

Hidrología forestal, mitos y evidencias

Francesc Gallart
Pilar Llorens

Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera (CSIC)
Barcelona



Consecuencias hidrológicas de los cambios De cubierta vegetal



-Paradigma clásico (pre-científico): **Recursos hídricos \equiv bosque**

- *El bosque regula la respuesta:*
 - *Disminuye las avenidas*
 - *Retarda el flujo*
 - *Aumenta la infiltración*
 - *Recarga los acuíferos*
 - *Aumenta el flujo de base*
 - *Disminuye la erosión y transporte de sedimentos*
 - *Mejora la calidad del agua*
 - *Aumenta la precipitación*
- *El bosque aumenta y mejora los recursos hídricos*

Ayala-Carcedo (2002): Catástrofes Naturales, Mitos, Religiones e Historia

Antes de la creación de la Ciencia moderna en el XVII, y especialmente antes de la fundamentación científica de la Geología a fines del XVIII y la exploración científica del mundo que ha tenido lugar en los últimos dos siglos, la demostración de lo fundado o infundado de los mitos con pretensión histórica, se reducía a la investigación comparativa contradictoria de fuentes a la luz del trasfondo histórico y al análisis de la propia lógica interna de los escritos, fértil como se ha visto en el caso de la Biblia.

Hoy, como se ha dicho, los especialistas en Ciencias de la Tierra, están provistos de un arsenal de conocimientos, métodos e instrumentación que permiten rastrear en sus lugares de origen la veracidad o falsedad de los más diversos mitos de componente geográfica y abordar el problema interdisciplinariamente con una perspectiva desde lo que Braudel llamó la Historia Total.

Mc Culloch y Robinson (1993): History of forest hydrology.

Es inevitable que, en ausencia de una verdadera base científica para la hidrología, se hayan promulgado mitos y leyendas que, con el tiempo, han sido aceptadas con toda la autoridad del folklore.

-Paradigma clásico (pre-científico): **Recursos hídricos ≡ bosque**

Platón (347 AC), en el diálogo del Critias evocando el mito de La Atlántida y de la Edad de Oro:

...También había muchos árboles que daban frutas y la tierra producía infinitas cantidades de forraje para el ganado. La tierra recogía las lluvias anuales de Zeus y no perdía, como ahora, el agua que fluye desde la tierra desnuda hacia el mar, como la tierra era gruesa recibía el agua de su seno y la reservada en la arcilla impermeable, dejaba escapar en los valles el agua de las alturas que había absorbido y alimentaba por todas partes abundantes fuentes de aguas de ríos caudalosos...

Plinio el viejo (75) en su Historia Natural:

A menudo, cuando se talan los bosques, emergen fuentes en las que éstos se alimentaban ... se forman torrentes desastrosos después de cortar los bosques en las montañas, que contenían y dispersaban las tormentas.

-Paradigma clásico (pre-científico): **Recursos hídricos ≡ bosque**

Felipe-Augusto de Francia (1219) promulga la Real Orden de las Aguas y los Bosques

Se atribuye a Cristóbal Colón (ca1500) la hipótesis de que el bosque produce más lluvia. Esta idea la basó en las diferencias que observó entre el clima y vegetación de las islas Canarias y Azores por un lado y las 'Indias Occidentales' por el otro.

Bernardin de St. Pierre (1788) :Études de la Nature. "*..esta fuerza atractiva de los bosques en estas islas (Mauricio) es tal que un campo en una situación descubierta sufre frecuentemente la falta de lluvia mientras que llueve casi todo el año en bosques que están situados a un tiro de pistola. Ha sido destruyendo parte de los bosques que coronaban las alturas de esta isla que se ha causado que la mayor parte de los rios que la regaban se hayan secado"*. Recomienda reforestar las montañas de Francia para restituir a los rios su '*anterior volumen de agua*'.

Franklin (1779), Bernard (1787): *Los árboles, a través de las hojas, son capaces de absorber la humedad del aire y el rocío, y hacerlos penetrar en el suelo para alimentar las aguas subterráneas*

Crisis del Paradigma clásico

Después de la revolución Francesa, como consecuencia de una deforestación generalizada, se abre en Francia un debate entre ‘forestales’ e ‘ingenieros’.

