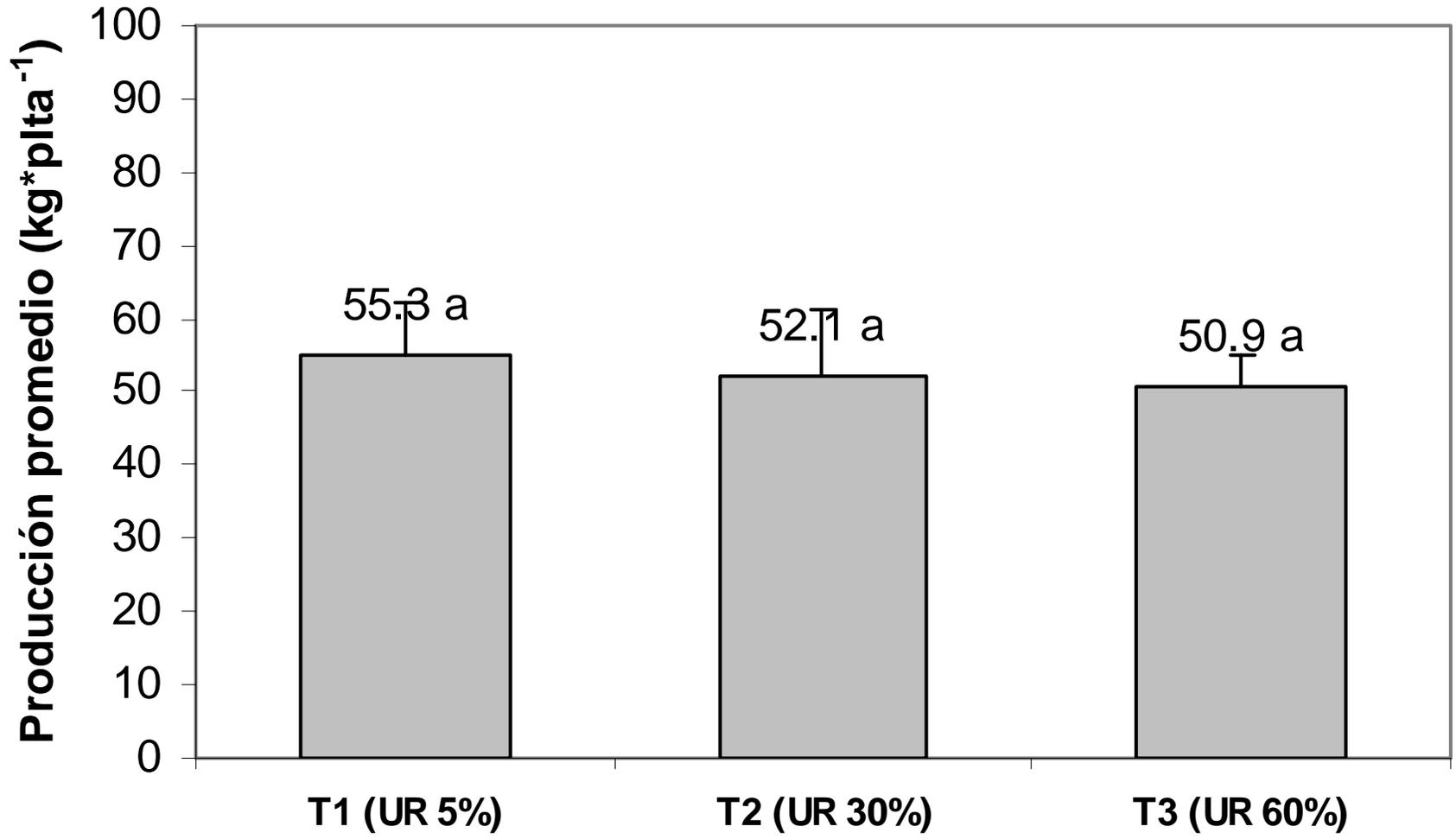
4-1-06

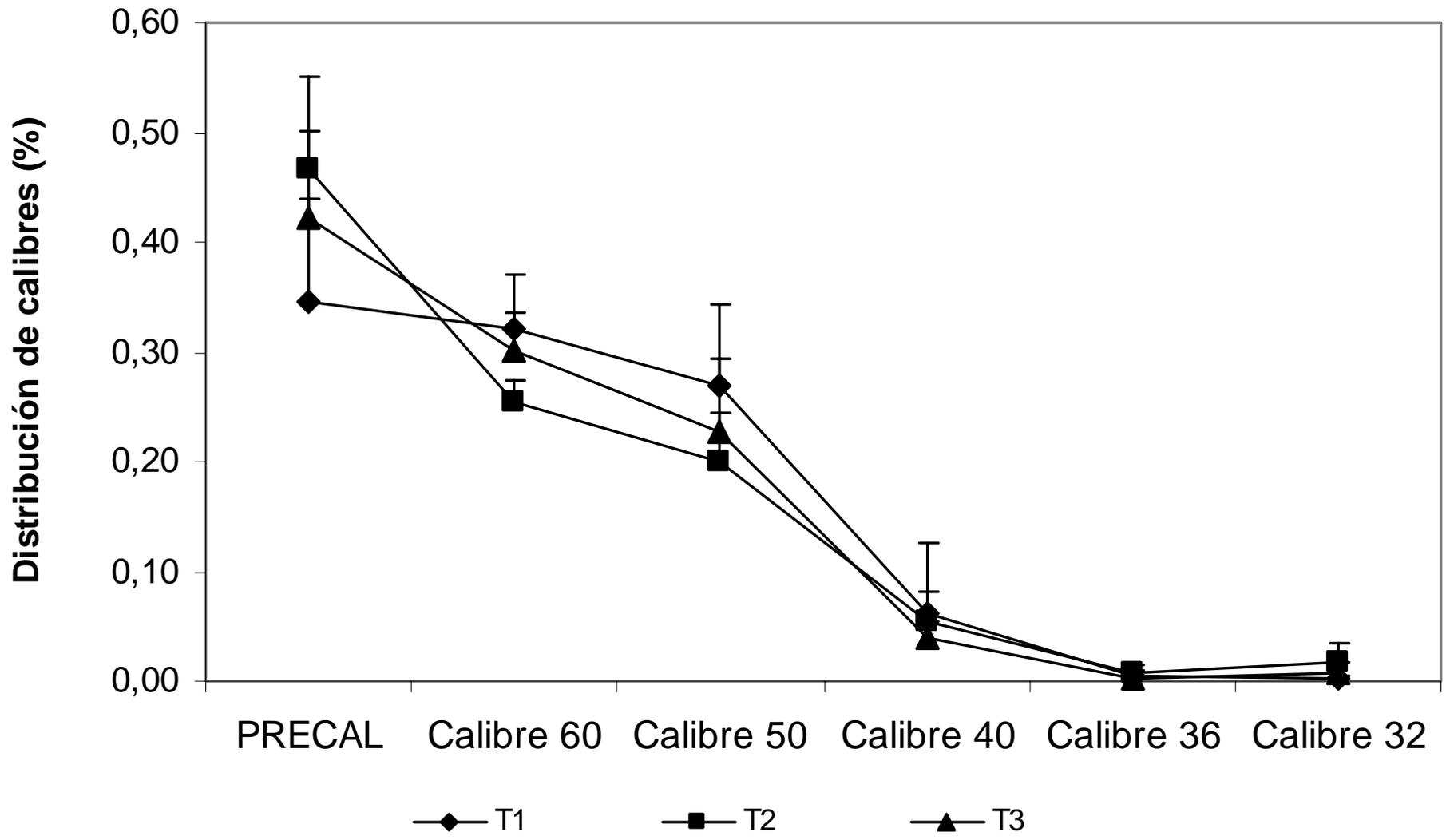


■ T1

■ T2

■ T3





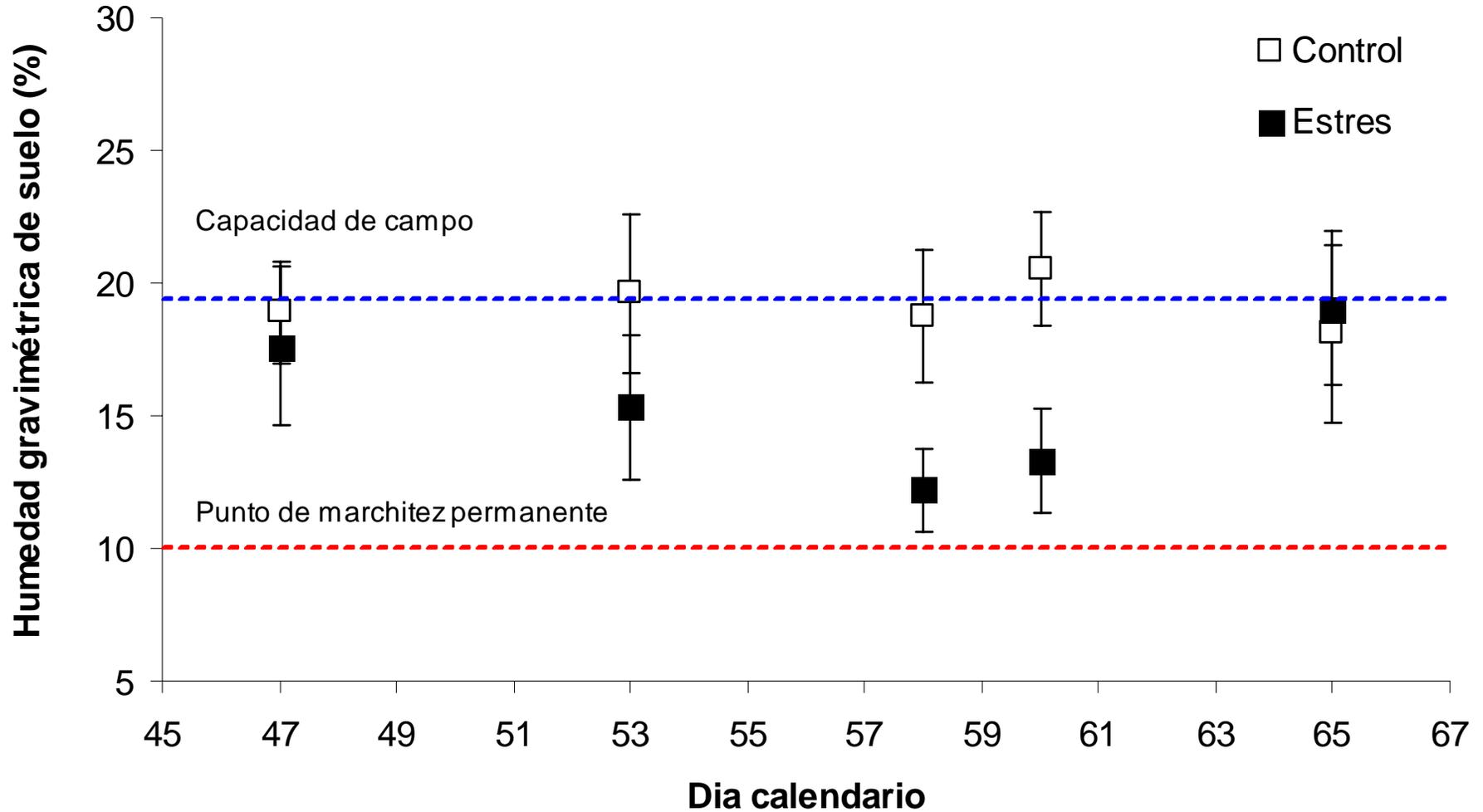
# Conclusiones preeliminarias...

- En un huerto de plato Hass en suelo franco arenoso de baja retención de humedad y manejado con umbrales de riego de 5, 35 y 60% durante una temporada, NO SE OBSERVÓ un efecto en la producción de fruta.

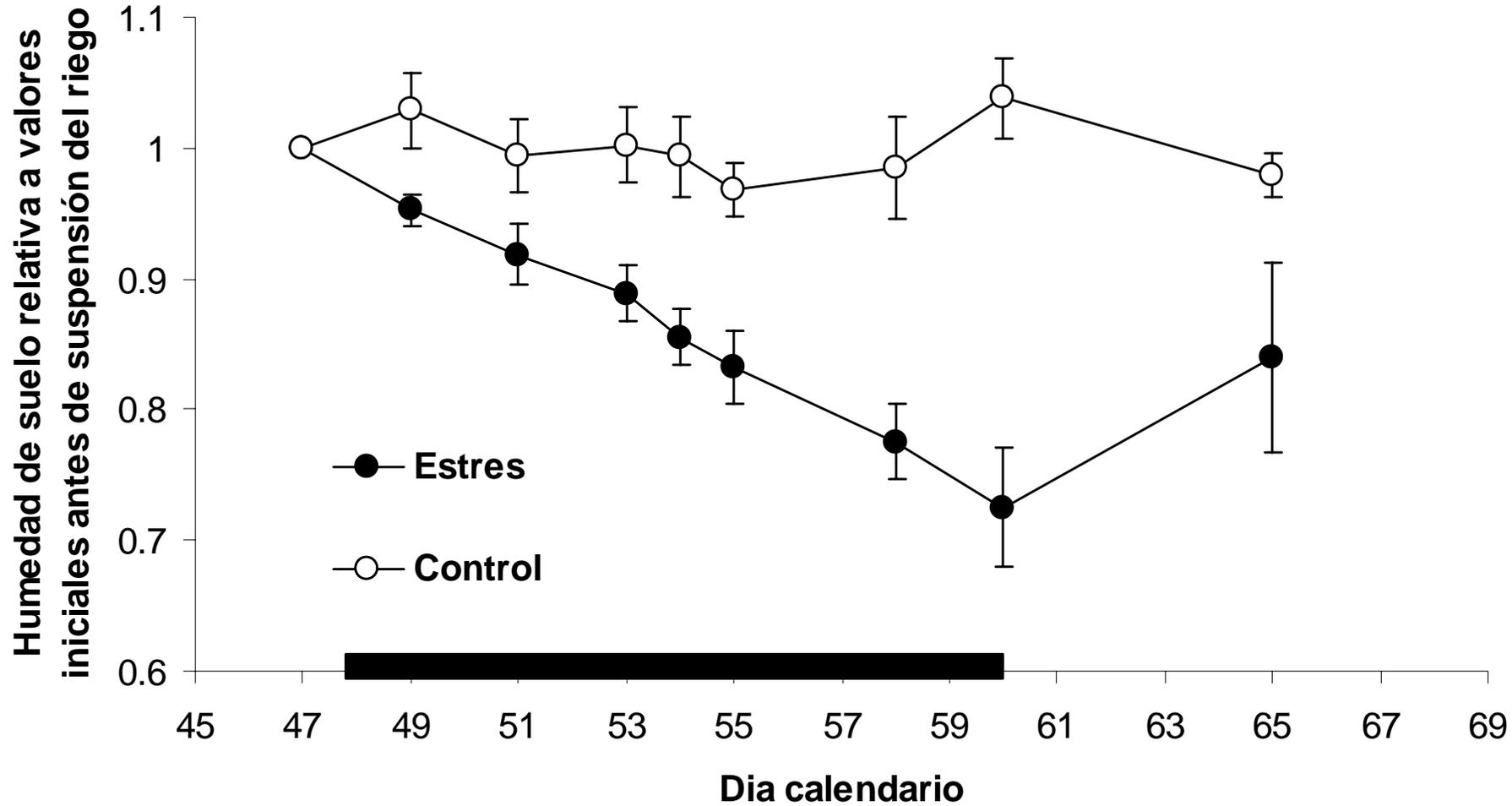
# Ensayo Sensibilidad de Controladores de Planta al Déficit Hídrico

- Objetivos:
  - Establecer un umbral de riego para palto.
  - Comparar la sensibilidad de distintos controladores de riego usados en palto.
- Descripción del ensayo:
  - 12 árboles.
  - Tratamientos: Estrés (sin riego), Control.
  - Mediciones de: dendrometría, PHx, FDR, porometría, DPV, hum gravimétrica.

