

Relaciones entre los cambios de cubierta vegetal y recursos hídricos en las cuencas hidrográficas: evidencias e incertidumbres

Francesc Gallart & Pilar Llorens
francesc.gallart@idaea.csic.es

**Instituto de Diagnóstico Ambiental
y Estudios del Agua (IDÆA)
CSIC**



Teoría

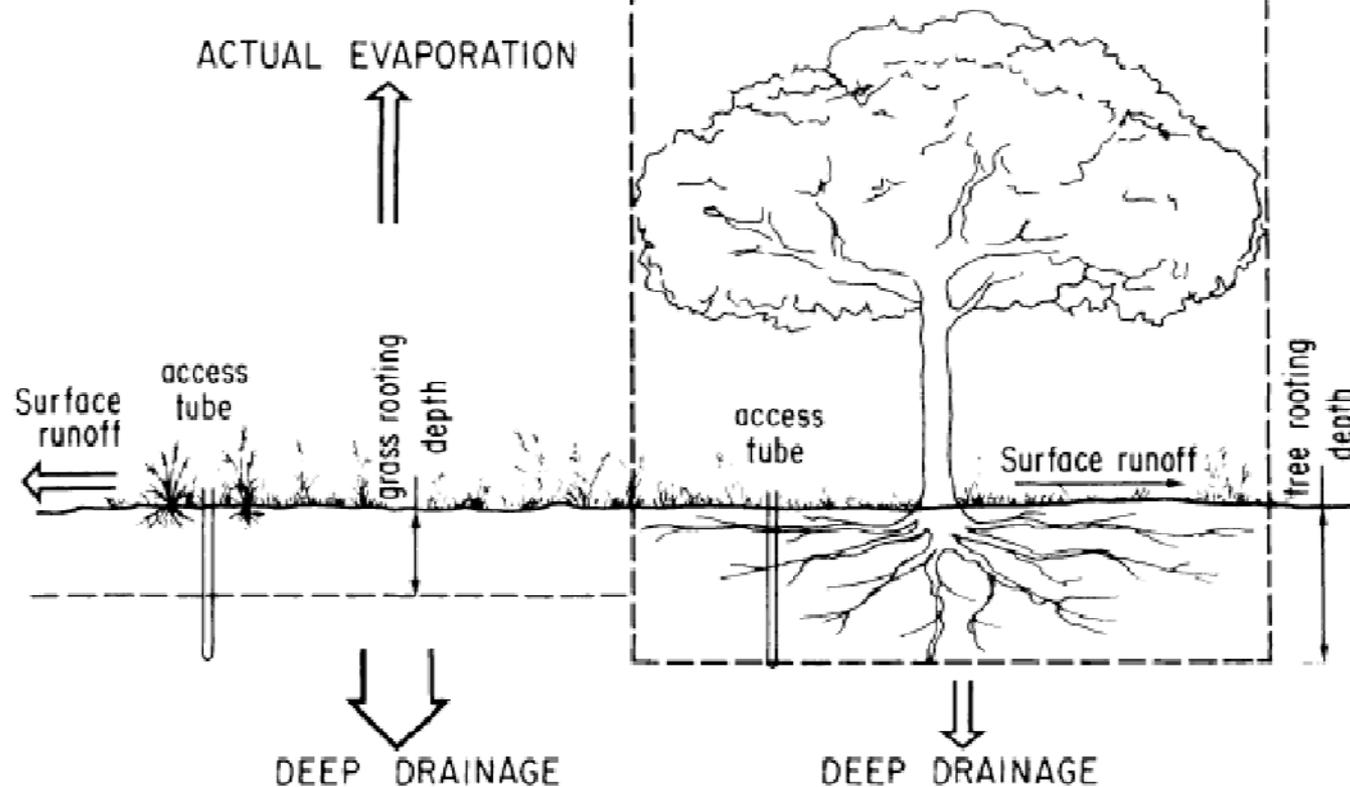
Balance de agua

$$P = E + t + Q + \Delta S$$

OUTSIDE THE TREE CANOPY θ

UNDER THE TREE CANOPY U
ACTUAL EVAPORATION

ACTUAL EVAPORATION



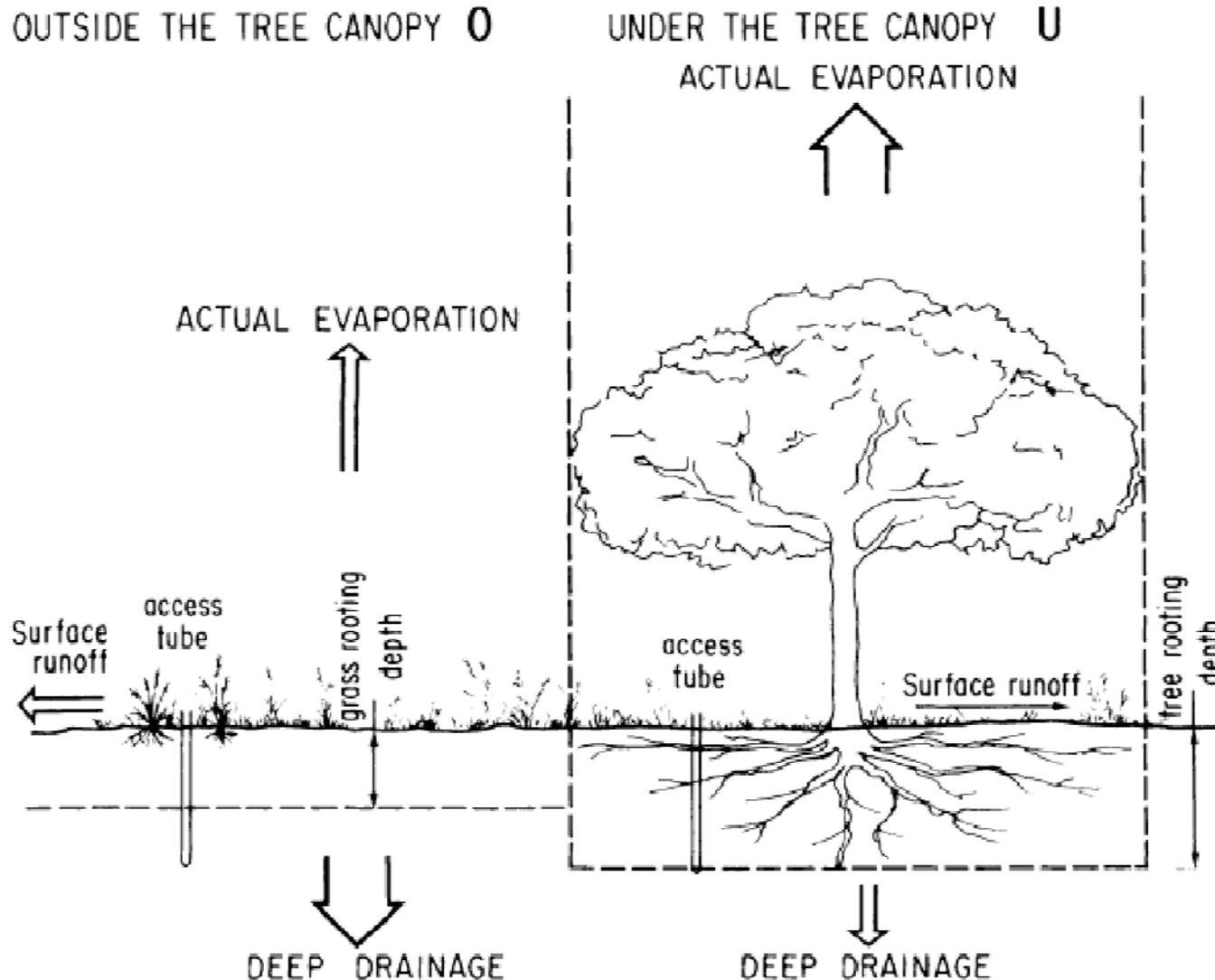
Bosque:

mayor biomasa aérea
(interceptación)

Teoría

Balance de agua

$$P = E + t + Q + \Delta S$$



Bosque:

mayor biomasa aérea
(interceptación)

Et limitada por energía
- albedo
+ rugosidad aerod.

Teoría

Balance de agua

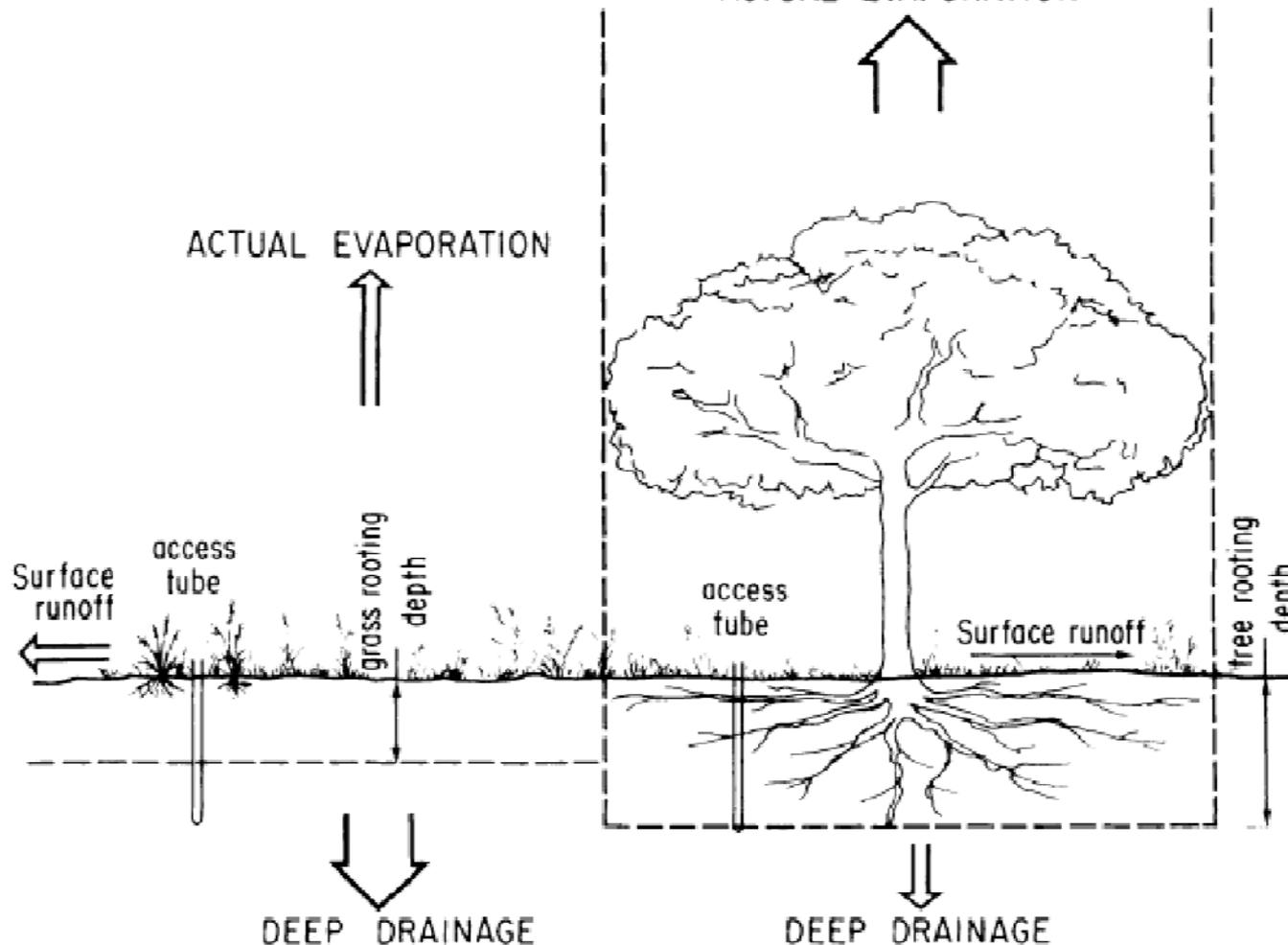
$$P = E + t + Q + \Delta S$$

OUTSIDE THE TREE CANOPY θ

UNDER THE TREE CANOPY U

ACTUAL EVAPORATION

ACTUAL EVAPORATION



Bosque:

mayor biomasa aérea
(interceptación)

Et limitada por energía
- albedo
+ rugosidad aerod.

