

Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

Jornada técnica del World Pistachio Congress (WPC) en Ciudad Real(23 de octubre de 2026)

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

Dr. Joan Girona i Gomis
IRTA – *Investigador Emérito*
AHC – *Agro-Hidric Consulting*
joan.girona@irta.cat

[©JGirona (2026)]

1

Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector
NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ



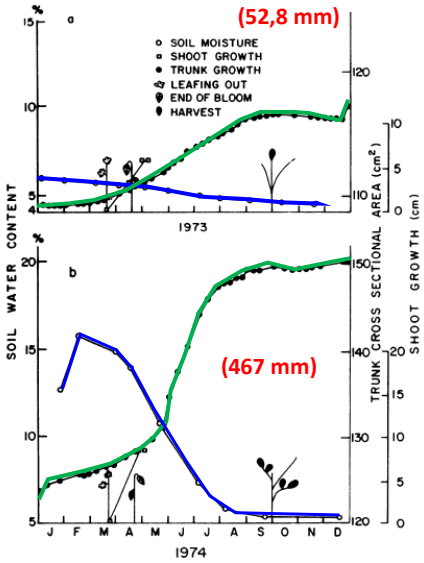
[©JGirona (2026)]

2



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ





	1971	1972	1973	1974
Kg/arbre	1,3	8,3	3,7	13
Kg/ha (total)	265	1694	755	2653
kg/ha (comercial)	88	1033	378	982

(Spiegel-Roy et a., 1977)

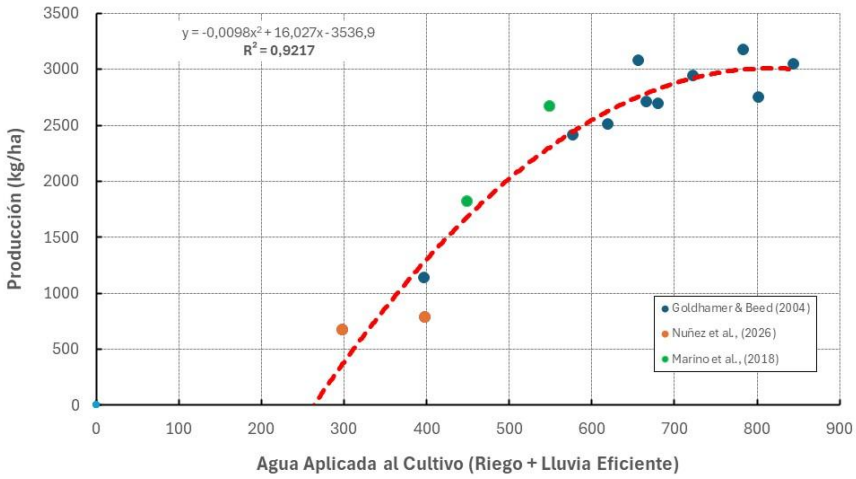
[©JGirona (2026)]

3



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

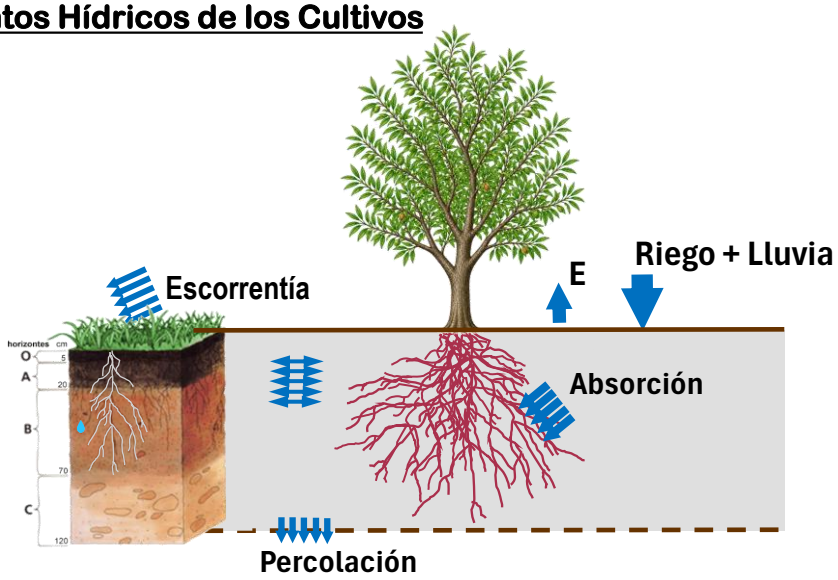
NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ



[©JGirona (2026)]

4

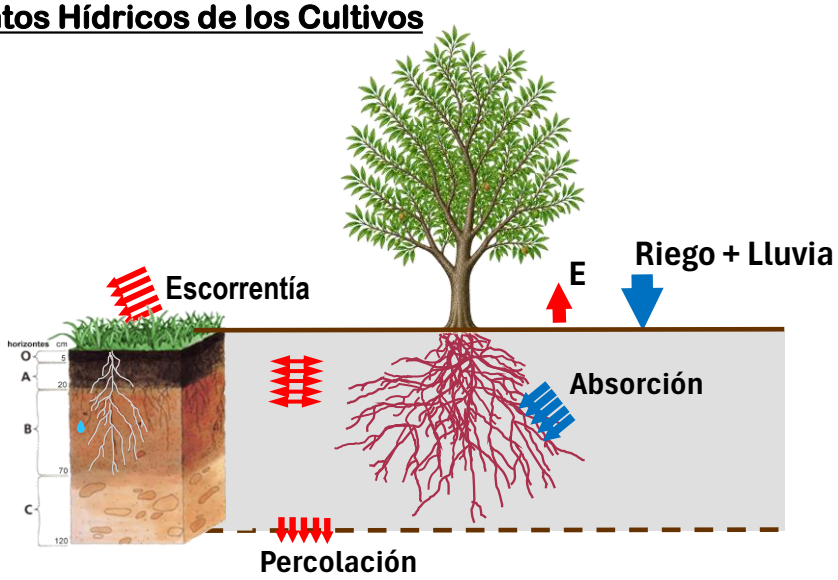
Requerimientos Hídricos de los Cultivos



[©JGirona (2026)]

5

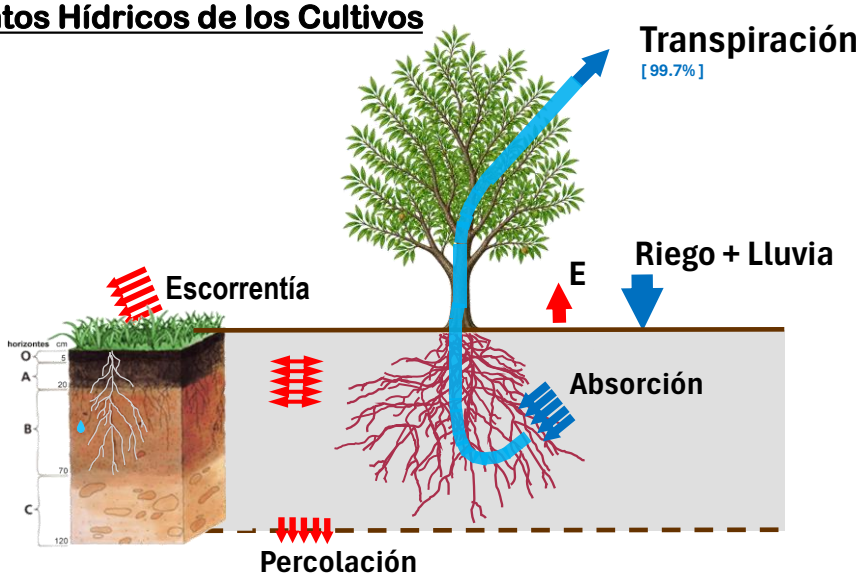
Requerimientos Hídricos de los Cultivos



[©JGirona (2026)]

6

Requerimientos Hídricos de los Cultivos

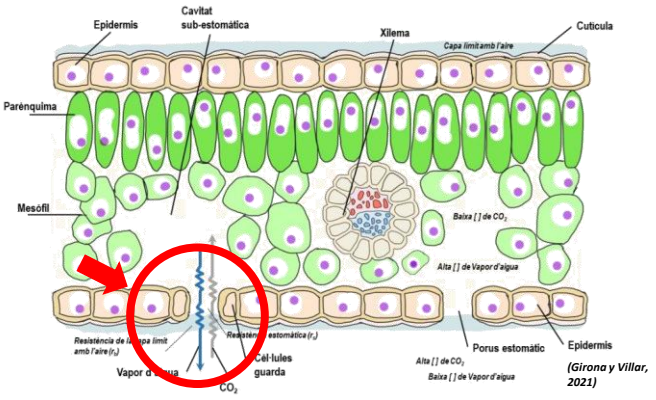


[©JGirona (2026)]

7

Requerimientos Hídricos de los Cultivos





(Girona y Villar, 2021)

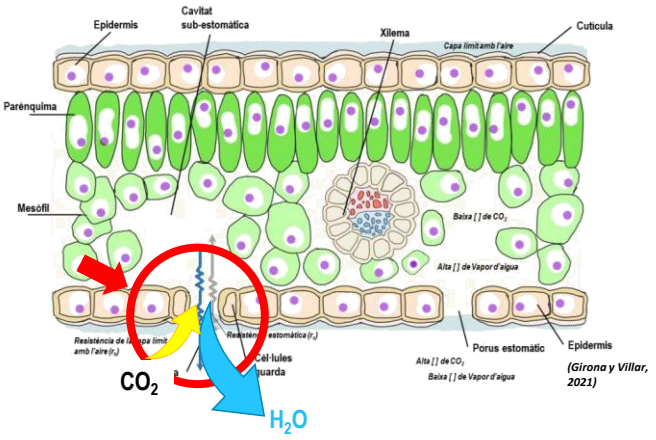
[©JGirona (2026)]

8

Requerimientos Hídricos de los Cultivos

Biomas Production = *f* (Transpired Water)





(Girona y Villar, 2021)

[©JGirona (2026)]

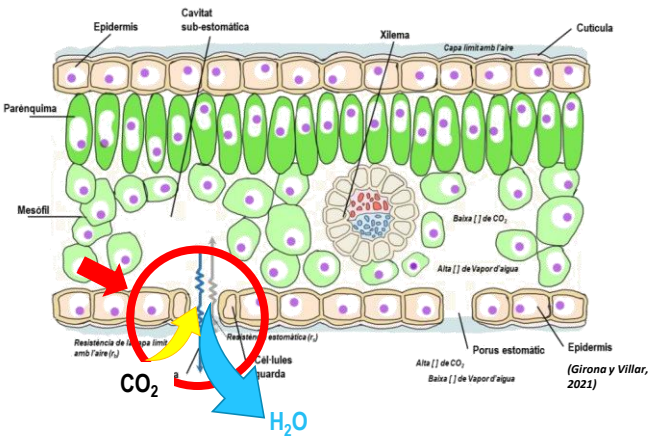
9

Requerimientos Hídricos de los Cultivos

Estomas en las dos caras de la hoja



Biomas Production = *f* (Transpired Water)



(Girona y Villar, 2021)

[©JGirona (2026)]

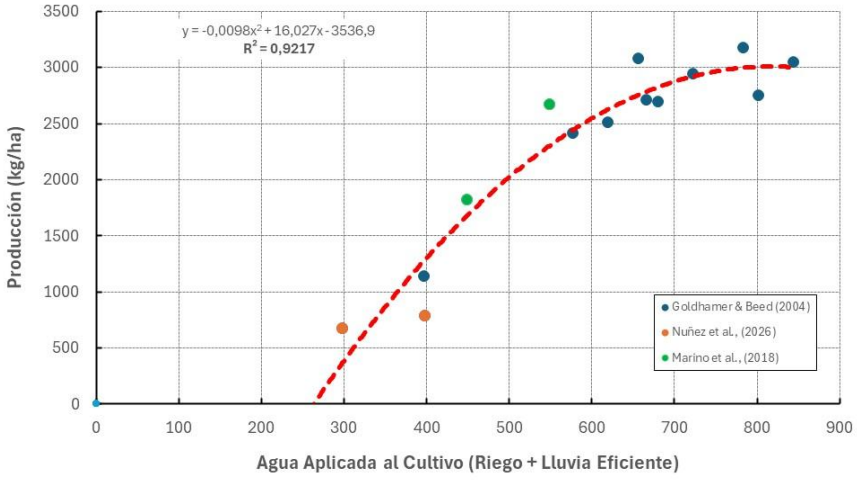
10



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

Funciones de Producción del Agua



[©JGirona (2026)]