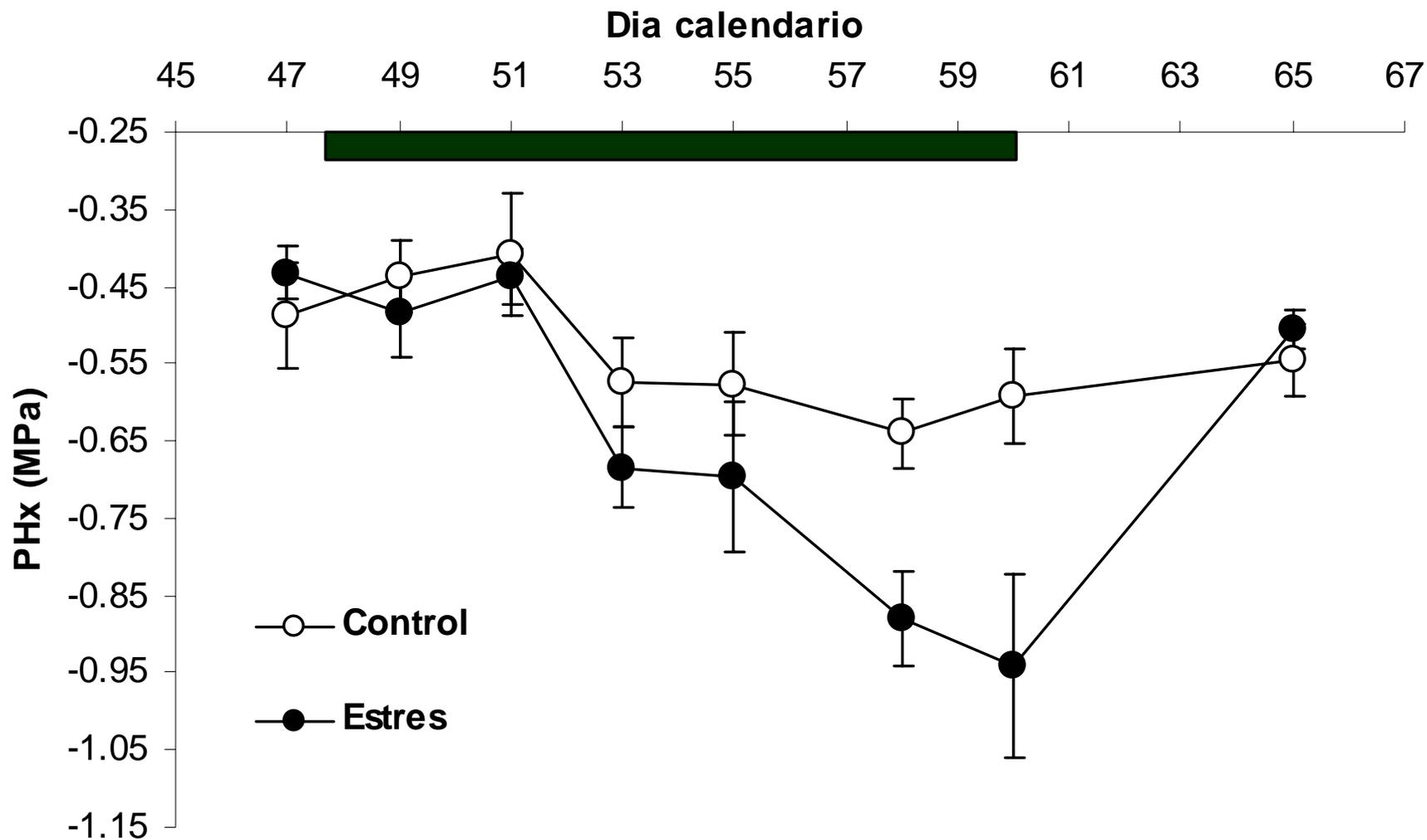
# Humedad de suelo gravimétrica



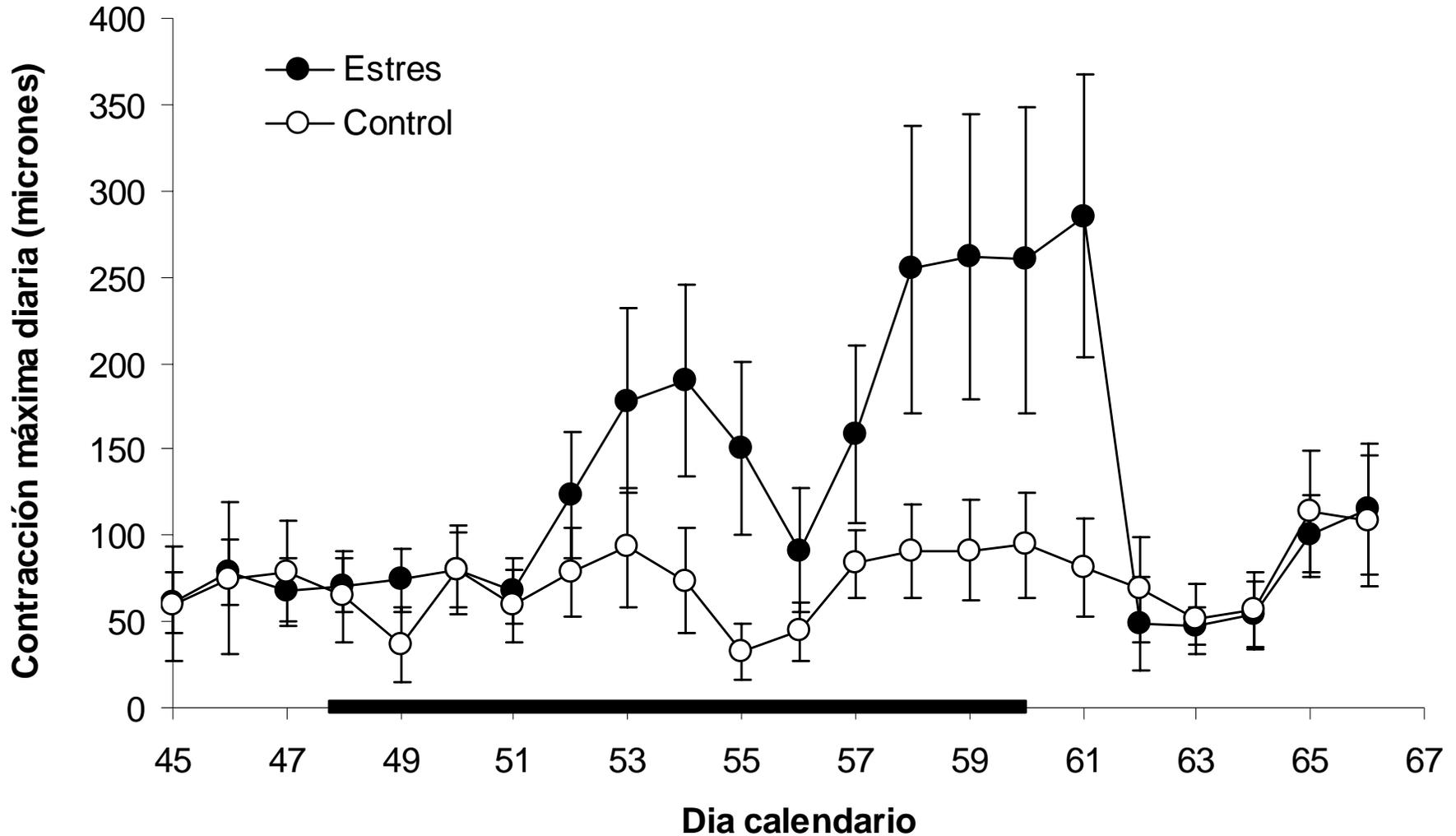
# Humedad de suelo FDR



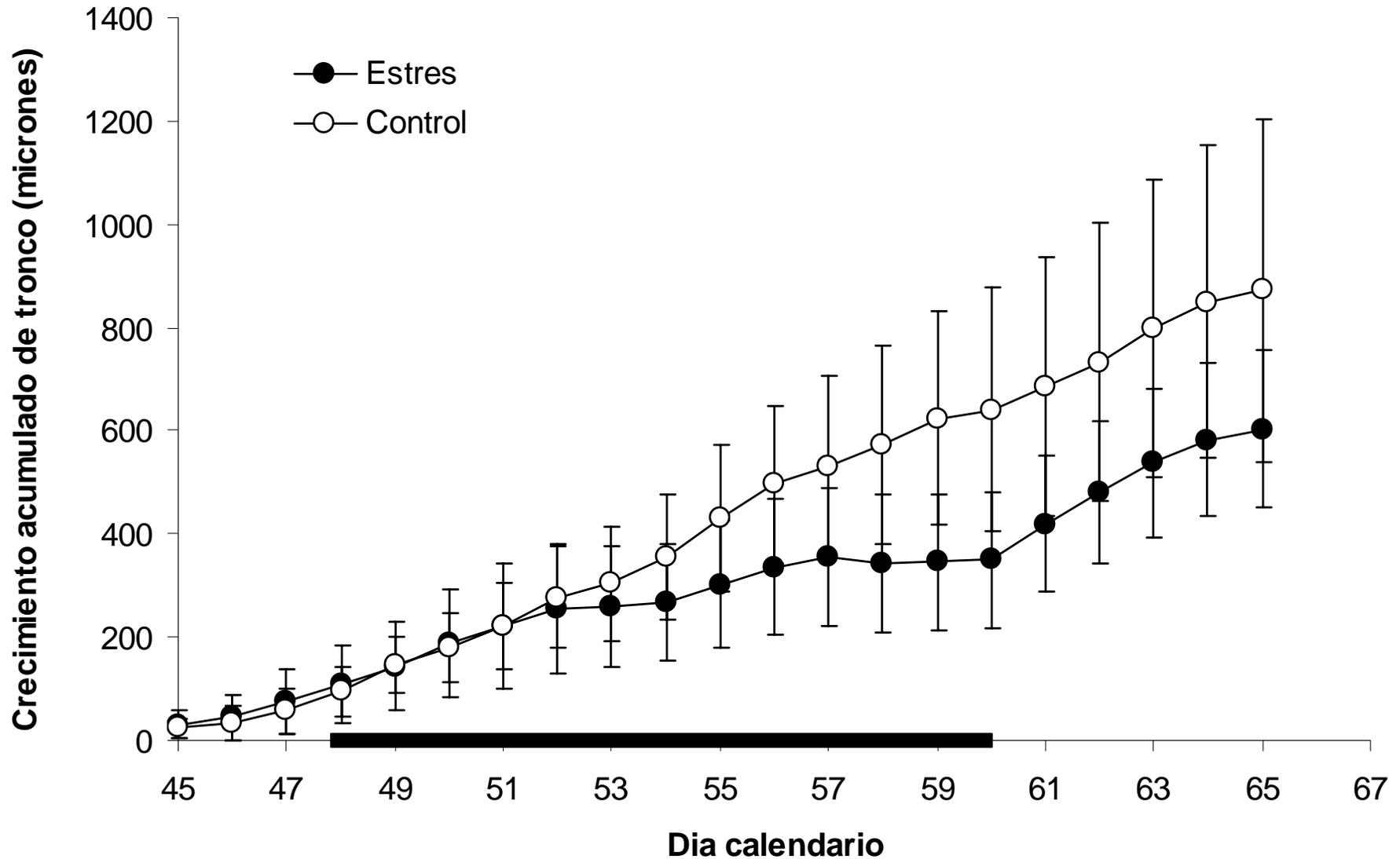
# Potencial hídrico xilemático



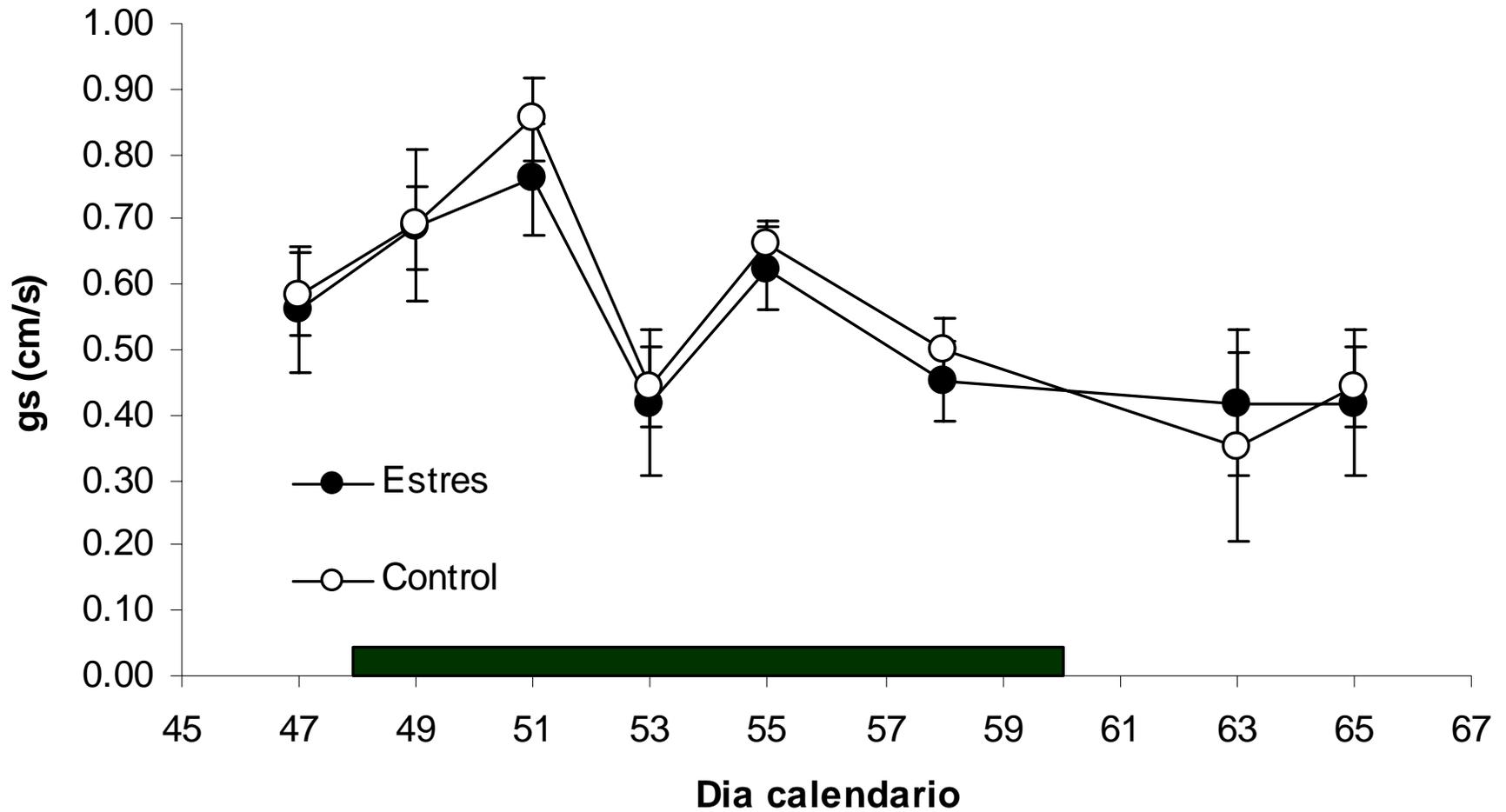
# Contracción máxima de tronco



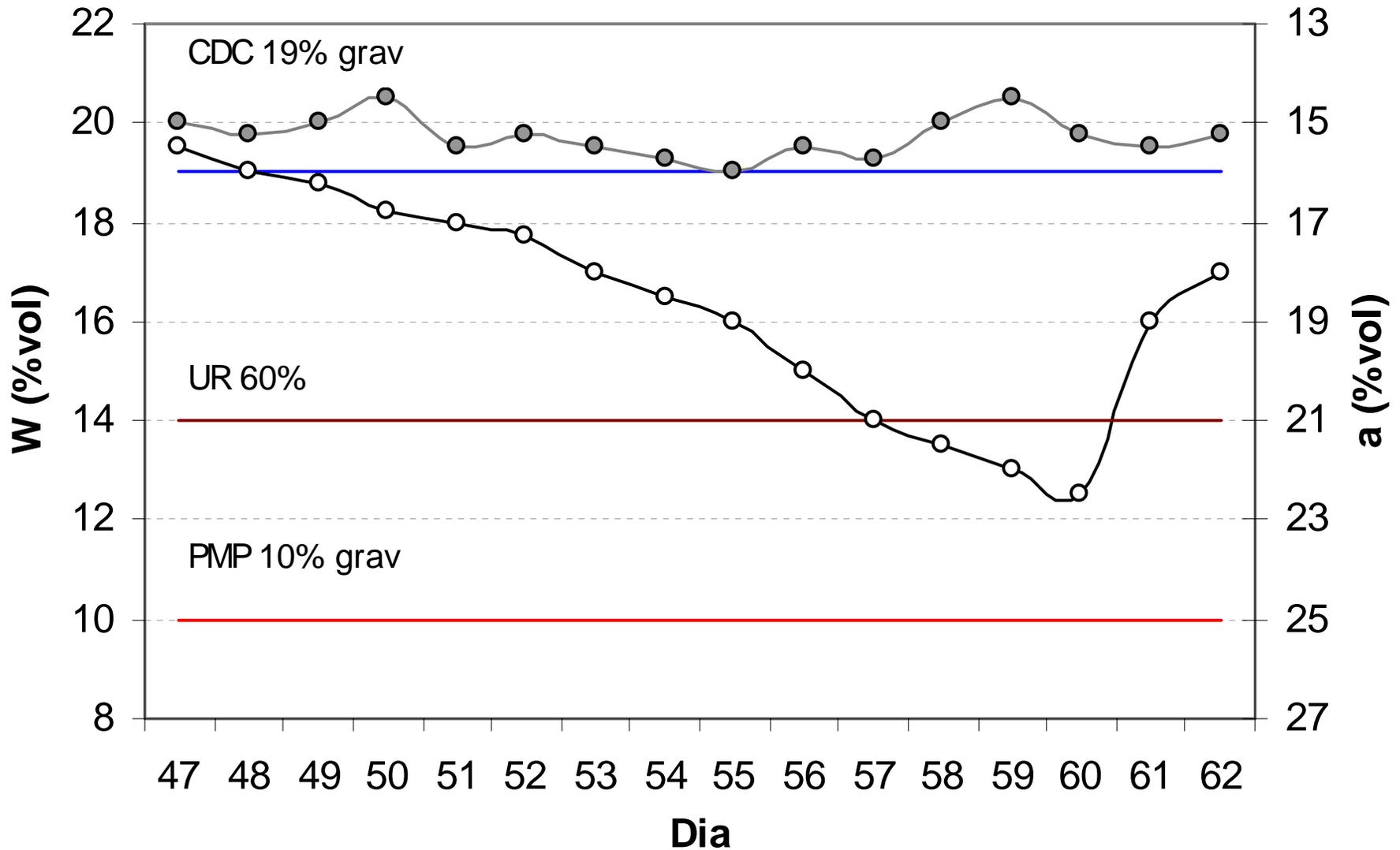
# Crecimiento acumulado de tronco



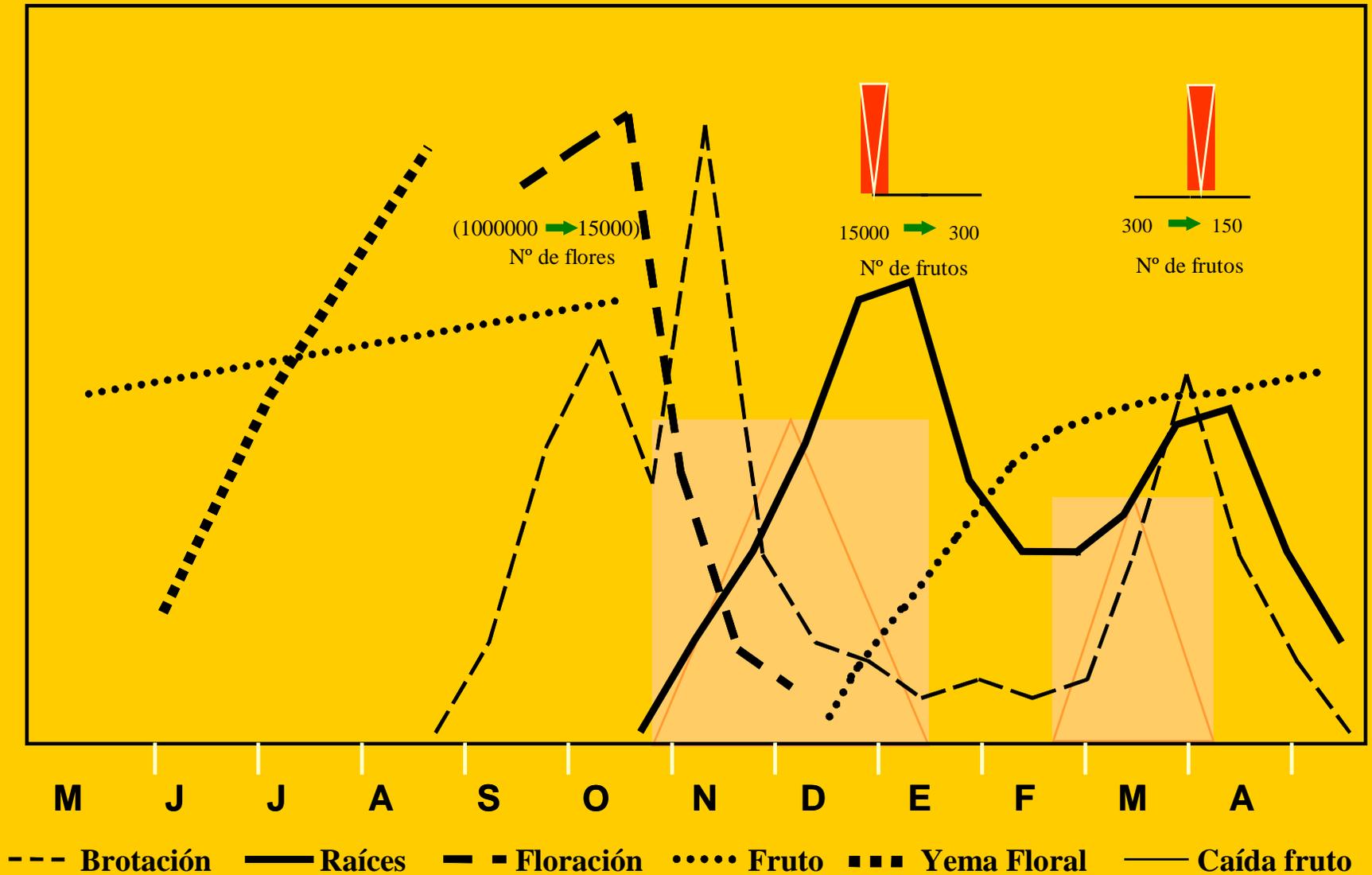
# Conductancia estomática



# Qué pasó con el aire en el suelo??



CRECIMIENTO



Periodos fenologicos del palto Hass en Quillota. Adaptado de Hernández, F. 1991

# CONTROL

## EN EL SUELO

-  **NEUTROMETRO; TDR; FDR**
- TENSIOMETRO; CALICATAS**

## EN LA PLANTA

-  **POTENCIAL HIDRICO XILEMATICO**
-  **DENDROMETRO**
-  **MEDIDAS DE FLUJO DE SAVIA**
-  **TEMPERATURA DE HOJA**

# Estudio de Caso

“Recuperación Mediante el Manejo del Riego y Poda de un Huerto de Palto Hass Asfixiado”