Et limitada por agua
+ profund. raíces

Evidencias

La cubierta forestal determina una menor escorrentía que la herbácea en las cuencas

Evidencias

La cubierta forestal determina una menor escorrentía que la herbácea en las cuencas

Bates i Henri (1928): Wagon Wheel Gap (Colorado):

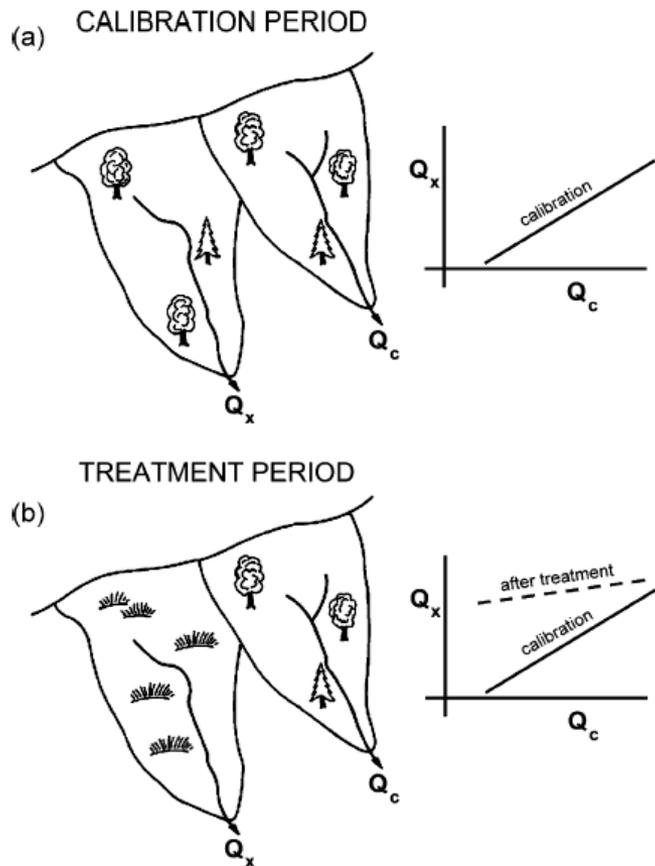
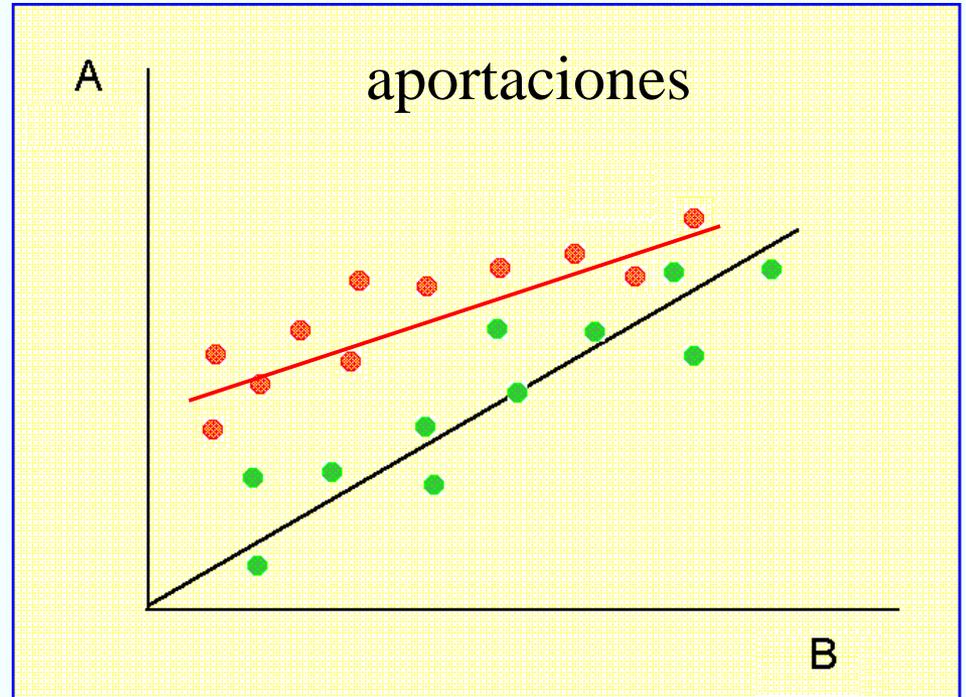
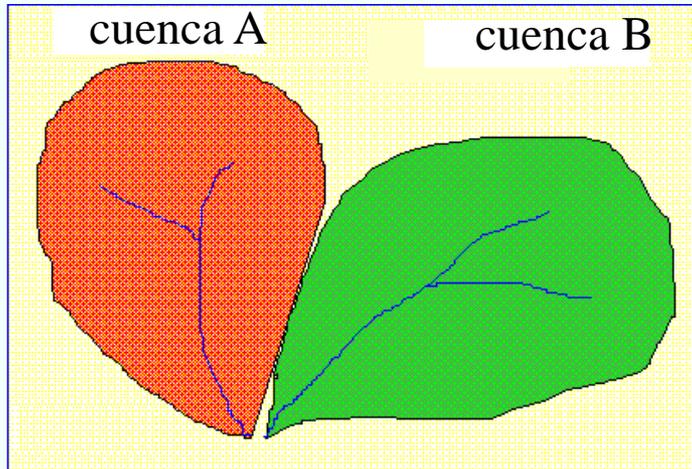


Fig. 1. Sketch of a paired-watershed experiment (from Hewlett, 1982).

- (1) Las cuencas deben ser contiguas, con diferencias mínimas en precipitación.
- (2) Deben ser de igual estructura litológica, siendo los límites de altitud y configuración topográfica como orientación y pendiente lo más similares posible.
- (3) El tamaño de cada cuenca no debe ser excesivo de modo no haya complicaciones para relacionar las salidas en la parte baja con la precipitación y otros fenómenos en el área.
- (4) La vegetación debe representar la de la región, no la ideal ni la óptima.

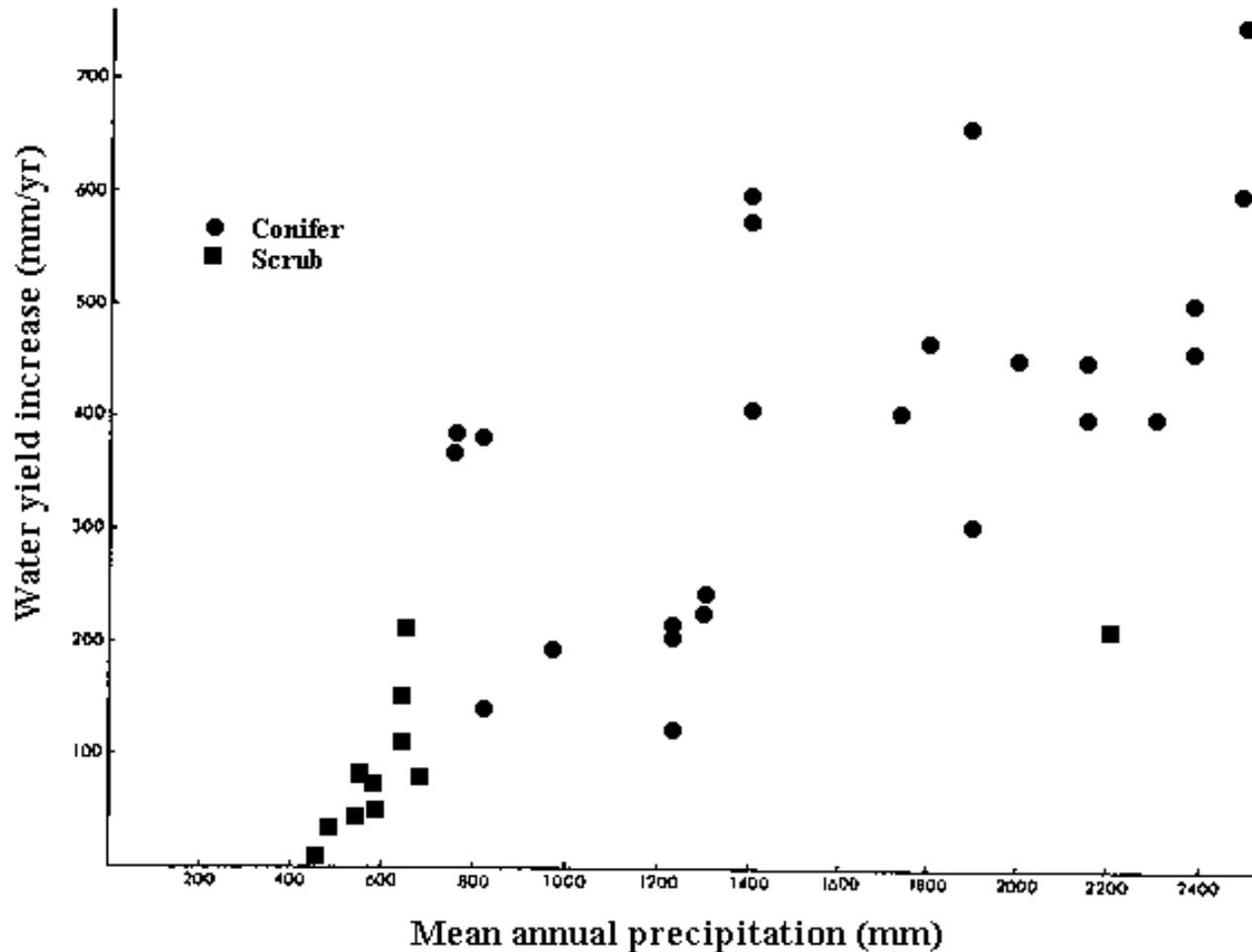
Evidencias

La cubierta forestal determina una menor escorrentía que la herbácea en las cuencas



Evidencias

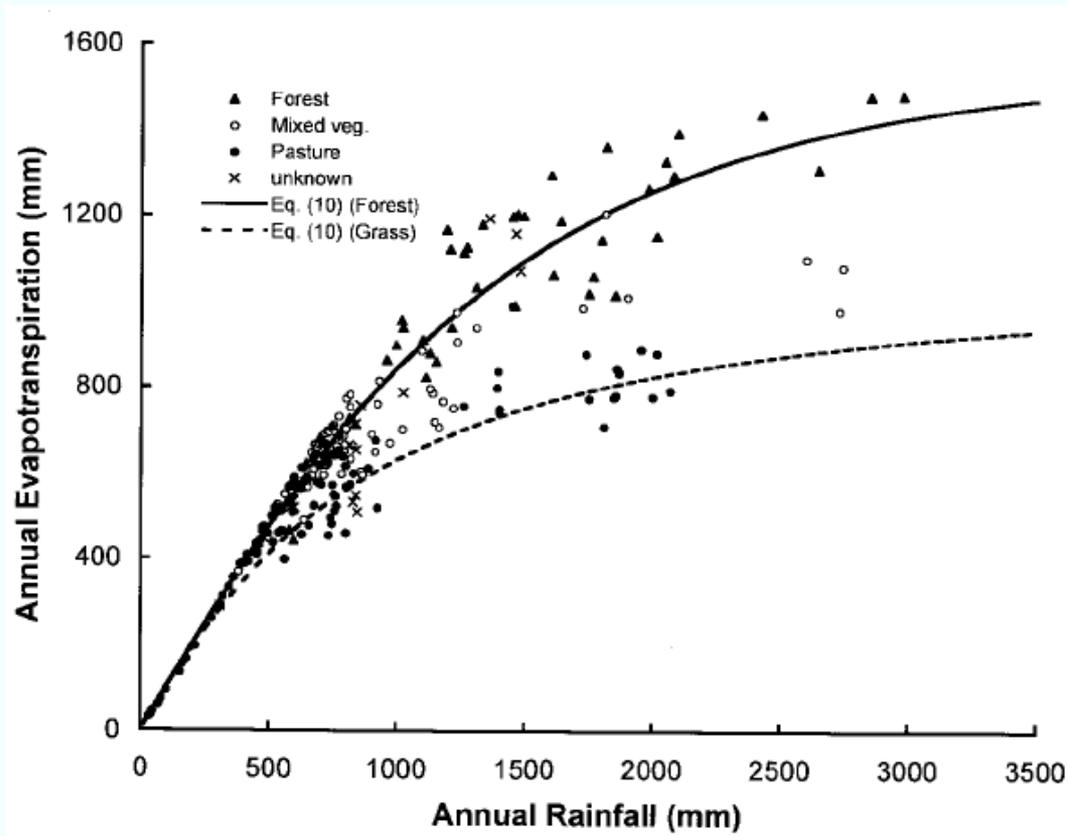
La cubierta forestal determina una menor escorrentía que la herbácea en las cuencas