11

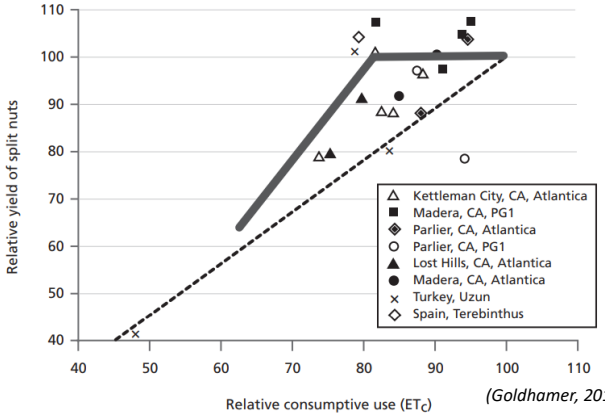


Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ



FIGURE 6 Production function developed using RDI strategies that imposed stress during Stages I, II, and postharvest only for at least a four-year duration. Eight studies from USA and Europe met this criterion and are presented. The dashed line shows linear regression from full yield, through zero yield with a 7% ET_C; the level assumed necessary for tree survival.



(Goldhamer, 2012)

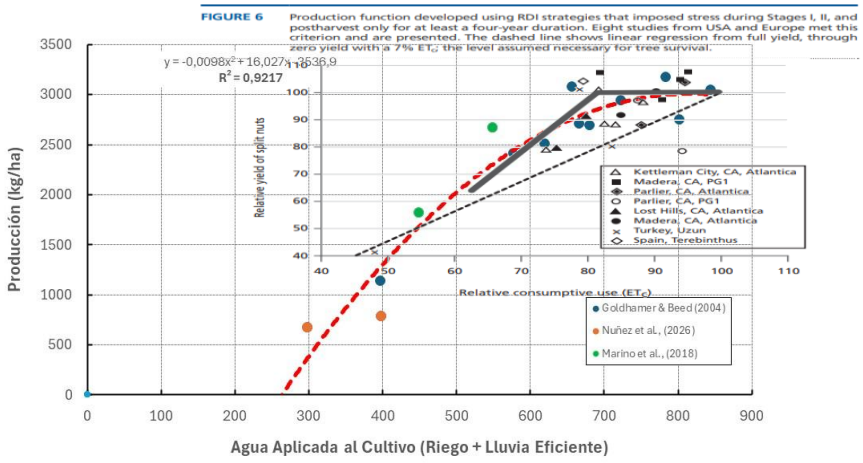
[©JGirona (2026)]

12



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ



[©JGirona (2026)]

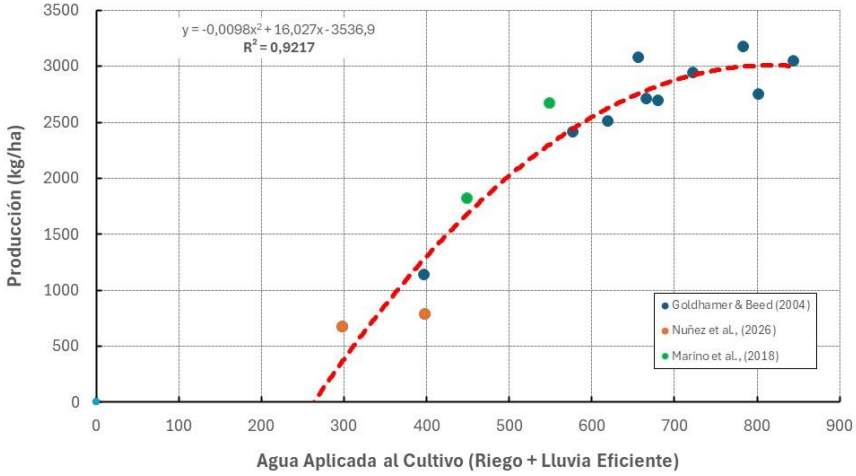
13



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

Funciones de Producción del Agua



[©JGirona (2026)]

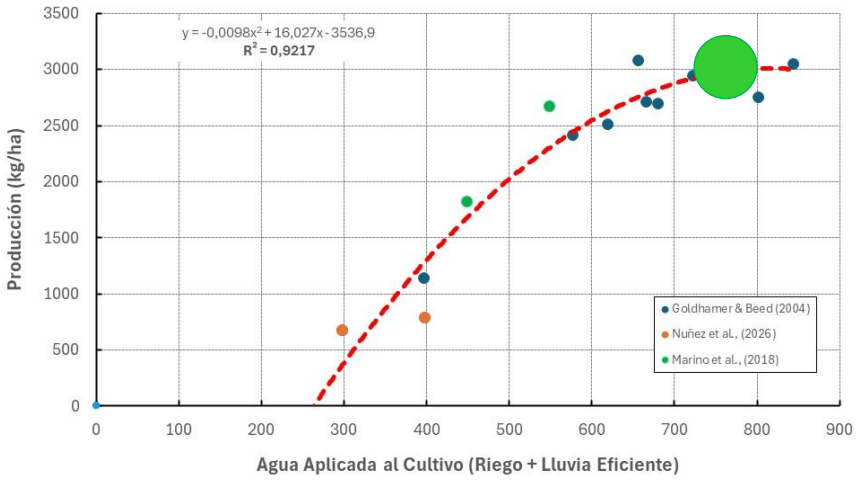
14



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

Funciones de Producción del Agua



[©JGirona (2026)]

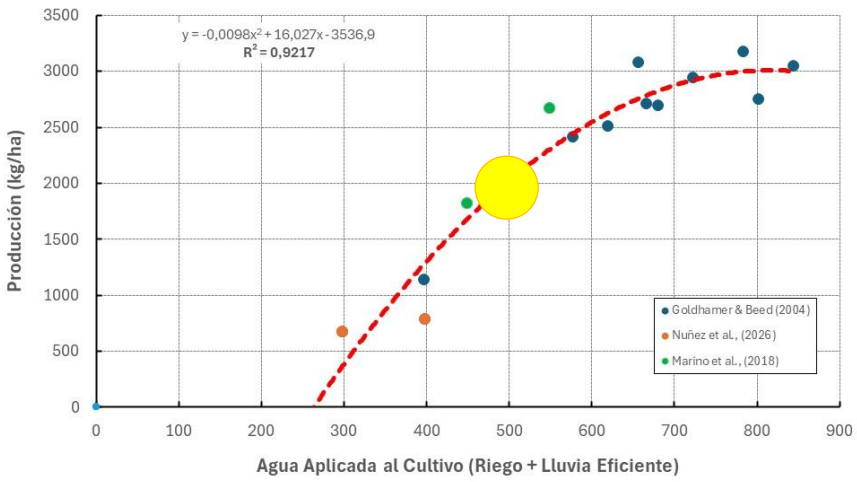
15



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

Funciones de Producción del Agua



[©JGirona (2026)]

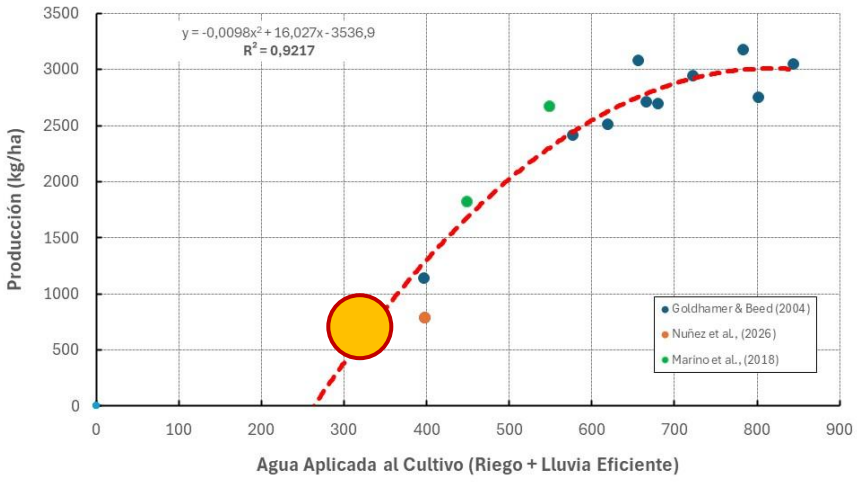
16



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

Funciones de Producción del Agua



[©JGirona (2026)]

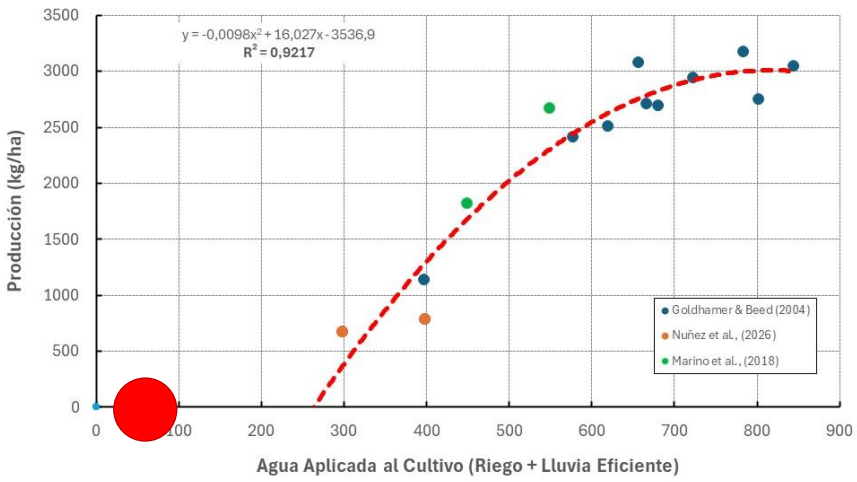
17



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

Funciones de Producción del Agua

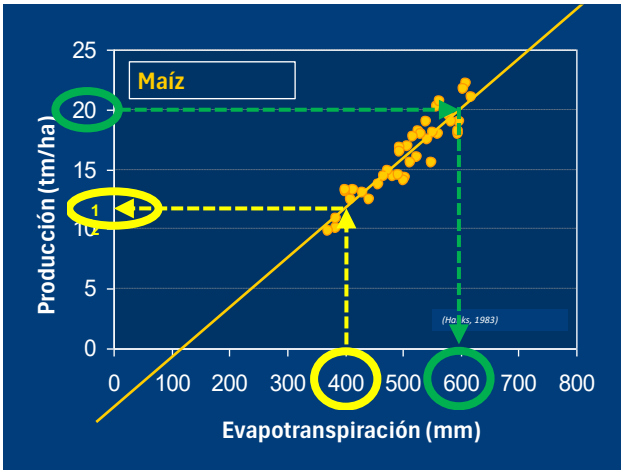


[©JGirona (2026)]