# Situación Inicial

**Año plantación: 1998**

**Inicio síntomas de asfixia:  
2002 aprox.**

15 2:01 PM

**Producción año bueno:**

**7000 Kg/ha**

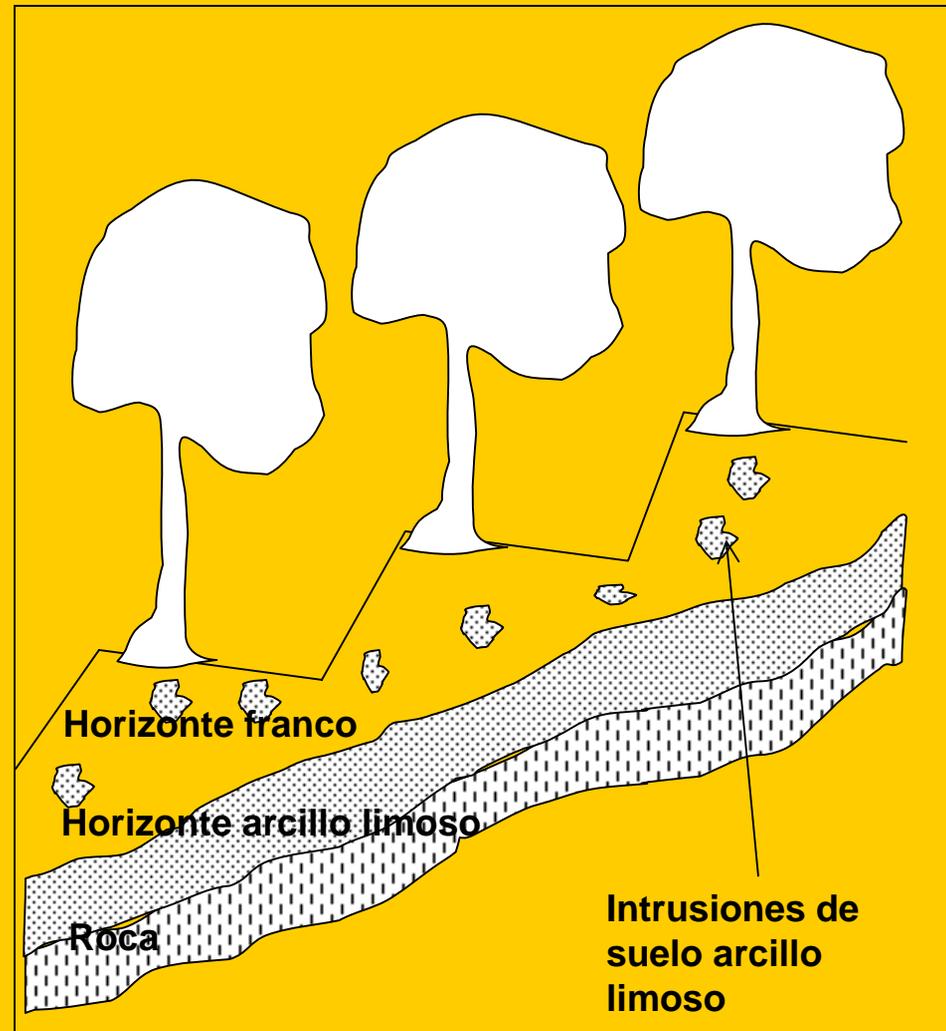
**Producción año malo:**

**2000 Kg/ha**

15 2:21 PM



Suelo



# Equipo de Riego

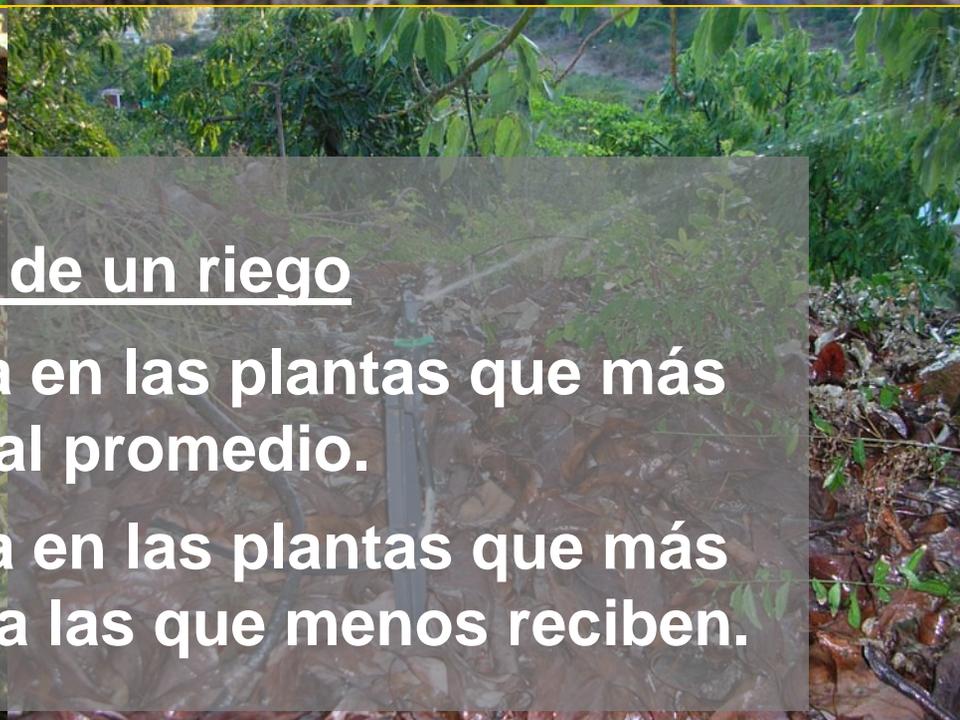
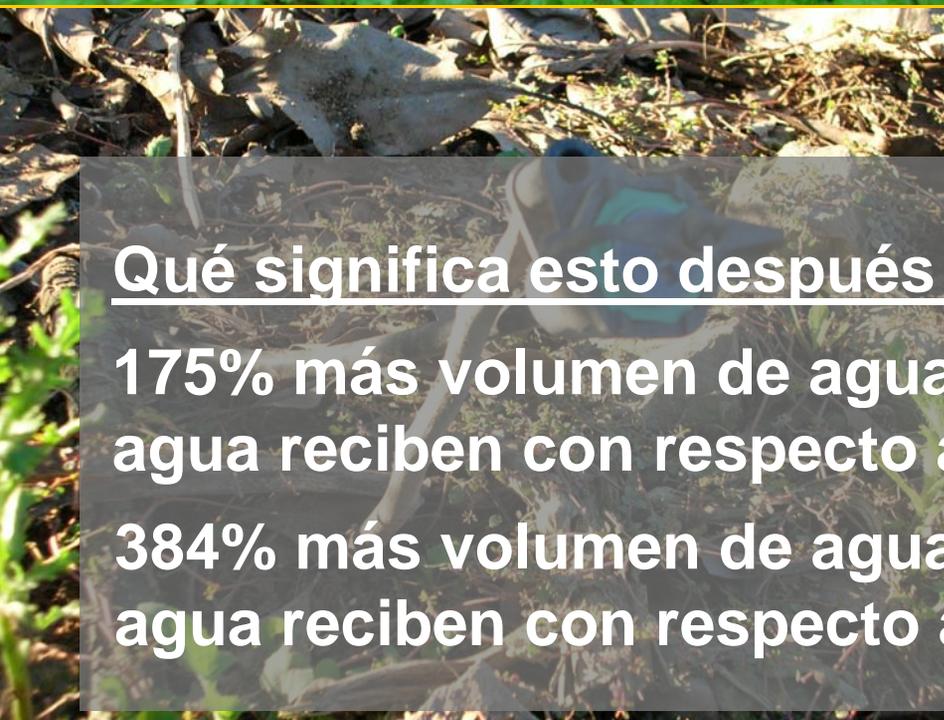
## Uniformidad de Riego Predio:

CU: 45%

Q prom: 44 lt/h

Q max: 77 lt/h

Q min: 20 lt/h



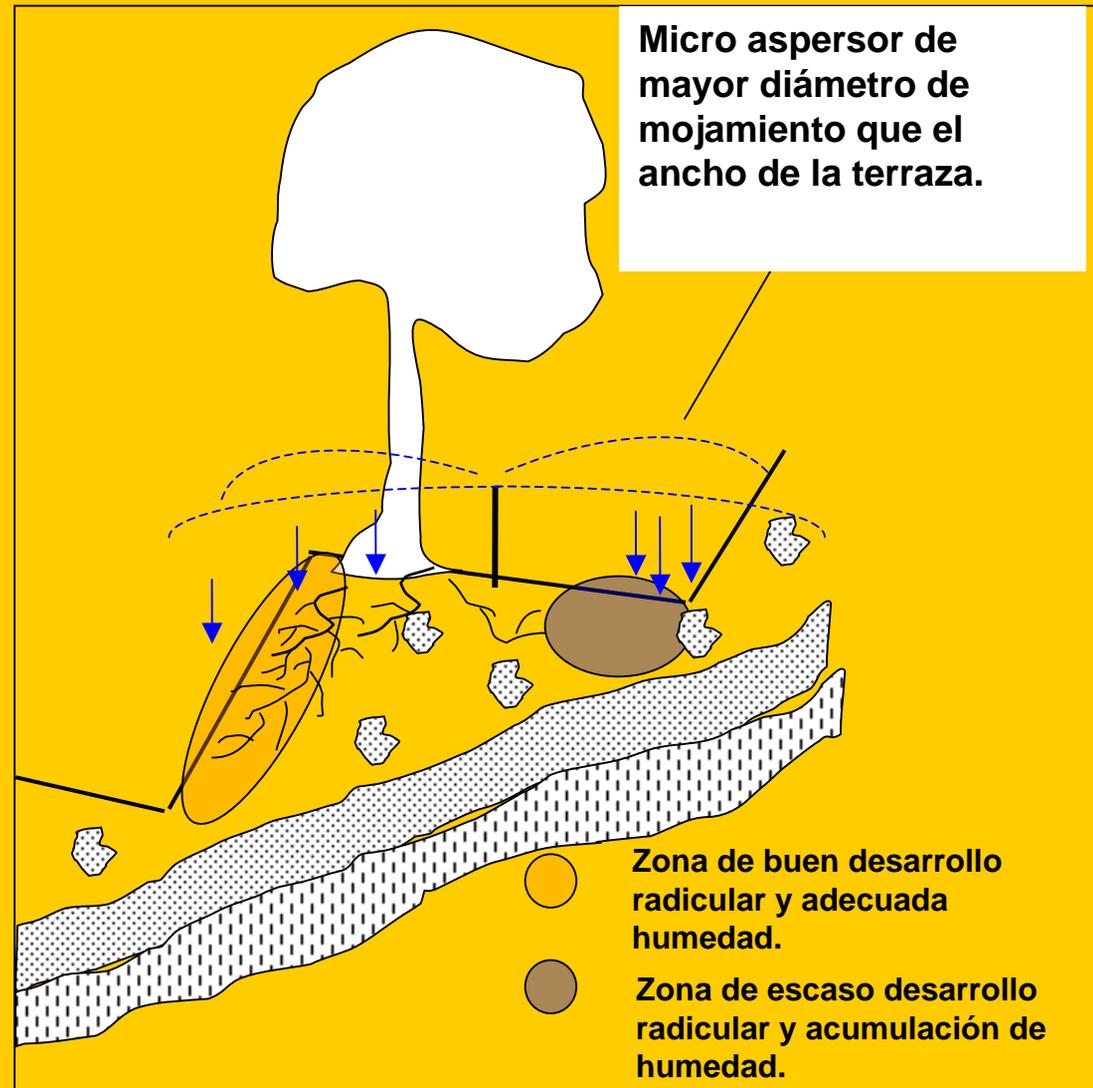
## Qué significa esto después de un riego

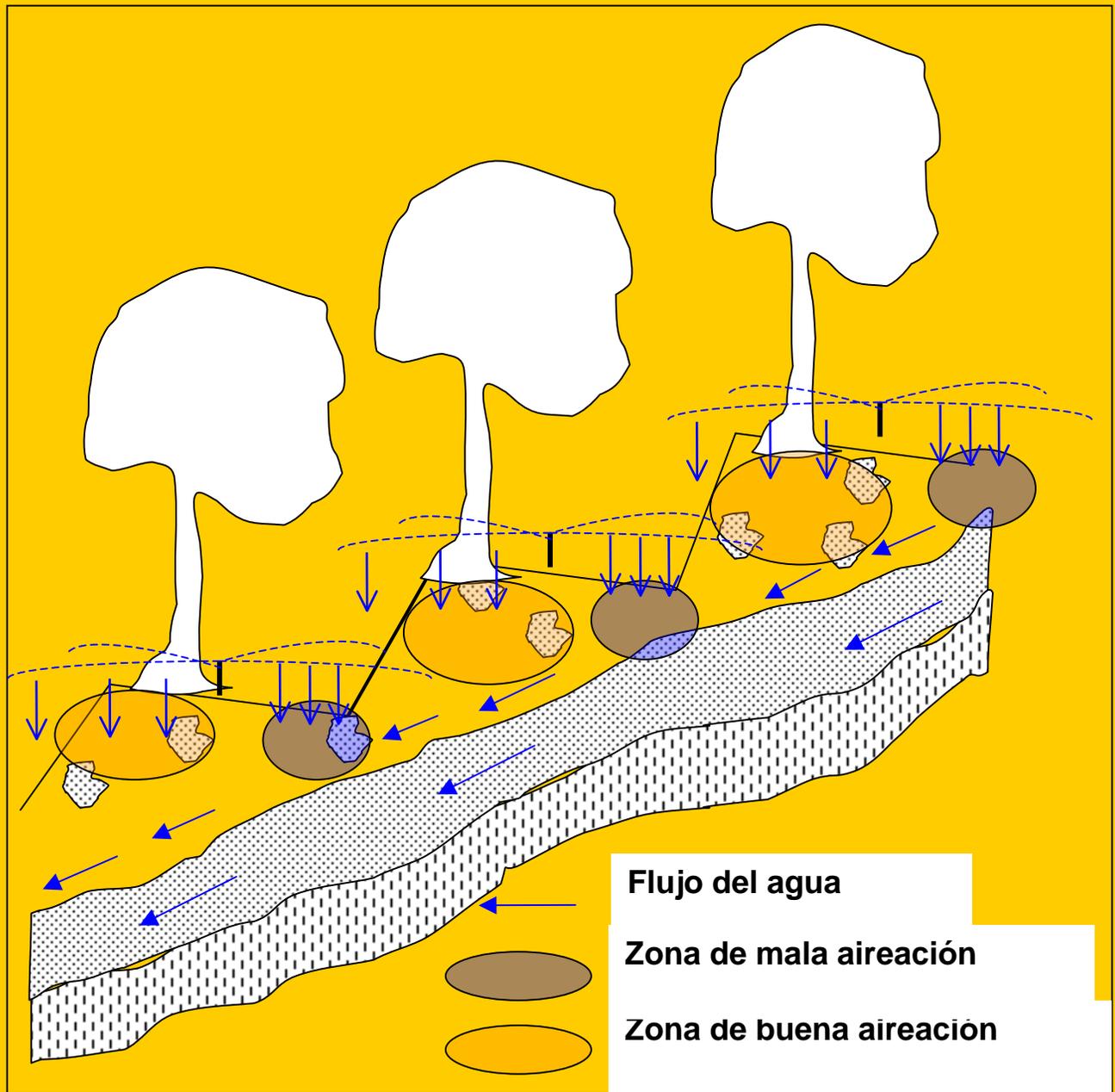
175% más volumen de agua en las plantas que más agua reciben con respecto al promedio.

384% más volumen de agua en las plantas que más agua reciben con respecto a las que menos reciben.

# Equipo de Riego, Raíces y Distribución de Humedad en el Suelo

- Área de mojado.
- Tipo de emisor.





