

EL RIEGO EN EL PISTACHERO





EL RIEGO DEL PISTACHERO

Características del cultivo:

- RESPUESTA A RIEGOS CON POCA CANTIDAD DE AGUA**
- Resistente a la falta de agua
 - Económicamente viable en condiciones de secano
 - Alta productividad del agua aplicada

Ventajas del riego

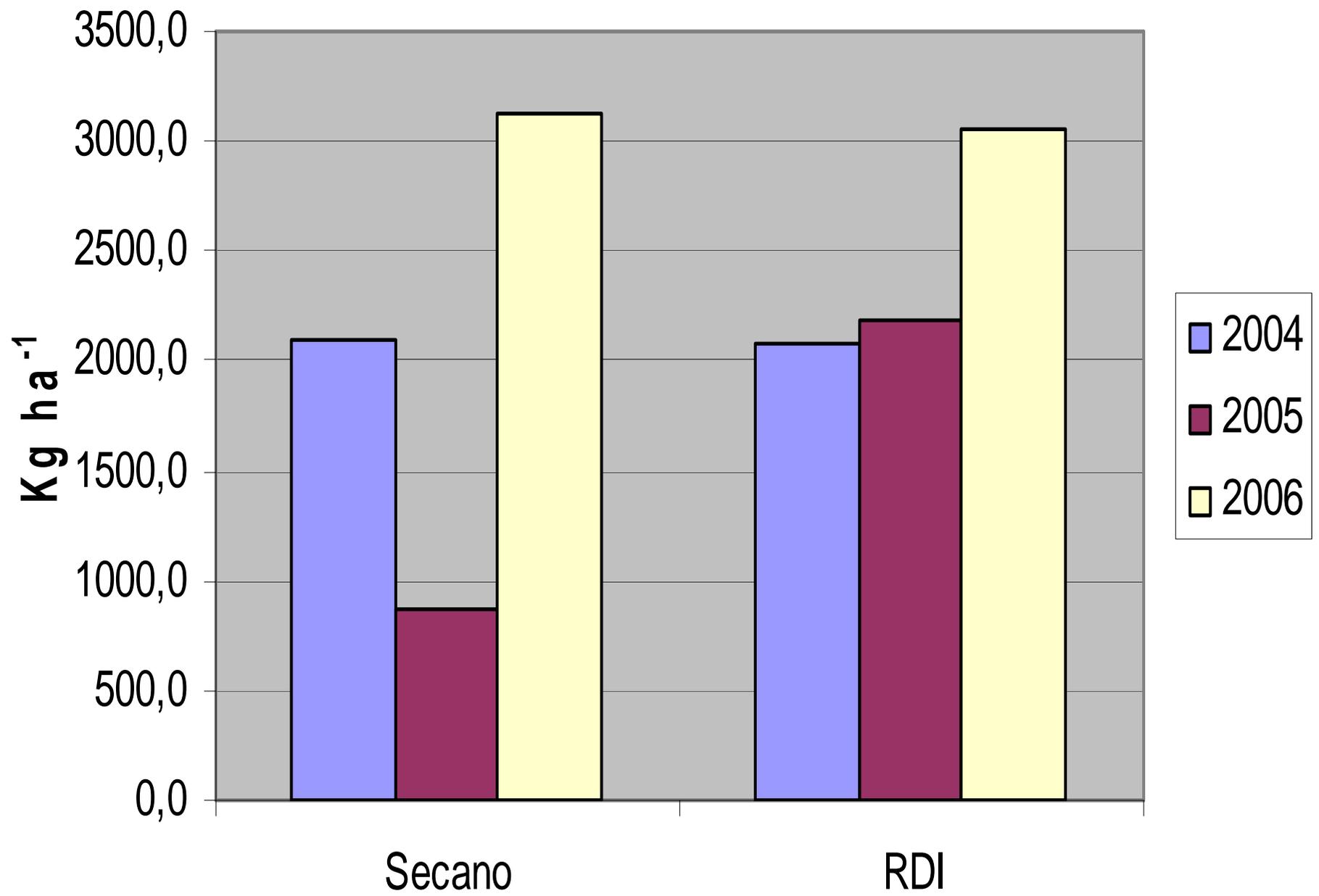
Mejoras de la producción relacionadas con el riego (variable según las dosis empleadas):

- **Disminución del periodo improductivo**

EL RIEGO DEL PISTACHERO

Mejoras de la producción relacionadas con el riego (variable según las dosis empleadas):

- **Disminución de la vecería**



EL RIEGO DEL PISTACHERO

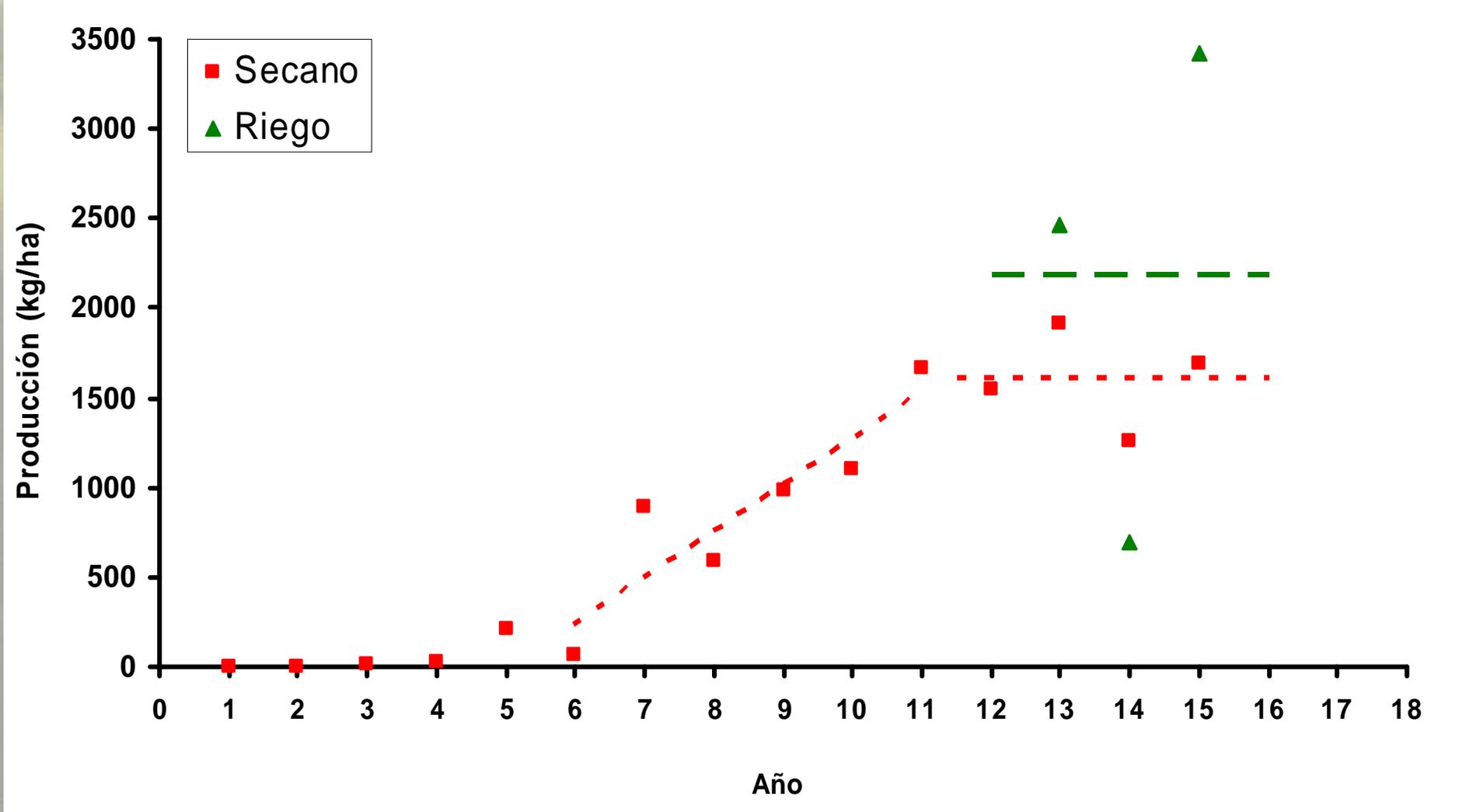
Mejoras de la producción relacionadas con el riego (variable según las dosis empleadas):

- **Disminución de la vecería**
- **Aumento de la producción**

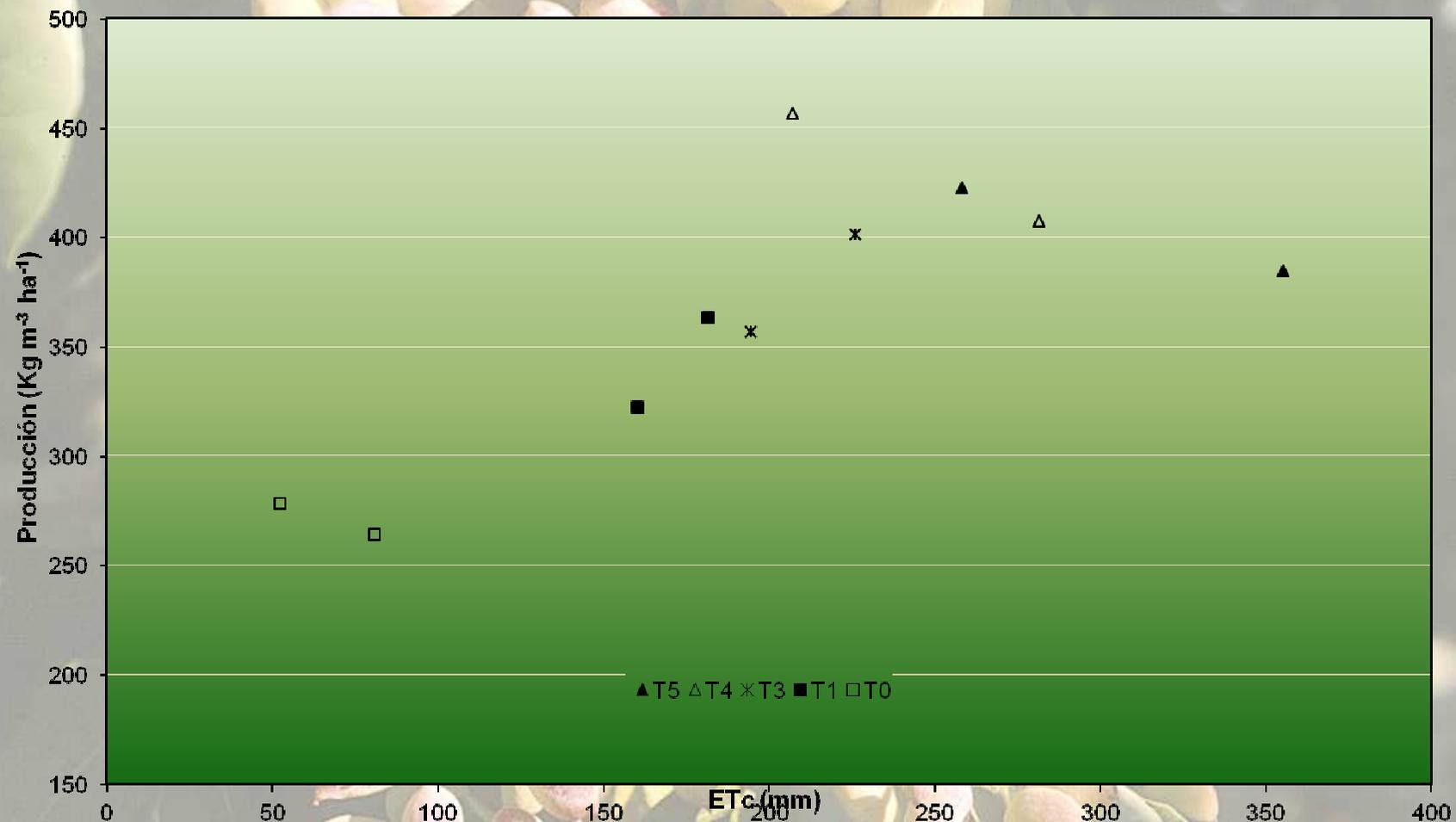
Relación entre el % de agua utilizada de la ET_c máxima y la producción en California (EEUU).

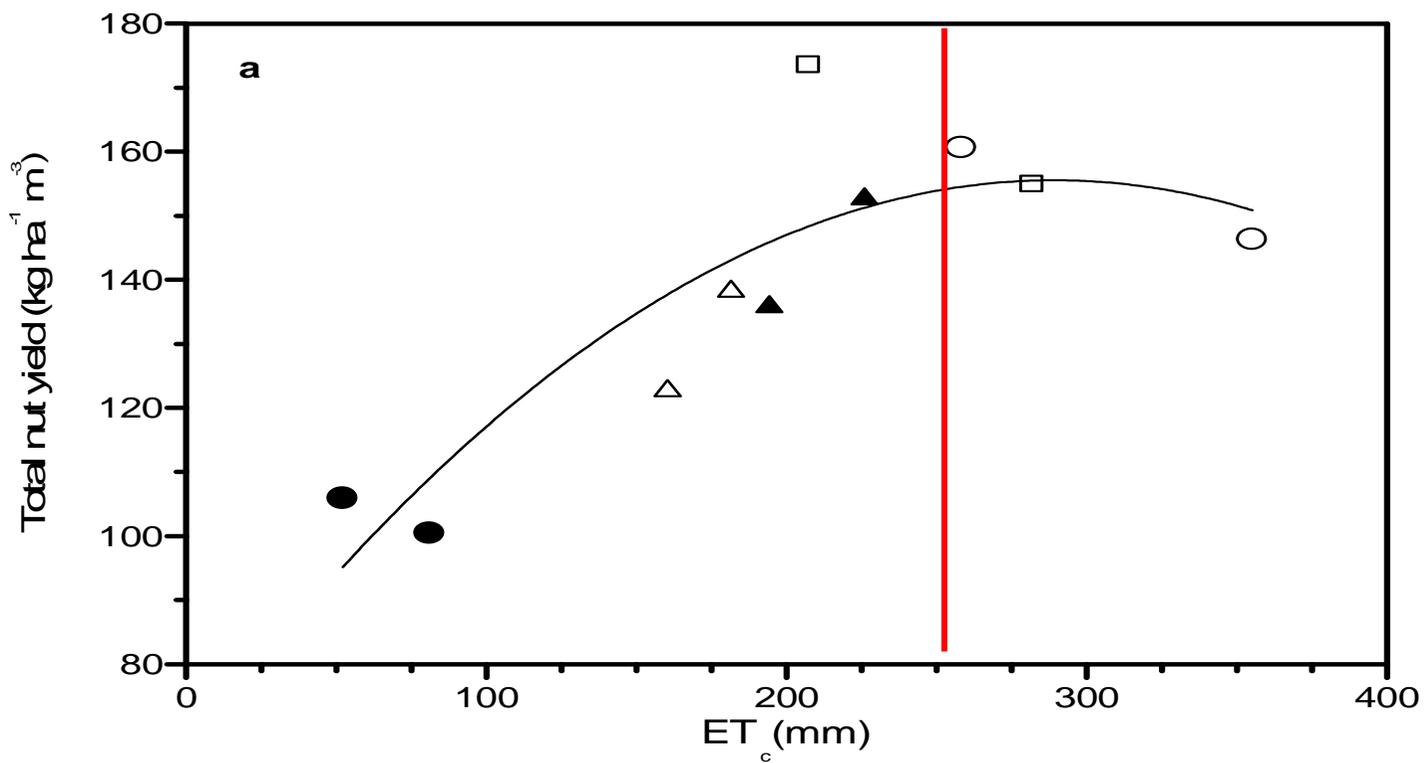
% de agua de riego utilizada	Producción (%)	Crecimiento del tronco (%)
0	7,8	32,6
25	38,9	45,0
50	62,5	51,2
70	89,6	87,8
100	100	100

FUENTE: Goldhamer et al., 1.986



Aumento de la producción





○ = Control; □ = RDI; ▲ = DI65 △ = DI50; ● = Rainfed

EL RIEGO DEL PISTACHERO

Diferencias Regadío-Secano:

CALIFORNIA. Árboles 10 años. 5x5 m (400 árboles por Ha).