18

Funciones de Producción del Agua





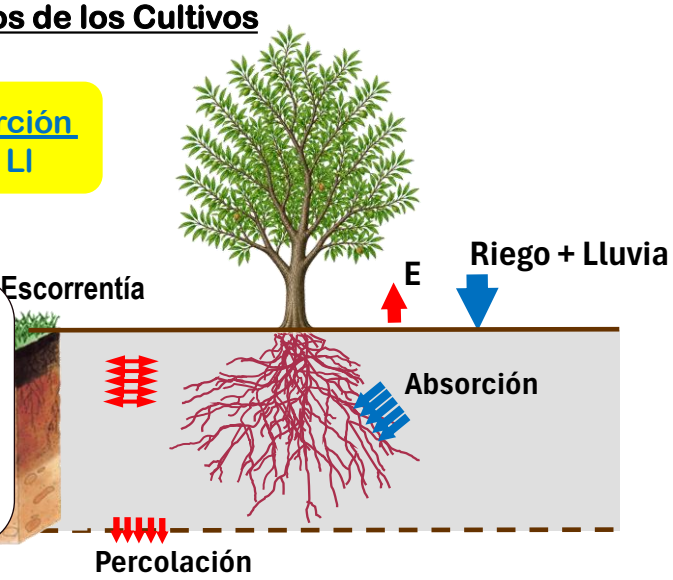
[©JGirona (2026)]

19

Requerimientos Hídricos de los Cultivos

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Absorción}}{R + LI}$$

Irrigation System	Irrigation Efficiency
Flooding	45 - 65 %
Sprinkler	70 - 80 %
Micro-Sprinkler	85 - 90%
Drip	90 - 95 %
Sub-Surface Drip	95%



[©JGirona (2026)]

20

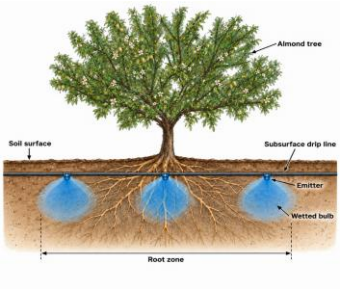
Sistemas de Riego











[©JGirona (2026)]

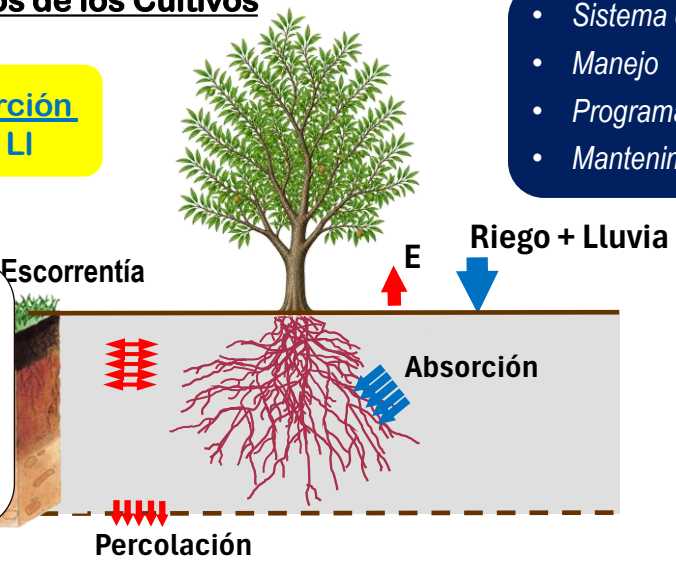
21

Requerimientos Hídricos de los Cultivos

Eficiencia = $\frac{\text{Absorción}}{\text{R + LI}}$

- *Sistema de Riego*
- *Manejo*
- *Programación de Riego*
- *Mantenimiento*

Irrigation System	Irrigation Efficiency
Flooding	45 - 65 %
Sprinkler	70 - 80 %
Micro-Sprinkler	85 - 90%
Drip	90 - 95 %
Sub-Surface Drip	95%

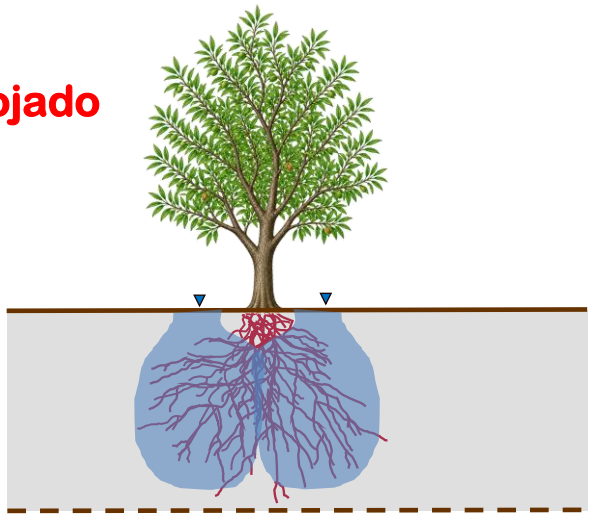


[©JGirona (2026)]

22

Sistemas de Riego

Volumen de Suelo Mojado



[©JGirona (2026)]

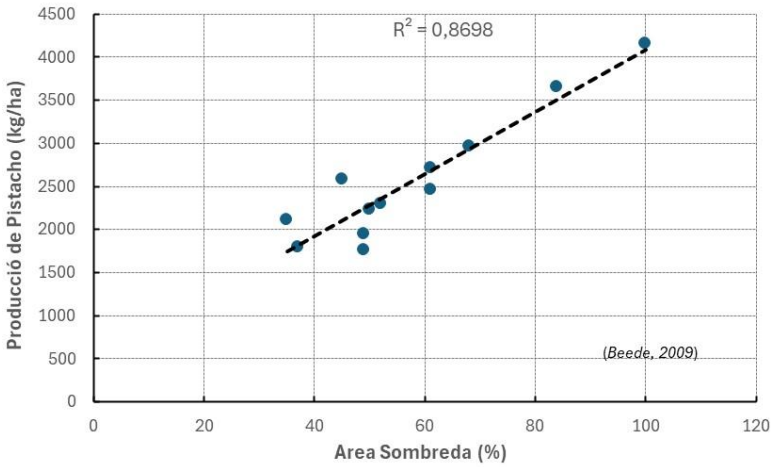
23



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

EL VOLUMEN DE COPA DE LOS PISTACHEROS DETERMINA SU PRODUCCIÓN POTENCIAL

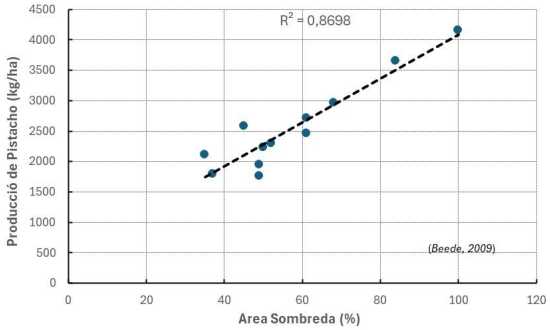


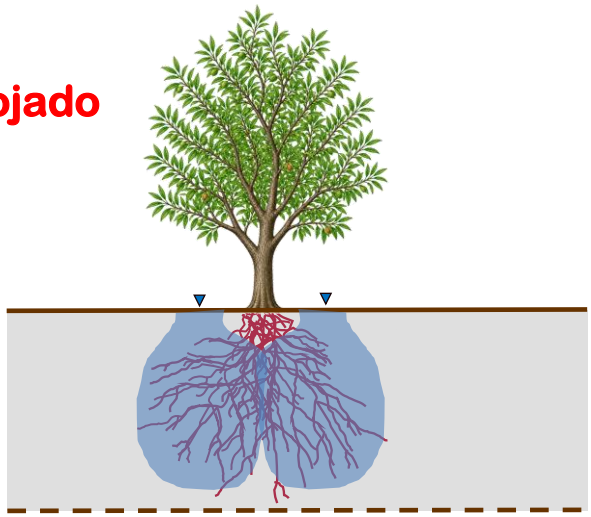
[©JGirona (2026)]

24

Sistemas de Riego

Volumen de Suelo Mojado



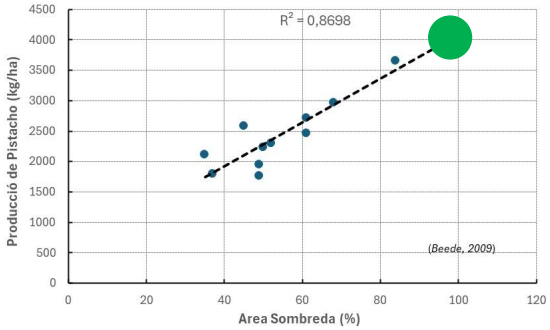


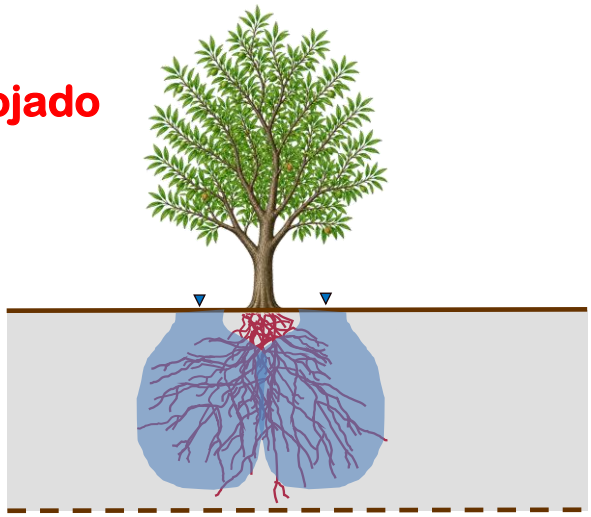
[©JGirona (2026)]

25

Sistemas de Riego

Volumen de Suelo Mojado



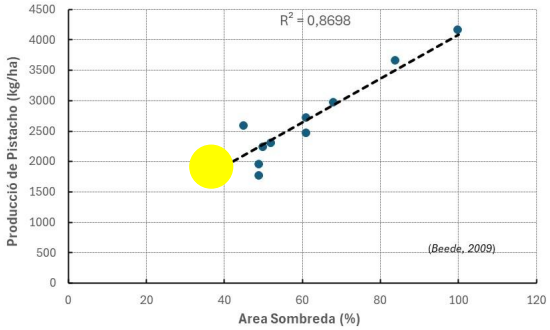


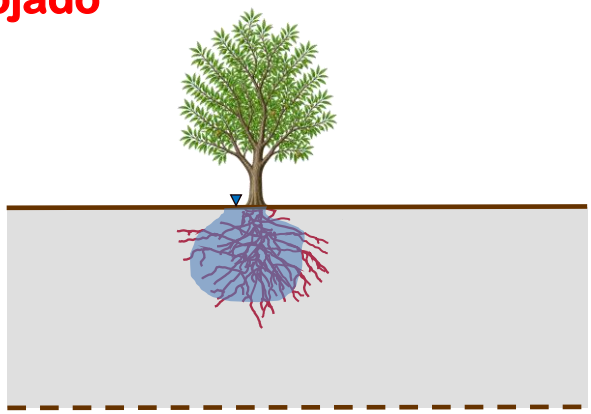
[©JGirona (2026)]

26

Sistemas de Riego

Volumen de Suelo Mojado



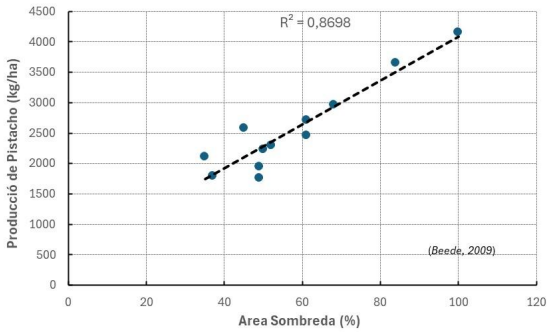


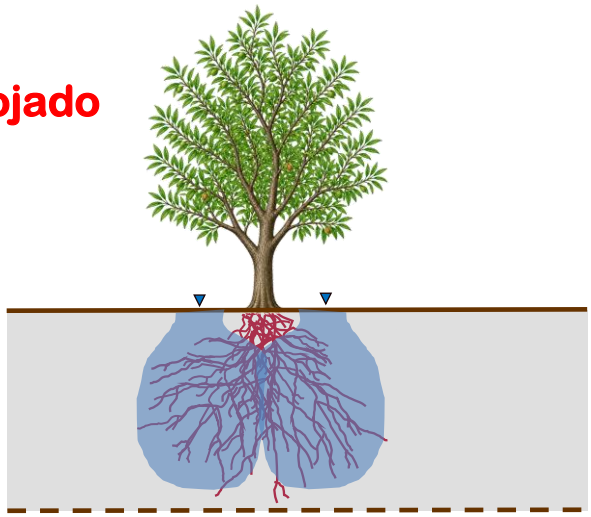
[©JGirona (2026)]