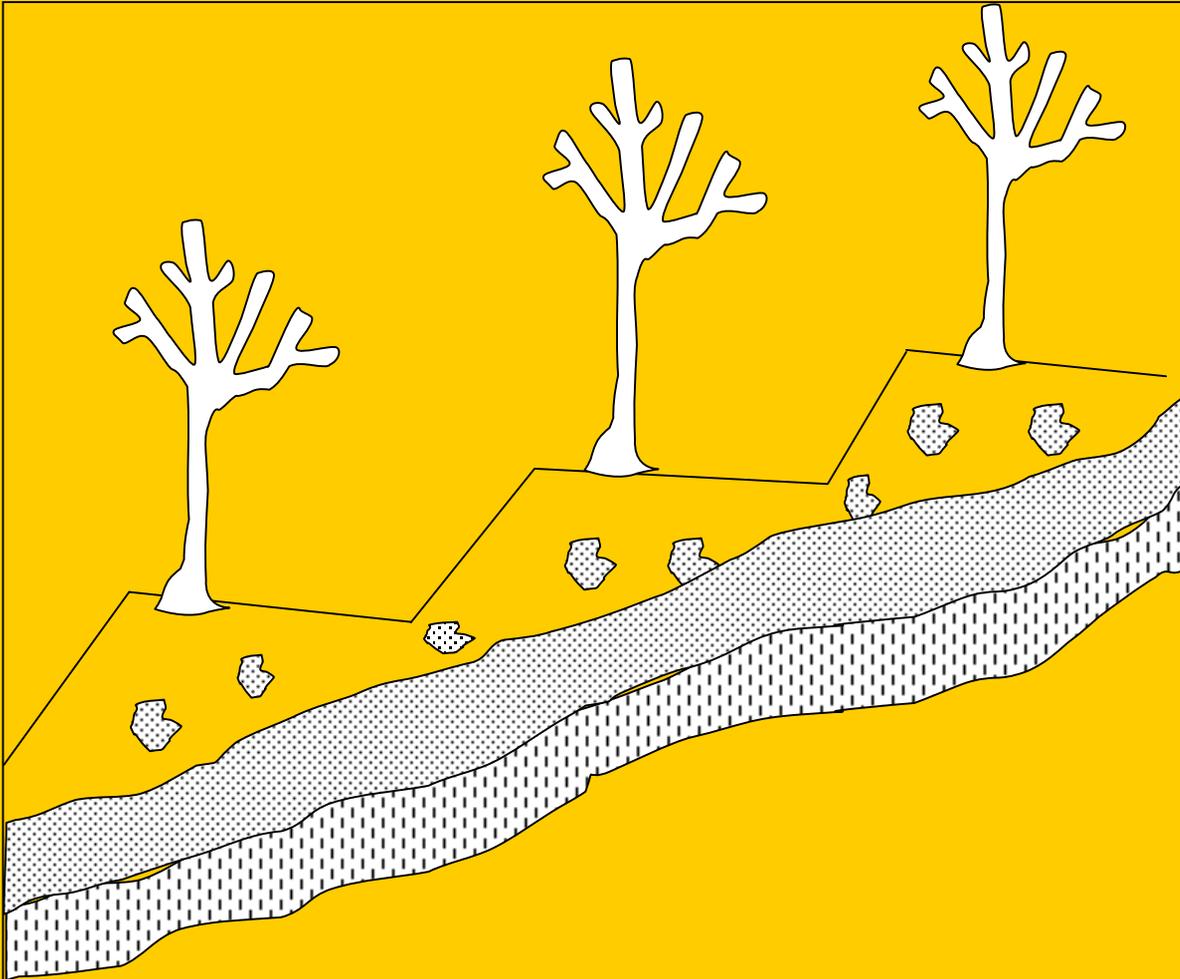
# Cambios al Equipo de Riego y Manejo del Riego

- Emisor: CU: 96%  
Q prom: 56 lt/h  
Q max: 63 lt/h  
Q min: 54 lt/h
- Pendiente y vaciamiento de tuberías.
- Área de mojamiento.
- Umbrales de riego altos (riegos de baja frecuencia).



15 2:01 PM

# Poda y Fertilización



- Poda en Febrero 2005.
- Fertilización 40 Kg N/Ha en Septiembre 2005.



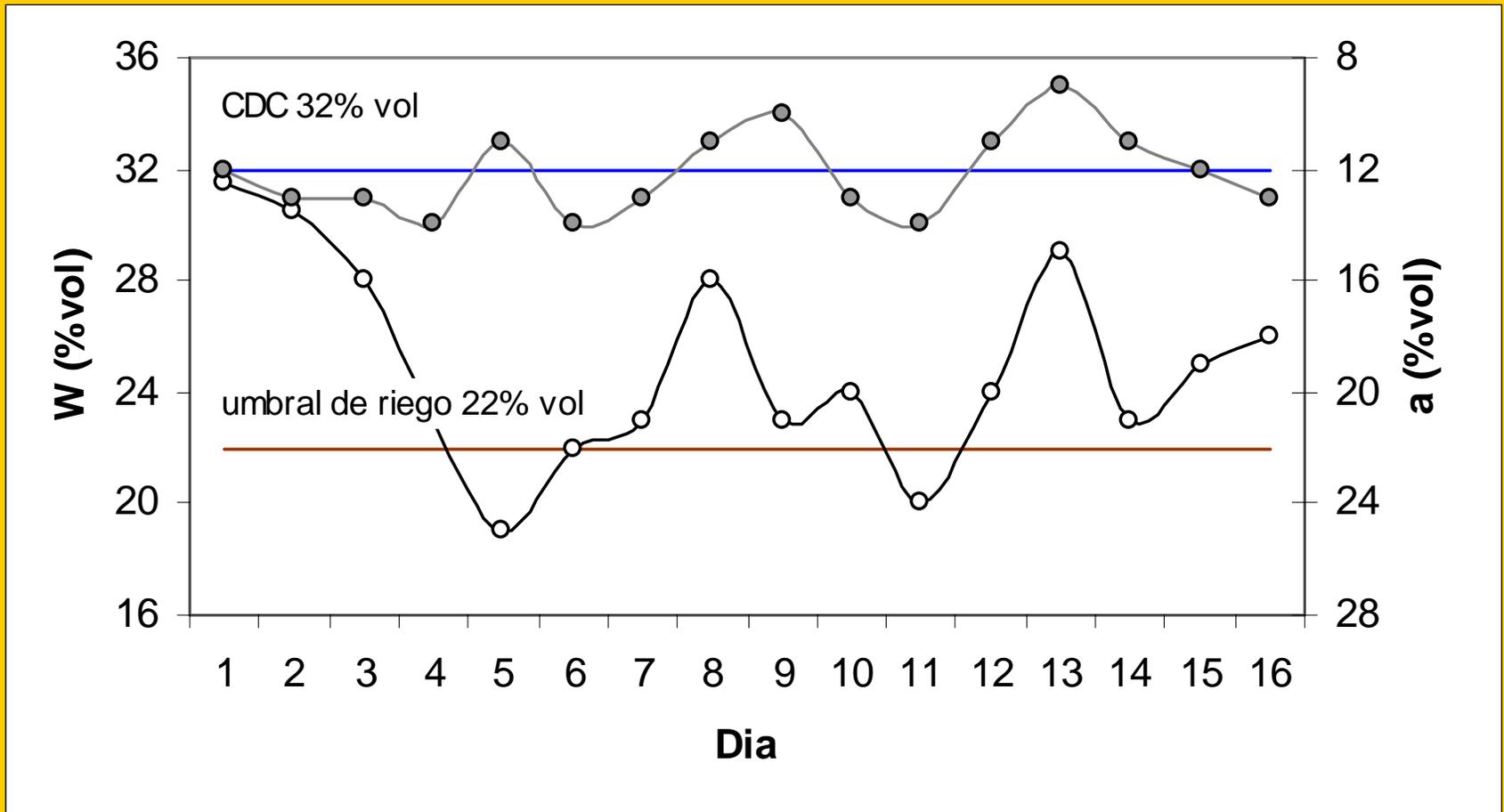
# Brotación y Aplicación de Hormonas.

- Largo de brotes: 30 cm.
- Dosis según fabricante.

# Manejo del Riego

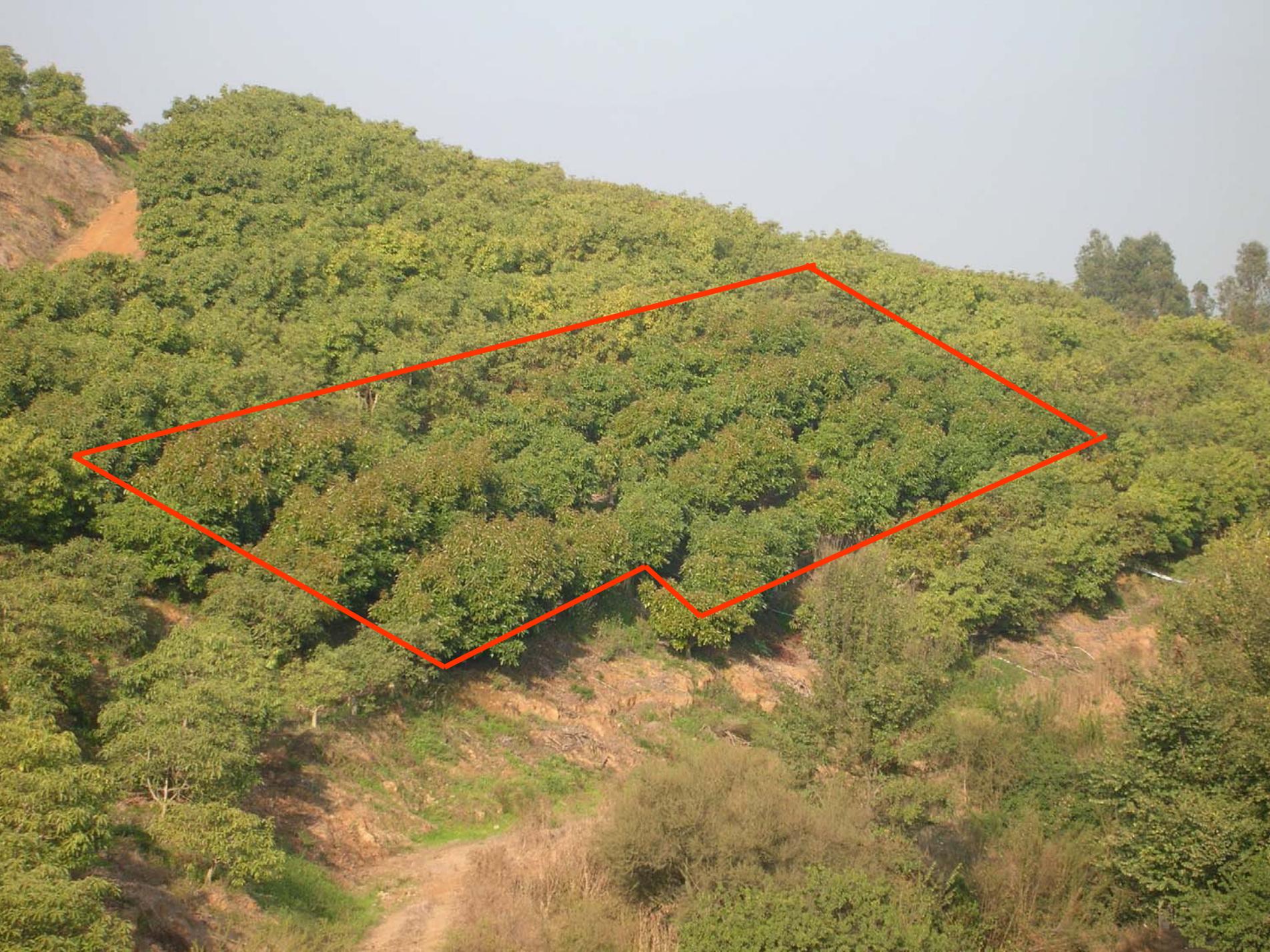
- Umbrales de riego altos (riegos de baja frecuencia).
- Monitoreo del riego en árboles más pequeños.