- Los ‘forestales’ defienden las ventajas del bosque y basan sus argumentos en la cita de autores clásicos y en relatos de viajeros.**
- Los ‘ingenieros’ son escépticos, y argumentan que solamente son válidos los resultados de las medidas experimentales.**

Crisis del Paradigma clásico: experimentos pioneros

Belgrand (1850-1852), Ingeniero General de Ponts et Chaussées: comparó las escorrentías en tres cuencas con distinta cubierta, sin apreciar diferencias de respuesta.

Jeandel, Cantégril y Bellaud (1858 -1859), forestales: Compararon dos cuencas con distinta cubierta, diseñaron un modelo hidrológico rudimentario para demostrar que el bosque retardaba la escorrentía.

Matthieu (1867 – 1877) Director de la Escuela Forestal Francesa de Nancy: observó que la temperatura era menor dentro del bosque, y que un pluviómetro lejos del bosque daba mayor precipitación que los que estaban en el borde o en claros: lo consideró una prueba de que el bosque atrae la precipitación.

Engler (1919) Realizó la primera comparación entre dos cuencas que se considera correcta desde el punto de vista metodológico: Sperbelgraben y Rappengraben en Emmental (Suiza). Los resultados demostraron una mayor escorrentía de la cuenca deforestada. Este resultado abrió un gran debate científico.

Crisis del Paradigma clásico: método de las cuencas pareadas

Bates y Henry (1928): Wagon Wheel Gap (Colorado):

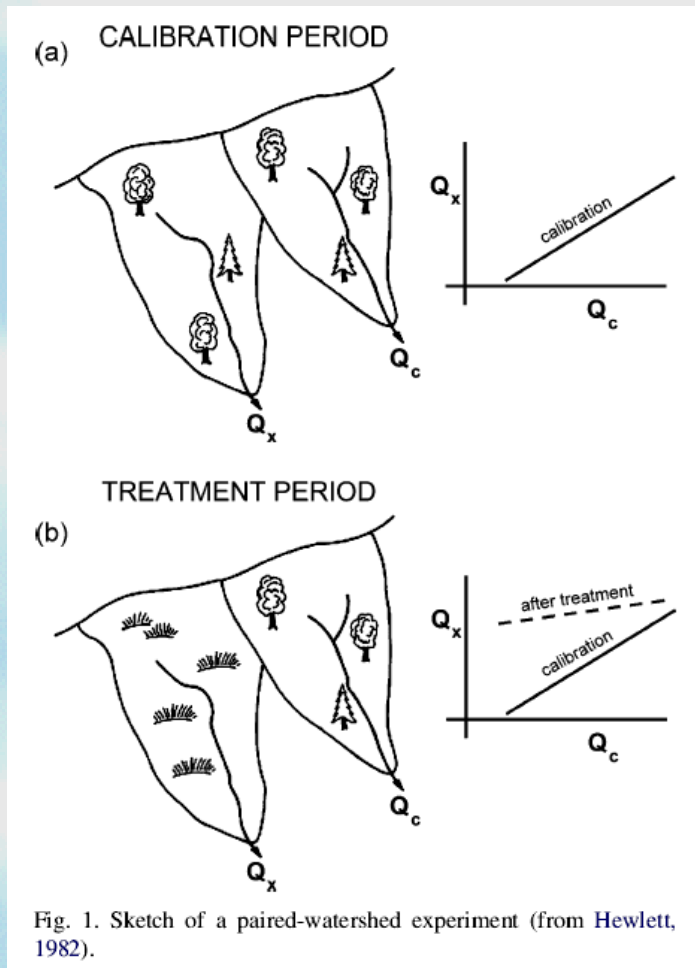


Fig. 1. Sketch of a paired-watershed experiment (from Hewlett, 1982).