27

Sistemas de Riego

Volumen de Suelo Mojado



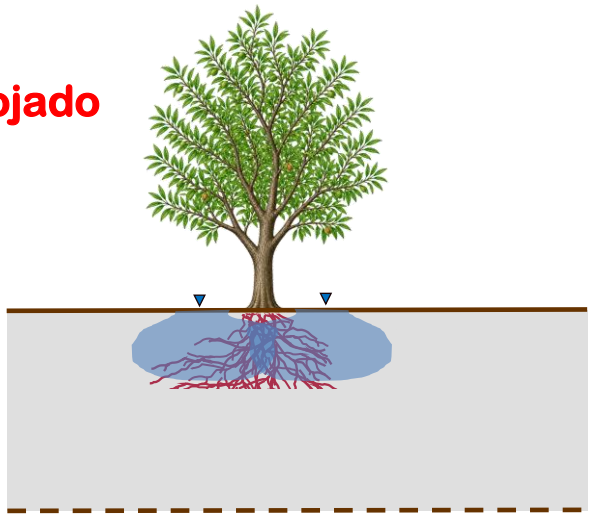


[©JGirona (2026)]

28

Sistemas de Riego

Volumen de Suelo Mojado



[©JGirona (2026)]

29

Sistemas de Riego

Volumen de Suelo Mojado



[©JGirona (2026)]

30


Requerimientos Hídricos de los Cultivos
Para qué los pistacheros necesitan agua para producir?
[©JGirona (2026)]

31


Requerimientos Hídricos de los Cultivos
Para qué los pistacheros necesitan agua para producir?
• El Agua es esencial para la Fotosíntesis
• El Agua permite el Crecimiento Vegetativo
• El Agua favorece el transporte de Nutrientes
• El Agua regula la Temperatura de los árboles
• El Agua sostiene el Crecimiento del Grano y la Cáscara
[©JGirona (2026)]

32



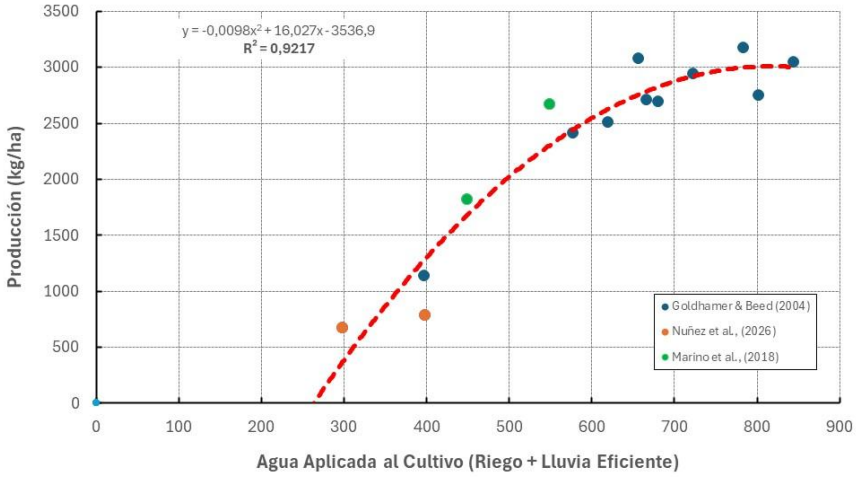
33



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

Funciones de Producción del Agua



[©JGirona (2026)]

34


¿ Cuanto agua requiere mi plantación de Pistacho ?
Metodologías:
• Balance Hídrico
• Estado Hídrico del cultivo
• Estado hídrico de la planta
• Manual, Teledetección, Sensórica
• Reservas de agua en el suelo
• Manual, Teledetección, Sensórica
[©JGirona (2026)]

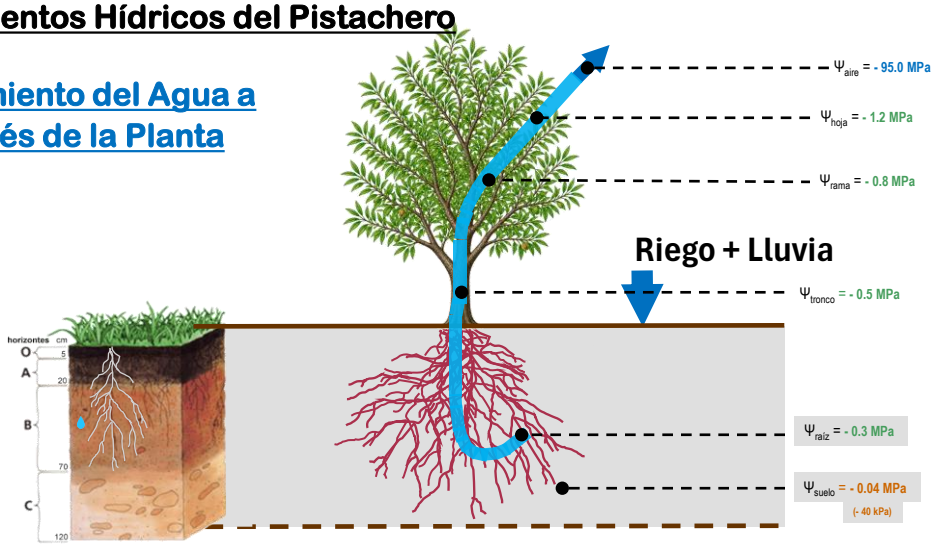
35


¿ Cuanto agua requiere mi plantación de Pistacho ?
Metodologías:
• Balance Hídrico
• Estado Hídrico del cultivo
• Estado hídrico de la planta
• Manual, Teledetección, Sensórica
• Reservas de agua en el suelo
• Manual, Teledetección, Sensórica
[©JGirona (2026)]

36

Requerimientos Hídricos del Pistachero

Movimiento del Agua a través de la Planta

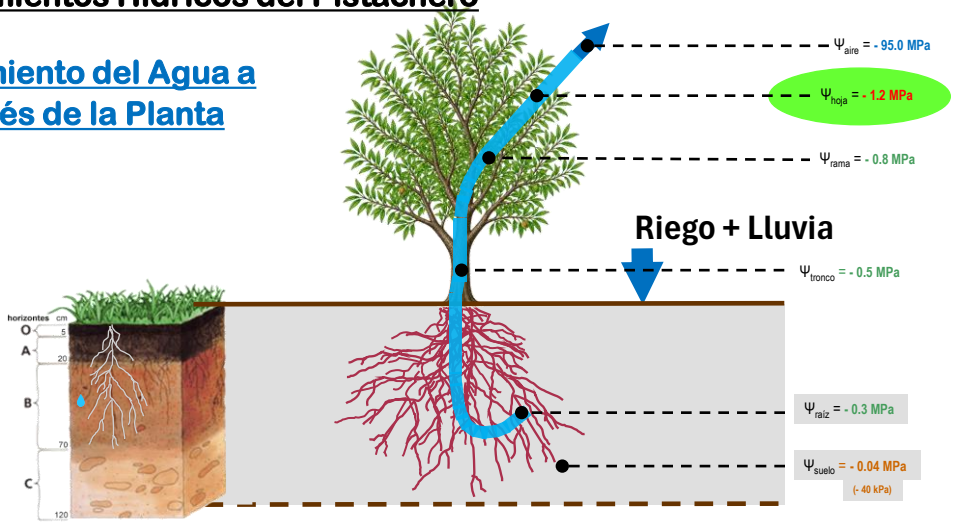


[©JGirona (2026)]

37

Requerimientos Hídricos del Pistachero

Movimiento del Agua a través de la Planta

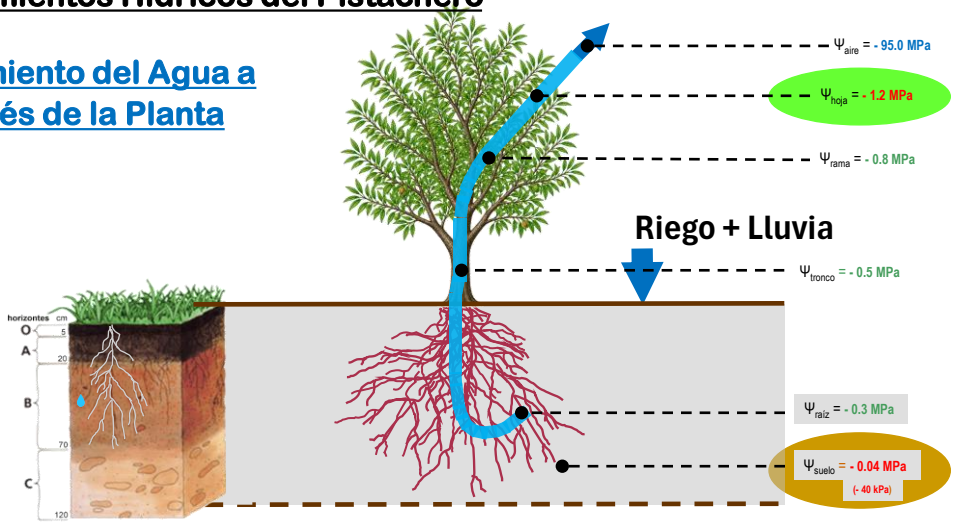


[©JGirona (2026)]

38

Requerimientos Hídricos del Pistachero

Movimiento del Agua a través de la Planta



[©JGirona (2026)]

39

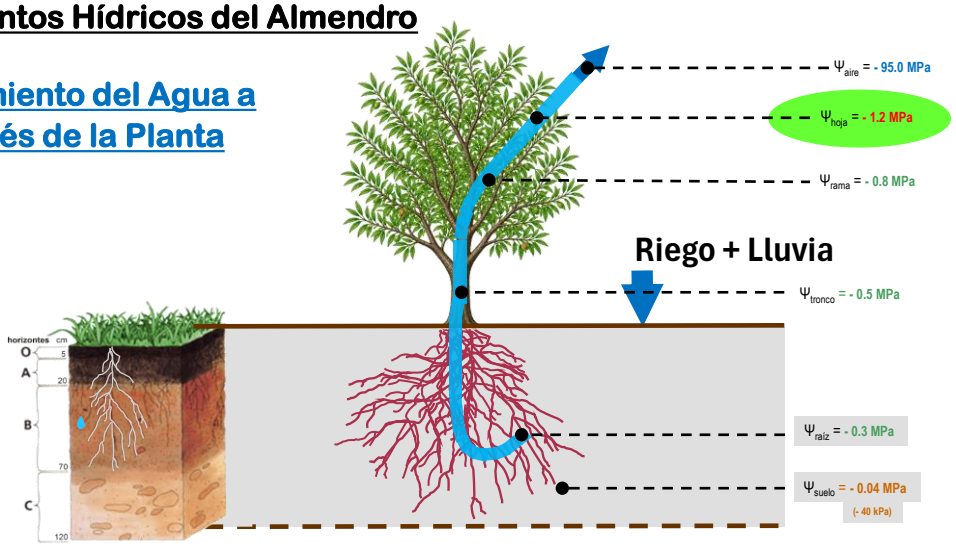


[©JGirona (2026)]

40

Requerimientos Hídricos del Almendro

Movimiento del Agua a través de la Planta



[©JGirona (2026)]

41



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

Determinación del estado hídrico del cultivo



[©JGirona (2026)]

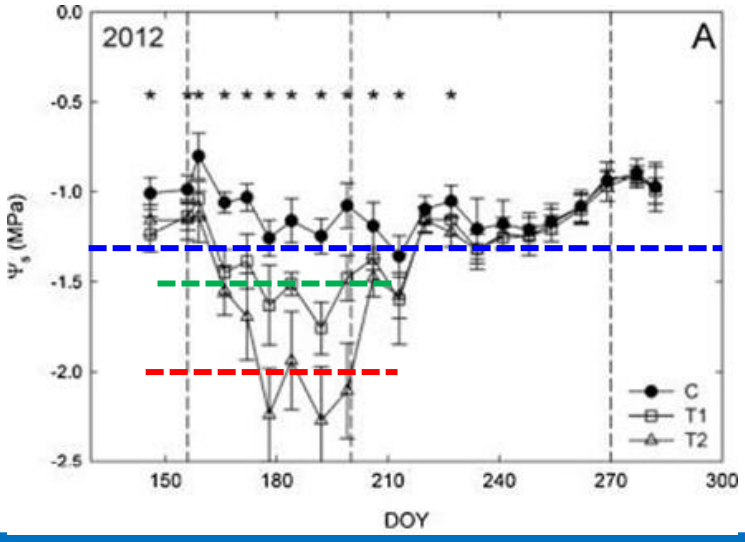
42



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

Determinación del estado hídrico del cultivo



(Memmi et al., 2016)

[©JGirona (2026)]

43



¿ Cuanto agua requiere mi plantación de Pistacho ?