● **Regadio 20.4 Kg/árbol TOTAL (8160 kg/ha) 75% abiertos**

● **Secano 3.6 Kg/árbol TOTAL (1440 kg/ha) 30 % abiertos**

Año de descarga producción fue del 47% en regadío y del 33% en secano de la obtenida en años de carga

EL RIEGO DEL PISTACHERO

Diferencias Regadío-Secano:

Ciudad Real (50 mm). Árboles 10 años. 5x5 m (400 árboles por Ha). Año de carga

● Regadío 9.8 Kg/árbol TOTAL (2552 kg/ha). 65 % abiertos

● Secano 7.8 Kg/árbol TOTAL (2137 kg/ha). 62 % abiertos

Año de descarga producción similar en ambos tratamientos, aunque con 73% de abiertos en regadío y 56% en secano.

EL RIEGO DEL PISTACHERO

Mejoras de la producción relacionadas con el riego (variable según las dosis empleadas):

- **Disminución de la vecería**
- **Aumento de la producción**
- **Aumento de la calidad del fruto**

EL RIEGO DEL PISTACHERO

Calidad de fruto en Pistachero.

Tres tipos de frutos:

- **Llenos y abiertos (mayor valor comercial)**
- **Llenos y cerrados**
- **Vacíos (sin valor comercial)**



Calidad del fruto en pistachero

Producción

Llenos

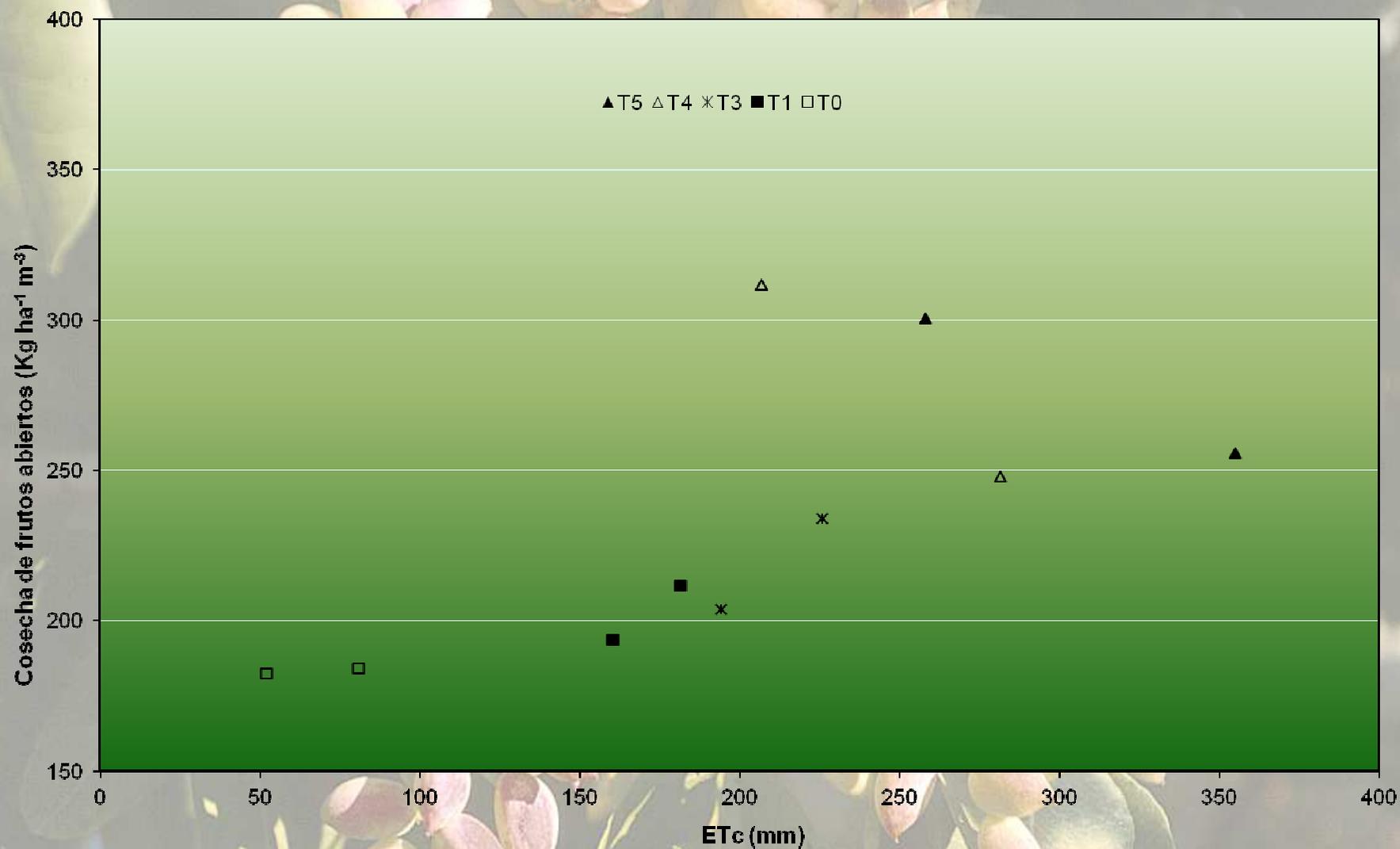
Cerrados

Abiertos

Cerrados



Aumento en la cosecha de abiertos



EL RIEGO DEL PISTACHERO

Desventajas del riego:

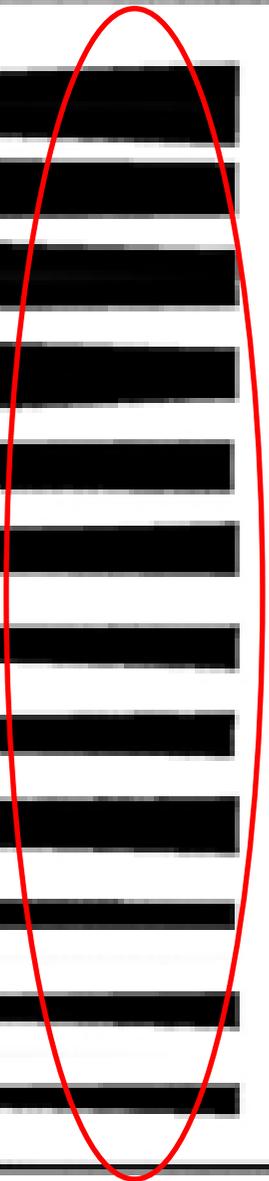
- **Aumento de la inversión inicial**
- **Posible aumento de enfermedades (Verticilosis)**
- **Malas hierbas**
- **Cuanta menos agua se emplee más preciso es consultar el momento de aplicación**

EL RIEGO DEL PISTACHERO

Eficacia del riego depende (o debe estar acompañada) de:

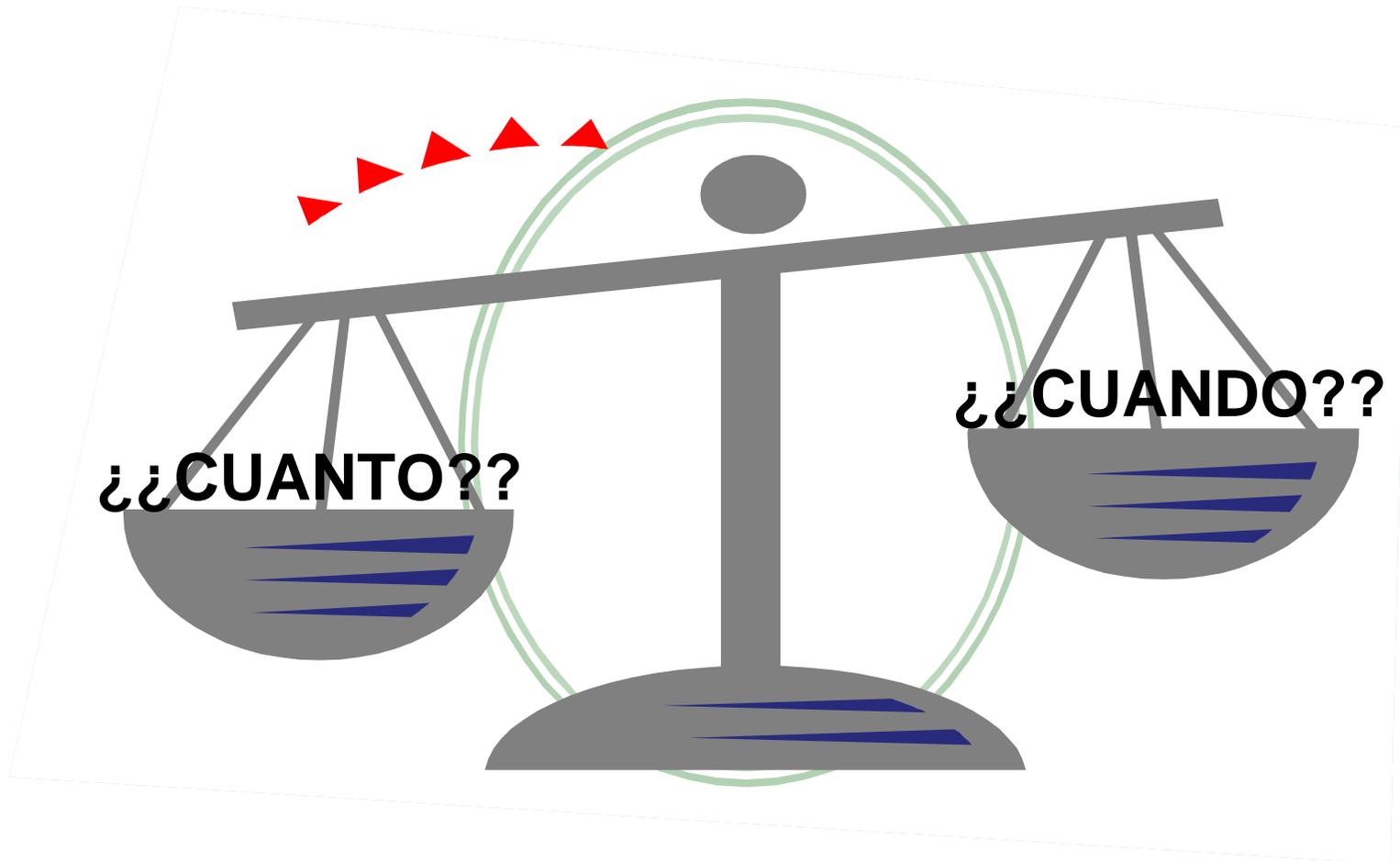
- **Reducción de la poda (mayor tamaño de árboles mayor producción)**
- **Correcta fertilización**

TREE PROCESS OR PARAMETER	WATER STRESS LEVEL MILD \longleftarrow \longrightarrow SEVERE
TRUNK GROWTH (-)	
YIELD (in-shell splits)(-)	
SHOOT LENGTH (-)	
BLANKING & ABORTION (+)	
SHOOTS / TREE (-)	
SHELL SPLITTING (-)	
LEAF SIZE (-)	
CLUSTERS / TREE (-)	
NUTS / TREE (-)	
HARVESTABILITY (-)	
NUT WEIGHT (-)	
NUT SIZE (-)	



EL RIEGO DEL PISTACHERO

Preguntas al regar:



EL RIEGO DEL PISTACHERO

CUANTO regar depende de:

Tipo de suelo

Tamaño de la planta

Marco de plantación

Lluvia (cantidad y momento)

Demanda evaporativa (ET_0)