Bosch & Hewlett, 1982

Evidencias

La cubierta forestal determina una menor escorrentía que la herbácea en las cuencas



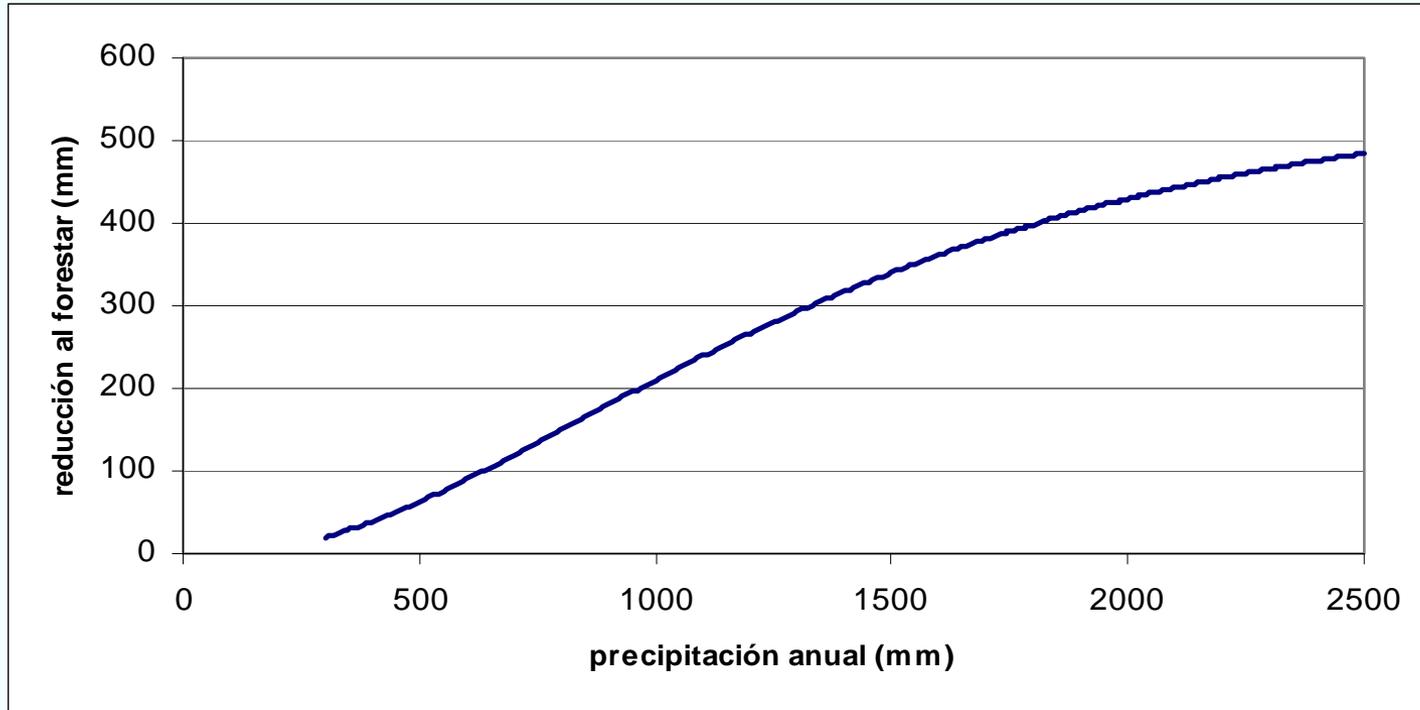
$$ET = P \left\{ \frac{1 + w(E_0 / P)}{1 + w(E_0 / P) + (E_0 / P)^{-1}} \right\}$$

$$ET_{forest} = \left\{ \frac{1 + 2.0 \times 1410 / P}{1 + 2.0 \times 1410 / P + P / 1410} \right\} \times P$$

$$ET_{non-forest} = \left\{ \frac{1 + 0.5 \times 1100 / P}{1 + 0.5 \times 1100 / P + P / 1100} \right\} \times P$$

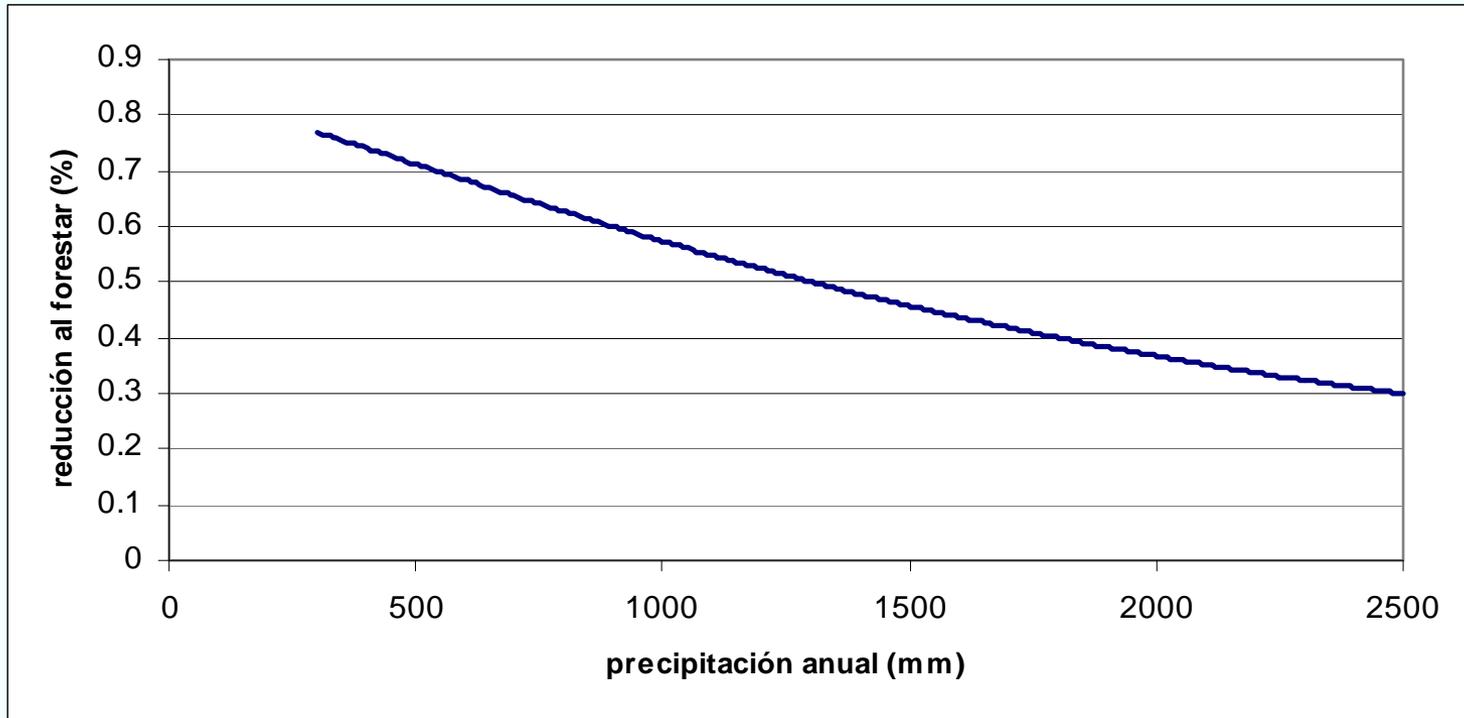
Evidencias

La cubierta forestal determina una menor escorrentía que la herbácea en las cuencas



Evidencias

La cubierta forestal determina una menor escorrentía que la herbácea en las cuencas

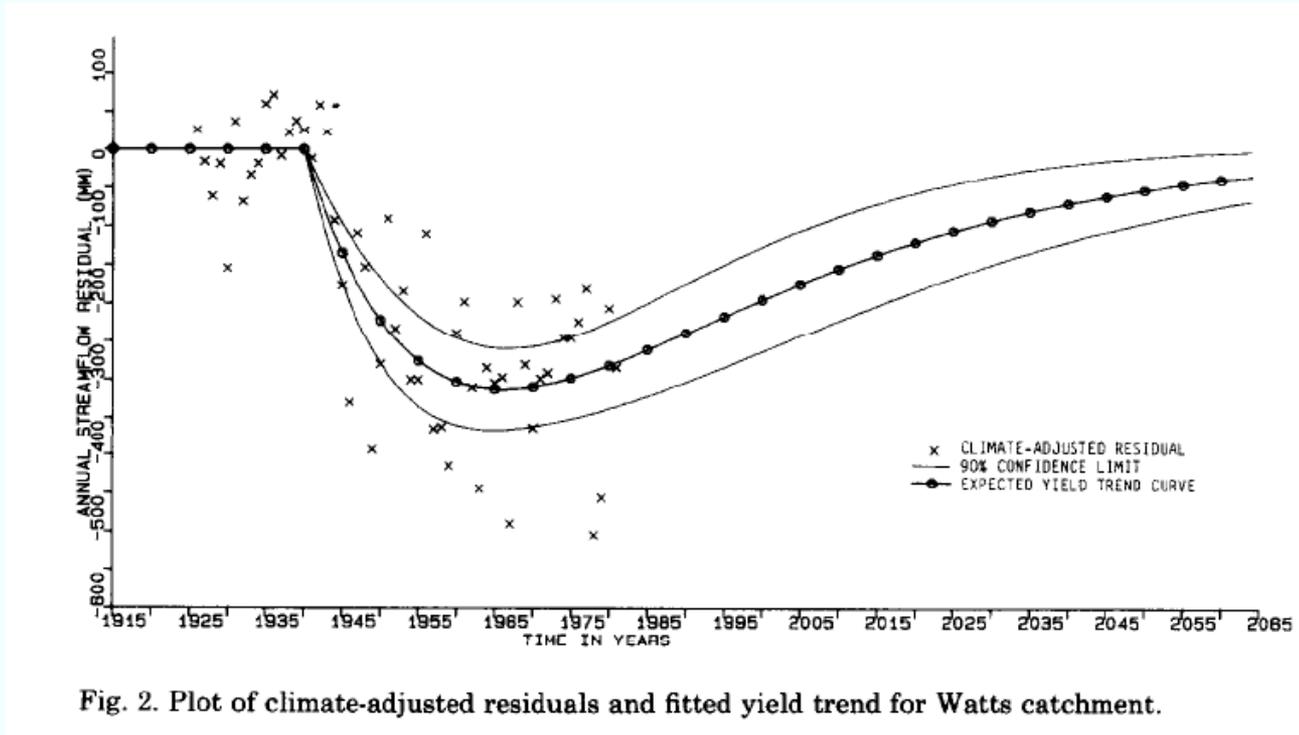


Evidencias

La cubierta forestal determina una menor escorrentía que la herbácea en las cuencas

Excepciones (muy raras):