Metodologías:

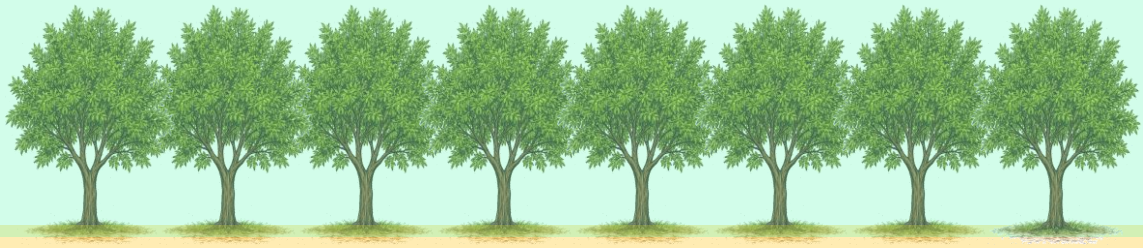
- **Balance Hídrico**
- **Estado Hídrico del cultivo**
  - **Estado hídrico de la planta**
    - **Manual, Teledetección, Sensórica**
  - **Reservas de agua en el suelo**
    - **Manual, Teledetección, Sensórica**

[©JGirona (2026)]

44

Requerimientos Hídricos del Pistachero

$$ETc = ETo * Kc$$



Balance de Energía

[©JGirona (2026)]

45

Requerimientos Hídricos del Pistachero

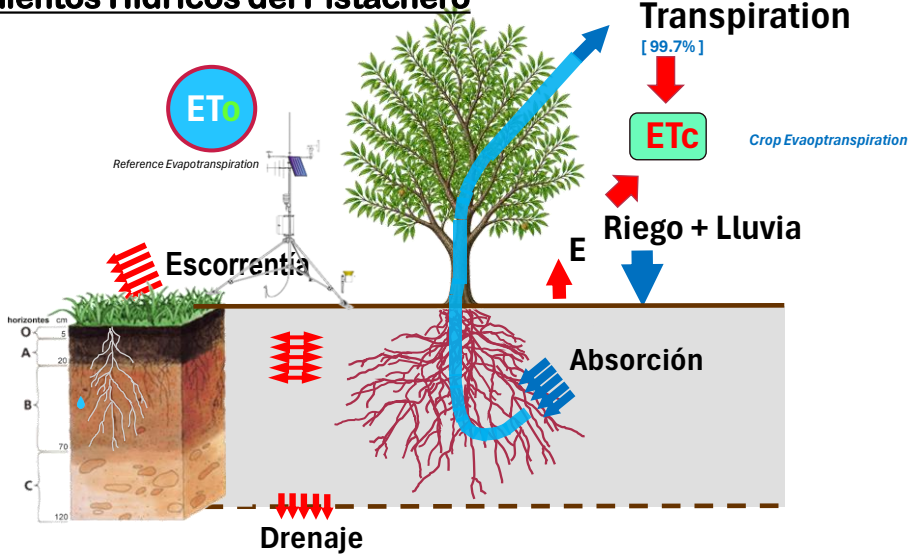
$$ET_o = \frac{0{,}408\ \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0{,}34\ u_2)}$$

Balance de Energía **Penman-Monteith FAO**

[©JGirona (2026)]

46

Requerimientos Hídricos del Pistachero



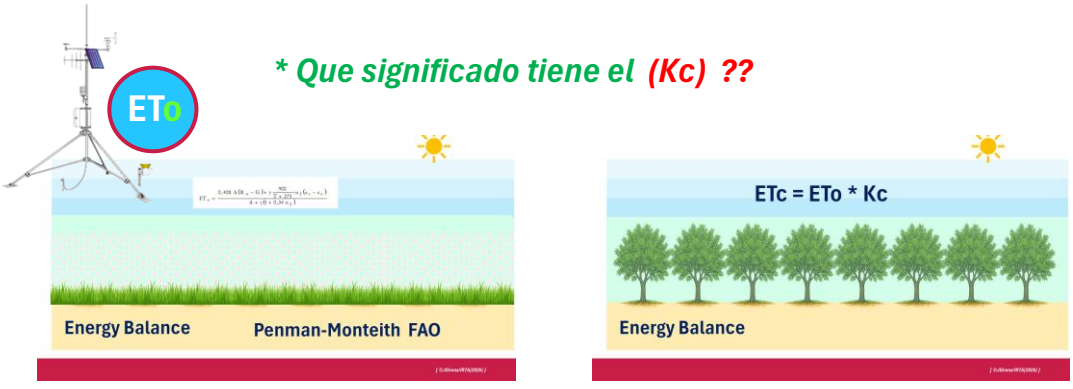
[©JGirona (2026)]

47

Requerimientos Hídricos del Pistachero

ETc = ETo x Kc

** Que significado tiene el (Kc) ??*

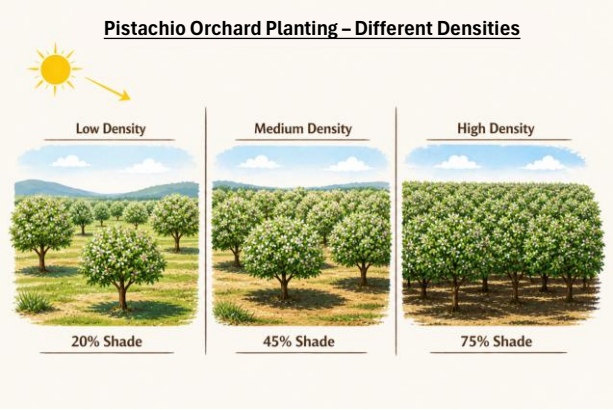


[©JGirona (2026)]

48

Requerimientos Hídricos del Pistachero

$$ETc = ETo \times Kc$$



Kc es diferente en cada caso

[©JGirona (2026)]

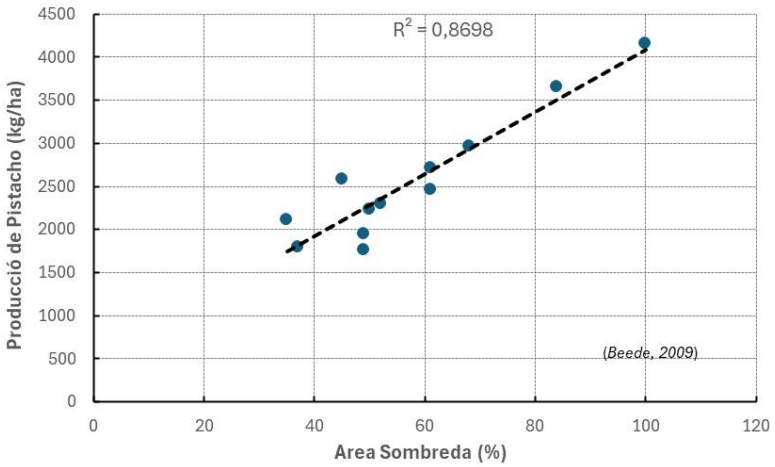
49



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

EL VOLUMEN DE COPA DE LOS PISTACHEROS DETERMINA SU PRODUCCIÓN POTENCIAL

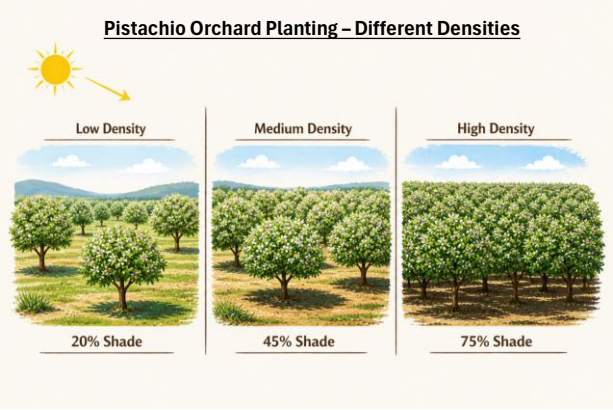


[©JGirona (2026)]

50

Requerimientos Hídricos del Pistachero

ETc = ETo x Kc



Kc es diferente en cada caso

[©JGirona (2026)]

51



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

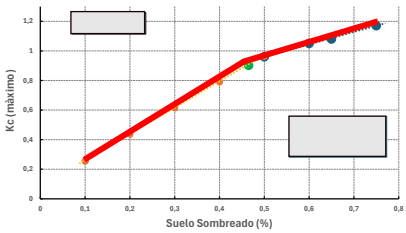
NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

ETc = ETo x Kc

TABLE 1 Crop coefficients relative to grass reference crop (ET_o) for mature pistachio trees ('Kerman' on *P. atlantica*) measured using on soil water balance approach in western Kings Co., CA (Goldhamer *et al.*, 1985).

Date	Crop Coefficient (K_c)
Apr. 1-15	0.07
Apr. 16-30	0.43
May 1-15	0.68
May 16-31	0.93
June 1-15	1.09
June 16-30	1.17
July 1-15	1.19
July 16-31	1.19
Aug. 1-15	1.19
Aug. 16-31	1.12
Sept. 1-15	0.99
Sept. 16-30	0.87
Oct. 1-15	0.67
Oct. 16-31	0.50
Nov. 1-15	0.35
Nov. 16 -30	0.28

Mes	Cultivo		
	Almendro	Nogal	Pistachero
Marzo	0,40	0,20	0,20
Abril	0,60	0,61	0,32
Mayo	0,85	0,83	0,72
Junio	1,00	0,97	1,02
Julio	1,09	1,14	1,07
Agosto	1,09	1,14	1,04
Septiembre	1,12	1,03	0,84
Octubre	0,72	0,70	0,53



[©JGirona (2026)]

52



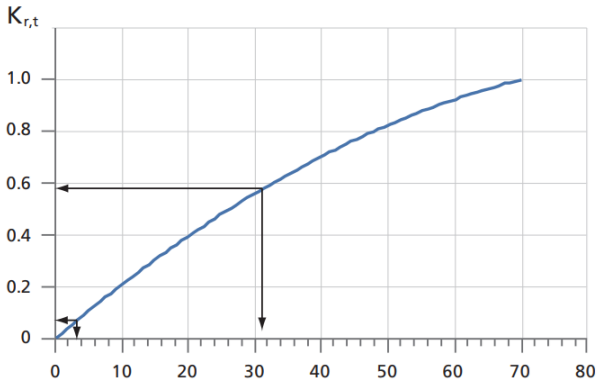
Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

FIGURE 11 Relationship between tree horizontal projection at midday (Percent ground cover) and the reduction coefficient, $K_{r,t}$, relating the ET of orchards with partial cover to that of mature, full cover plantations formed by isolated trees (for hedgerows, see Apple Section).