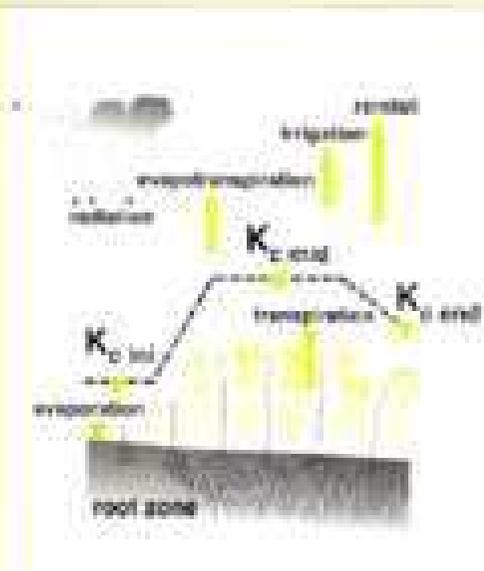
Calidad del agua de riego

EL RIEGO DEL PISTACHERO

Crop evapotranspiration

Guidelines for computing
crop water requirements

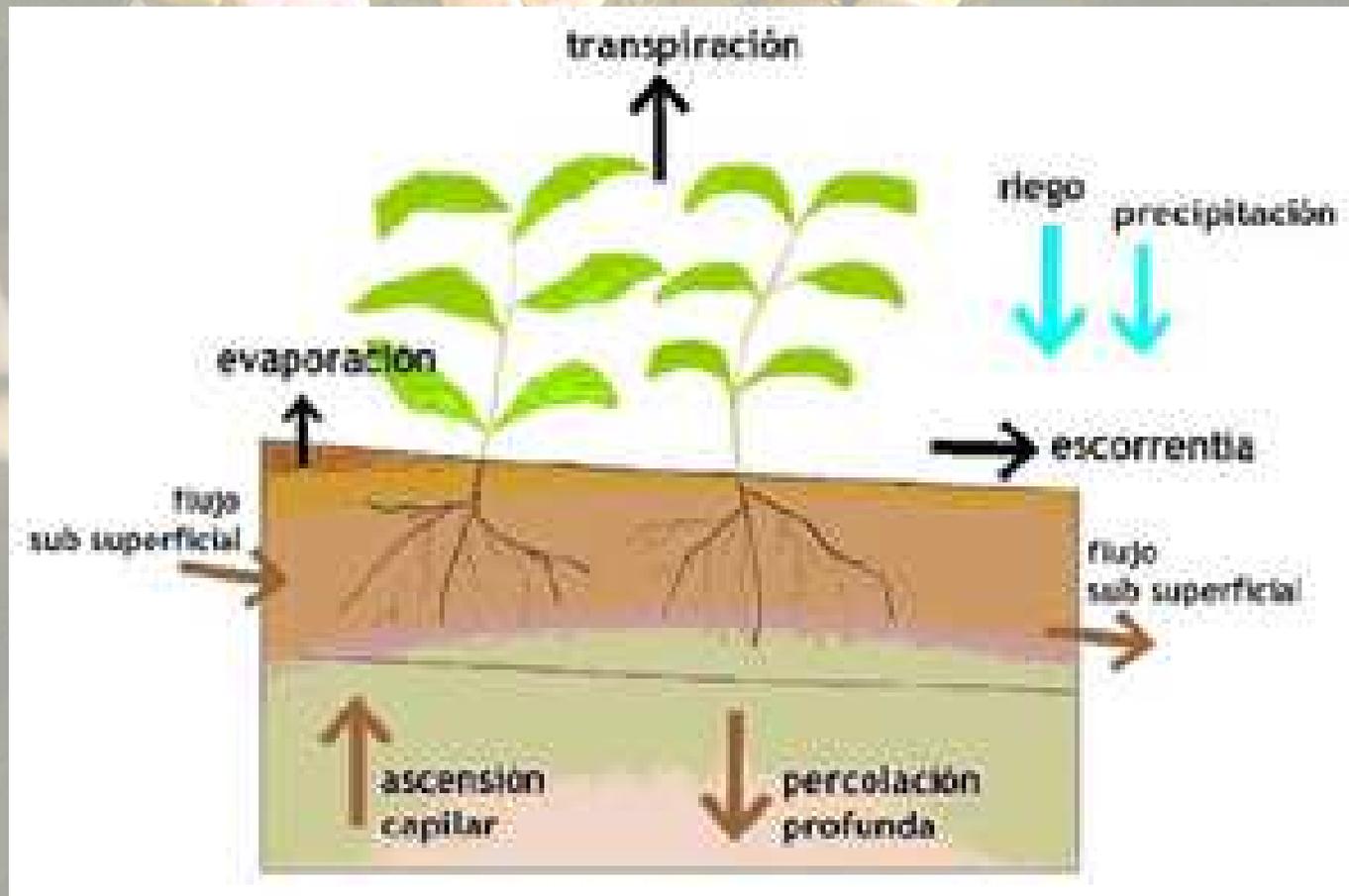
56

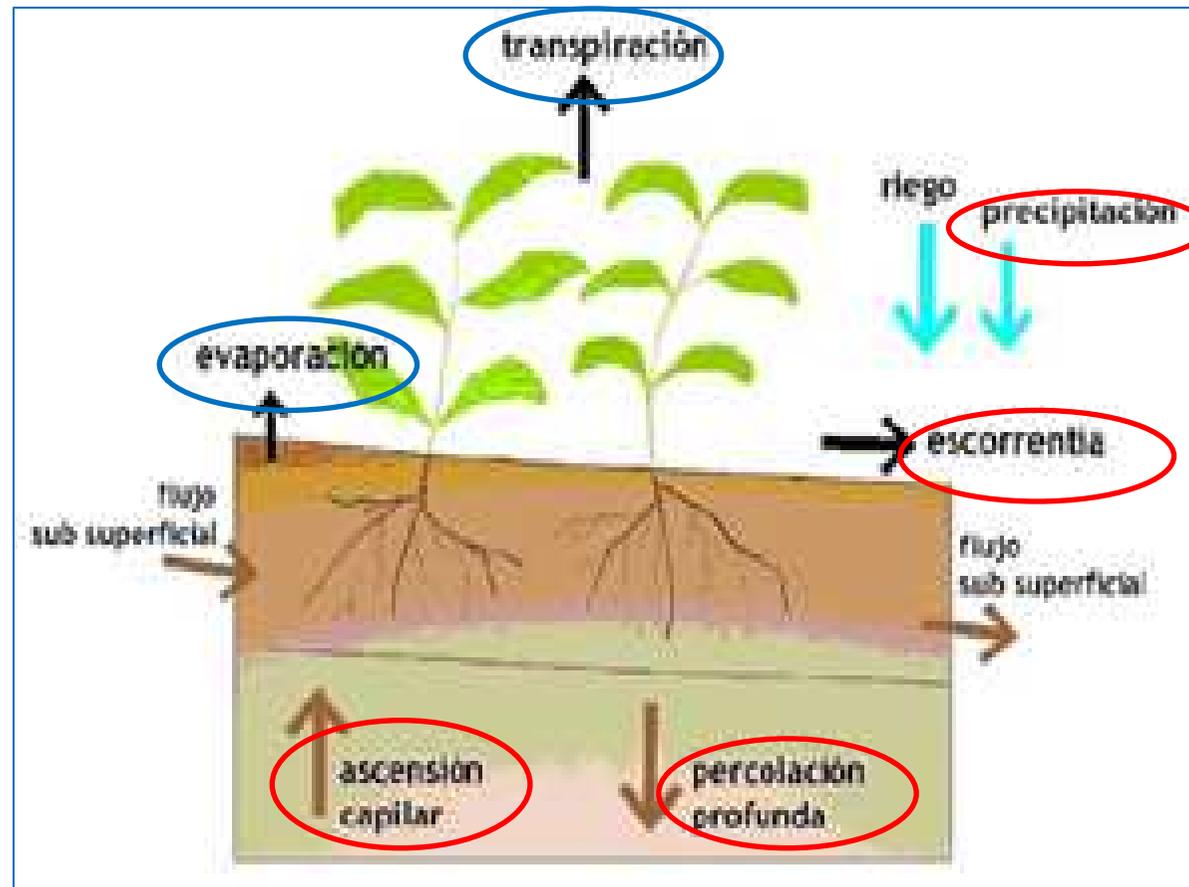


FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).

Procedimiento para calcular la Eto y ET a partir de datos meteorológicos y Kc

EL RIEGO DEL PISTACHERO





$$ET = \text{Riego} + \text{Precipitación efectiva} \pm \Delta S F_0$$

$$\text{Riego} = ET_c - P_e$$

Evapotranspiración =

Evaporación: Agua que va del suelo directamente a la atmósfera

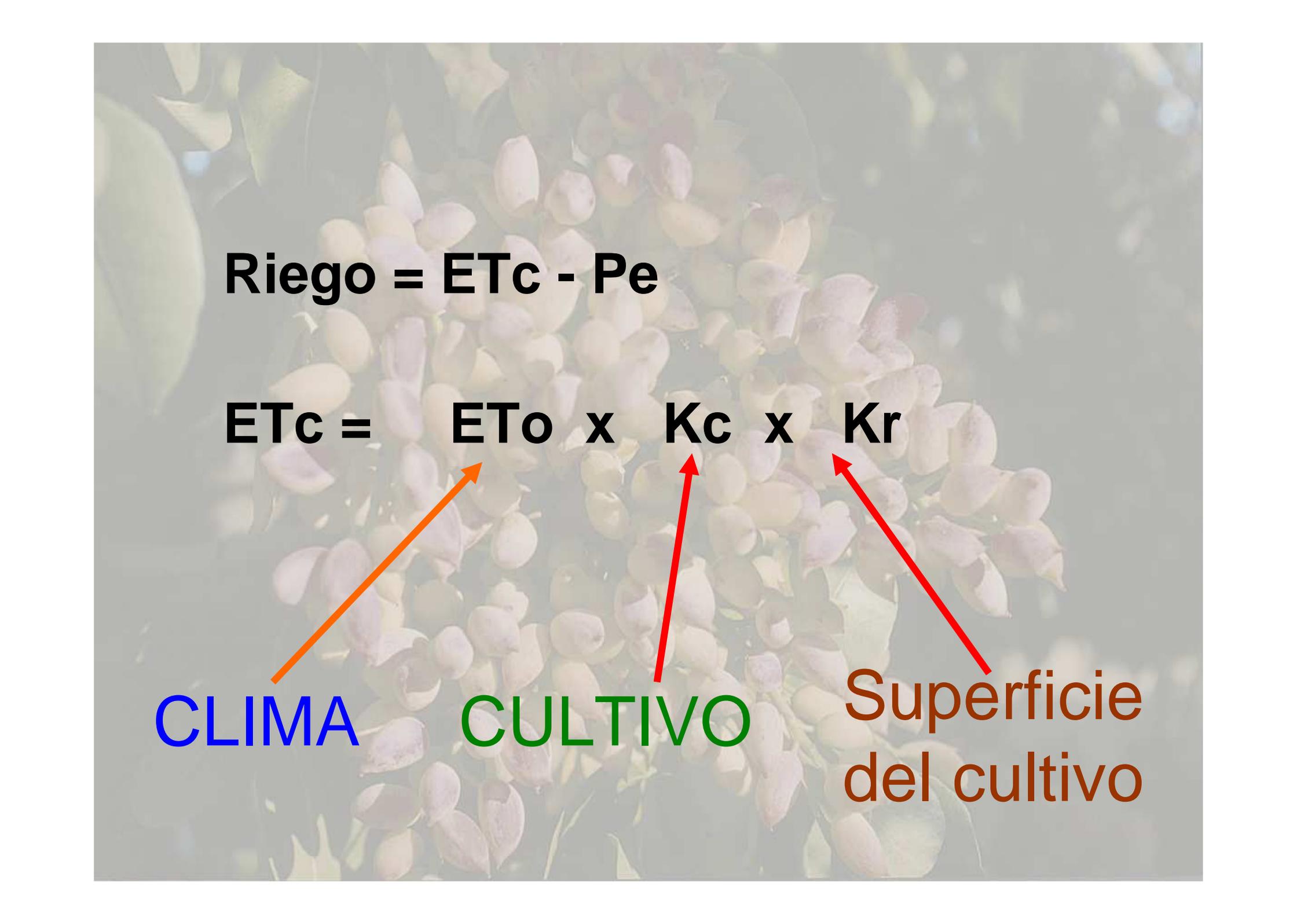
Transpiración: Agua sale de la planta y va a la atmósfera

$$\text{Riego}_{\text{NETO}} = \text{ETc} - \text{Pe}$$

$$R_{\text{BRUTO}} = \frac{R_{\text{NETO}}}{\rho}$$

Eficiencia del sistema.

- Pérdida de agua (percolación)
- Uniformidad.
 - Goteros
 - Diseño hidráulico
 - Buen manejo


$$\text{Riego} = \text{ETc} - \text{Pe}$$

$$\text{ETc} = \text{ETo} \times \text{Kc} \times \text{Kr}$$

CLIMA

CULTIVO

Superficie
del cultivo

¿ET_o?

Riego = ET_c - P_e
ET_c = **ET_o** K_c K_r

1.- Ecuación de Penman-Monteith

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)}$$



¿ET_o?

Riego = ET_c - P_e

ET_c = ET_o K_c K_r

1.- Ecuación de Penman-Monteith

2.- Ecuación de Hargreaves

$$ET_o = 0,0023 R_a (T_m + 17,8) \sqrt{(T_{max} - T_{min})}$$

¿ET_o?

$$\text{Riego} = \text{ET}_c - \text{Pe}$$
$$\text{ET}_c = \text{ET}_o \cdot K_c \cdot K_r$$

Ecuación de Hargreaves

Ra (mm/día)

Latitud	E	F	M	A	M	JN	JL	A	S	O	N	D
30°N	8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3
32°N	8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8
34°N	7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2
36°N	7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6
38°N	6.8	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1
40°N	6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7
42°N	5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2

¿ETo?

$$\text{Riego} = \text{ETc} - \text{Pe}$$
$$\text{ETc} = \text{ETo} \text{ Kc Kr}$$

**Servicio Integral
de Asesoramiento
al Regante**



<http://crea.uclm.es/siar/index.php>

¿Kc?