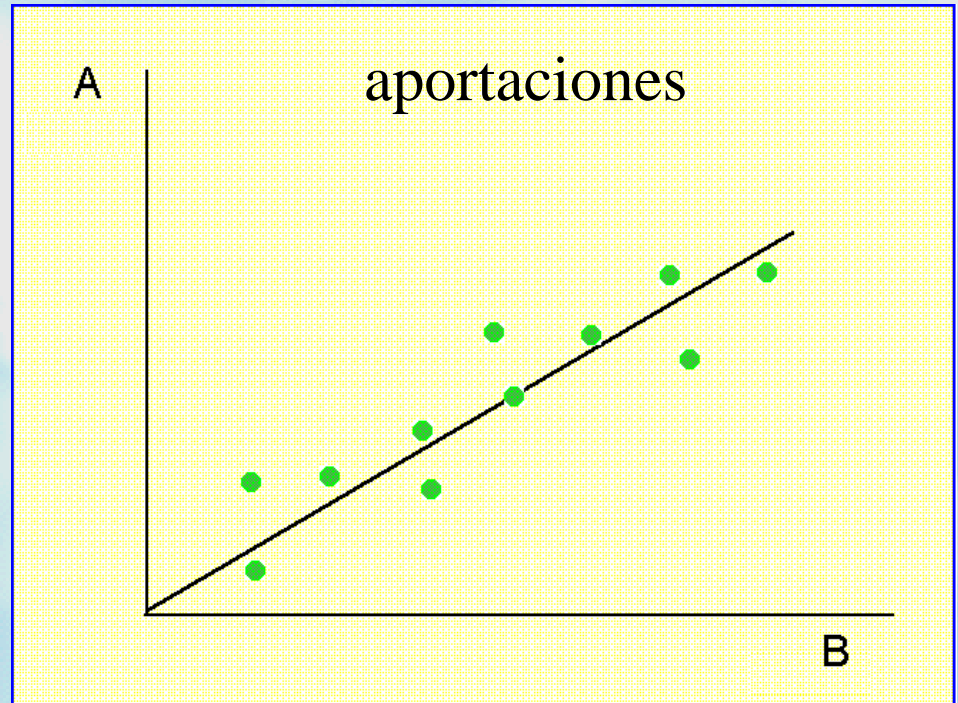
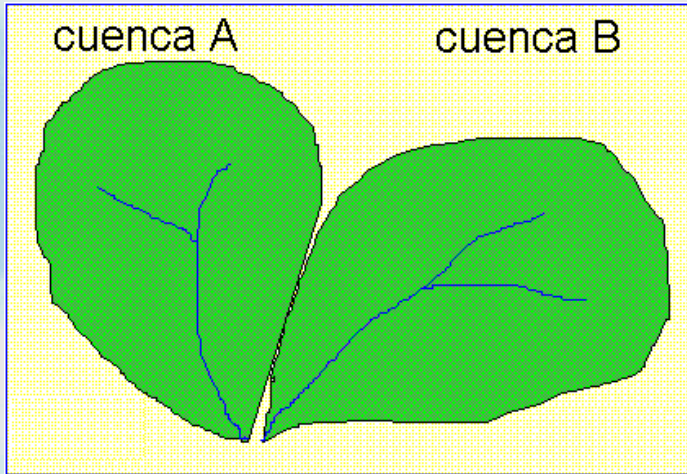
(1) Las cuencas deben ser contiguas, con diferencias mínimas en precipitación.

(2) Deben ser de igual estructura litológica, siendo los límites de altitud y configuración topográfica como orientación y pendiente lo más similares posible.