# Manejo de riego para optimizar el espacio de aire en el suelo



# Resultados







22 2:06PM







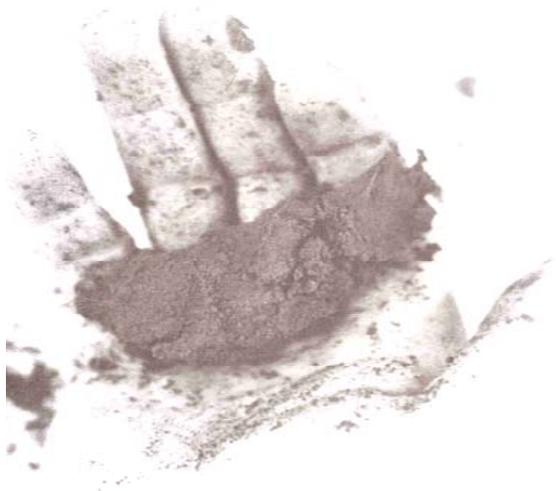
# CONTROL

## EN EL SUELO

-  **NEUTROMETRO; TDR; FDR**
- TENSIOMETRO; CALICATAS**

## EN LA PLANTA

-  **POTENCIAL HIDRICO XILEMATICO**
-  **DENDROMETRO**
-  **MEDIDAS DE FLUJO DE SAVIA**
-  **TEMPERATURA DE HOJA**



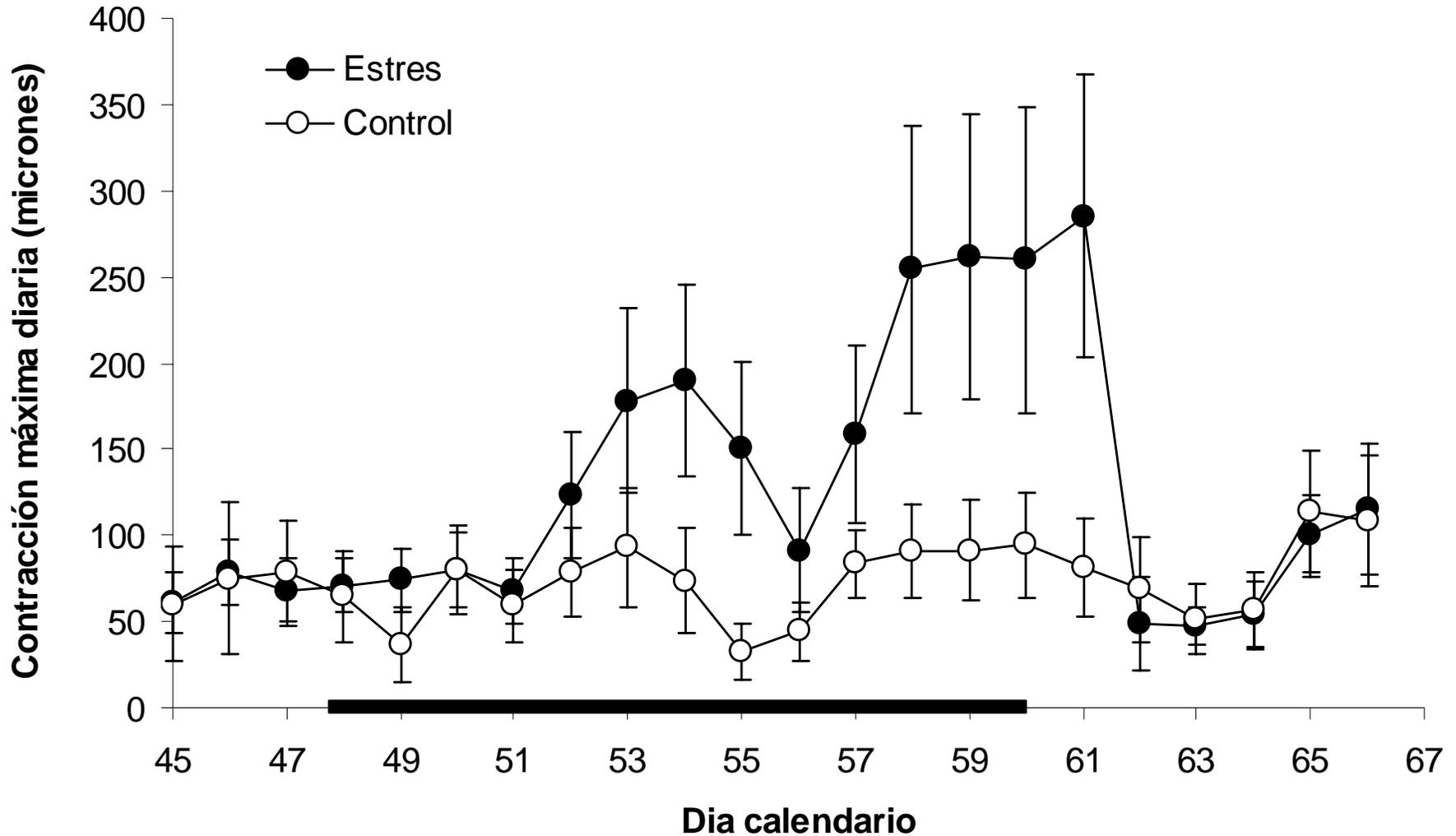
## Control de humedad en calicatas

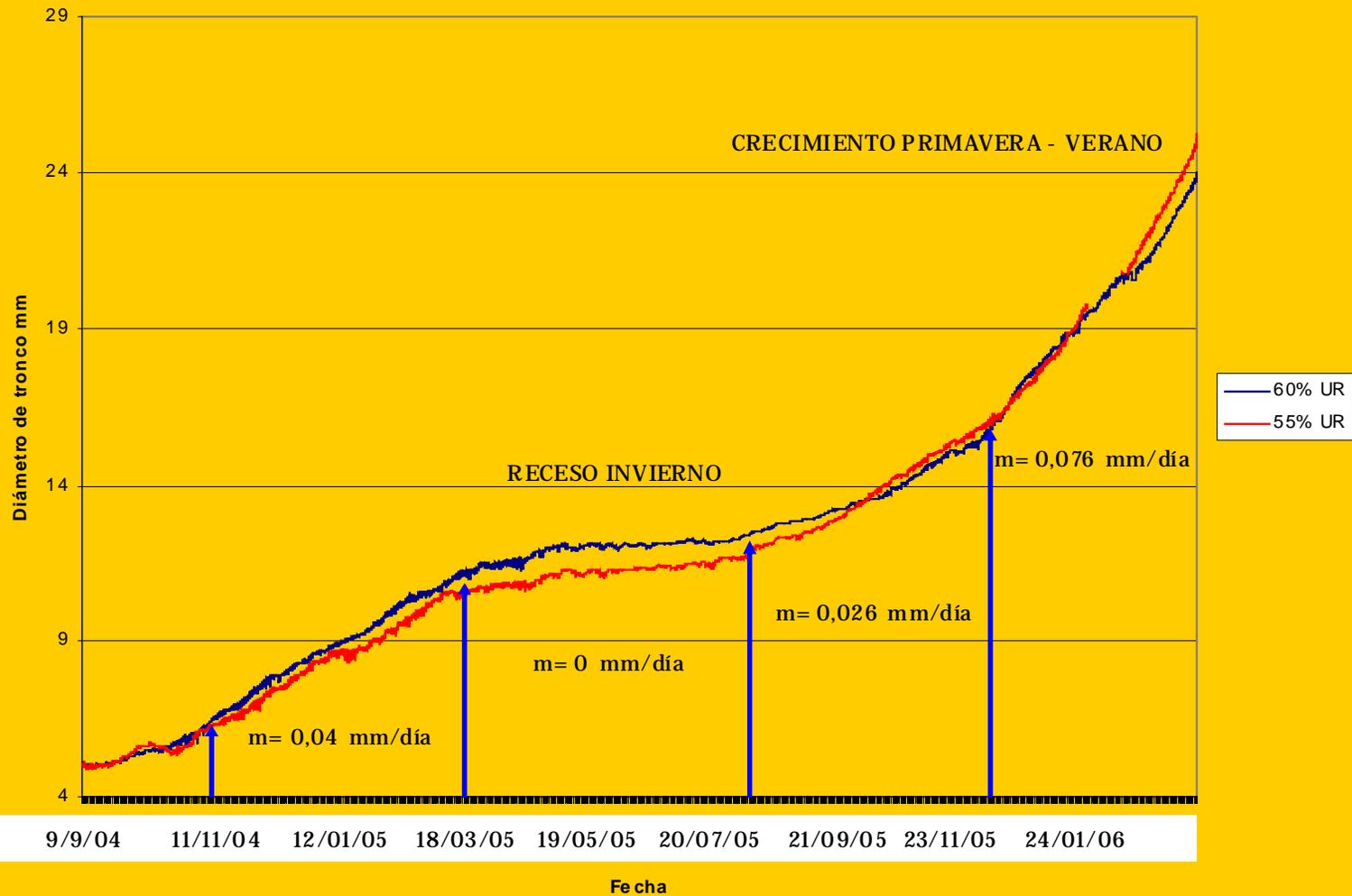


# Dendrometros

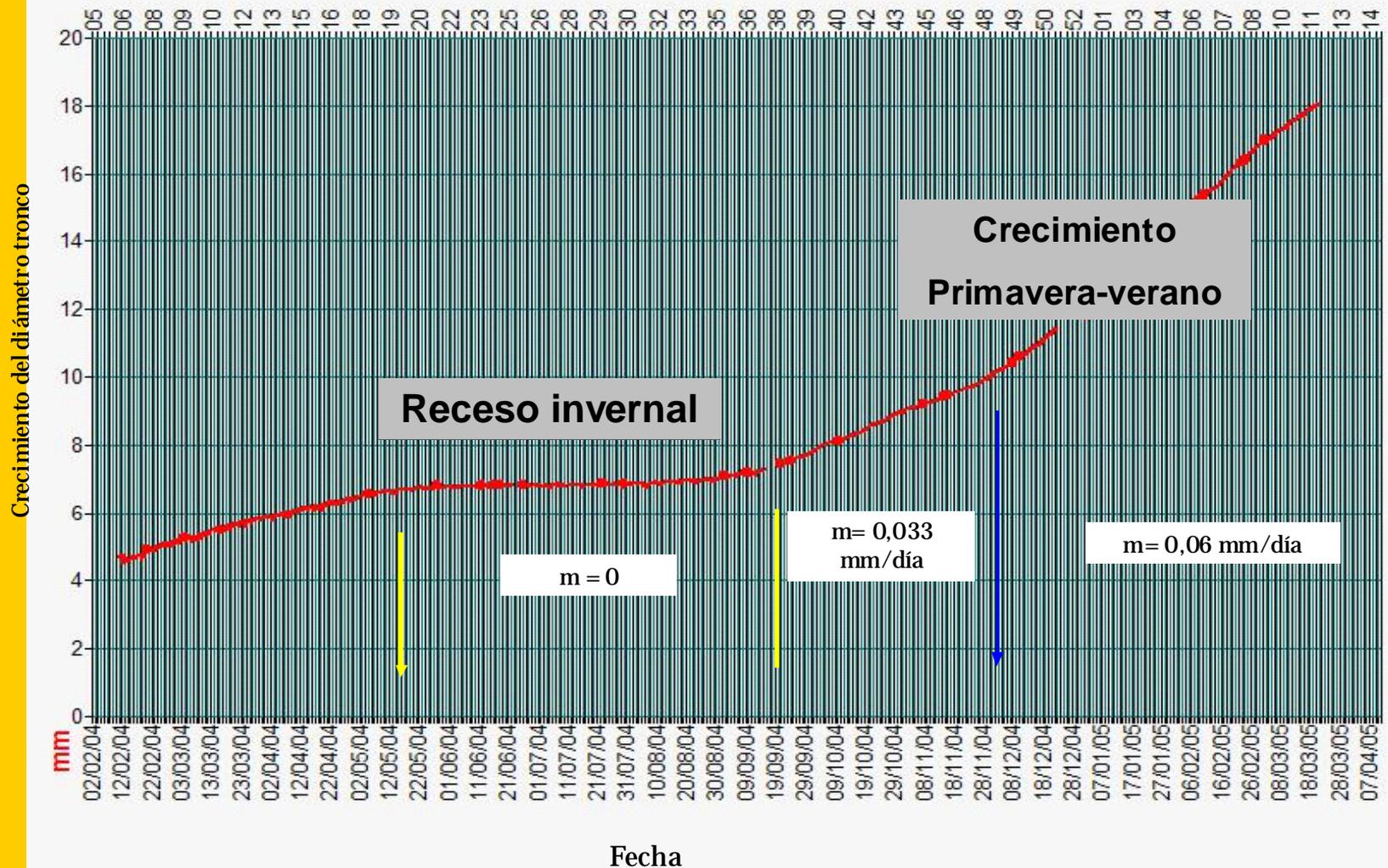


# Contracción máxima de tronco





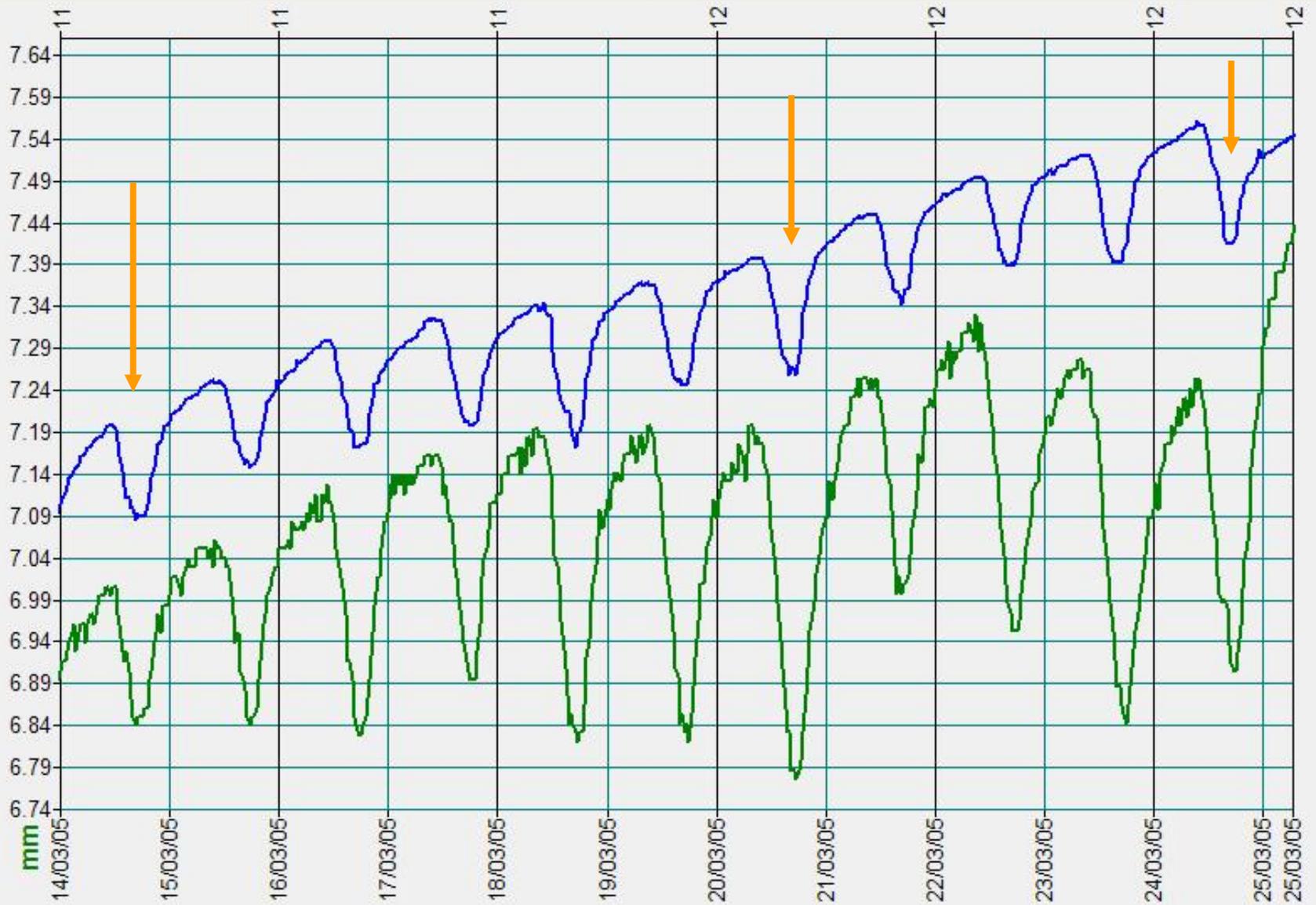
Crecimiento del diámetro del tronco en palto Hass en Panquehue, temporada 2004 - 2006, medido con dendrómetro con dos umbrales de riego (UR) (Ferreyra et al 2006) m = crecimiento diario del tronco