Fecha	Kc
1-15 Abril	0.07
16-30 Abril	0.43
1-15 Mayo	0.68
16-31 Mayo	0.93
1-15 Junio	1.09
16-30 Junio	1.17
1-15 Julio	1.19
16-31 Julio	1.19
1-15 Agosto	1.19
16-31 Agosto	1.12
1-15 Septiembre	0.99
16-30 Septiembre	0.87
1-15 Octubre	0.67
16-31 Octubre	0.50
1-15 Noviembre	0.35

$$\text{Riego} = ET_c - P_e$$

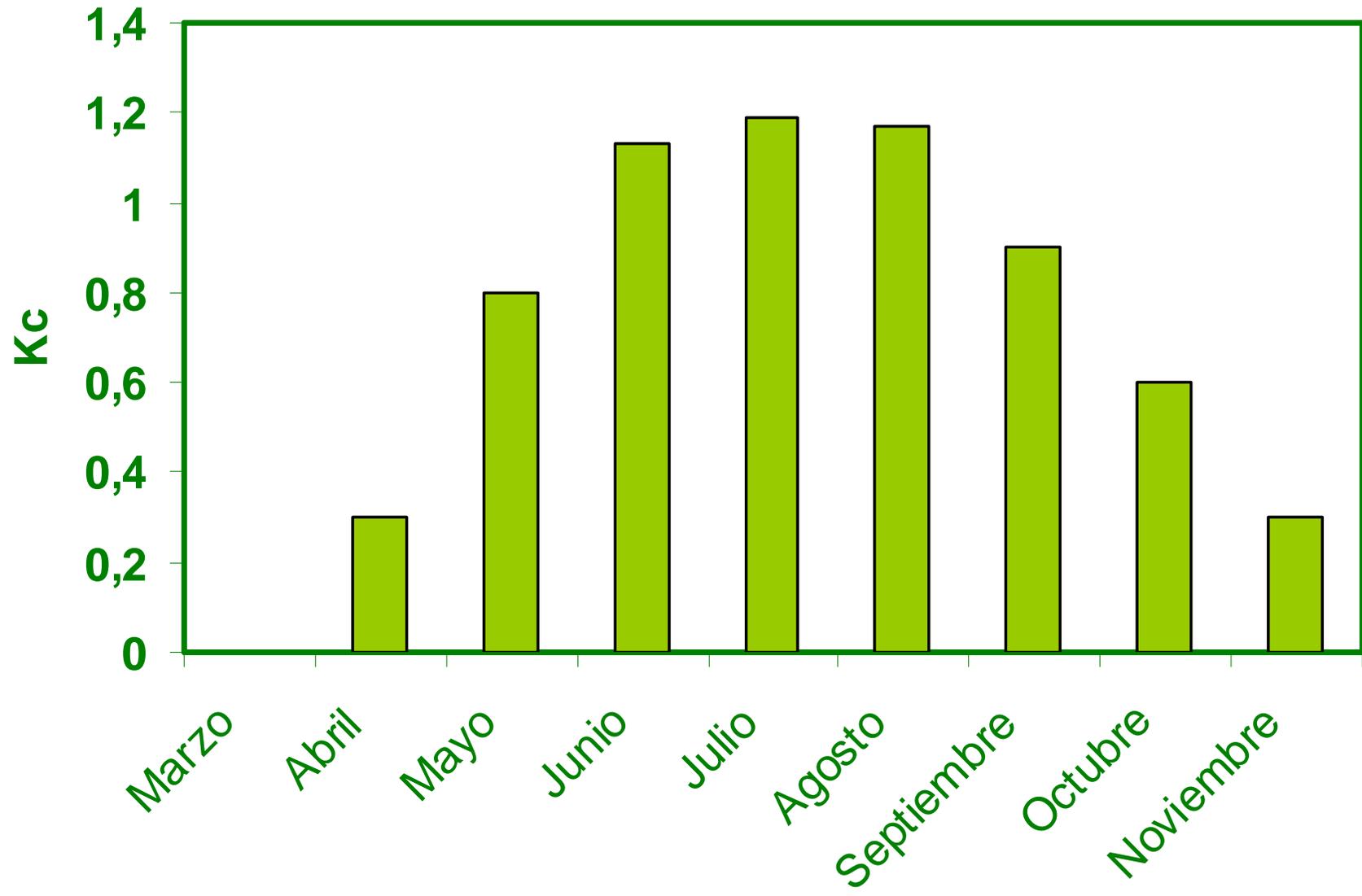
$$ET_c = ET_o \boxed{K_c} K_r$$

Depende de:

Ciclo del cultivo

Transpiración del árbol

Evaporación desde el suelo, ...



¿Kr?

Riego = ETc - Pe

ETc = ETo Kc Kr

$$K_r = \frac{2Sc}{100}$$

$$Sc = \frac{\Pi D^2 N}{400}$$

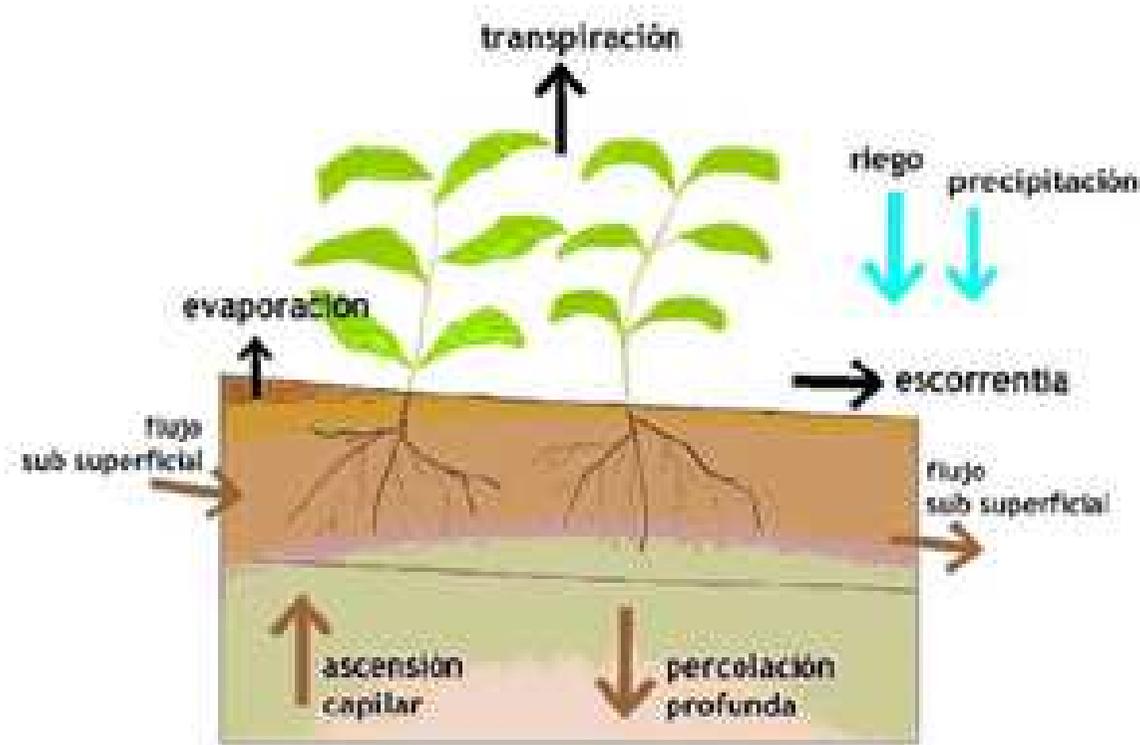
EL RIEGO DEL PISTACHERO

Pistachero es un gran consumidor de agua si está disponible.

1000 mm (10000 m³/ ha)

(California. EEUU)

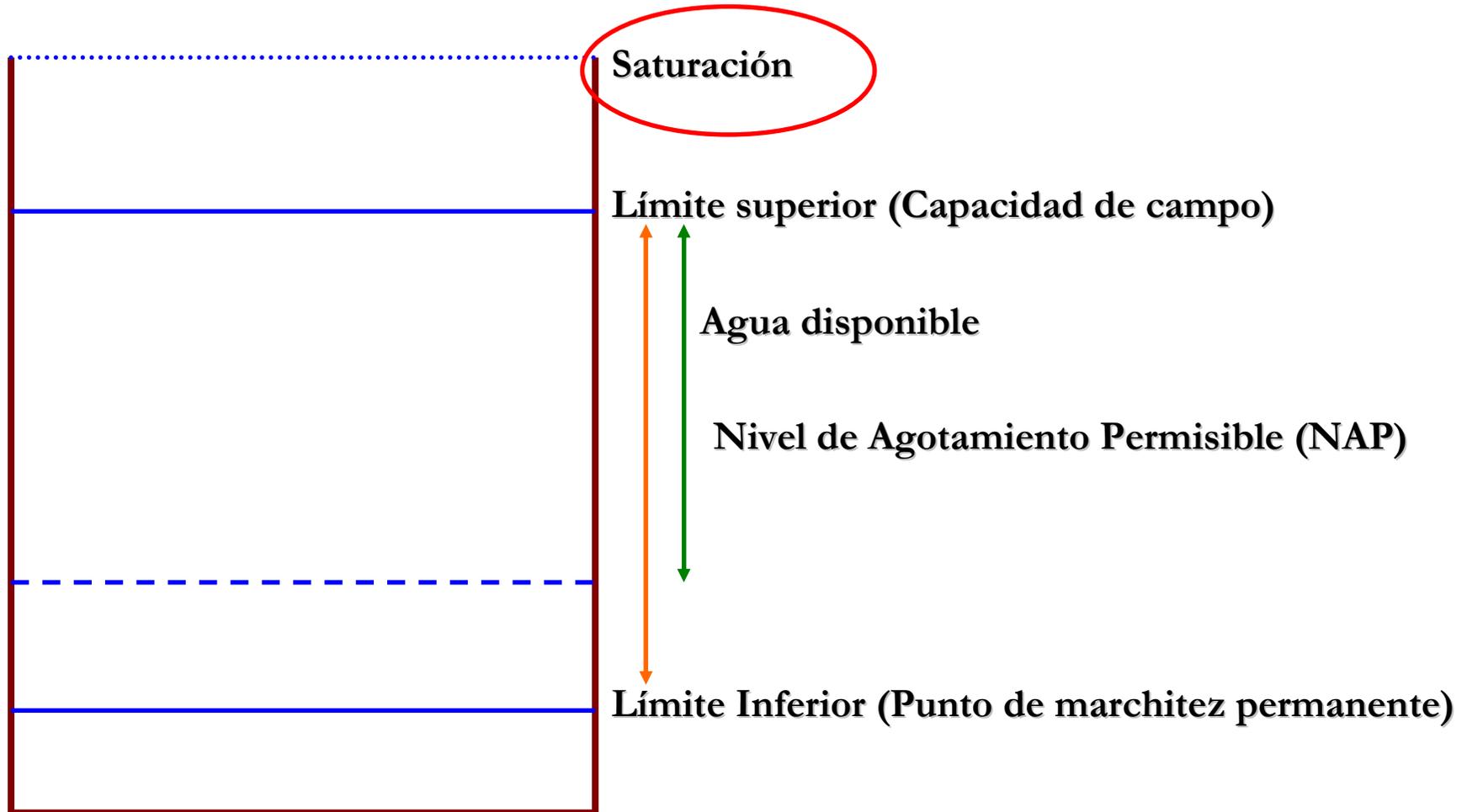
Riego teniendo en cuenta el contenido de agua del suelo



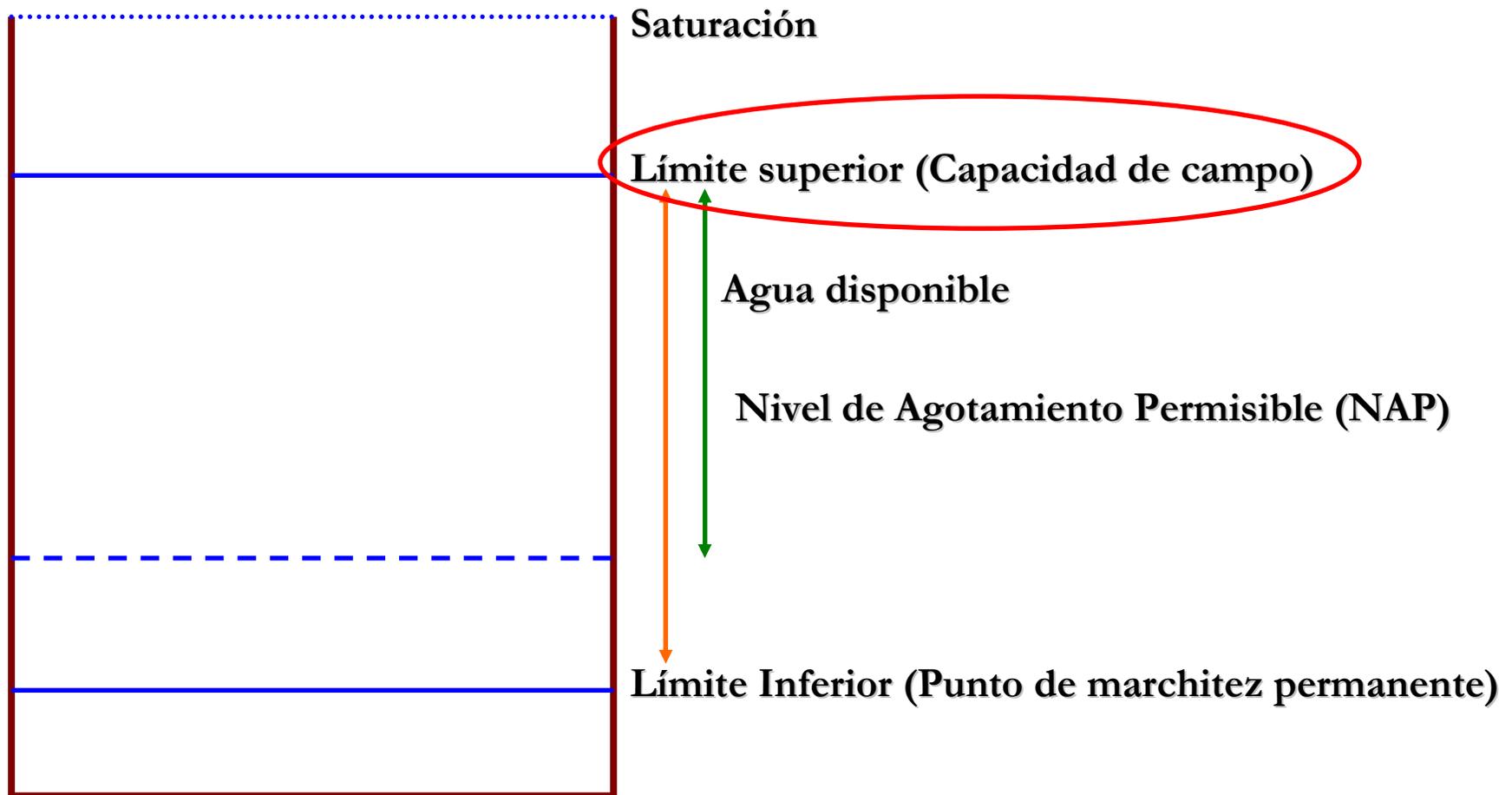
$$ET = \text{Riego} + \text{Precipitación efectiva} \pm \Delta SF$$