ETc = ETo x Kc x Ks

K_s



Area Sombreada(%)

(Fereres et al., 2012)

[©JGirona (2026)]

53



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

Determinación del estado hídrico del cultivo



[©JGirona (2026)]

54

Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

ADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ





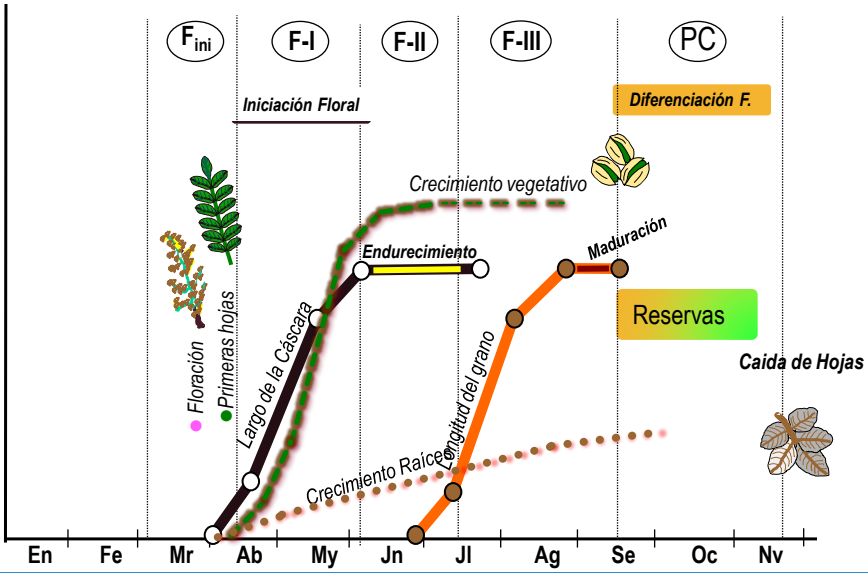
[©JGirona (2026)]

55



CICL0 ANUAL DEL PISTACHERO

(Ferguson et al., 1992; UC Pistachio Production Manual, 1995, Rosecrance et al., 2006)



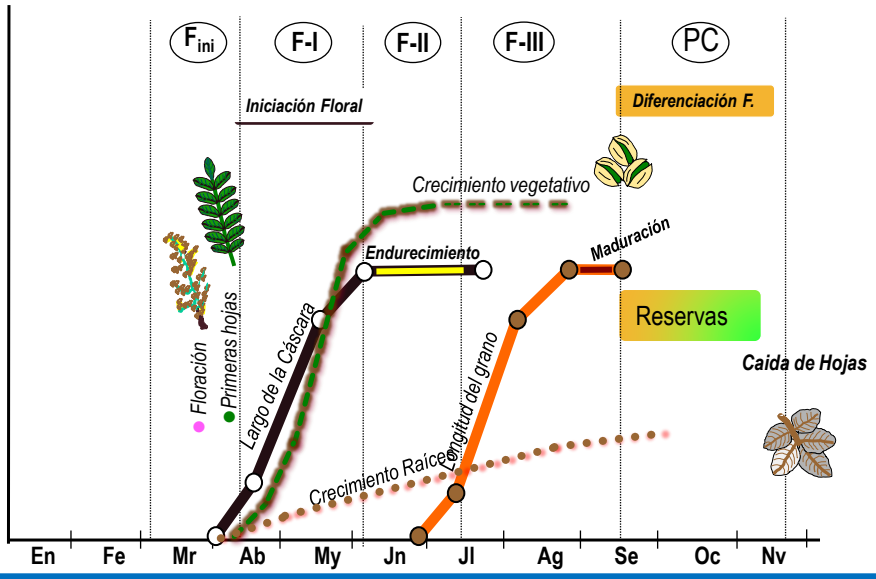
[©JGirona (2026)]

56



CICL0 ANUAL DEL PISTACHERO

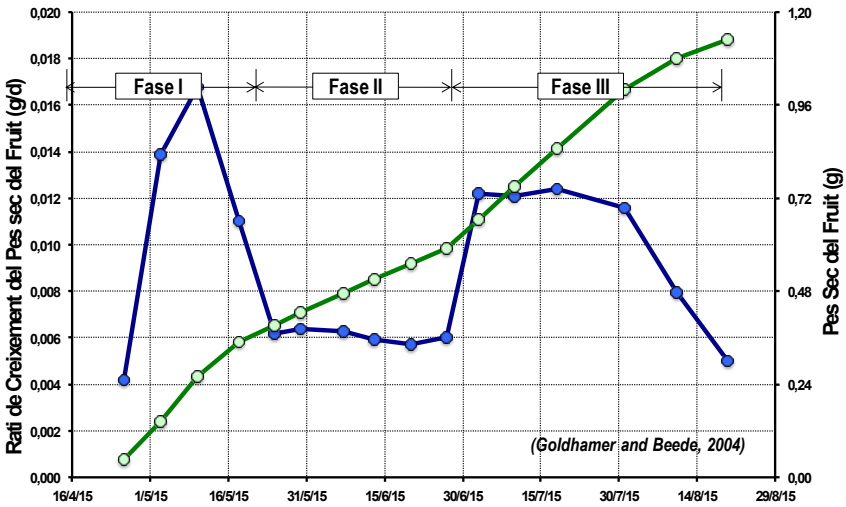
(Ferguson et al., 1992; UC Pistachio Production Manual, 1995, Rosecrance et al., 2006)



[©JGirona (2026)]

57

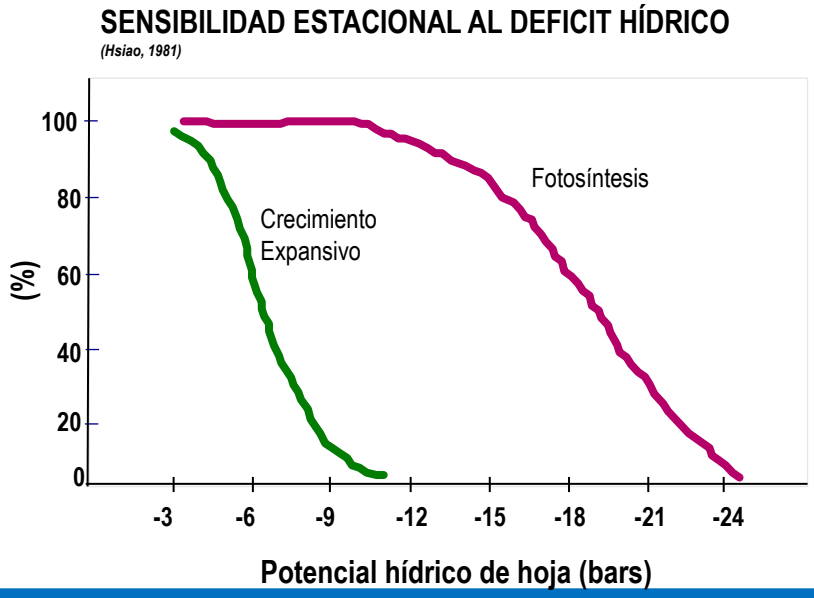




[©JGirona (2026)]

58

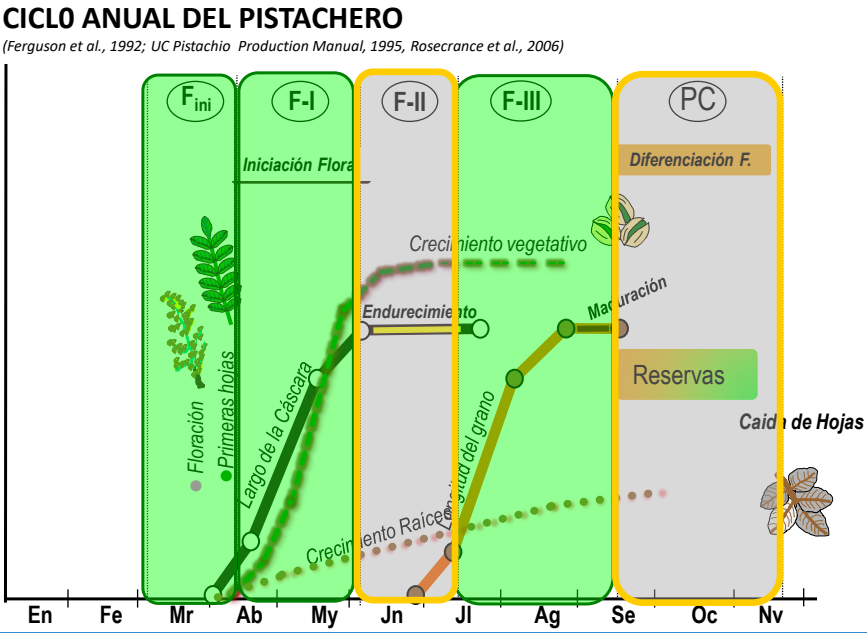




[©JGirona (2026)]

59





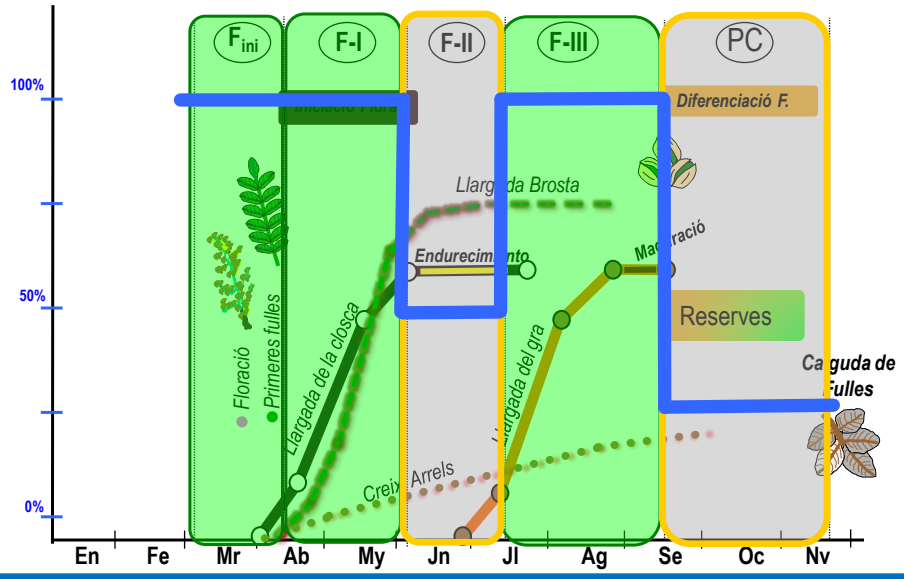
[©JGirona (2026)]

60



CICLO ANUAL DEL PISTACHERO

(Ferguson et al., 1992; UC Pistachio Production Manual, 1995, Rosecrance et al., 2006)



[©JGirona (2026)]