- Precipitación oculta (bosques de niebla)
- Bosques muy viejos



Kuczera, 1987

Evidencias

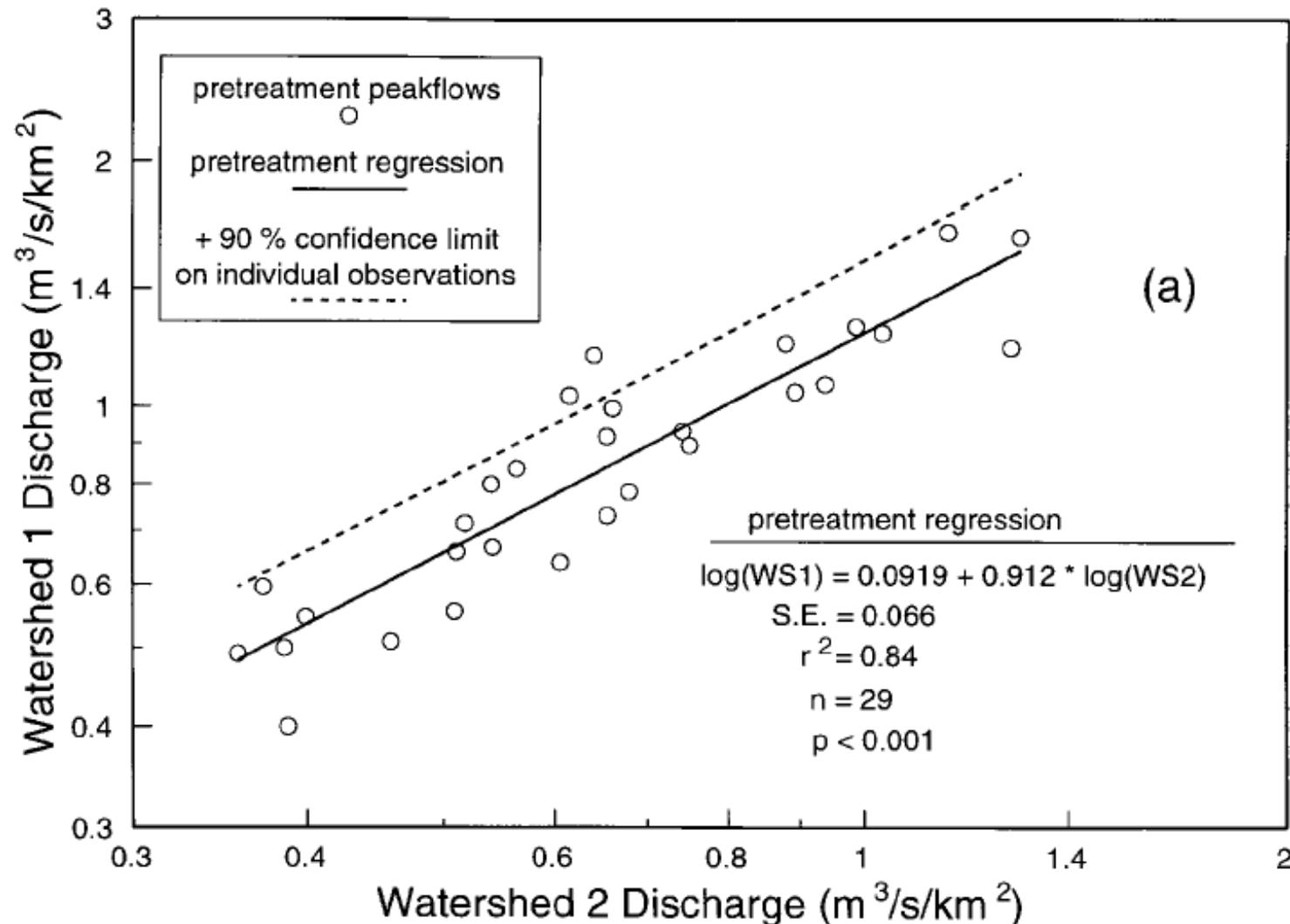
La cubierta forestal determina menores crecidas (pequeñas y moderadas) que la herbácea en las cuencas

Evidencias

La cubierta forestal determina menores crecidas (pequeñas y moderadas) que la herbácea en las cuencas

R.L. Beschta et al. / Journal of Hydrology 233 (2000) 102–120

109

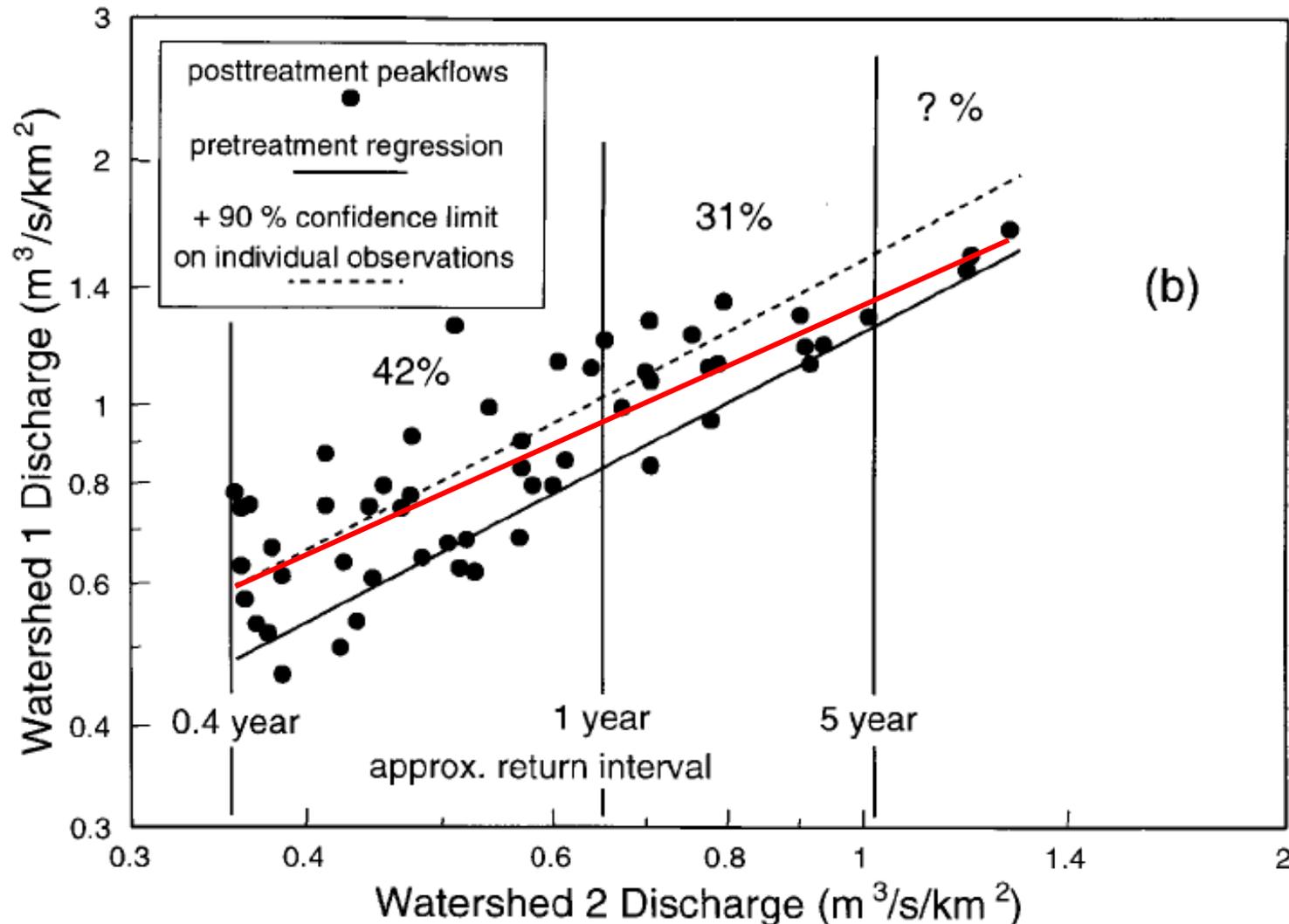


Evidencias

La cubierta forestal determina menores crecidas (pequeñas y moderadas) que la herbácea en las cuencas

R.L. Beschta et al. / Journal of Hydrology 233 (2000) 102–120

109



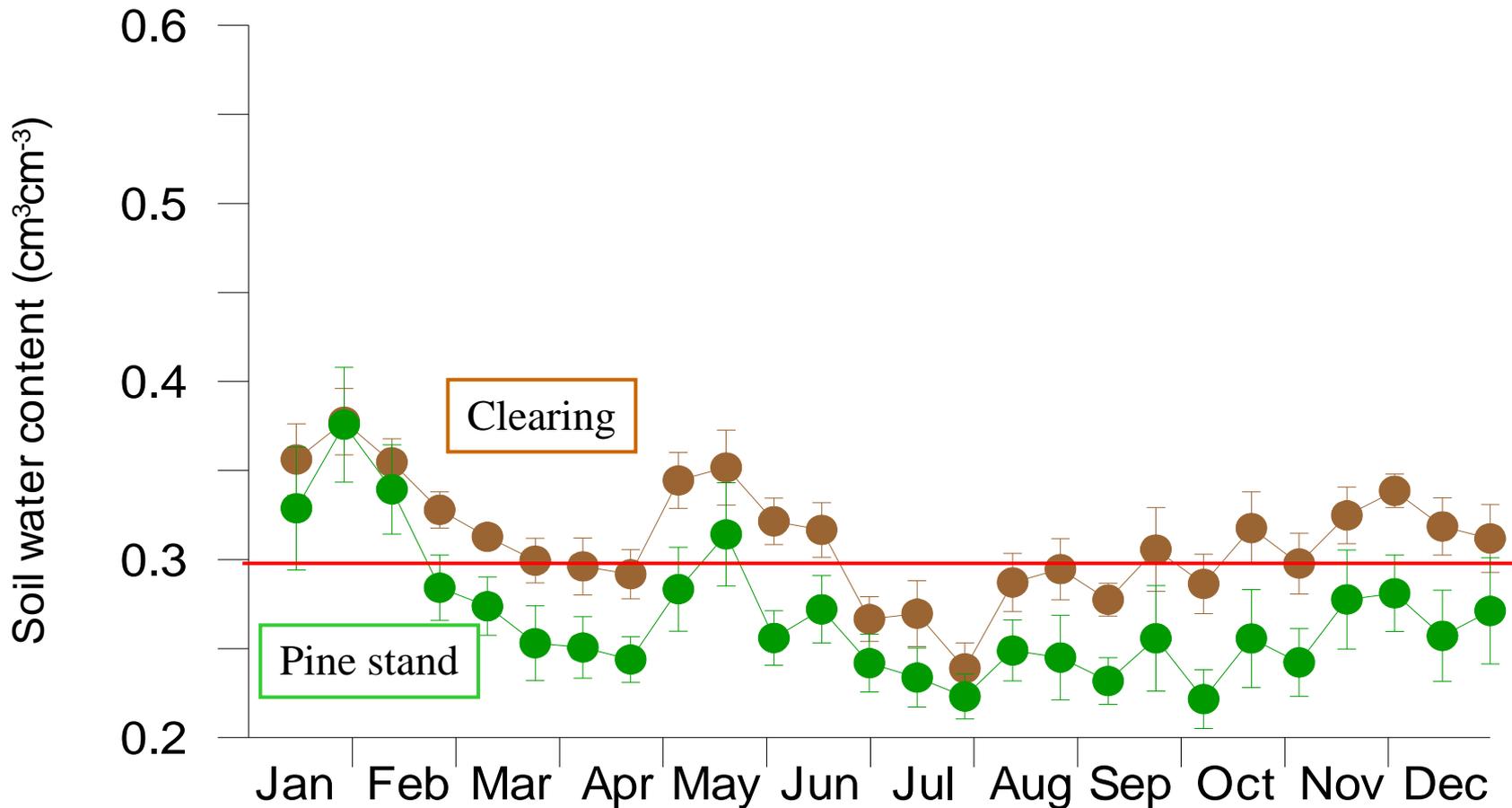
Evidencias

La cubierta forestal determina una menor humedad del suelo y recarga subterránea que la de hierba