$$\text{Riego} = ET_c - \text{Reserva de agua del suelo} - P_e$$

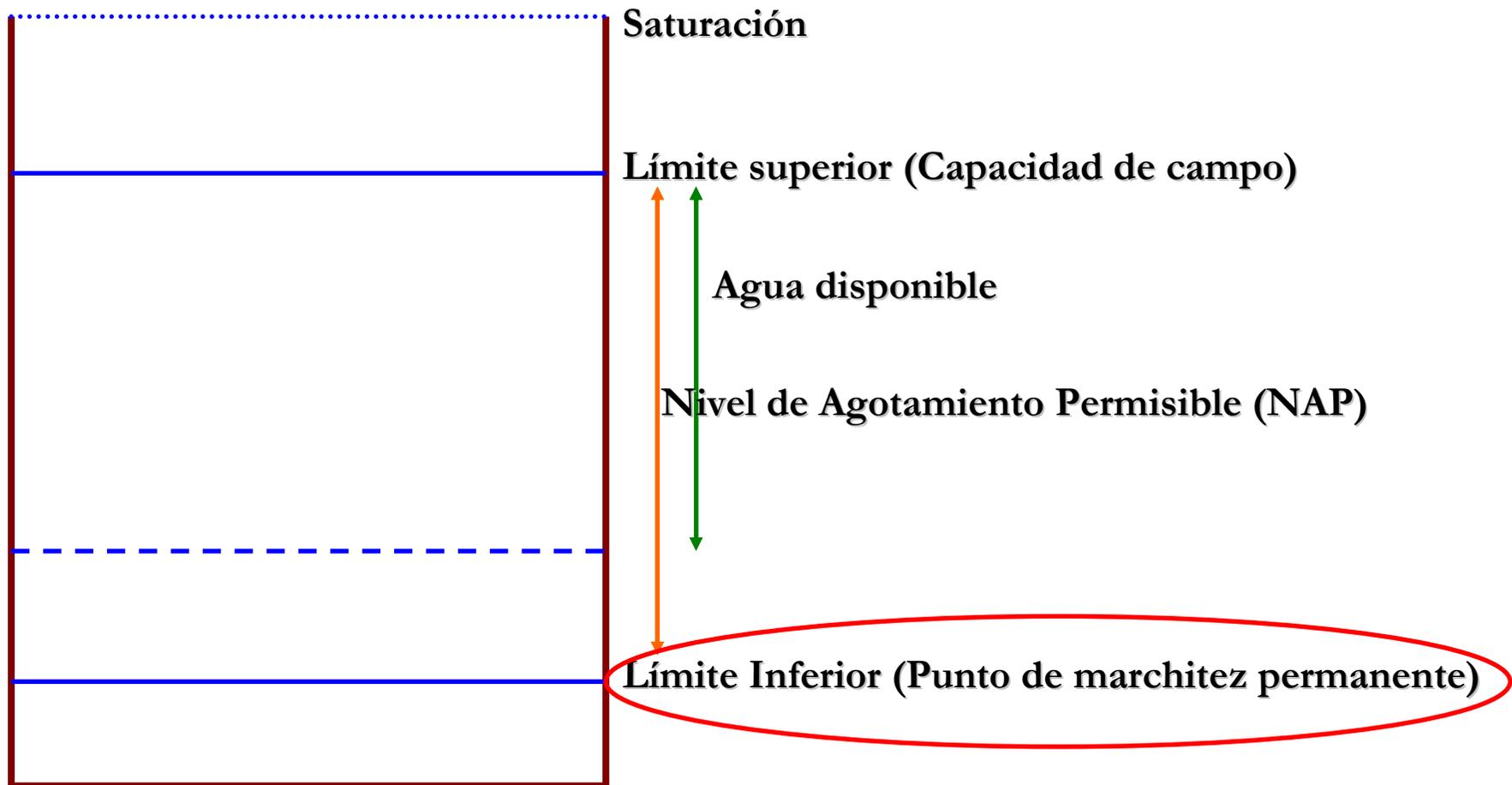
- **Saturación:** Es el máximo contenido de agua que puede haber en un suelo



- **Límite superior (Capacidad de campo): Es el máximo contenido de agua que puede permanecer de forma estable en el suelo**



- **Límite inferior (Punto de marchitez permanente): Es el contenido de agua en el suelo, al cual ya no pueden acceder las raíces.**





¿Cómo regar?

- **Riego localizado (goteo)**
- **No aspersión.**
- **No por inundación**

Plantación en riego por goteo con sondas de humedad



EL RIEGO DEL PISTACHERO

CUANDO regar depende del estado fenológico del árbol

Hay estados del árbol que son más sensibles a la falta de agua

Distinguir según edad de la plantación

Periodo desde plantación hasta injerto



Plantación joven. Pozuelo de Calatrava



EL RIEGO DEL PISTACHERO

Plantación joven:

- **Menor necesidad de agua**

PRIMERO CRECER DESPUES PRODUCIR

- **Más difícil de evaluar las necesidades de riego**

- **Objetivo diferente del de una plantación adulta**

EL RIEGO DEL PISTACHERO

Plantación joven:

- **El crecimiento es un proceso MUY SENSIBLE a la falta de agua en TODAS las plantas**
- **En condiciones de poca cantidad de riego es conveniente asegurar, al menos, un periodo con buen suministro hídrico. Preferentemente al inicio de la estación**

Plantación adulta. Villahermosa (Ciudad Real)



EL RIEGO DEL PISTACHERO

Plantaciones adultas:

● Crecimiento es importante pero esta limitado por la presencia de fruto

● La sensibilidad a la falta de agua en el suelo varía con el estado fenológico

Fundamento del RDC

Reducir el aporte de agua en aquellos períodos fenológicos en los que un déficit hídrico controlado no/o afecte sensiblemente al rendimiento ni la calidad de la cosecha.

Cubrir la demanda evaporativa del cultivo durante el resto del año.

Fase I

- Determinada tanto por el diámetro longitudinal como por el transversal. El peso fresco del fruto tiene una pauta de crecimiento parecida a la de su diámetro.
- Sensible al estrés hídrico, determinando el tamaño del fruto.
- Estrés en FI y FII  Aumento % de abiertos.
Aumento de rajados (Goldhamer et al., 2004, 2005 y 2006)



Fase II

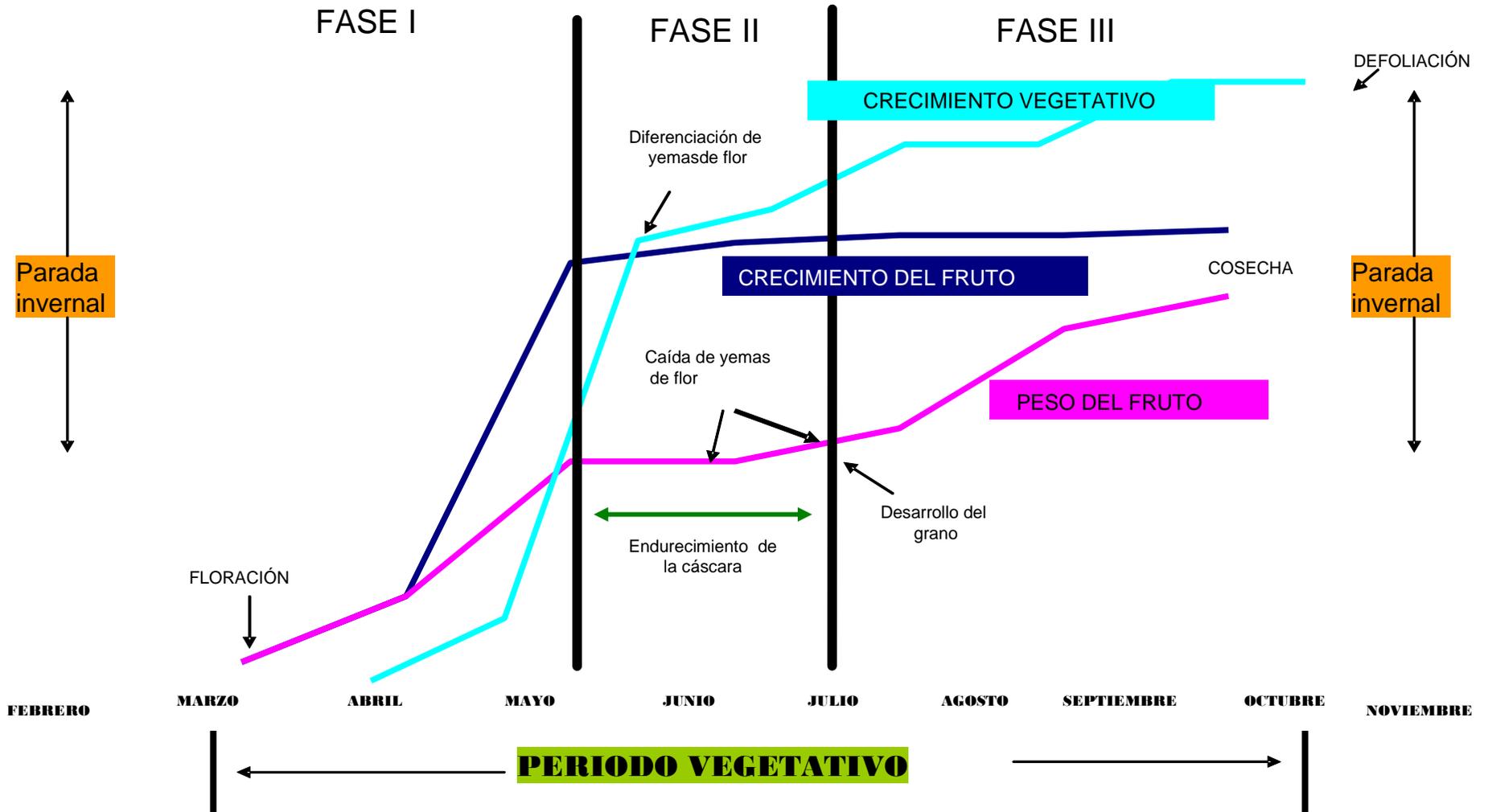
- **Ralentización en el crecimiento del árbol y del incremento del peso**
- **Endurecimiento de la cáscara (endocarpio).**
- **Resistente a sequía**

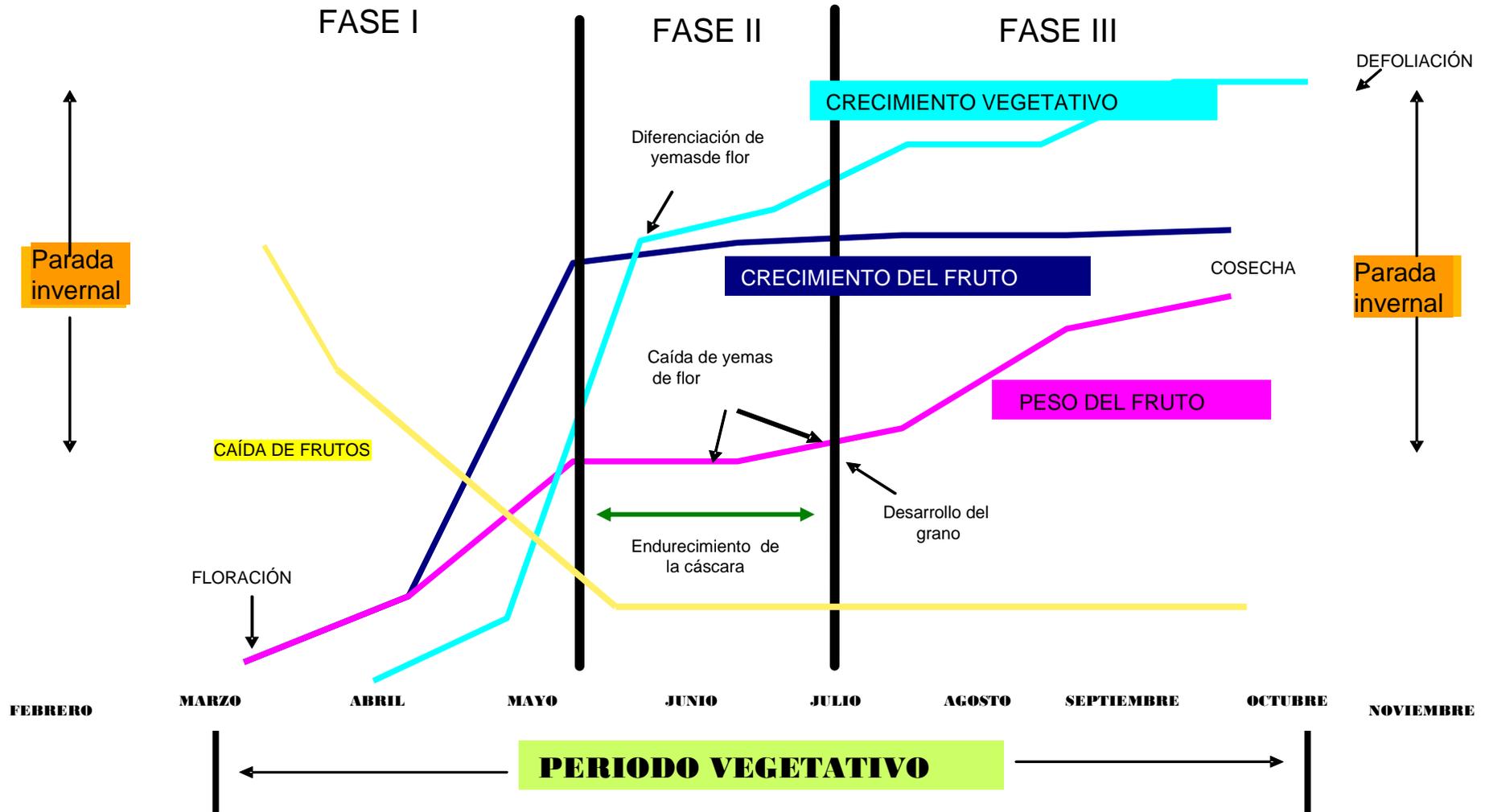


Fase III

- **Crecimiento del grano (Fuerte incremento del peso del fruto).**
- **Maduración hasta cosecha.**
- **Es la fase más sensible al estrés hídrico (Goldhamer, 2004, 2005 y 2006)**