61



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

ADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

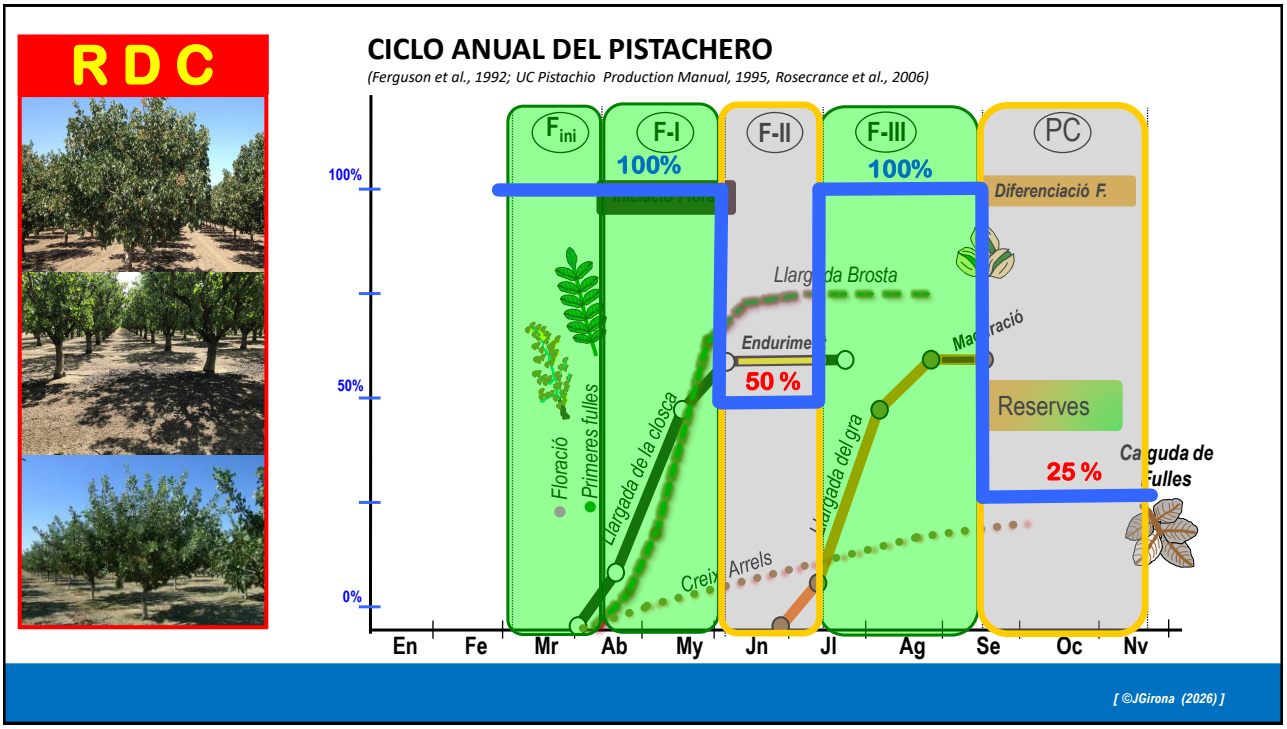
(Media Producciones 1991-1992)

Tratamientos	Fases				Riego	Prod.	Peso Fruto	Blancos	Abiertos	F. Cos.
	F-I	F-II	F-III	PC	*(mm/año)*	*(kg/ha)*	*(g)*	*(%)*	*(%)*	*(%)*
T1	0%				784	3168	1,24	21,5	87,8	85,5
T2		0%			620	2508	1,29	22,0	73,6	91,4
T3			0%		398	1136	1,18	27,6	43,6	72,6
T4				0%	803	2746	1,30	22,8	78,8	88,8
T5		25%		50%	681	2688	1,32	22,0	75,9	88,4
T6		25%		25%	667	2702	1,32	22,1	78,1	88,8
T7		0%		25%	578	2408	1,28	24,6	75,3	84,7
T8		50%			723	2939	1,30	19,0	81,0	91,7
T9		50%			657	3074	1,30	21,2	81,7	89,5
T10	100%	100%	100%	100%	845	3040	1,32	22,5	79,5	88,8

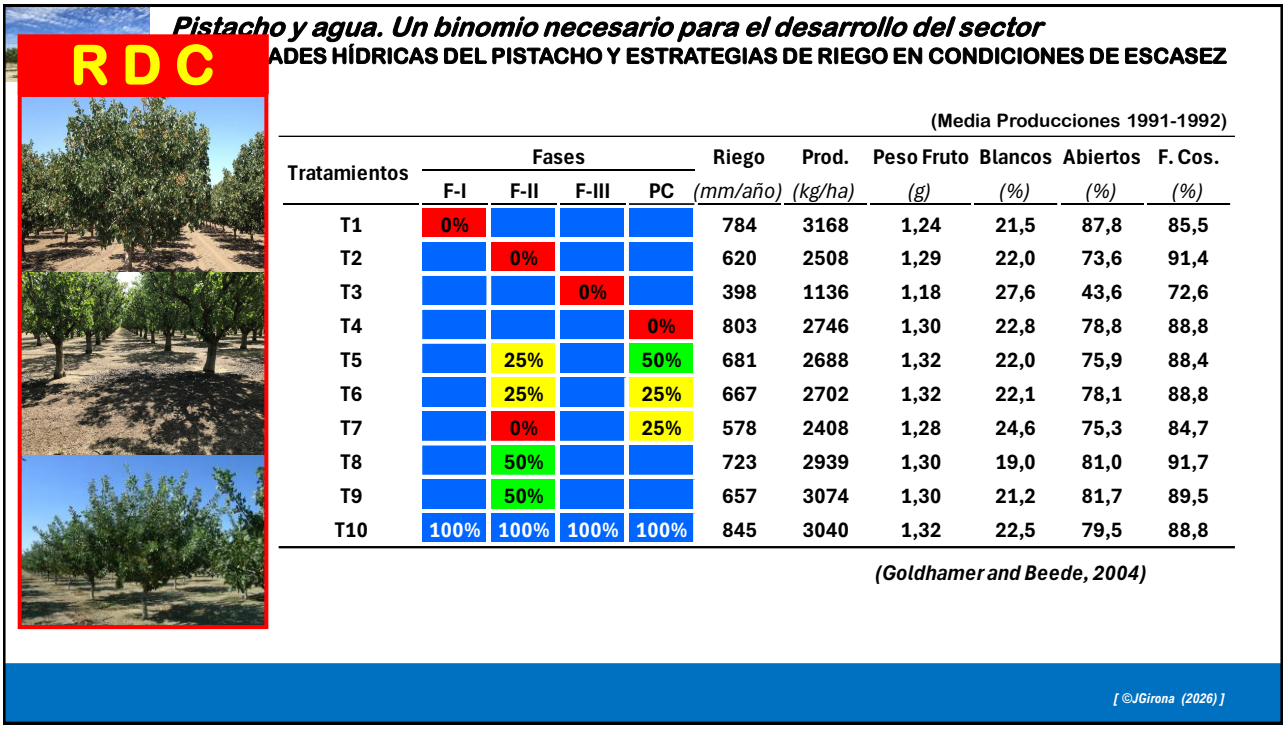
(Goldhamer and Beede, 2004)

[©JGirona (2026)]

62


R D C
CICLO ANUAL DEL PISTACHERO
(Ferguson et al., 1992; UC Pistachio Production Manual, 1995, Rosecrance et al., 2006)
F ini
F-I
F-II
F-III
PC
100%
100%
Diferenciació F.
Llargada Brosta
Endurime
50 %
Reserves
25 %
Floració
Primeres fulles
Llargada de la clòsca
Arrels
Llargada del gra
100%
50%
0%
En
Fe
Mr
Ab
My
Jn
Jl
Ag
Se
Oc
Nv
[©JGirona (2026)]

63


Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector
R D C
ADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ
(Media Producciones 1991-1992)
Tratamientos
Fases
F-I
F-II
F-III
PC
Riego (mm/año)
Prod. (kg/ha)
Peso Fruto (g)
Blancos (%)
Abiertos (%)
F. Cos. (%)
T1 0% 784 3168 1,24 21,5 87,8 85,5
T2 0% 620 2508 1,29 22,0 73,6 91,4
T3 0% 398 1136 1,18 27,6 43,6 72,6
T4 0% 803 2746 1,30 22,8 78,8 88,8
T5 25% 50% 681 2688 1,32 22,0 75,9 88,4
T6 25% 25% 667 2702 1,32 22,1 78,1 88,8
T7 0% 25% 578 2408 1,28 24,6 75,3 84,7
T8 50% 723 2939 1,30 19,0 81,0 91,7
T9 50% 657 3074 1,30 21,2 81,7 89,5
T10 100% 100% 100% 100% 845 3040 1,32 22,5 79,5 88,8
(Goldhamer and Beede, 2004)
[©JGirona (2026)]

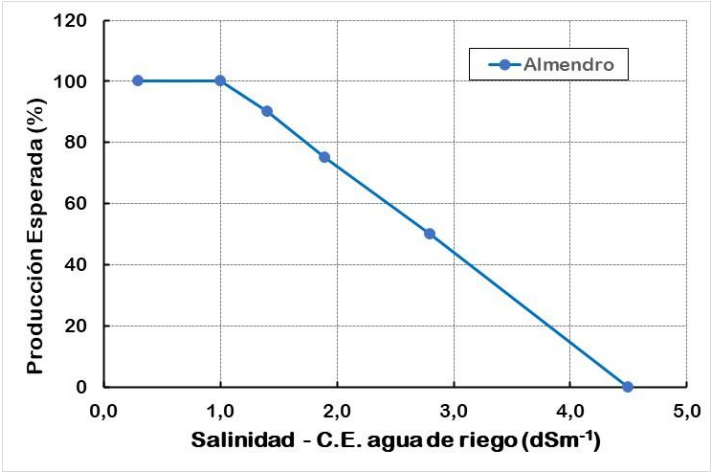
64



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

SALINIDAD



(FAO,I&D Paper 48, 1992)

[©JGirona (2026)]

65



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

SALINIDAD

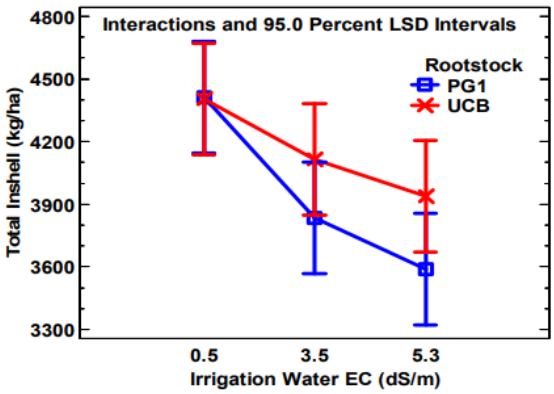


Fig. 3. Interaction plot of combined 2011 and 2012 Kerman yields by treatment and rootstock – PG1 (*P. integerrima*) and UCB (*P. atlantica* × *P. integerrima*).