Evidencias

La cubierta forestal determina una menor humedad del suelo y recarga subterránea que la de hierba

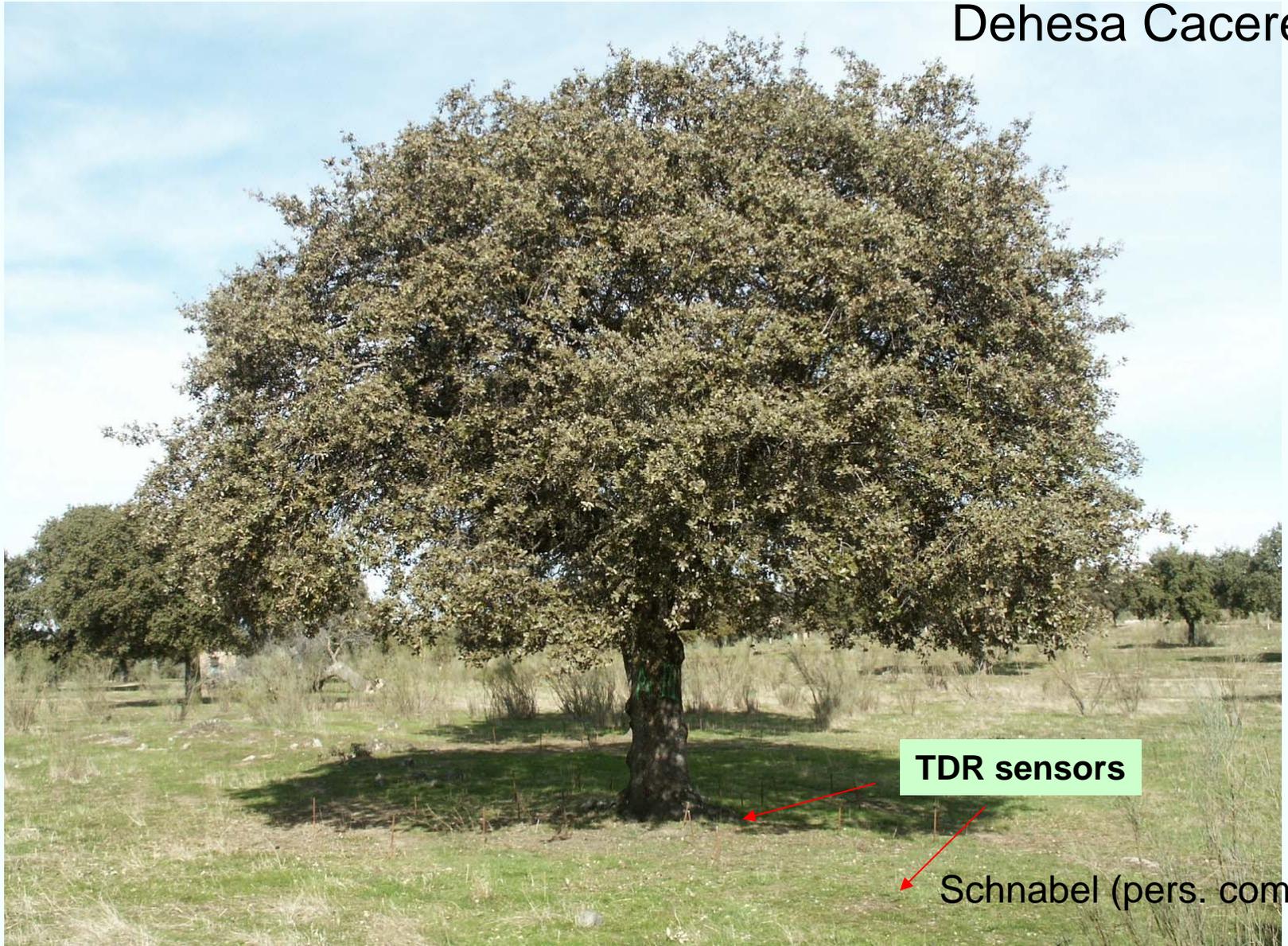
Prepirineo



Evidencias

La cubierta forestal determina una menor humedad del suelo y recarga subterránea que la de hierba

Dehesa Cacereña



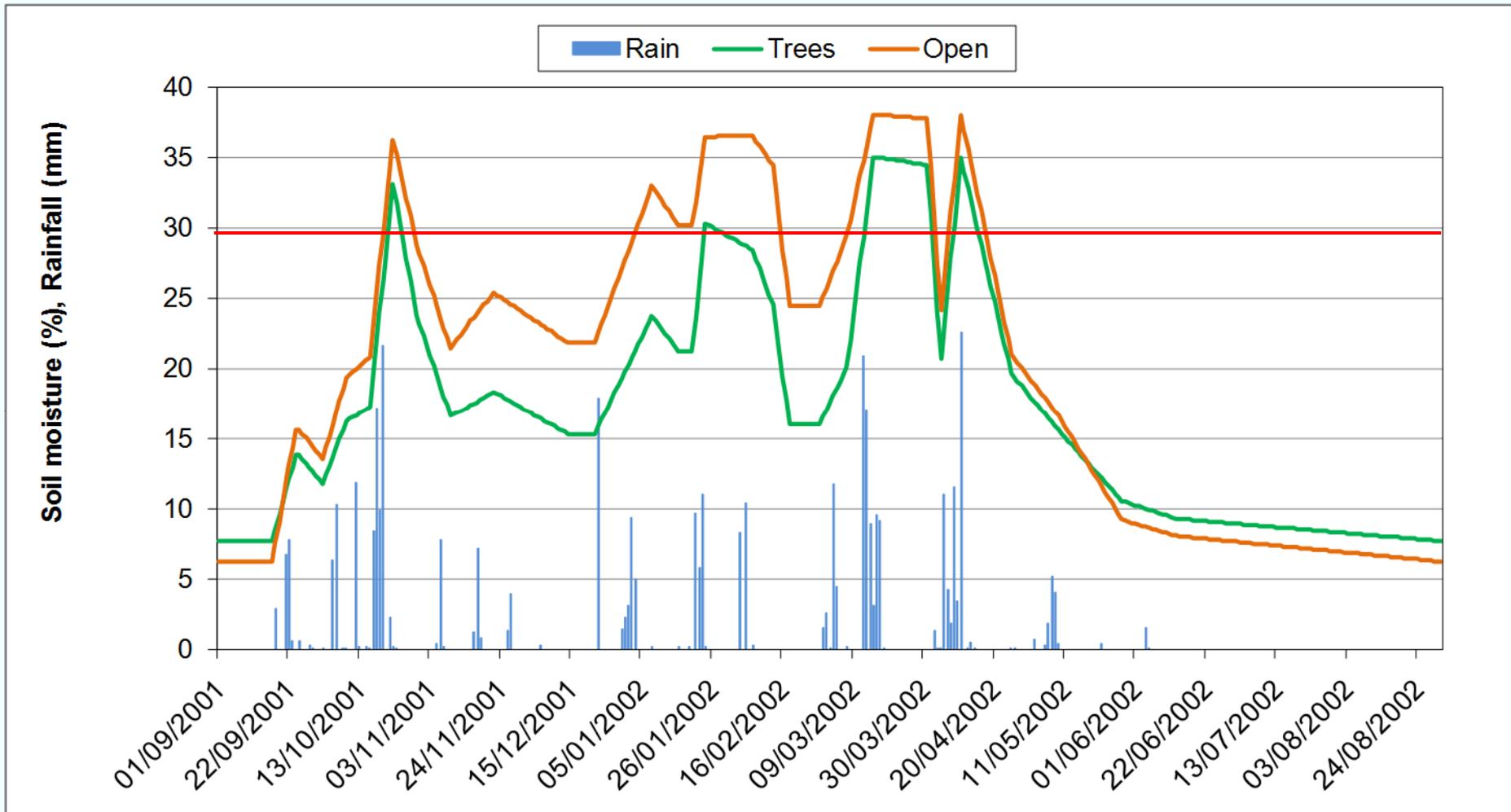
TDR sensors

Schnabel (pers. comm.)

Evidencias

La cubierta forestal determina una menor humedad del suelo y recarga subterránea que la de hierba

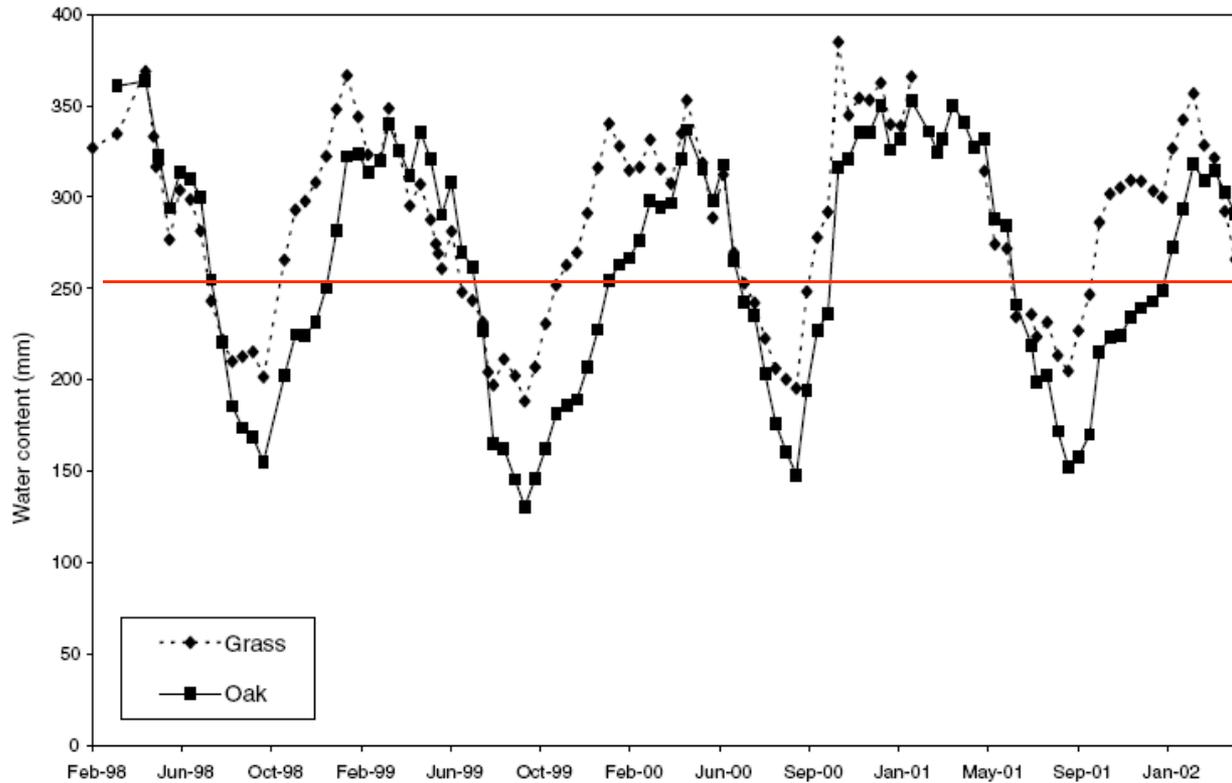
Dehesa Cacereña



Schnabel (pers. comm.)