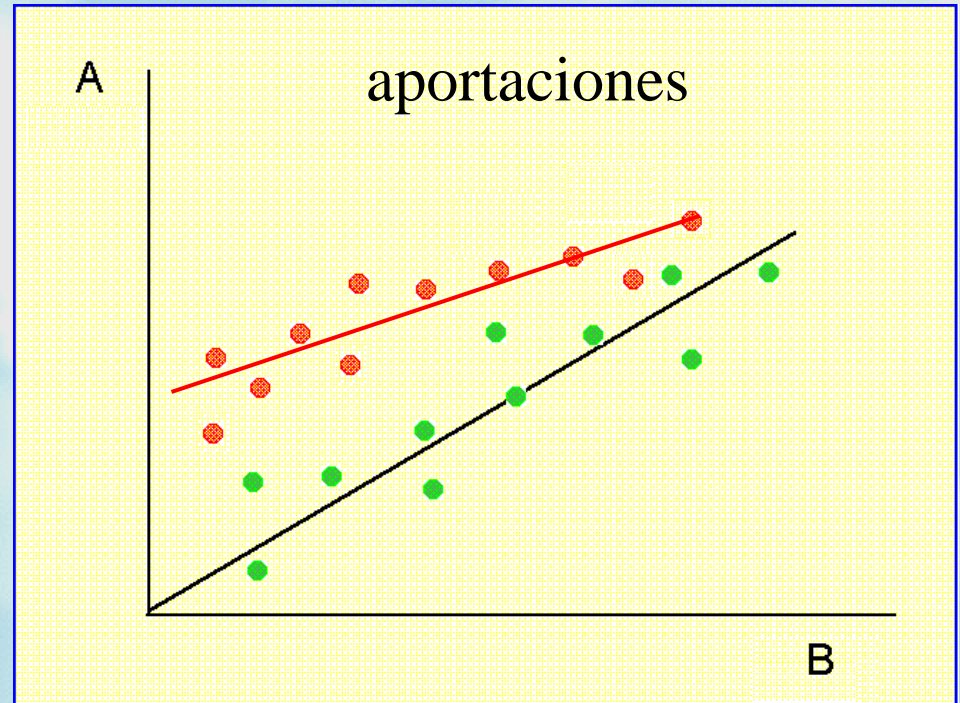
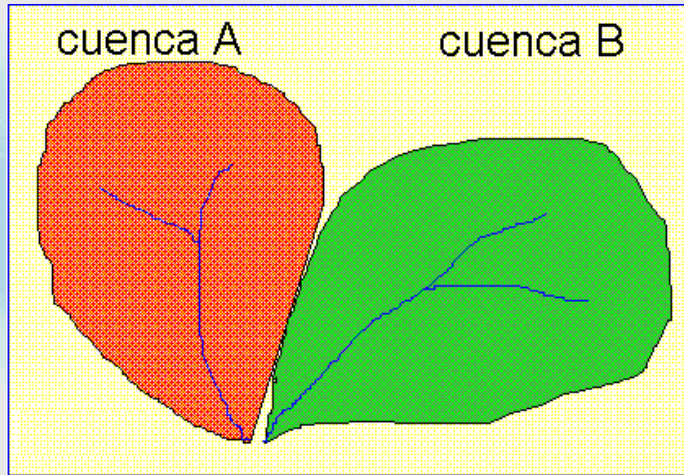
(3) El tamaño de cada cuenca no debe ser excesivo de modo no haya complicaciones para relacionar las salidas en la parte baja con la precipitación y otros fenómenos en el área.

(4) La vegetación debe representar la de la región, no la ideal ni la óptima.

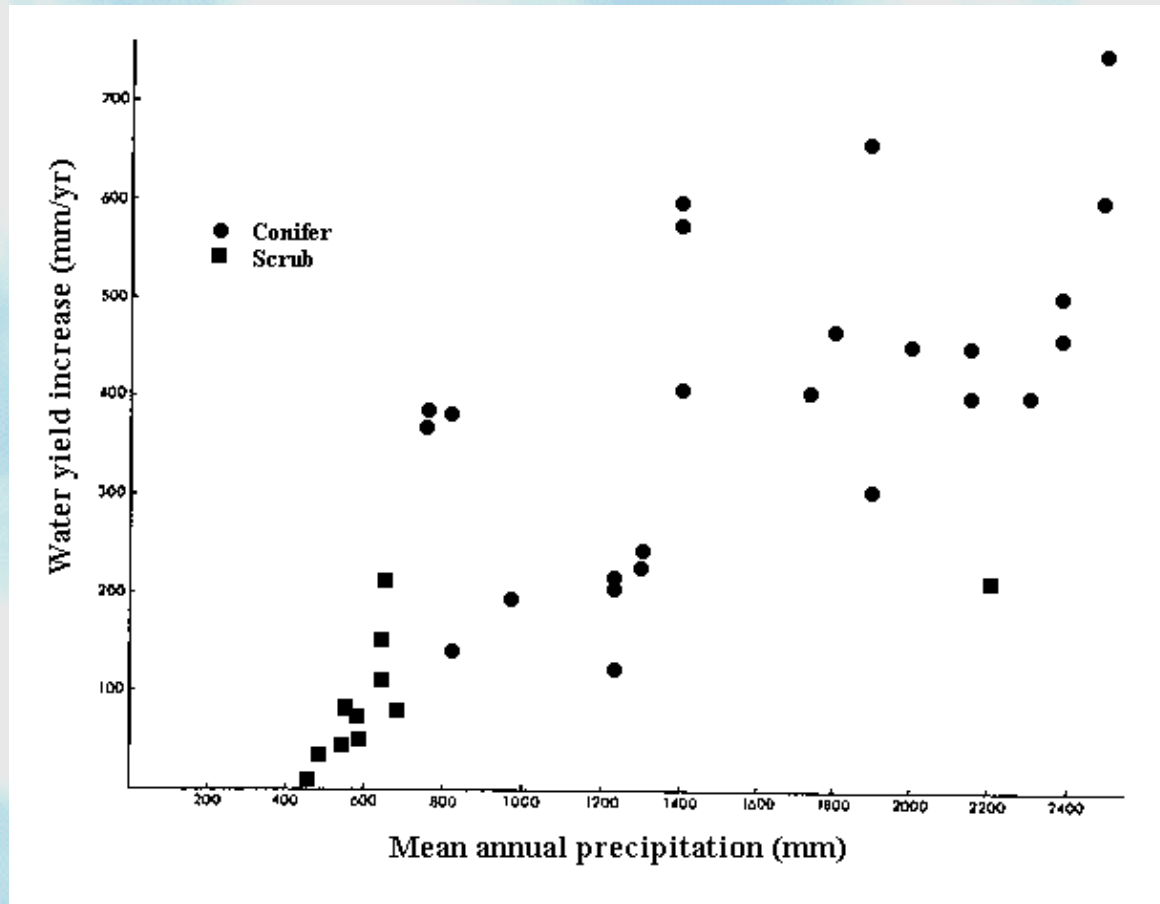
-Paradigma nuevo (experimental): Recursos hídricos <> bosque