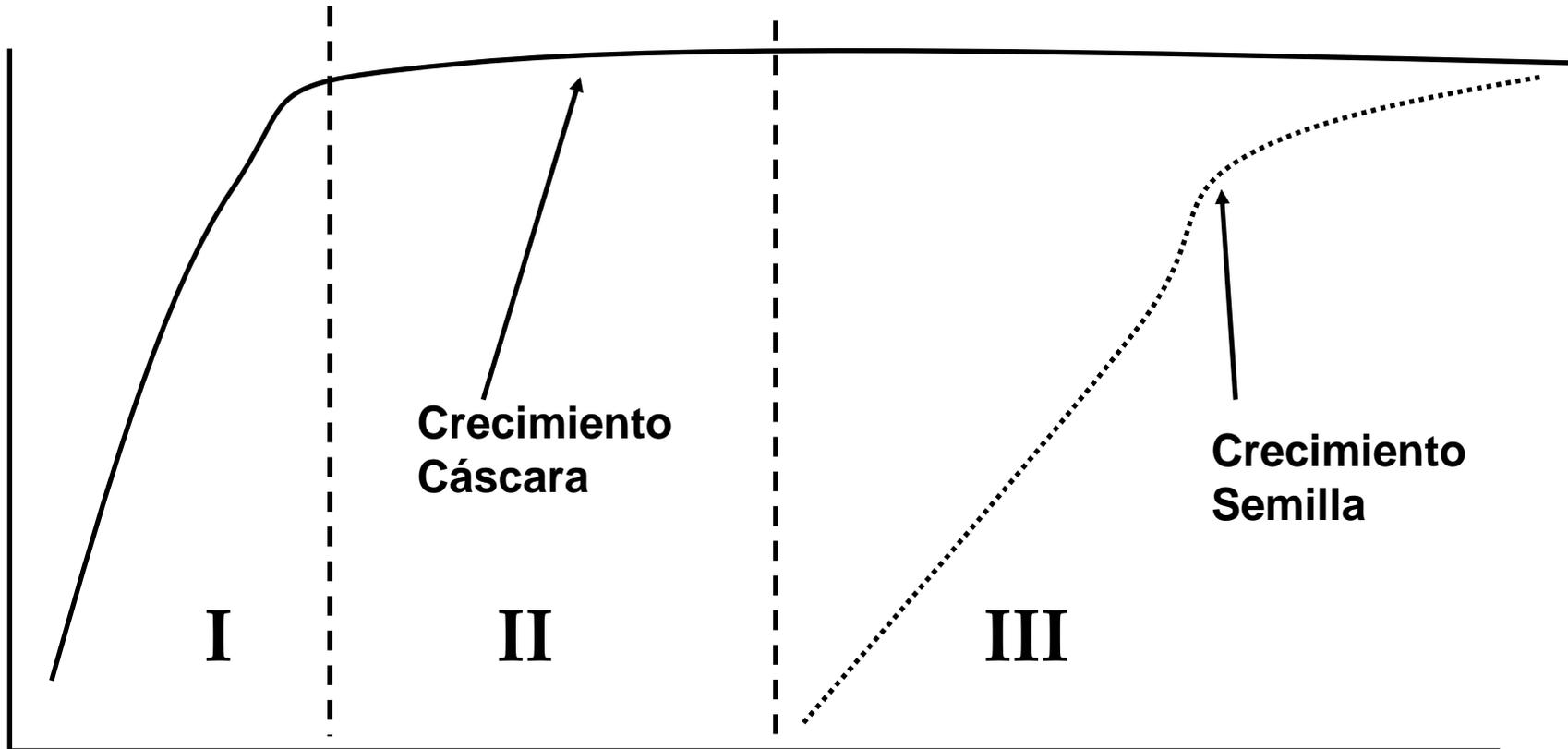






EL RIEGO DEL PISTACHERO

ESTADOS FENOLÓGICOS



EL RIEGO DEL PISTACHERO

Desde el punto de vista de la producción los estados fenológicos más sensibles a la falta de agua son:

III>>>I>>II

En general una falta de agua muy severa puede afectar, sobre todo, a la alternancia incrementándola

EL RIEGO DEL PISTACHERO

Falta de agua en el estado I

- Reducción de la producción
- Menor tamaño de fruto
- Mayor porcentaje de frutos abiertos y rajados (?)

EL RIEGO DEL PISTACHERO

Falta de agua en el estado II

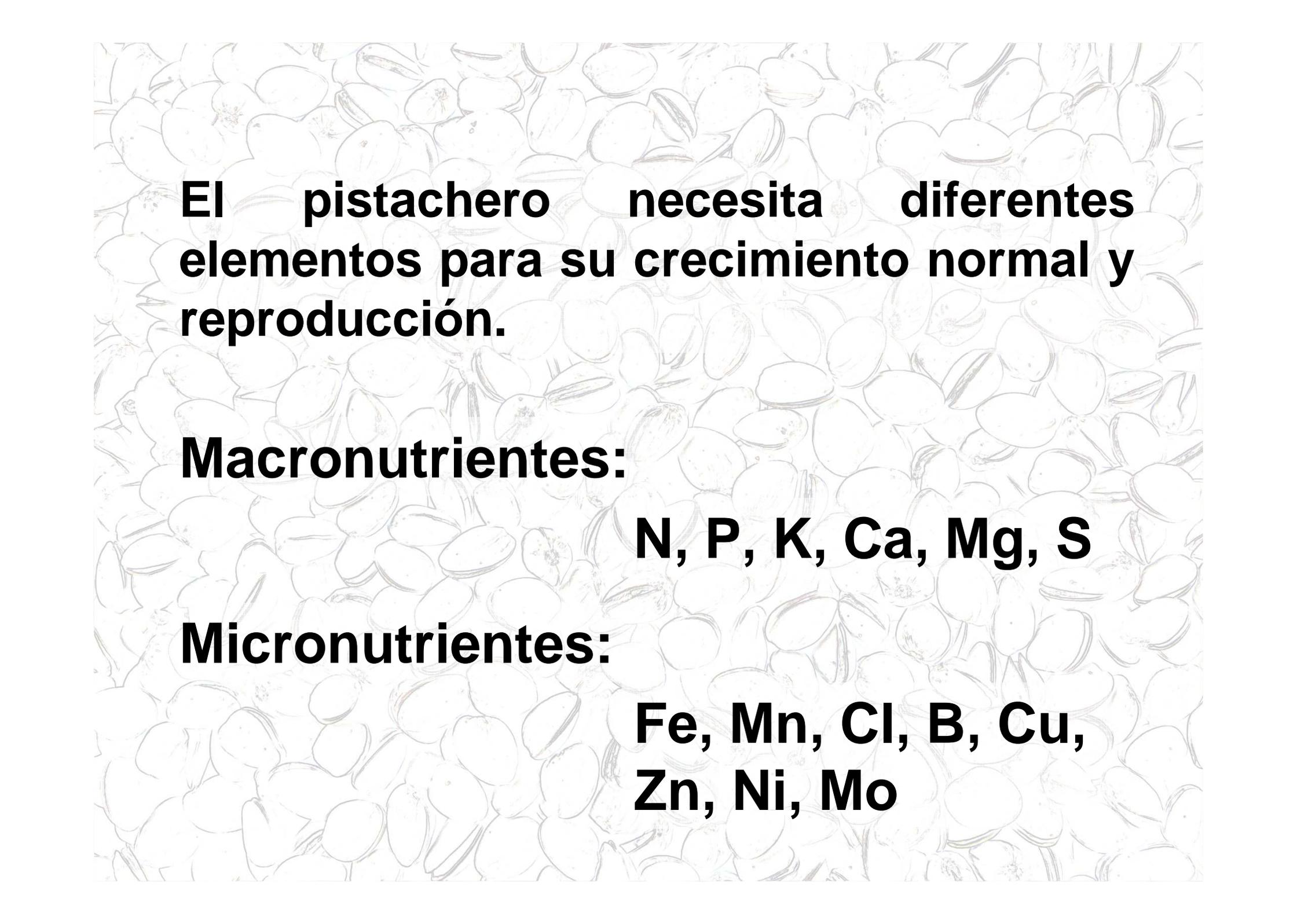
- Menor reducción de la producción
- No afecta al tamaño de fruto

Falta de agua en el estado III

- Gran reducción de la producción
- Afecta al tamaño de fruto
- Aumento de frutos vanos y cerrados



LA FERTILIZACIÓN



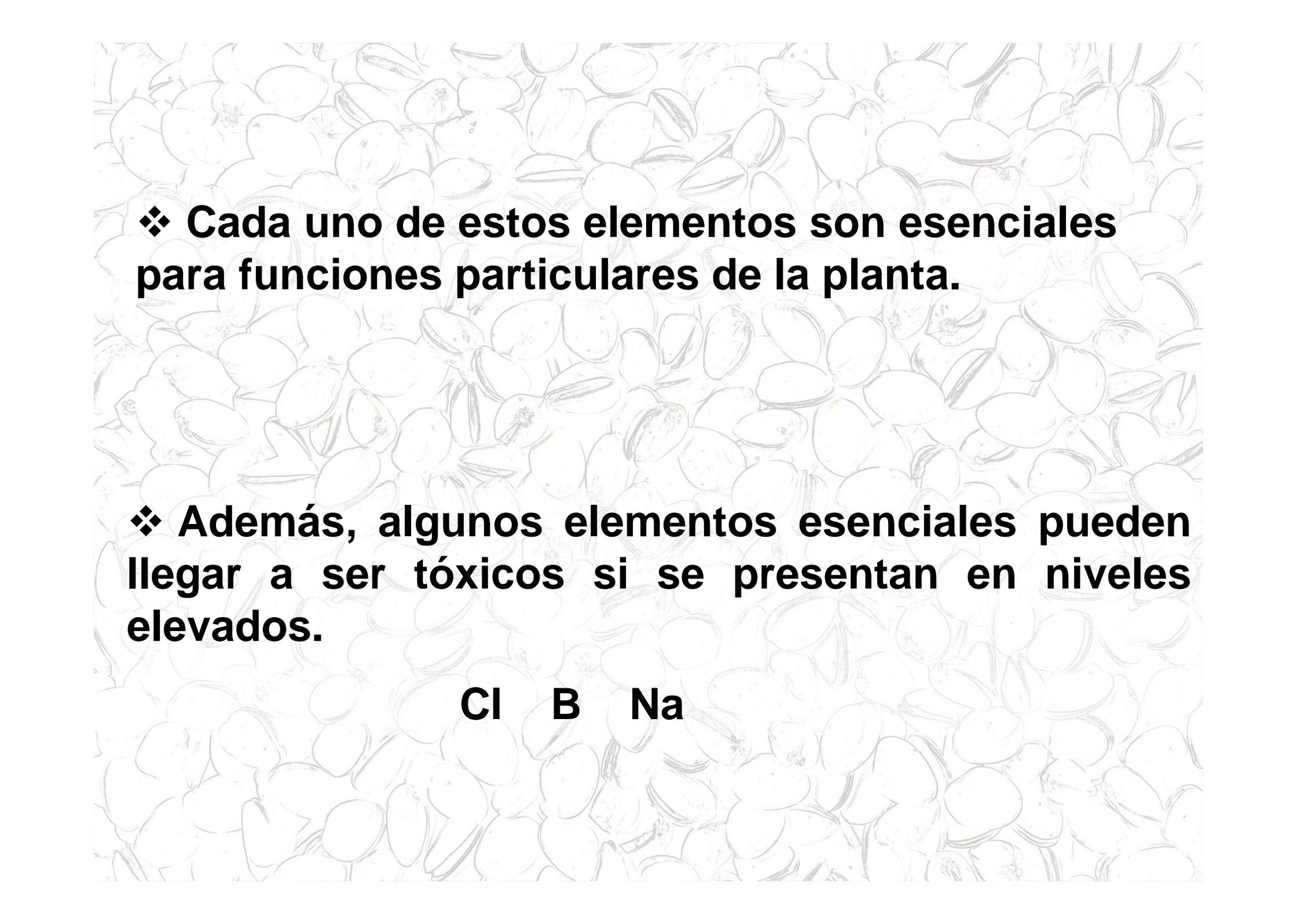
El pistachero necesita diferentes elementos para su crecimiento normal y reproducción.

Macronutrientes:

N, P, K, Ca, Mg, S

Micronutrientes:

**Fe, Mn, Cl, B, Cu,
Zn, Ni, Mo**

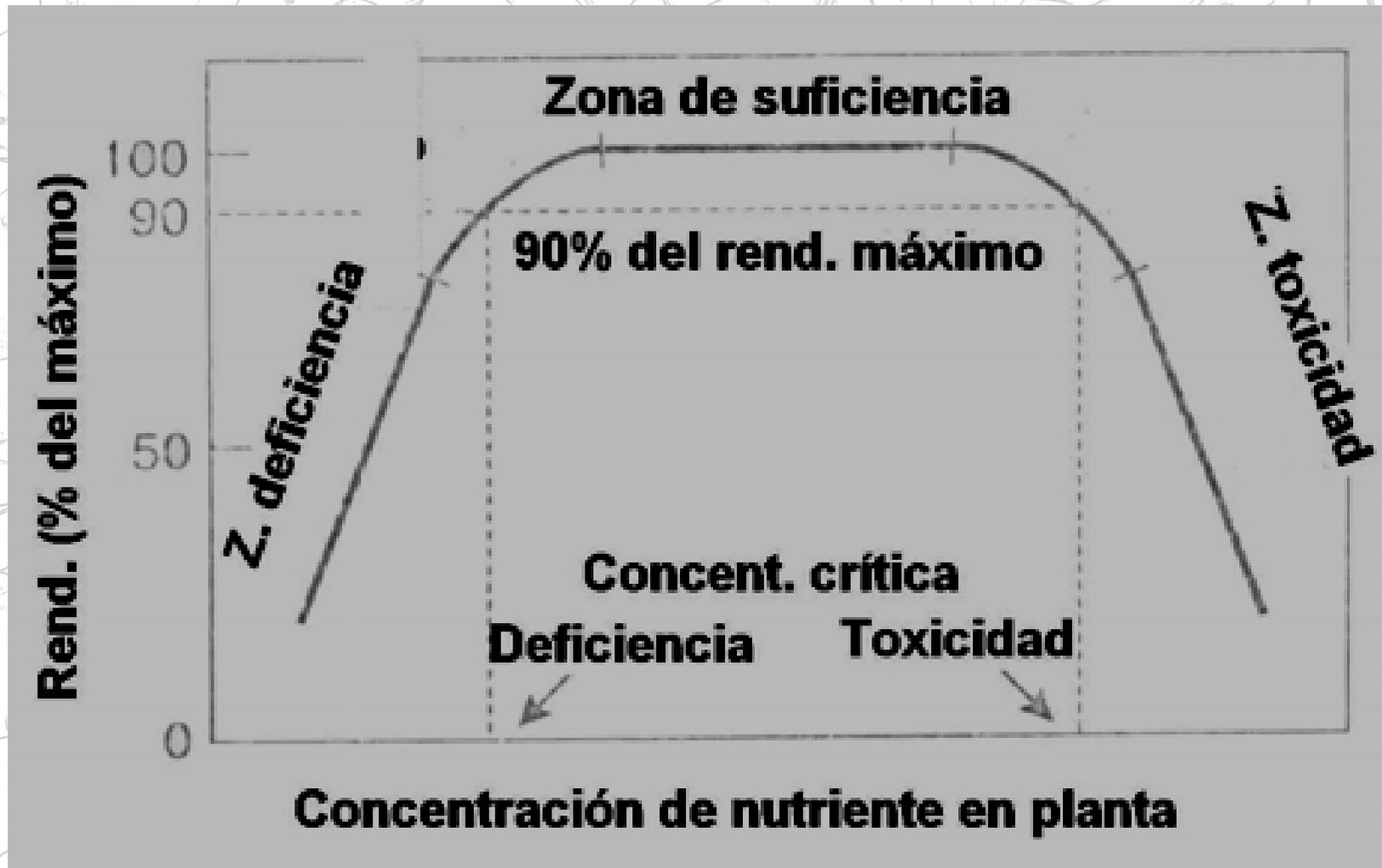


❖ **Cada uno de estos elementos son esenciales para funciones particulares de la planta.**

❖ **Además, algunos elementos esenciales pueden llegar a ser tóxicos si se presentan en niveles elevados.**

Cl B Na

Rendimiento en función de la concentración de nutriente en planta. Concentraciones críticas de deficiencia y toxicidad.