Evidencias

La cubierta forestal determina una menor humedad del suelo y recarga subterránea que la de hierba



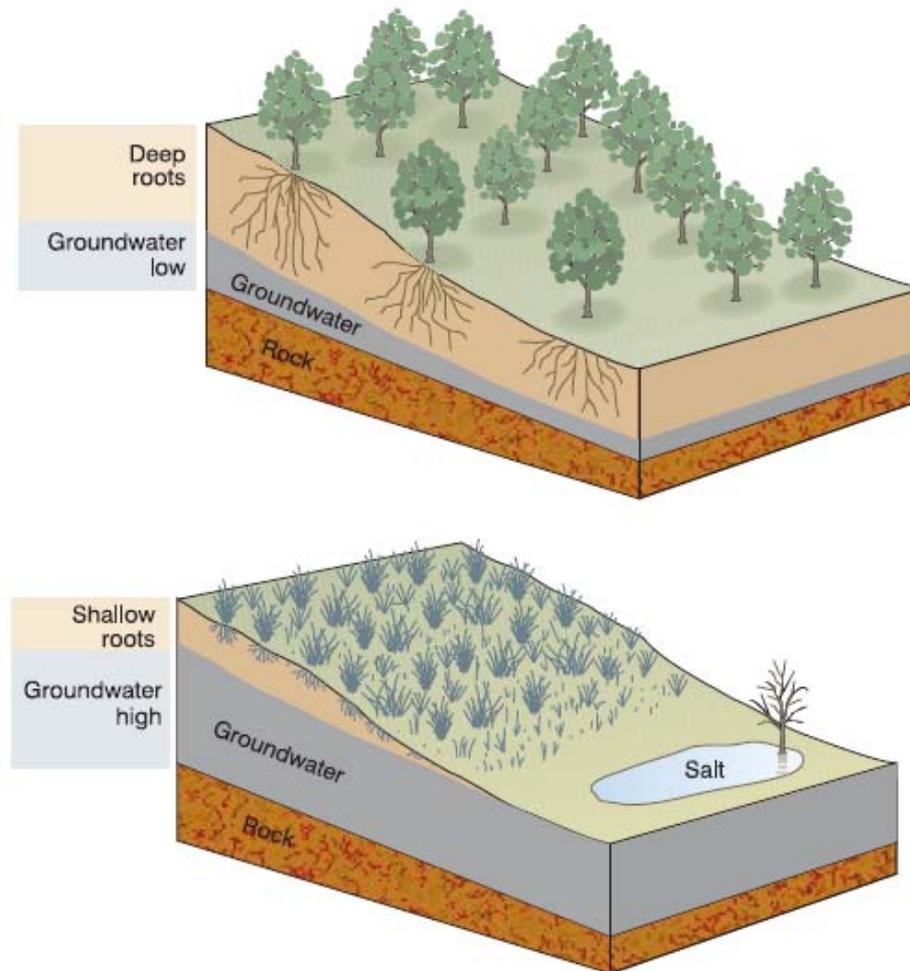
Inglaterra

Figure 5 Four-year record (February 1998–April 2002) of mean water content of the uppermost 2 m of soil under grass ley and oak woodland as measured by neutron probe.

Evidencias

La cubierta forestal determina una menor humedad del suelo y recarga subterránea que la de hierba

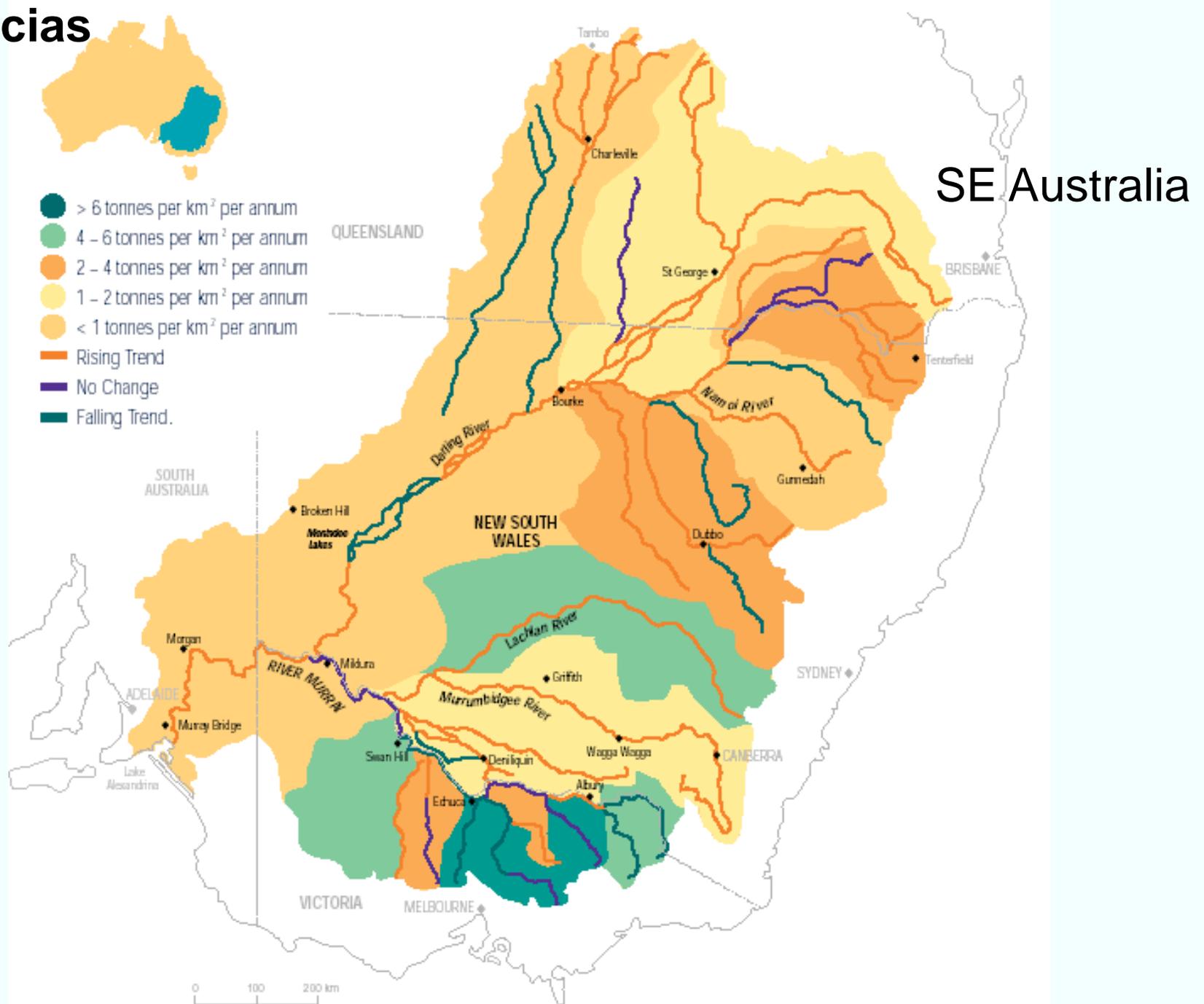
SE Australia



Replacing native vegetation with shallow rooted annual crops and pastures has led to substantial increases in the amount of water 'leaking' into the soil. The consequences are rising groundwater levels and dryland salinity.

Walker et al. 1999

Evidencias

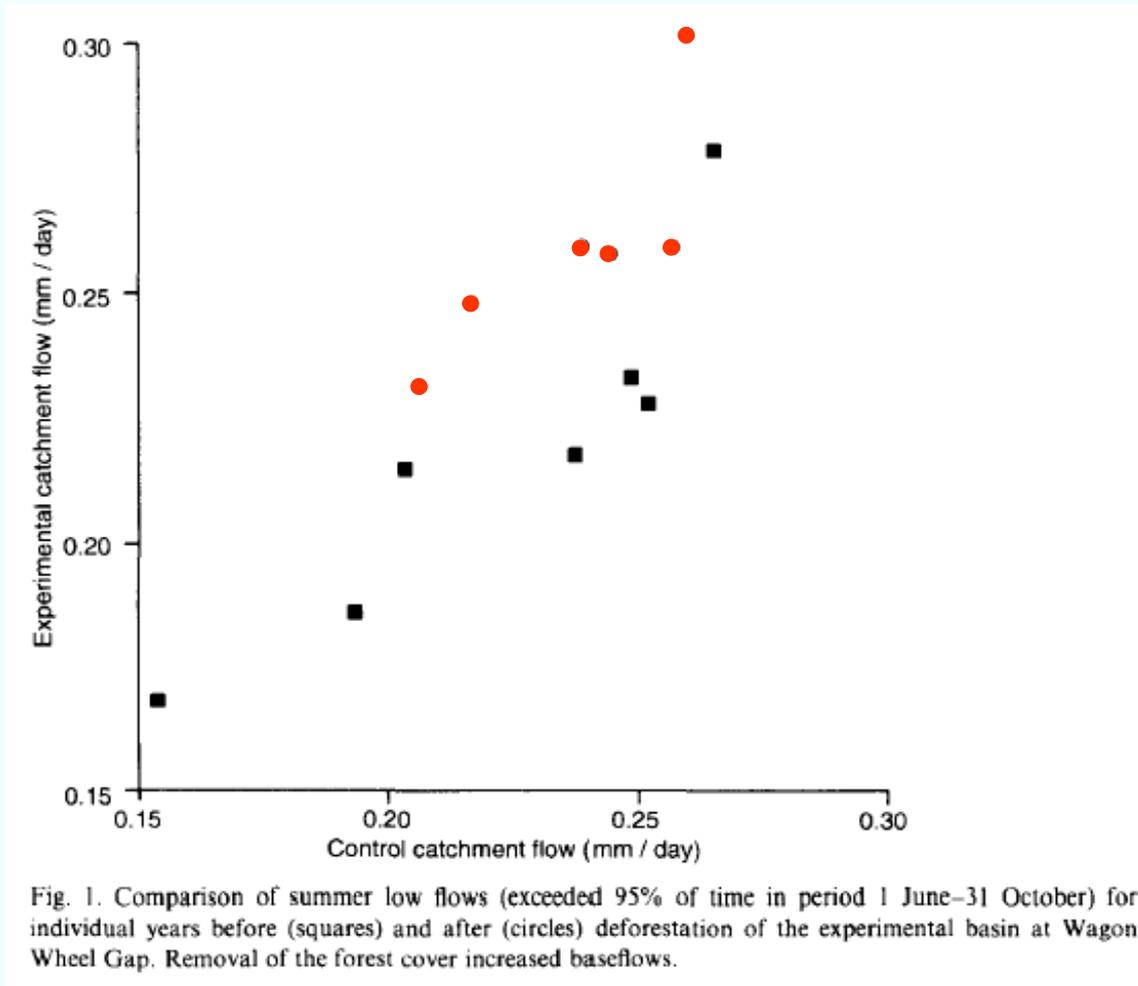


Evidencias

La cubierta forestal determina menores caudales de estiaje que la de hierba en las cuencas

Evidencias

La cubierta forestal determina menores caudales de estiaje que la de hierba en las cuencas



Bates & Henri (1928):

Evidencias

La cubierta forestal determina menores caudales de estiaje que la de hierba en las cuencas