-Paradigma nuevo (experimental): **Recursos hídricos <> bosque**



-Paradigma nuevo (experimental): Recursos hídricos <> bosque



La reducción de la cubierta forestal aumenta el aporte de agua

El establecimiento de bosque en una cuenca con vegetación dispersa disminuye el aporte de agua

(Hibbert, 1967; Bosch & Hewlett, 1982)

-Paradigma nuevo (experimental): Recursos hídricos <> bosque

V. Andréassian / Journal of Hydrology 291 (2004) 1–27

11

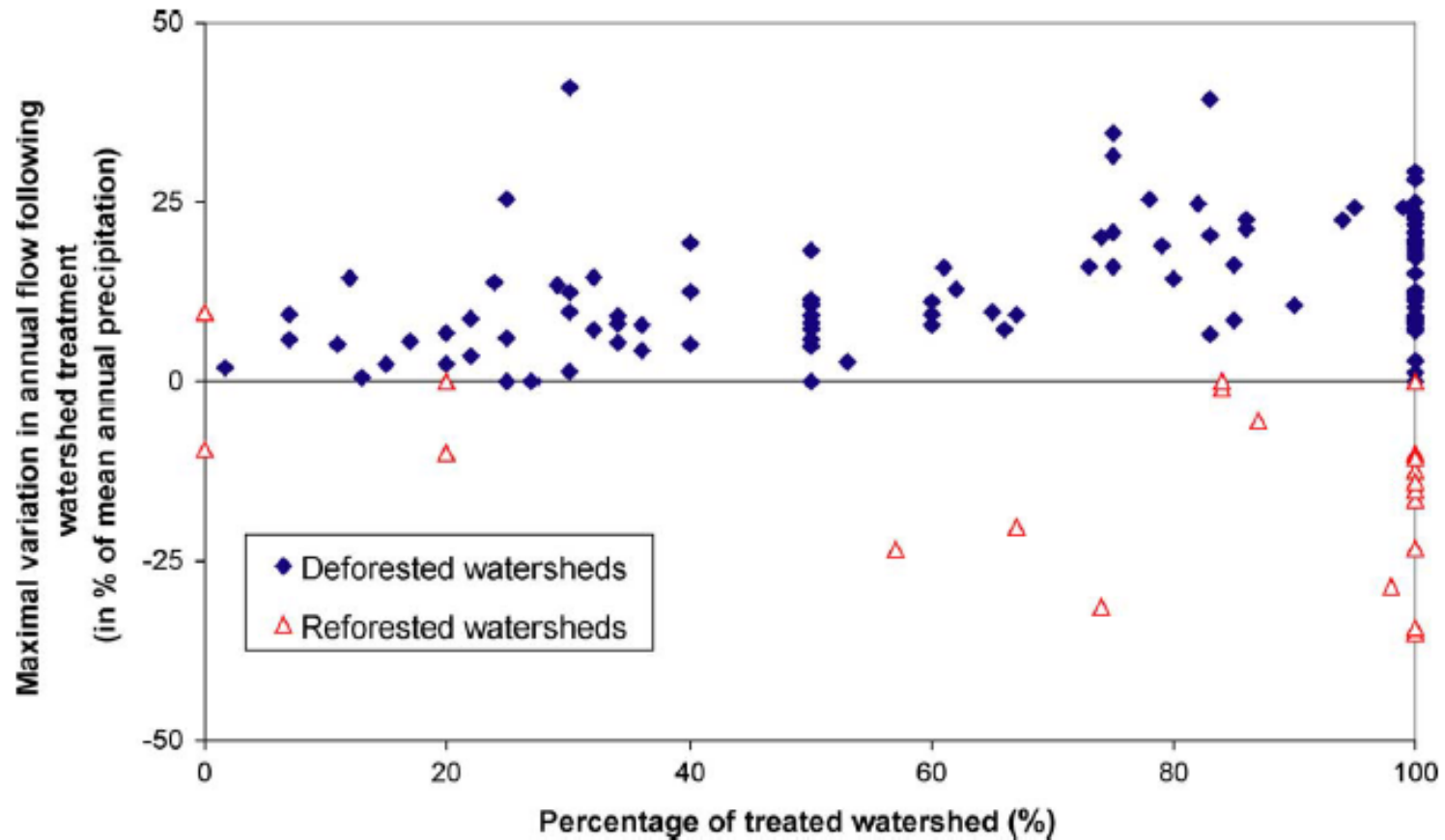
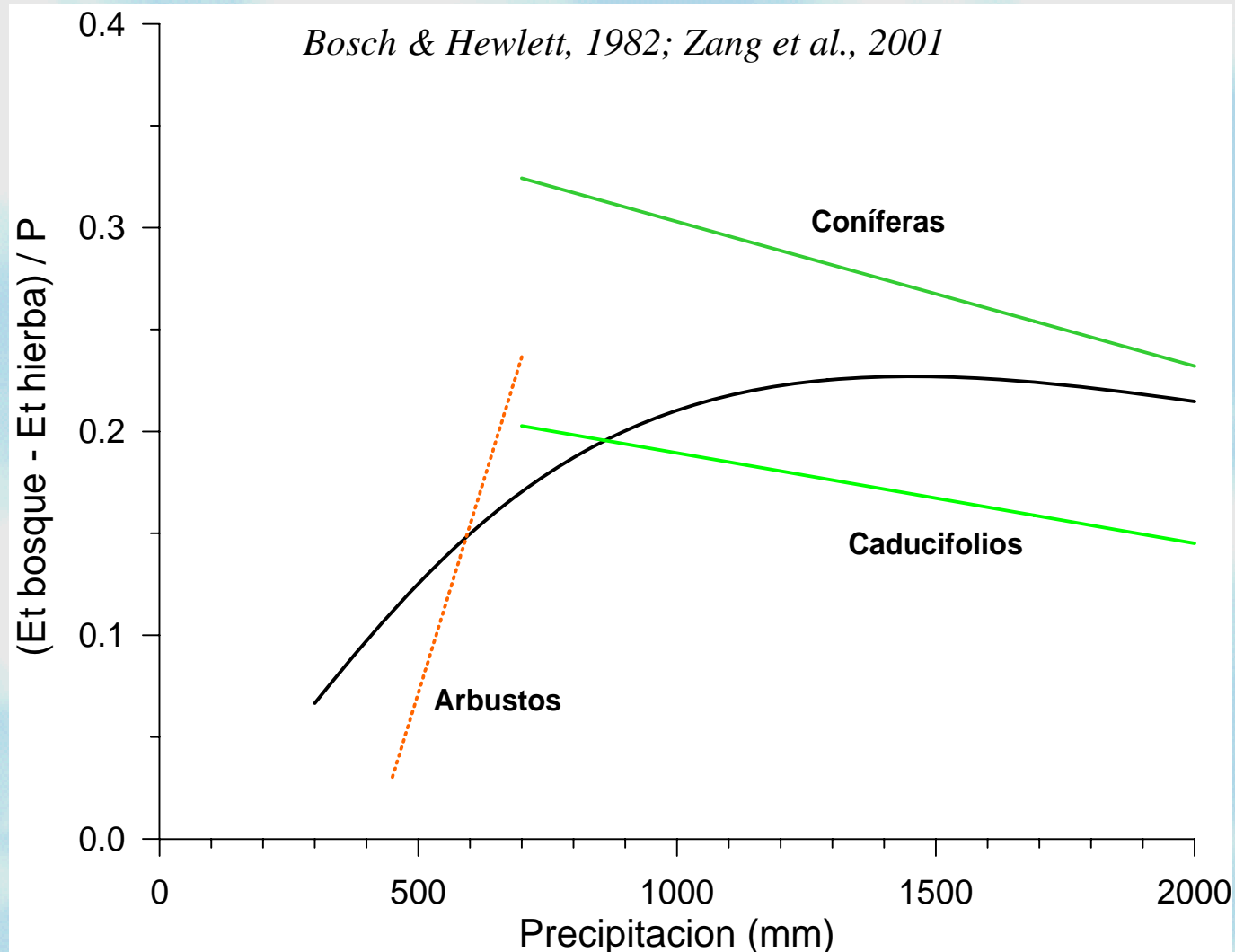