Existen factores en el suelo, en la planta y el medio que afectan al estado nutritivo del árbol:

SUELO

Tipo de suelo

Textura del suelo

Humedad

pH

PLANTA

Distribución de raíces

Portainjerto

Carga del árbol

Competición con otros árboles

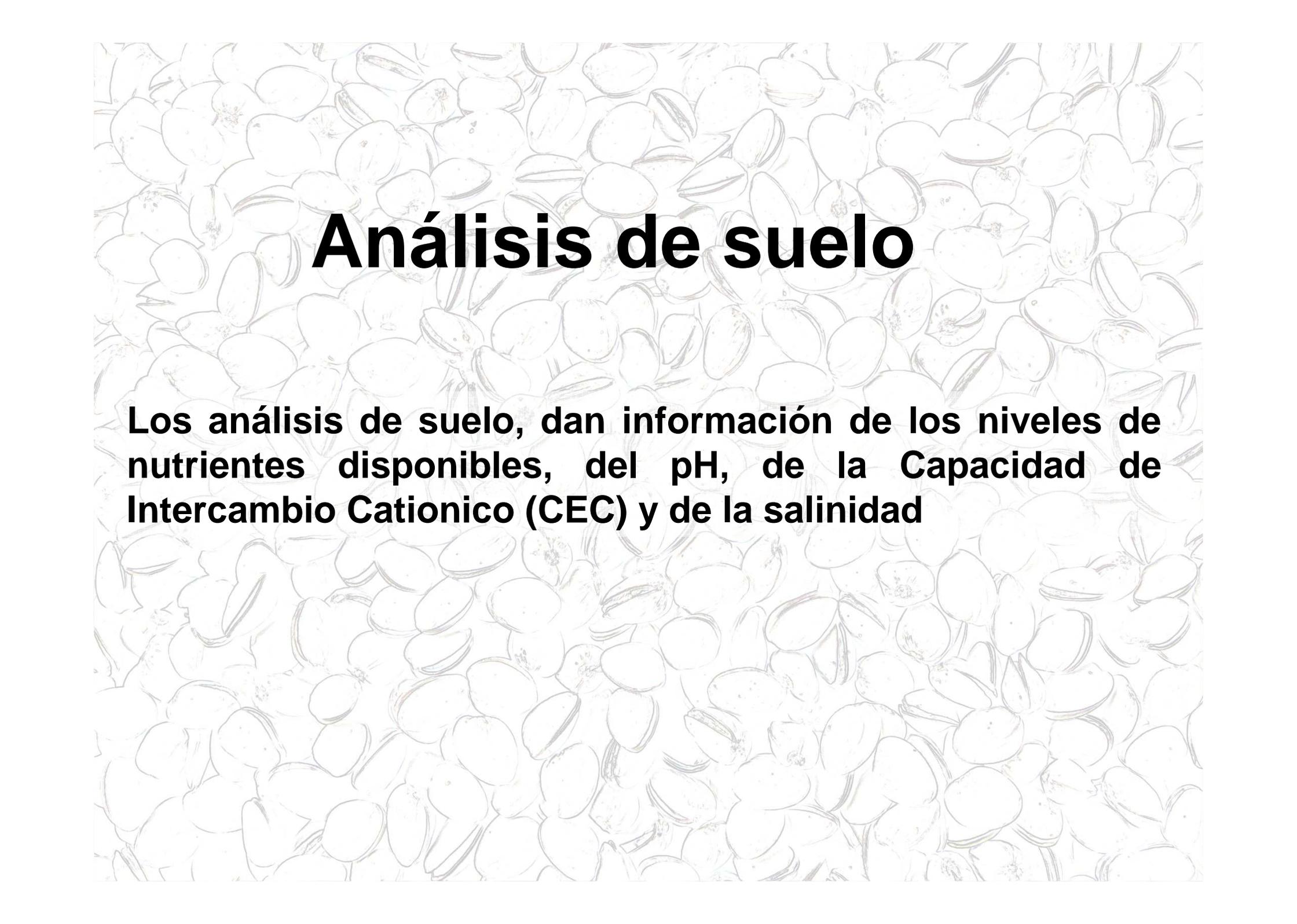
MEDIO

Temperatura

Enfermedades

Salinidad

Altos niveles de otros iones

The background of the slide is a repeating pattern of almond shells, some whole and some cracked open, rendered in a light, sketchy style. The shells are scattered across the entire page, creating a textured, organic background.

Análisis de suelo

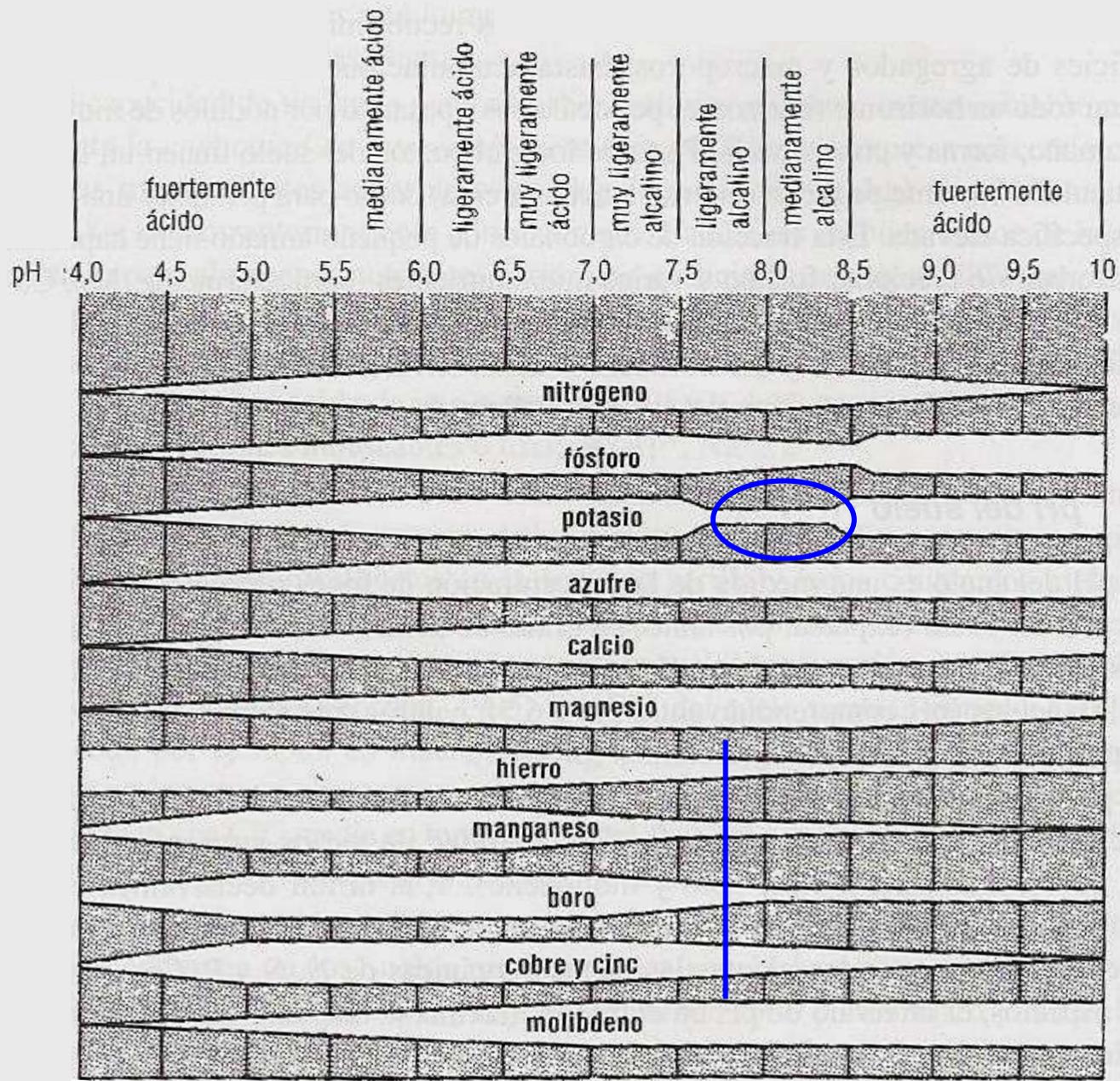
Los análisis de suelo, dan información de los niveles de nutrientes disponibles, del pH, de la Capacidad de Intercambio Cationico (CEC) y de la salinidad

pH del SUELO

❖ **El pH del suelo es una medida de los iones de hidrógeno presentes en el medio nutriente del suelo, disponible para la captación por la planta.**

❖ **La escala va de 1 a 14, siendo valores por debajo de 7 suelos ácidos y por encima de 7 suelos básicos.**

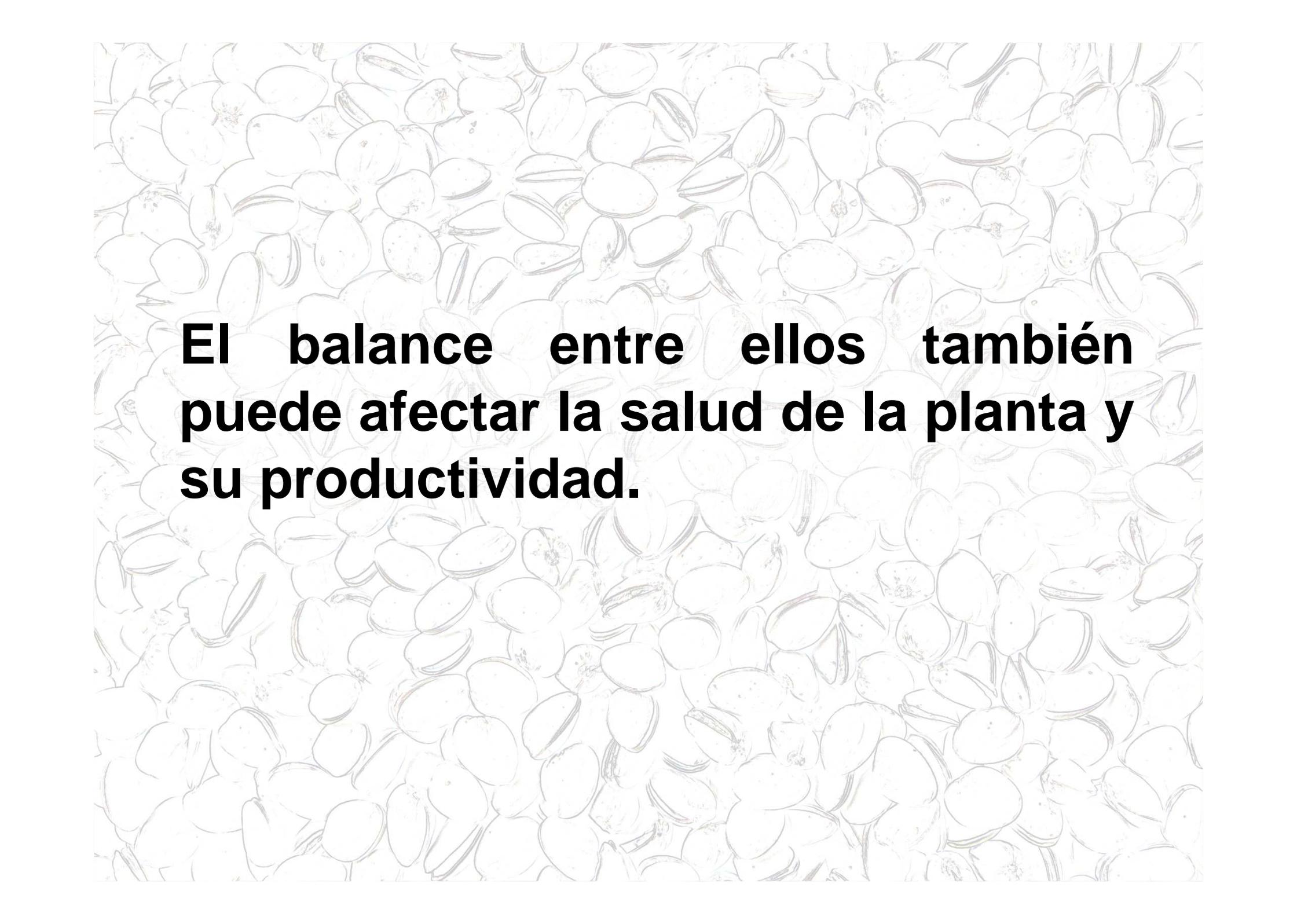
❖ **6 -8**



SUELO:

❖ Baja humedad del suelo tiene el efecto añadido (además del estrés hídrico) de limitar la concentración de nutrientes que están disponibles en la solución del suelo.

❖ Ejemplo de esto es el Potasio

The background of the slide is a dense, repeating pattern of almond shells. The shells are light beige or off-white with a slightly textured, veined appearance. They are scattered across the entire frame, creating a natural, organic backdrop for the text.

El balance entre ellos también puede afectar la salud de la planta y su productividad.

Relación entre nutrientes

Elemento	Favorece la absorción de	Dificulta la absorción de
Nitrógeno nítrico	Magnesio, Potasio	Boro, Fósforo
Nitrógeno amoniacal		Magnesio, Potasio
Potasio	Hierro	Calcio, Magnesio
Fósforo	Nitrógeno, Magnesio	Hierro, Zinc, Cobre, Potasio, Magnesio, Manganeseo, Zinc y Boro
Magnesio	Molibdeno, Fósforo	Potasio, Calcio
Hierro	Fósforo	Manganeseo

FERTILIZACIÓN

NITRÓGENO (N)

- Es el elemento más consumido a lo largo del año.
- Incorporación en primavera y a principios de verano. Mayor consumo de Mayo a Agosto.
- No a partir de Agosto (retraso de parada invernal)
- No conveniente en árboles recién transplantados (sensibilidad a frío)
- Influencia de la carga.
- Exceso - sensibilidad a enfermedades fúngicas y se afecta negativamente al desarrollo del fruto.