SO Australia

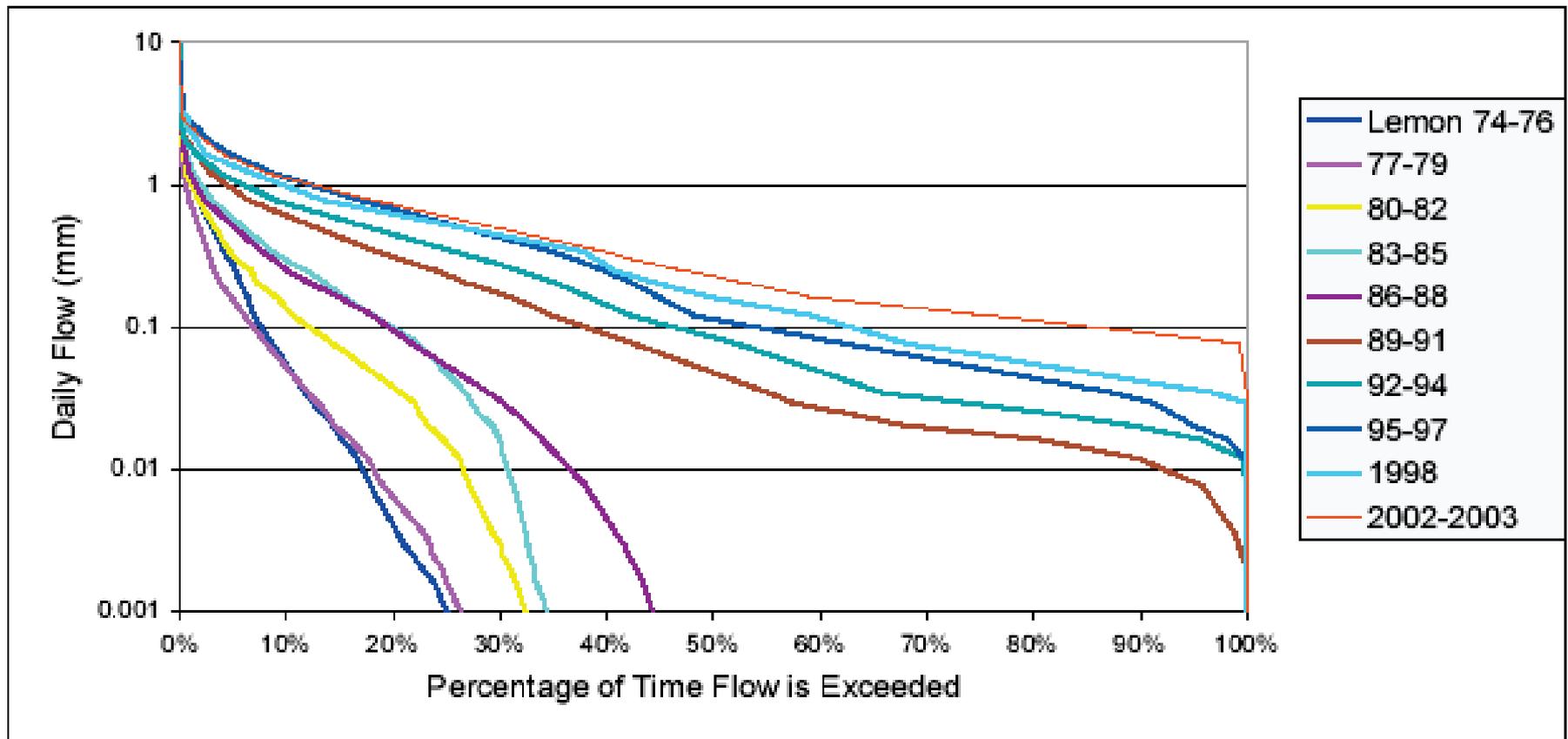


Figure 16. Flow Duration Curves for the Lemon Catchment (lower 50% clear-felled). No data recorded 1999-2001.

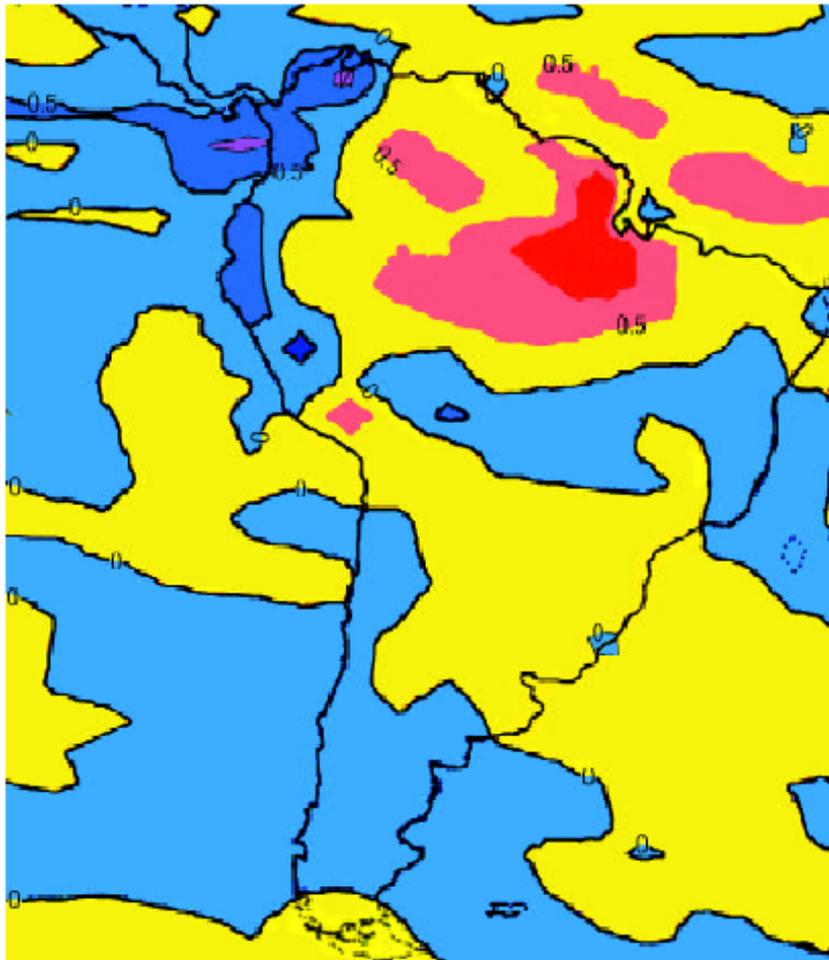
Incertidumbres

La cubierta forestal determina mayor precipitación a escala continental

Incertidumbres

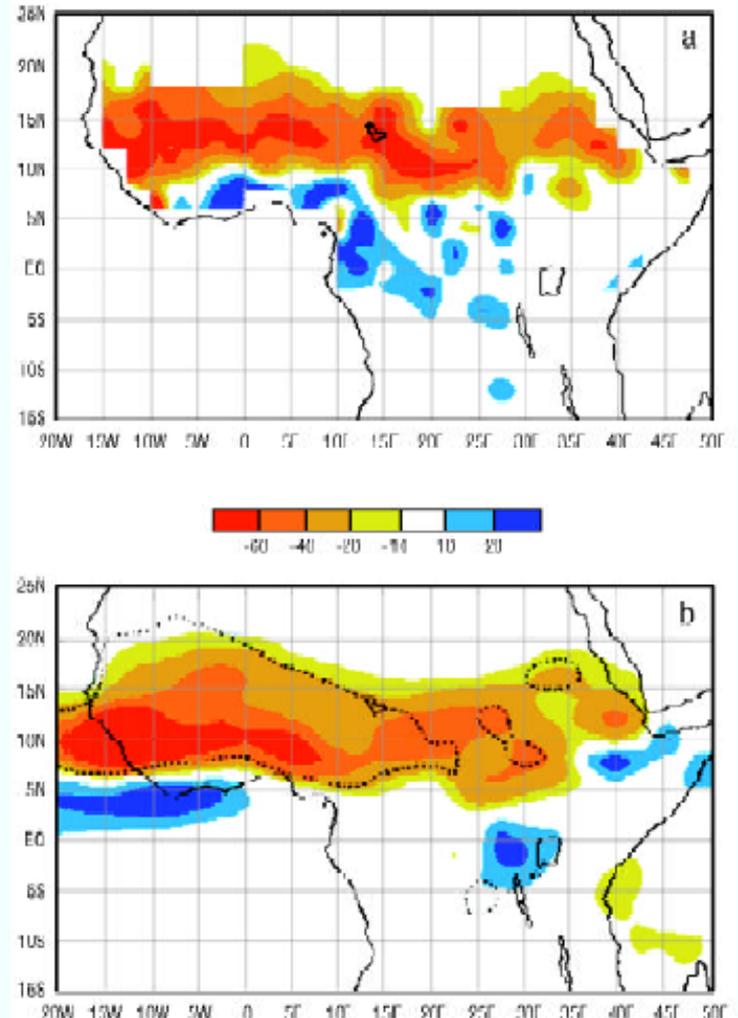
La cubierta forestal determina mayor precipitación a escala continental

FIGURE 1.
Spatial variation of the annual change in rainfall (millimeters per day) over Amazonia resulting from complete removal of the Amazon forest: Predictions made by the Hadley Centre Global Circulation Model.



Source: Institute of Hydrology 1994.

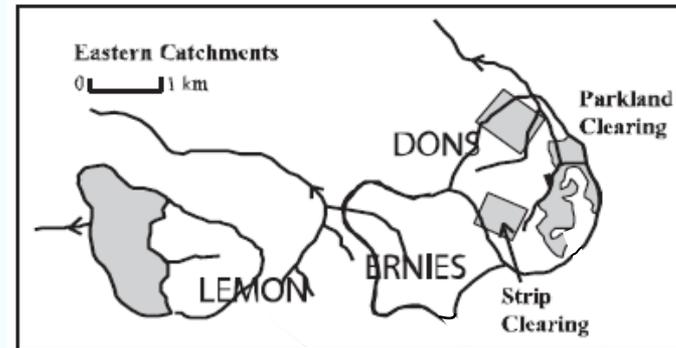
The observed change in the rainfall pattern (a) together with the spatial variability of the predicted change in rainfall (b) over Central Africa as a result of the Sahelian vegetation occurring over the last 30 years.



Source: Xue 1997.

Incertidumbres

**Los tratamientos forestales
no dan respuesta hidrológica lineal**



Stream	Station Name and Number	Catchment Area (km ²)	Area Cleared (%)	Mean Annual Rainfall (mm) 1974-2003	Period of Record
Bingham River Tributary	Don 612007	3.50	40 (strip and parkland cleared)	670	1974-2003
Bingham River Tributary	Ernie 612008	2.68	0	710	1974-2003
Pollard Brook Tributary	Lemon 612009	3.46	40 (lower half cleared)	710	1974-1998, 2002-2003

Incertidumbres

**Los tratamientos forestales
no dan respuesta hidrológica lineal**

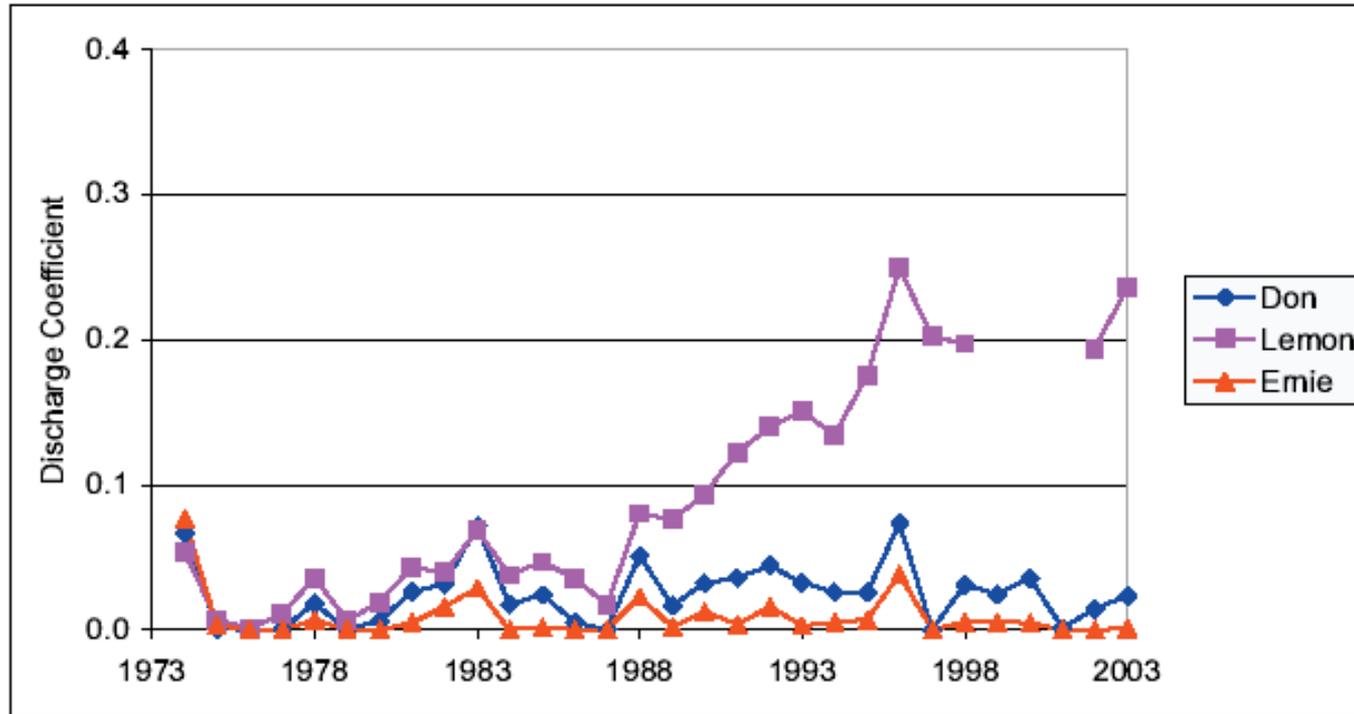


Figure 4. Discharge Coefficient in Don, Emie, and Lemon Catchments.