(Sanden et al., 2014)

[©JGirona (2026)]

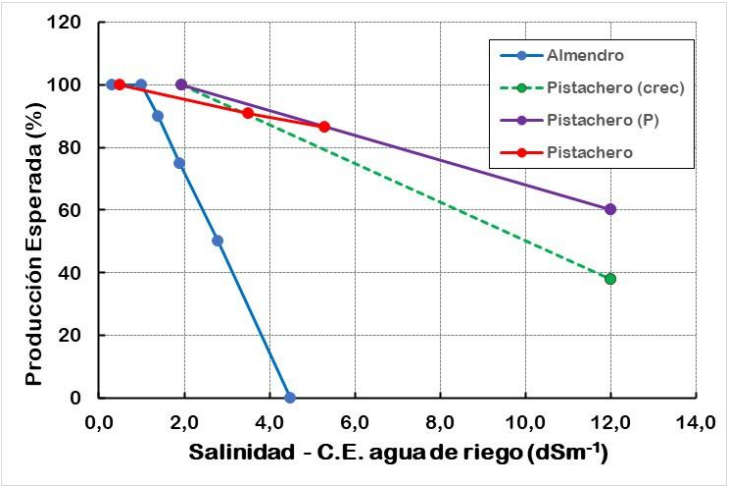
66



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

SALINIDAD



(FAO, 1992; Sanden et al., 2014; Mehdi-Tounsi et al., 2017)

[©JGirona (2026)]

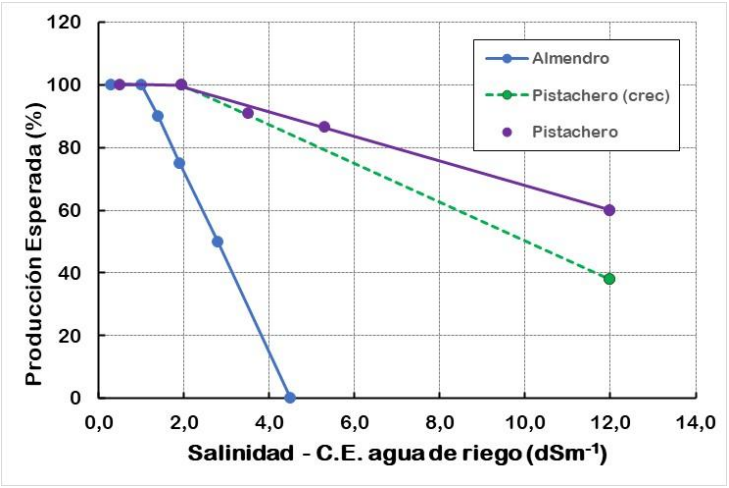
67



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

SALINIDAD



(FAO, 1992; Sanden et al., 2014; Mehdi-Tounsi et al., 2017)

[©JGirona (2026)]

68



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

SALINIDAD

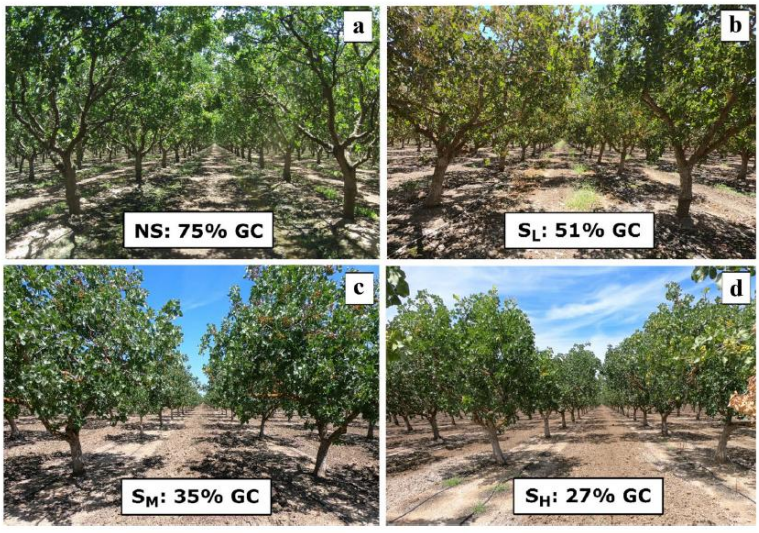


Fig. 2 Aspects of the pistachio trees in the non-saline (NS) orchard (**a**) and the low (S_L) (**b**), moderate (S_M) (**c**) and high (S_H) (**d**) salt-affected study sites, with the relative average values of ground cover (GC) by tree canopy. The pictures were taken in mid-July 2017, when the trees were at the full canopy development stage

(Merino et al., 2021)

[©JGirona (2026)]

69



[©JGirona (2026)]

70



[©JGirona (2026)]

71



[©JGirona (2026)]

72





Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector
NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

Sensibilidad del Crecimiento del Pistachero Joven a la Disponibilidad de Agua y al Volumen de Suelo Mojado

J. Girona (P), M. Mata, J. del Campo,
C. Paris, A. Biru, D. Gómez-Candon

IRTA – *Efficient Water Use in Agriculture*

[©JGirona (2026)]

73



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector
NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

¿Se puede reducir el período improductivo del Pistachero?

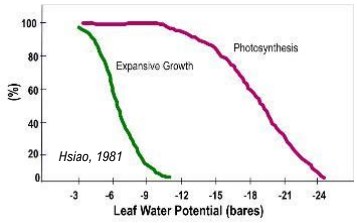
[©JGirona (2026)]

74



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

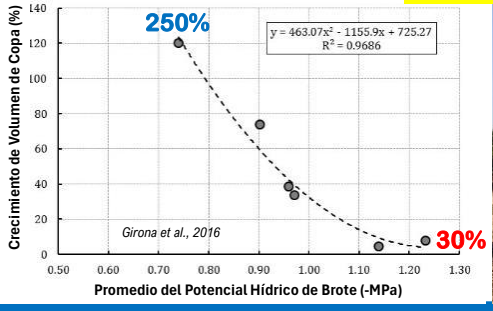


¿Se puede reducir el periodo improductivo del pistachero joven?

Acelerando el crecimiento vegetativo..... *y tener árboles más grandes en pocos años*

Background

Almendro





[©JGirona (2026)]

75



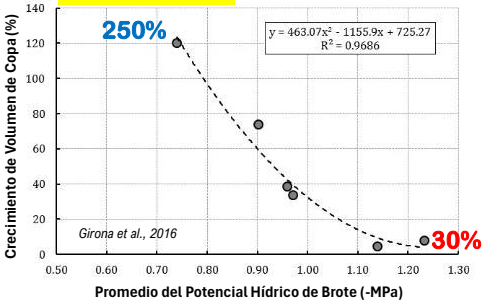
Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

¿Se puede reducir el periodo improductivo del pistachero joven?

Acelerando el crecimiento vegetativo..... *y tener árboles más grandes en pocos años*

Almendro





[©JGirona (2026)]

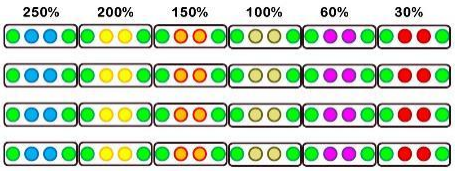
76



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ





[©JGirona (2026)]

77



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ



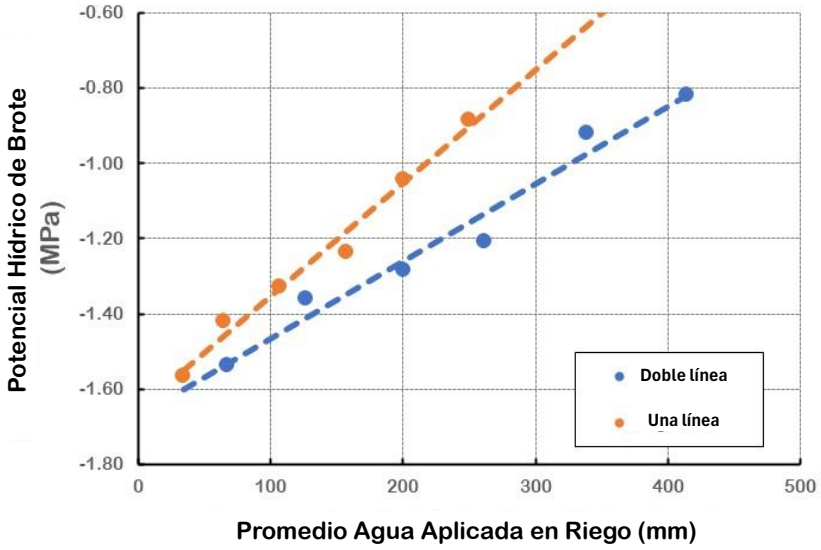
[©JGirona (2026)]

78



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ



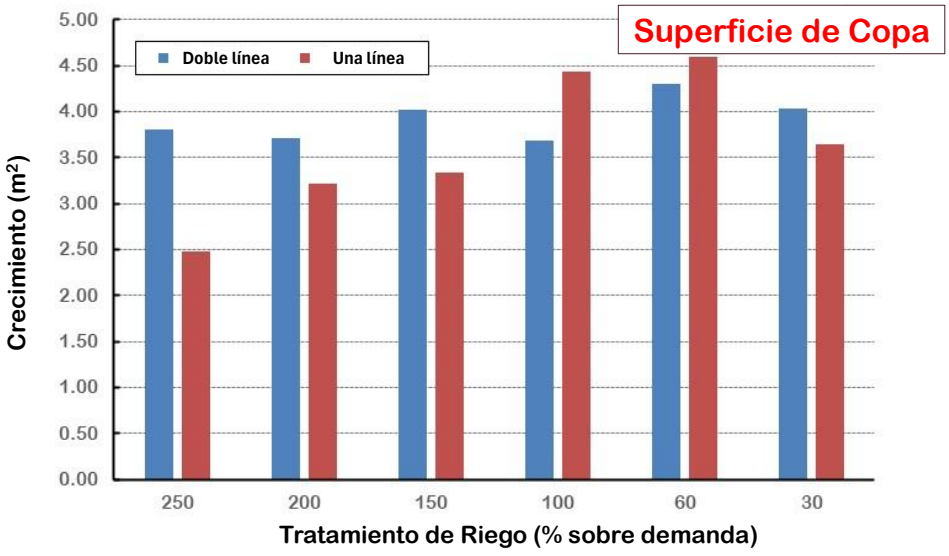
[©JGirona (2026)]

79



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ



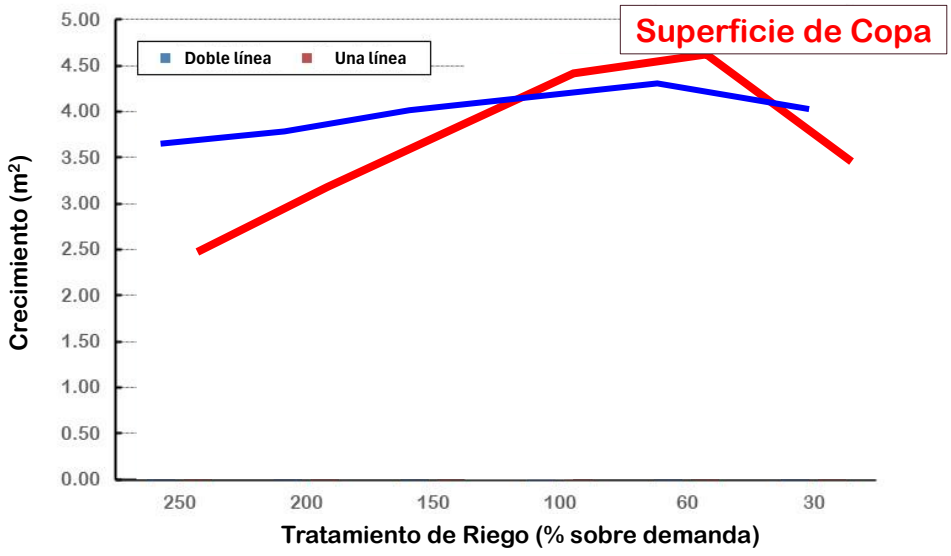
[©JGirona (2026)]

80



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ



[©JGirona (2026)]

81



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

Jornada técnica del World Pistachio Congress (WPC) en Ciudad Real(23 de octubre de 2026)

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

- **El Pistachero:**



  - Es una especie muy rústica capaz de producir en las zonas más áridas del planeta.
  - Para obtener producciones interesantes requiere mucha agua.
  - No tolera la asfixia radicular
  - Es una especie de crecimiento lento
  - Tolera muy bien la salinidad
  - Se adapta perfectamente a las estrategias de riego deficitario controlado.

[©JGirona (2026)]

82



Pistacho y agua. Un binomio necesario para el desarrollo del sector

Jornada técnica del World Pistachio Congress (WPC) en Ciudad Real(23 de octubre de 2026)

NECESIDADES HÍDRICAS DEL PISTACHO Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN CONDICIONES DE ESCASEZ

Esta presentación y todos sus contenidos están protegidos por la legislación vigente en propiedad industrial e intelectual. Es por ello que se prohíbe expresamente su reproducción, copia, modificación o transformación sin la autorización expresa del autor

Dr. Joan Girona i Gomis
IRTA – *Investigador Emérito*
AHC – *Agro-Hidric Consulting*
joan.girona@irta.cat

[©JGirona (2026)]

83