Crecimiento del diámetro del tronco en palto Hass en Nogales, temporada 2004 - 2005, medido con dendrómetro (Ferreyra et al 2005)  $m$  = crecimiento diario del tronco

4188 (microasperson)

4197 (gotero)

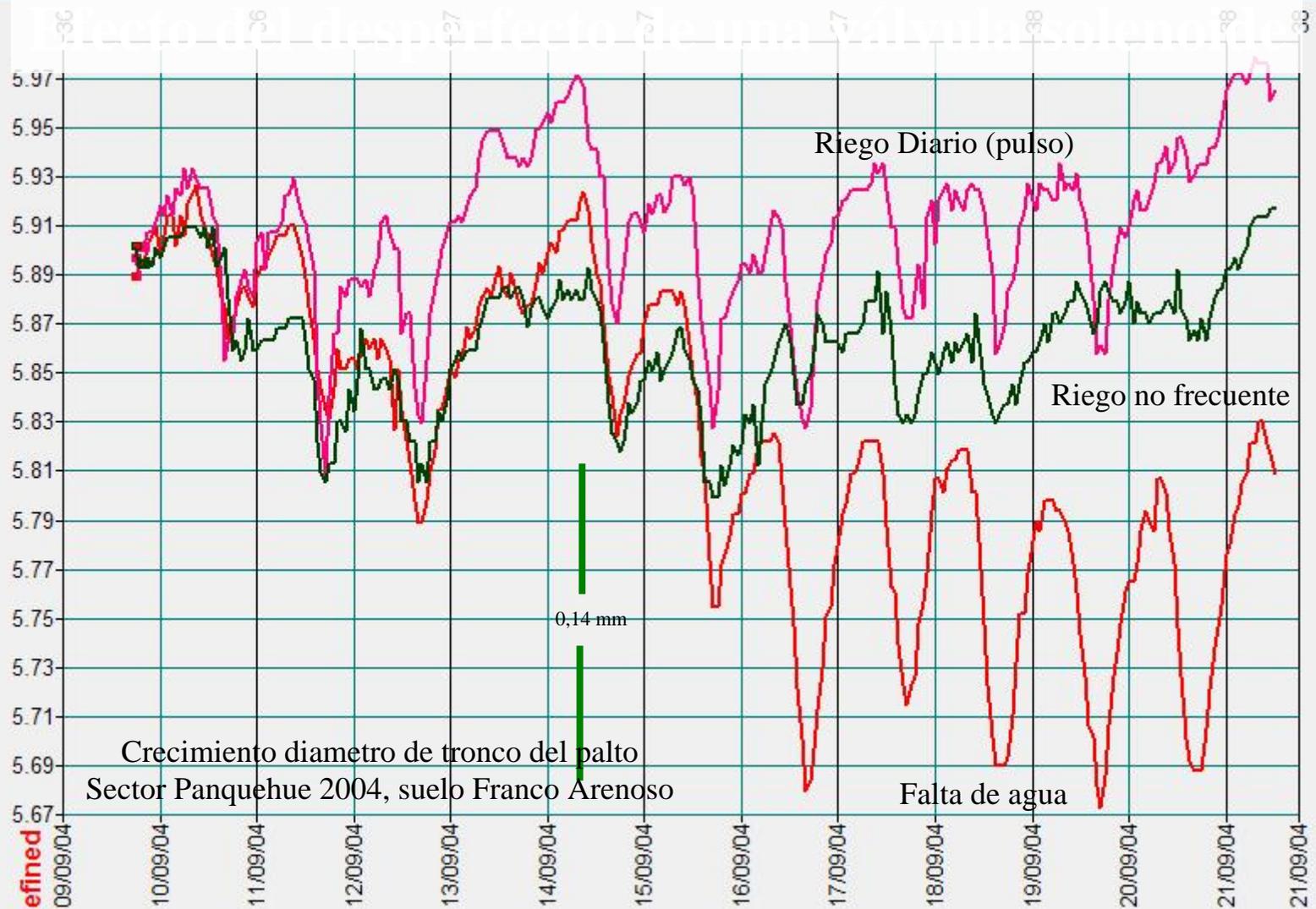


Diámetro del tronco (mm)

3404 T2 UR 30%

3406 T1 UR 5%

3407 T3 UR 45%



Crecimiento diámetro de tronco del palto  
Sector Panquehue 2004, suelo Franco Arenoso

Falta de agua

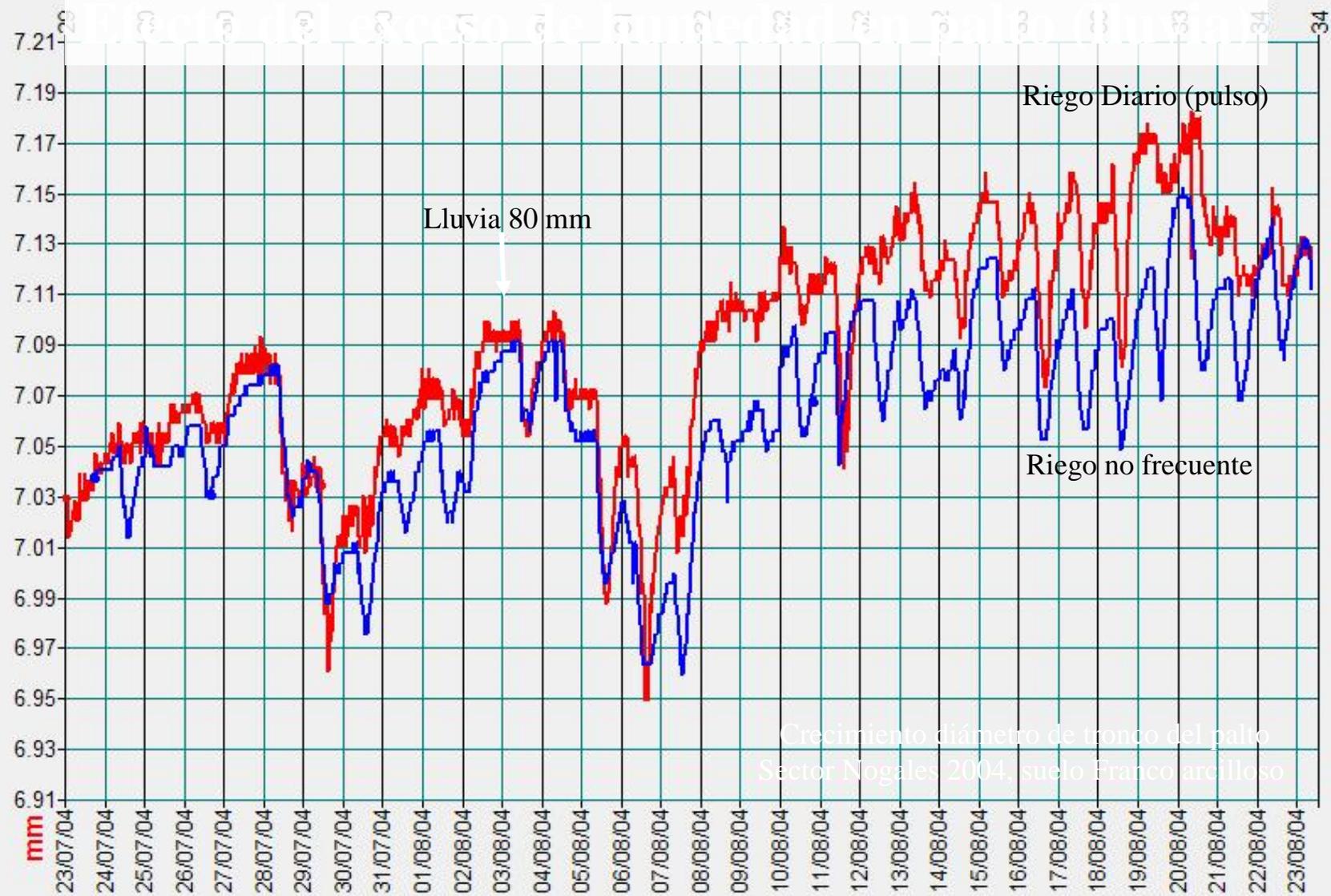
Ferreira et al 2004

12 centésima de milímetro en verano es adecuado 6 centésima de milímetro en invierno refleja condición de estrés

2729

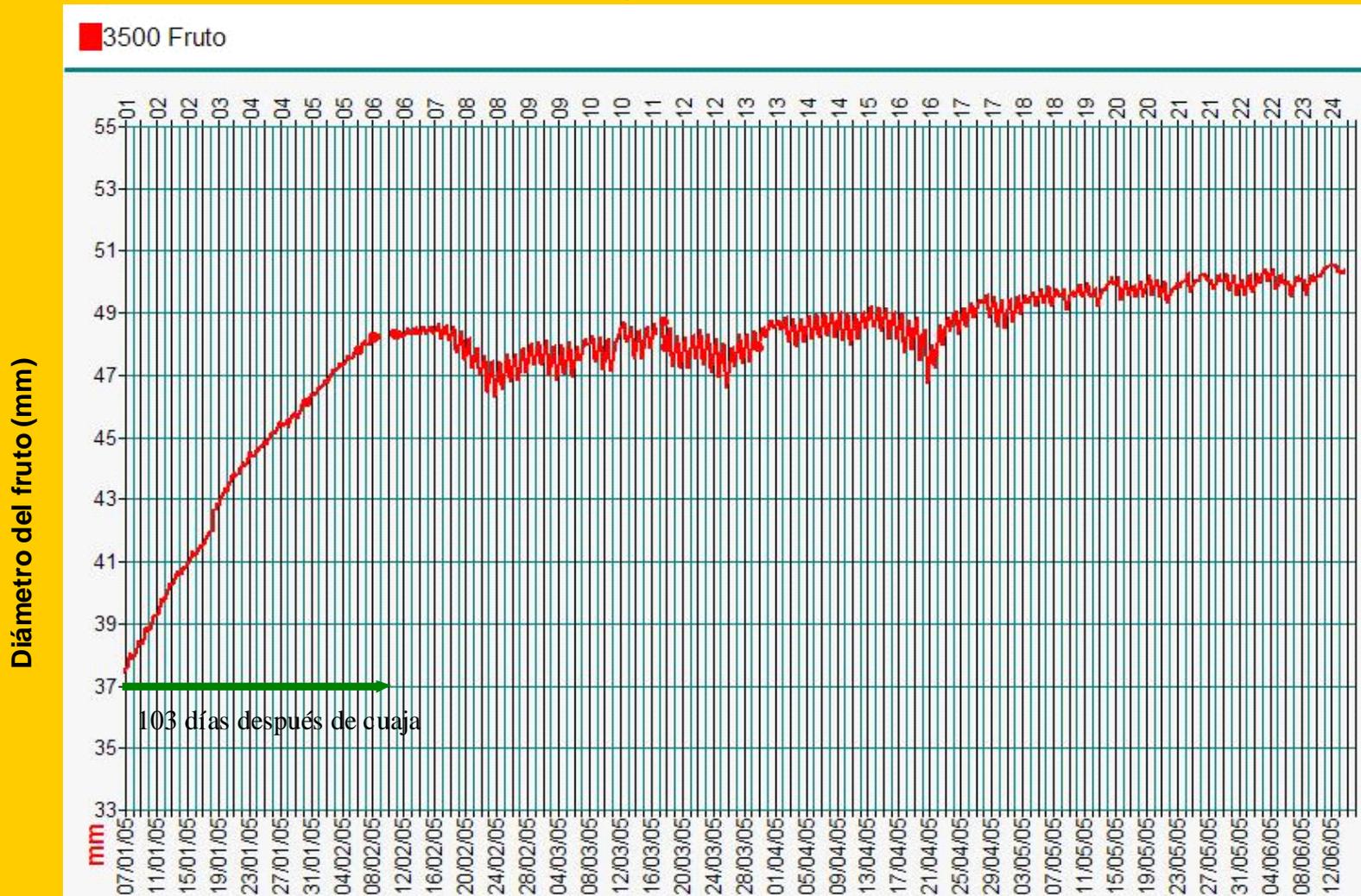
3753

Diámetro del tronco (mm)



Ferreira et al 2004

# Crecimiento del diámetro ecuatorial del fruto, en Panquehue temporada 2005, medido con dendrómetro (Ferreyra et al 2005)