Incertidumbres

Los tratamientos forestales no dan respuesta hidrológica lineal

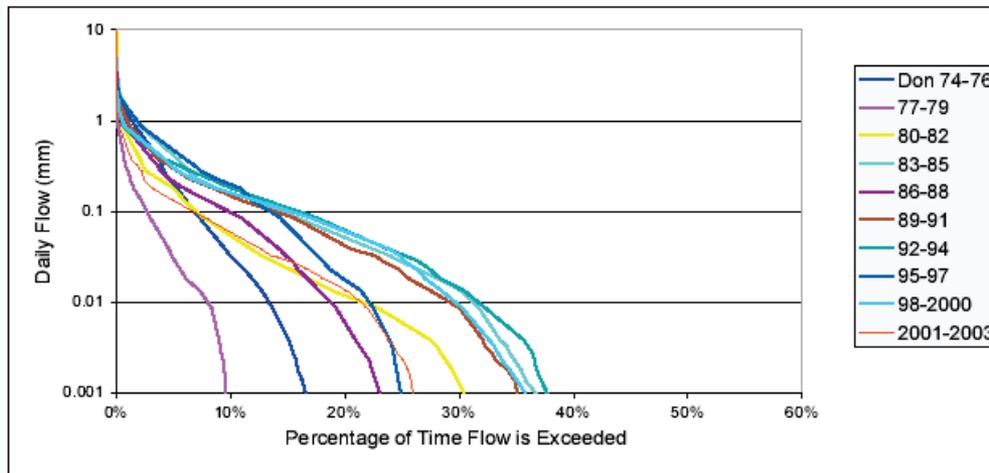


Figure 14. Flow Duration Curves for the Don (parkland and strip cleared) Catchment.

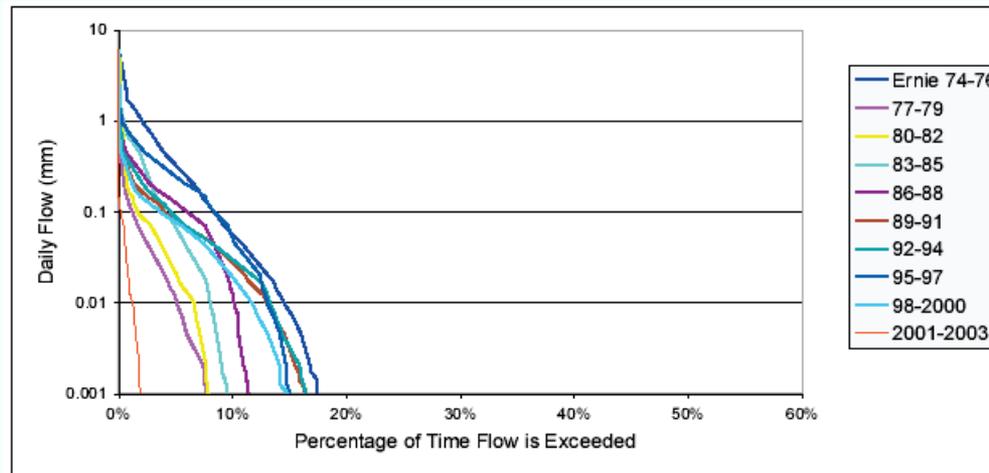
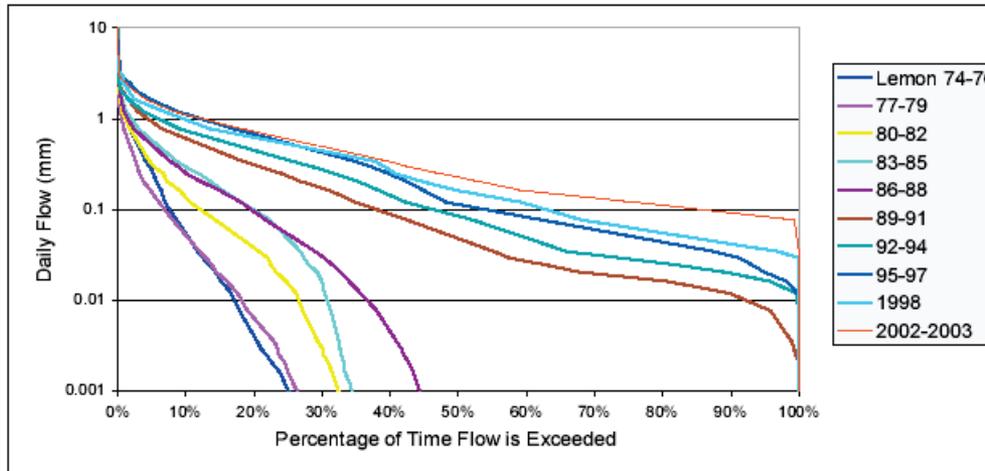


Figure 15. Flow Duration Curves for the Ernie (forested) Catchment.

40
(strip and
parkland
cleared)

Incertidumbres

**Los tratamientos forestales
no dan respuesta hidrológica lineal**



40
(lower half
cleared)

Figure 16. Flow Duration Curves for the Lemon Catchment (lower 50% clear-felled). No data recorded 1999-2001.

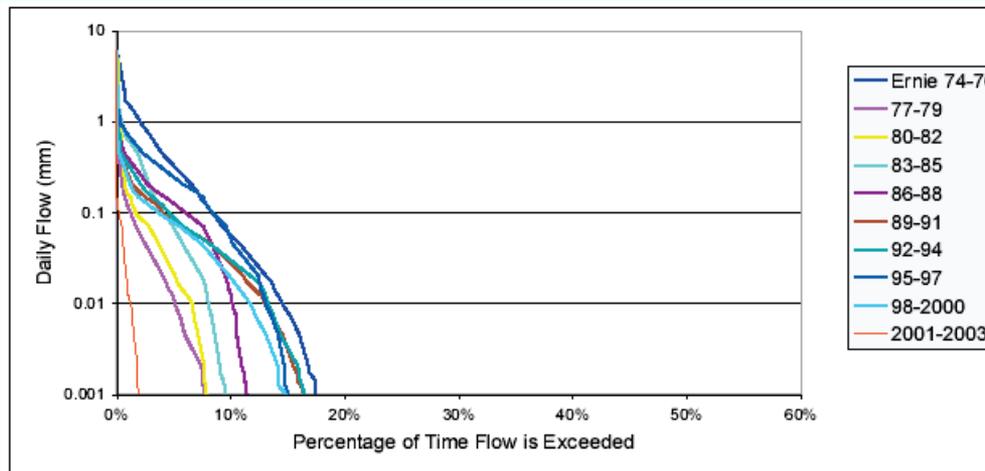


Figure 15. Flow Duration Curves for the Ernie (forested) Catchment.

Conclusiones I

Evidencias

Para las mismas condiciones fisiográficas, una cubierta forestal determina una mayor evapotranspiración que una cubierta herbácea

Esto se debe a una mayor biomasa aérea, una mayor captación de energía radiativa, un mejor intercambio de energía y agua con la atmósfera y una mayor profundidad de las raíces

El cambio de cubierta herbácea a forestal en una cuenca determina:

- un menor aporte de agua**
- la atenuación de las crecidas pequeñas y moderadas**
- la reducción de la humedad del suelo y la recarga de los acuíferos**
- la reducción de los caudales de estiaje**

Conclusiones II

Incertidumbres

La cubierta forestal, al favorecer la evapotranspiración, favorece la precipitación. Los efectos se manifiestan a escalas regional y continental.

Hay poca información sobre los efectos hidrológicos de tratamientos forestales especialmente en áreas con estrés hidrológico.

Conclusiones III

Percepción

La sociedad urbana (licenciados, técnicos y políticos) desconocen estos hechos y todavía tienen percepciones pre-científicas

En las sociedades rurales hay una percepción intuitiva:

‘ hay que ‘limpiar’ el monte porque se lleva el agua ’

‘ las fuentes se secan desde que se han abandonado los cultivos ’

Gracias por la atención y discusión

Agradecimientos

Susanne Schnabel (UNEX)



References

- Allison, G.B. et al., 1990. Land Clearance and River Salinization in the Western Murray Basin, Australia. *Journal of Hydrology*, 119(1-4): 1-20.
- Bosch, JM. & Hewlett JD. (1982). A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *J. Hydrol.* 55: 3-23.
- Calder, I. R. 1998. Water-resource and land-use issues. SWIM Paper 3. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 33pp.
- Calder, I.R., 1998. Water use by forests, limits and controls. *Tree Physiology*, 18(8-9): 625-631.
- Gallart, F.& Llorens, P. (2003) Catchment management under Environmental Change: Impact of Land Cover Change on Water Resources. *Water International* 28 (3): 334-340.
- Gallart, F. & Llorens, P. (2004) Observations on land cover changes and water resources In the headwaters of the Ebro Catchment, Iberian Peninsula. *Physics and Chemistry of the Earth* 29: 769-773.
- Gallart, F., Llorens, P., Latron, J. and Regüés, D. (2002) Hydrological processes and their seasonal controls in a small Mediterranean mountain catchment in the Pyrenees. *Hydrology and Earth System Sciences*, 6 (3), 527 - 537.
- Gallart, F., Delgado, J., Beatson, SJV., Posner, H., Llorens, P., Marcé, R. (2011) Analysing the effect of global change on the historical trends of water resources in the headwaters of the Llobregat and Ter river basins (Catalonia, Spain). *Physics and Chemistry of the Earth*, 36: 655-661
- Green, J.C., Reid, I., Calder, I.R. and Nisbet, T.R., 2006. Four-year comparison of water contents beneath a grass ley and a deciduous oak wood overlying Triassic sandstone in lowland England. *Journal of Hydrology*, 329(1-2): 16-25.
- Hatton T. & George R. 2000. The role of afforestation in managing dryland salinity. In: E.K.S. Nambiar & A.G. Brown Plantations, farm, forestry and water. *Water and Salinity Issues in Agroforestry* n° 7, RIRDC/LWA/FWPRDC. RIRDC Pub. N° 01/20, Melbourne: 28-35
- Llorens, P., Poch, R., Latron, J. & Gallart, F. (1997): Rainfall interception by a *Pinus sylvestris* forest patch overgrown in a Mediterranean mountainous abandoned area. I. Monitoring design and results down to the event scale. *J. Hydrology* 199: 331-345.
- Leblanc, M.J. et al., 2008. Land clearance and hydrological change in the Sahel: SW Niger. *Global and Planetary Change*, 61(3-4): 135-150.
- López-Moreno JI., Beguería S. & García-Ruiz JM (2006) Trends in high flows in the central Spanish Pyrenees: response to climatic factors or to land-use change?. *Hydrological Sciences Journal*, 51(6)
- MDBMC 1999, The Salinity Audit of the Murray-Darling Basin: a Hundred-Year Perspective, Murray-Darling Basin Ministerial Council, Canberra
- Silberstein R, Adhitya A, Dabrowski C. (2003) Changes in flood flows, saturated area and salinity associated with forest clearing for Agriculture. Technical Report 03/1. CRC Centre for Catchment Hydrology, Monash, Australia.
- Zhang, L., W.R. Dawes, & G.R. Walker (2001) "Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale." *Water Resour. Res.* 37: 701-708.