DEFICIENCIA DE NITROGENO



- Retraso de la brotación de las yemas
- Reducción del crecimiento
- Brotes pequeños y delgados con la corteza rojiza
- Hojas pequeñas y de verde pálido con venas y peciolo rojizos

DEFICIENCIA DE NITROGENO

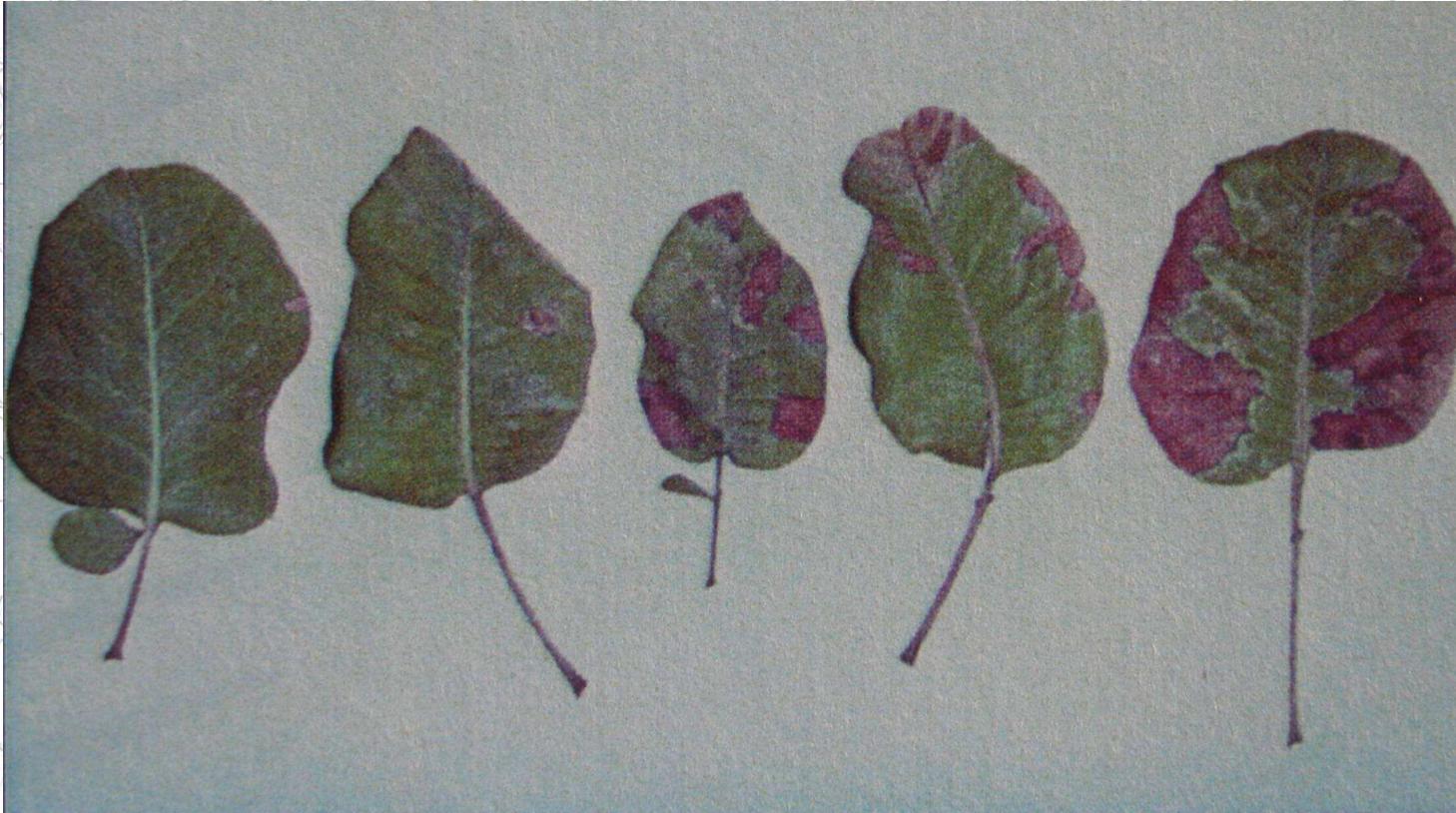


FERTILIZACIÓN

FÓSFORO (P)

- Después del N, es el que más puede limitar el rendimiento.
- Fundamental en numerosos procesos bioquímicos a nivel celular.
- Incrementa la eficiencia del uso del agua
- Incrementa la resistencia a enfermedades
- Mejora la productividad (rendimiento, calidad y tamaño del fruto,..)
- Se almacena en los años OFF

DEFICIENCIA DE FÓSFORO



- Retraso de la brotación de las yemas
- Reducción del crecimiento de los brotes con acortamiento entre los nudos
- Manchas irregulares marrones necróticas en los márgenes de las hojas, que posteriormente crece hasta cubrir la mayor parte del foliolo

DEFICIENCIA DE FÓSFORO



- Deshidratación prematura
- Caída prematura

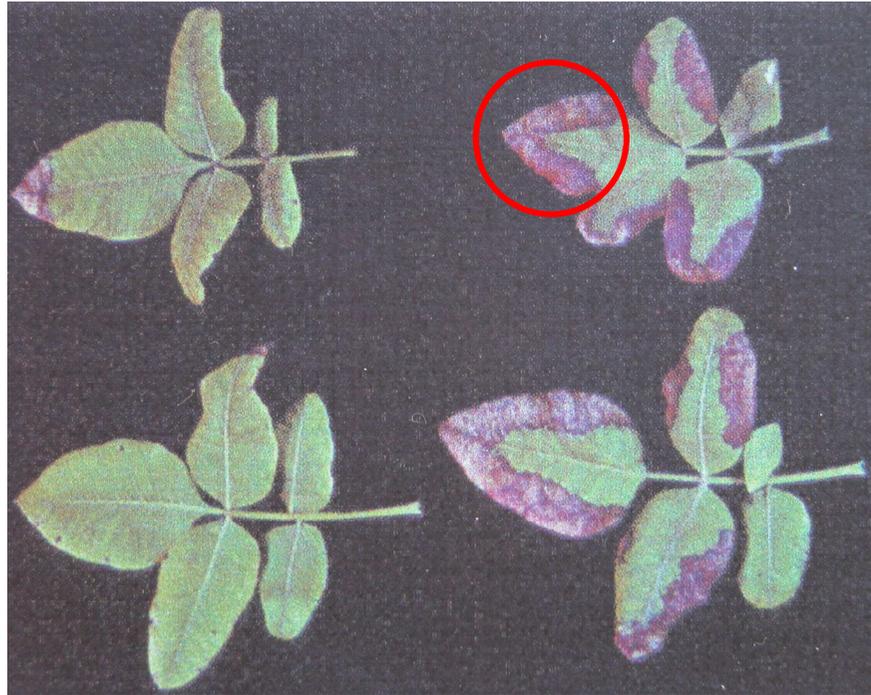


FERTILIZACIÓN

POTASIO (K)

- **Regula la transpiración de la hoja .**
- **Eleva la resistencia de la planta a estrés, frío, plagas y enfermedades.**
- **Acelera la maduración de los frutos y mejora su calidad (mayor peso, dehiscencia, y menor % de manchados y vacíos.**
- **Aunque haya presencia de potasio en el suelo la falta de humedad puede evitar su absorción**
- **En años de carga la demanda de potasio es mucho mayor**
- **Exceso - efectos negativos en calidad por bloqueo en elementos como Ca y Mg.**

DEFICIENCIA DE POTASIO



- Reducción del crecimiento de los brotes
- Peor maduración del fruto
- Hojas verde pálido con necrosis en los márgenes, clorosis internervial y petiolos blancos
- Con deficiencias graves, la necrosis en los márgenes es muy ancha y las hojas se curvan hacia abajo

Puede ser inducido por suelos muy secos

FERTILIZACIÓN

CALCIO (Ca)

- Estimula el desarrollo de raíces y hojas y en el desarrollo celular
- Interviene indirectamente en el rendimiento productivo al reducir la acidez del suelo → menor solubilidad y toxicidad de elementos como el Mn, Cu o Al.
- Junto al N, es el elemento de mayor consumo a lo largo del periodo vegetativo.
- En nuestros suelos no suele haber deficiencia de Ca

FERTILIZACIÓN

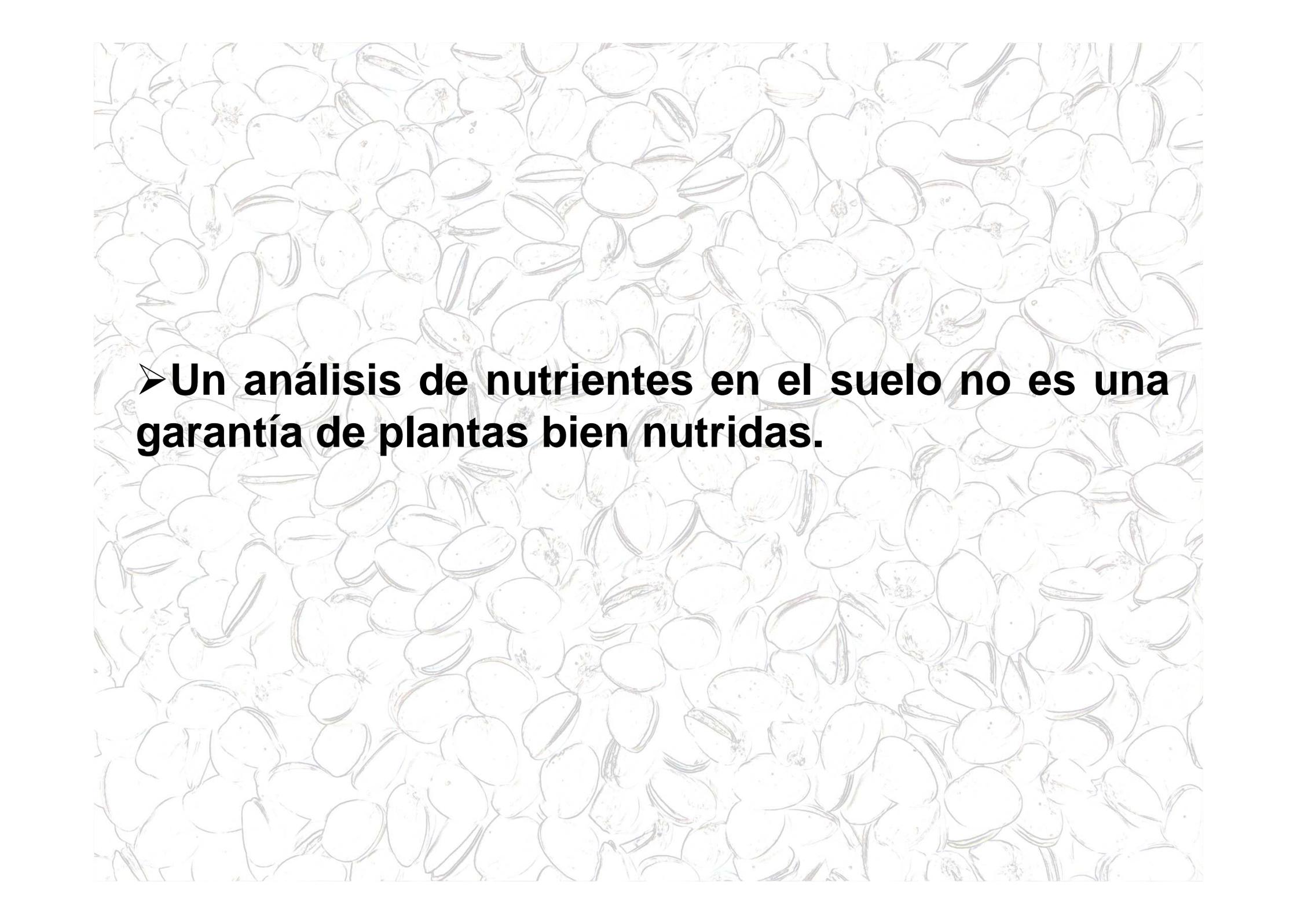
BORO (B)

- El boro mejora el desarrollo de las flores y el cuajado de lo frutos
- Pistachero es un gran consumidor de BORO
- Aplicar en otoño o en primavera.
- Un exceso da lugar a toxicidad, **SOLO APLICAR CUANDO SE DETECTE DEFICIENCIA**

FERTILIZACIÓN

ZINC (Zn)

- **Numerosas reacciones metabólicas**
- **Asociado al polen y al desarrollo de la semilla**
- **Deficiencia ligada a la calidad de los frutos (mayor % de frutos vanos)**

The background of the slide is a dense, repeating pattern of almond shells. The shells are light beige or off-white with a subtle, textured appearance, showing the characteristic split of the nut. They are scattered across the entire frame, creating a natural, organic backdrop.

➤ **Un análisis de nutrientes en el suelo no es una garantía de plantas bien nutridas.**

Análisis foliar:

- **Muestreo DURANTE la primera quincena de AGOSTO (ajustar según zona)**
- **Muestras aleatorias de varias hojas (4 a 10 hojas) TOTALMENTE EXPANDIDAS del final de brotes SIN FRUTOS**
- **Muestrear varios árboles (10 o 20) por zona.**
- **Mantenerlas en una nevera de campo durante el muestreo y mandarlas al laboratorio en el menor tiempo posible**

ELEMENTO	VALOR CRÍTICO	INTERVALO
N	2,3 (%)	2,5-2,9
P	0,14 (%)	0,14-0,17
K	1,6 (%)	1,8-2,0
Ca	1,3 (%)	1,3-4,0
Mg	0,6 (%)	1,2
Bo	90 (ppm)	150-250
Cu	4 (ppm)	6-10
Mn	30 (ppm)	30-80
Zn	7 (ppm)	10-15
Cl		0,1-0,3

In-A-Nutshell

Pistachio Production Manual

Análisis foliar:

- **El análisis indica QUÉ hay que aportar pero NO CUANTO.**
- **Aunque no se detecten carencias es NECESARIO repetir el análisis anualmente**
- **Un exceso de nutrientes puede producir TOXICIDAD en los árboles. Sobre todo en B, Zn, Cu.**



Gracias por vuestra atención