# SONDA FDR

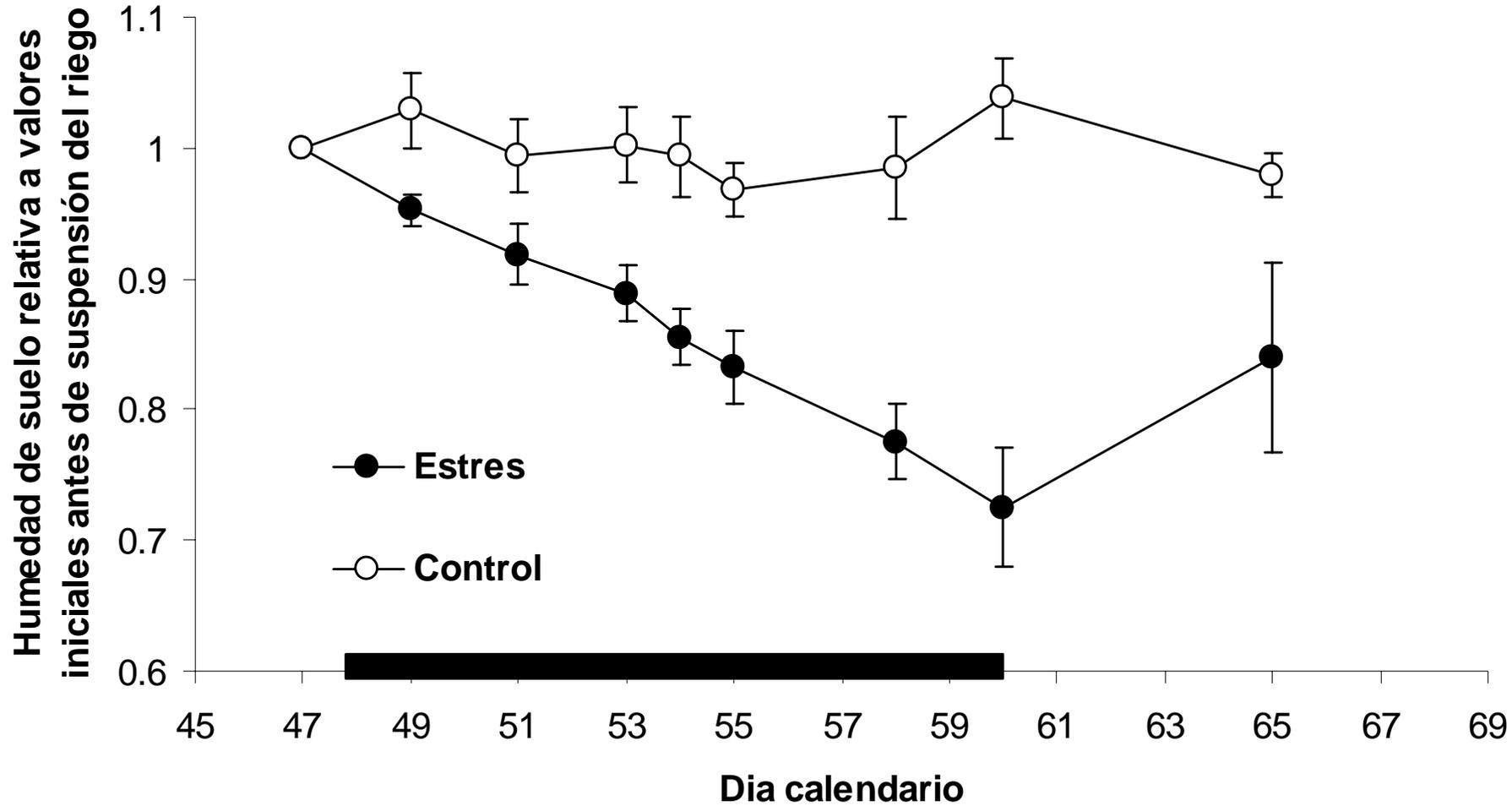




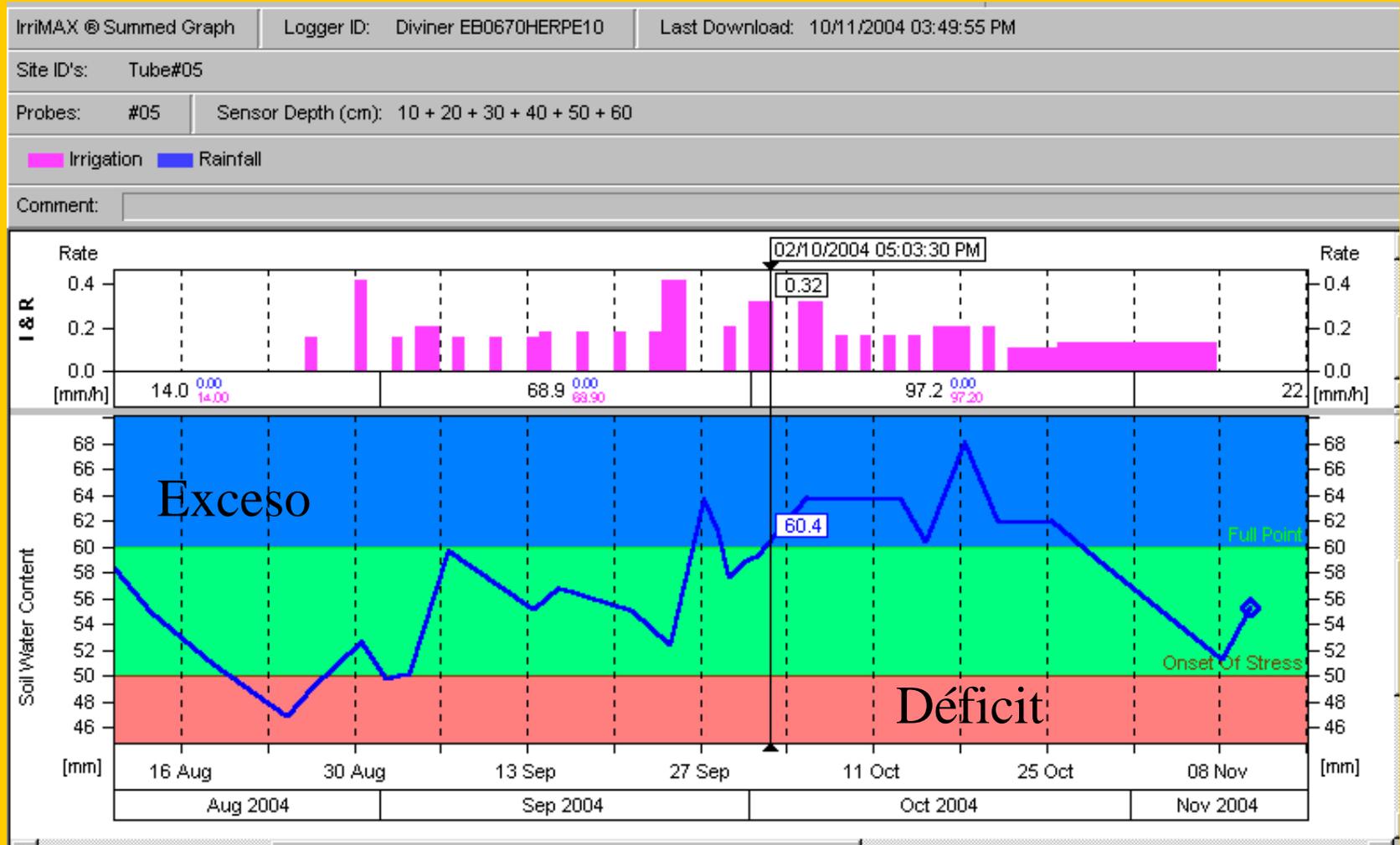
19 12:00PM

Sonda FDR , en palto, Panquehue V Región

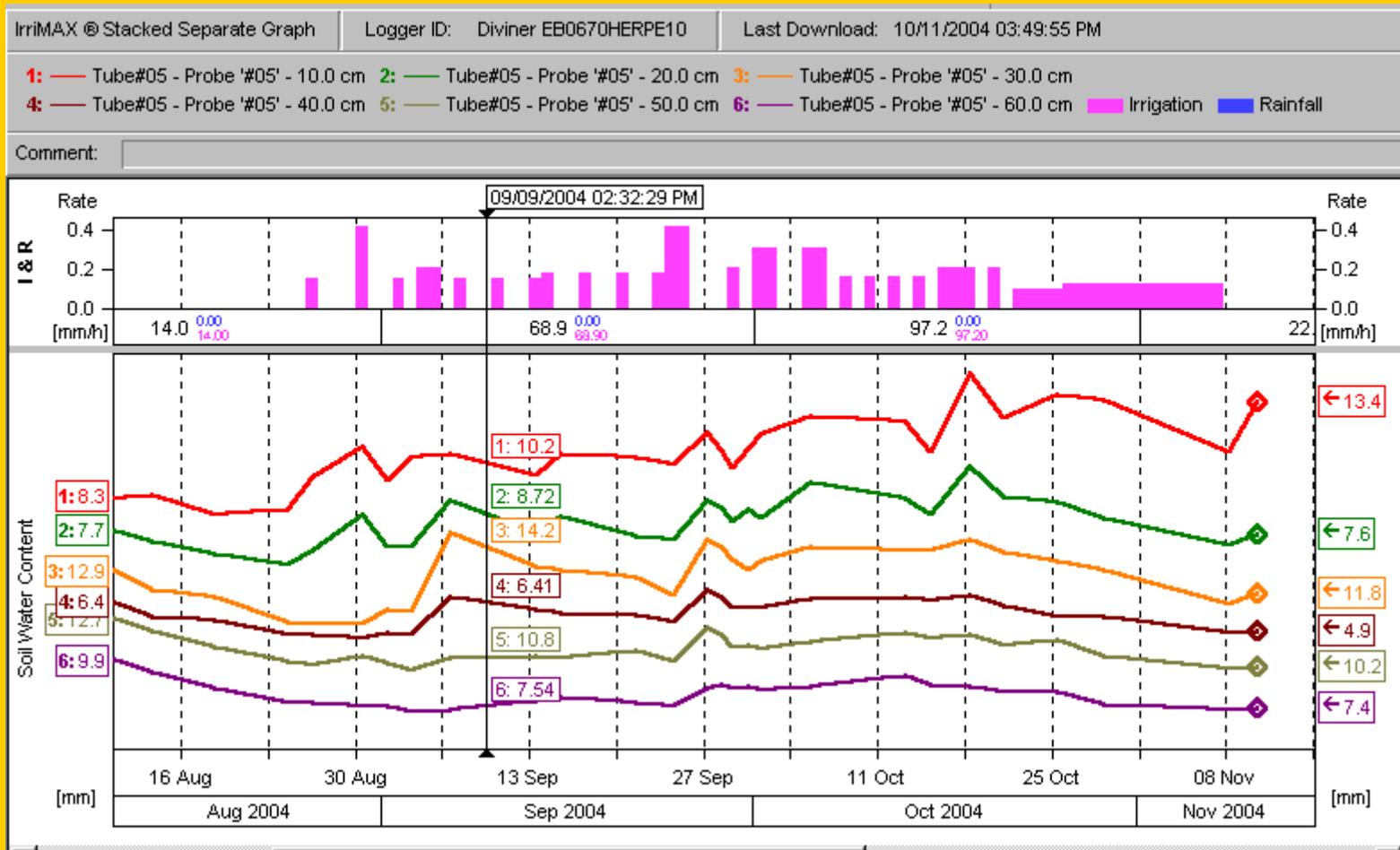
# Humedad de suelo FDR



# Mediciones de humedad de suelo con FDR (contenido de humedad promedio en los primeros 60 cm)



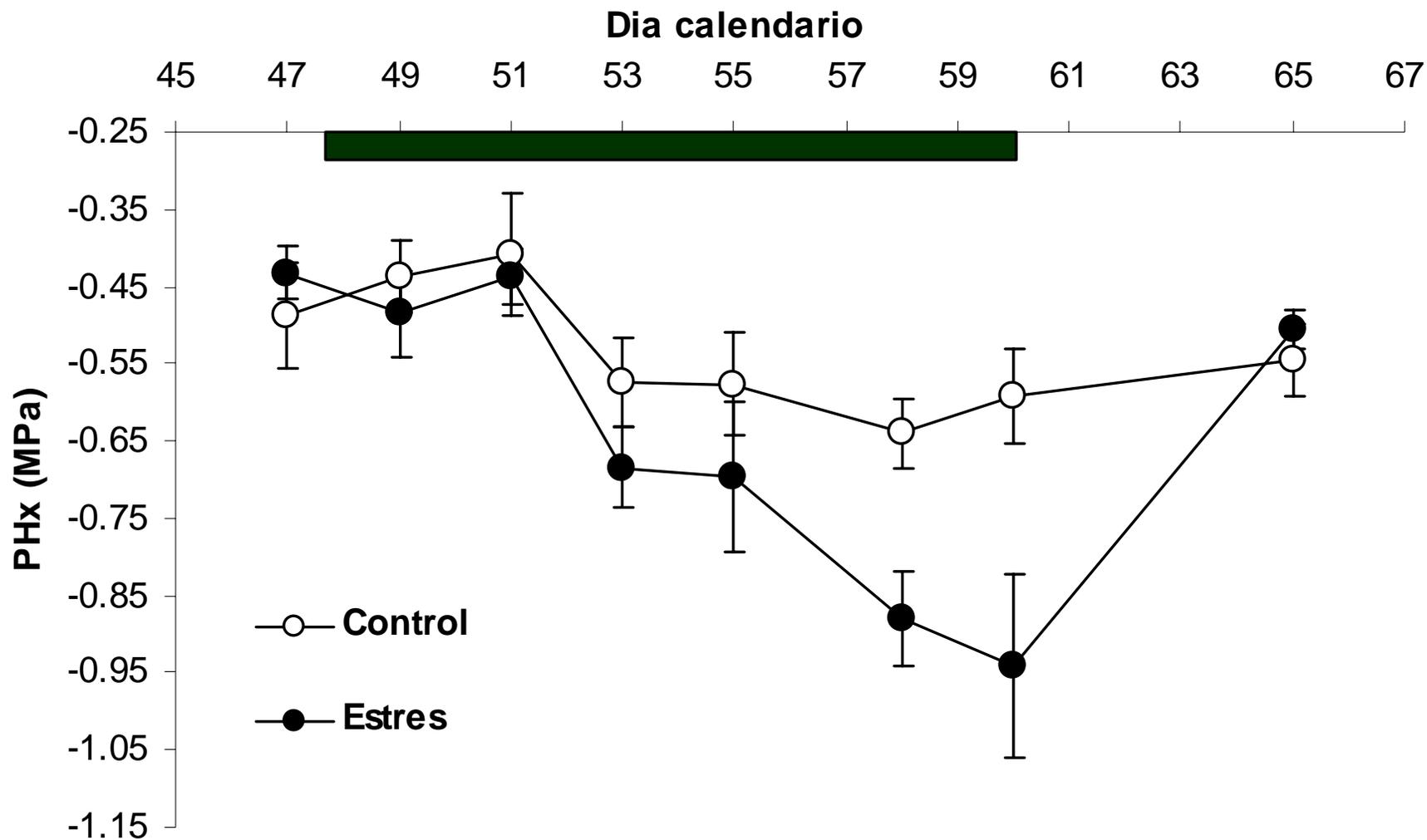
# Mediciones de humedad de suelo por estrata



# POTENCIAL HÍDRICO XILEMATICO



# Potencial hídrico xilemático



**Gracias**