Fig. 5. Maximum variation in annual flow (in percentage of mean annual rainfall) following watershed treatment as a function of percentage of basin subjected to treatment (see Appendix for a list of the sites).

-Paradigma nuevo (experimental): Recursos hídricos <> bosque



La forestación de una cuenca de 1000 mm anuales representa la pérdida de escorrentía en un 22% de la precipitación

Desconstrucción del Paradigma clásico

El bosque aumenta la precipitación

El bosque aumenta la escorrentía

El bosque regula los flujos

El bosque reduce la erosión

El bosque reduce las crecidas

El bosque 'esteriliza' el agua, mejora la calidad.

El bosque aumenta la precipitación?

Dificultad de observaciones demostrativas:

- efecto de abrigo y altura**
- no estacionaridad de los registros temporales**

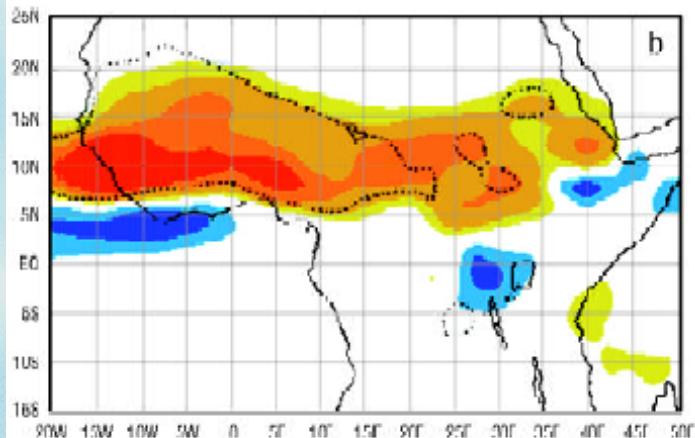
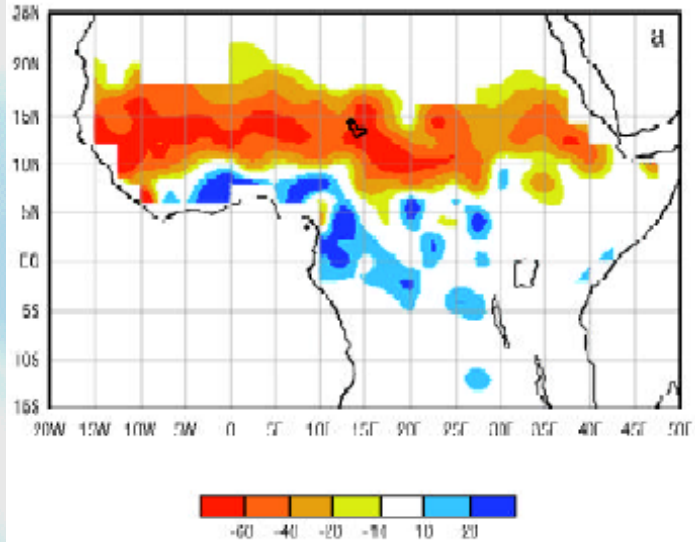
Efectos físicos a escala local

- precipitación oculta**
- efecto orográfico**

Efectos físicos a mesoescala:

- reprecipitación de agua evaporada en exceso

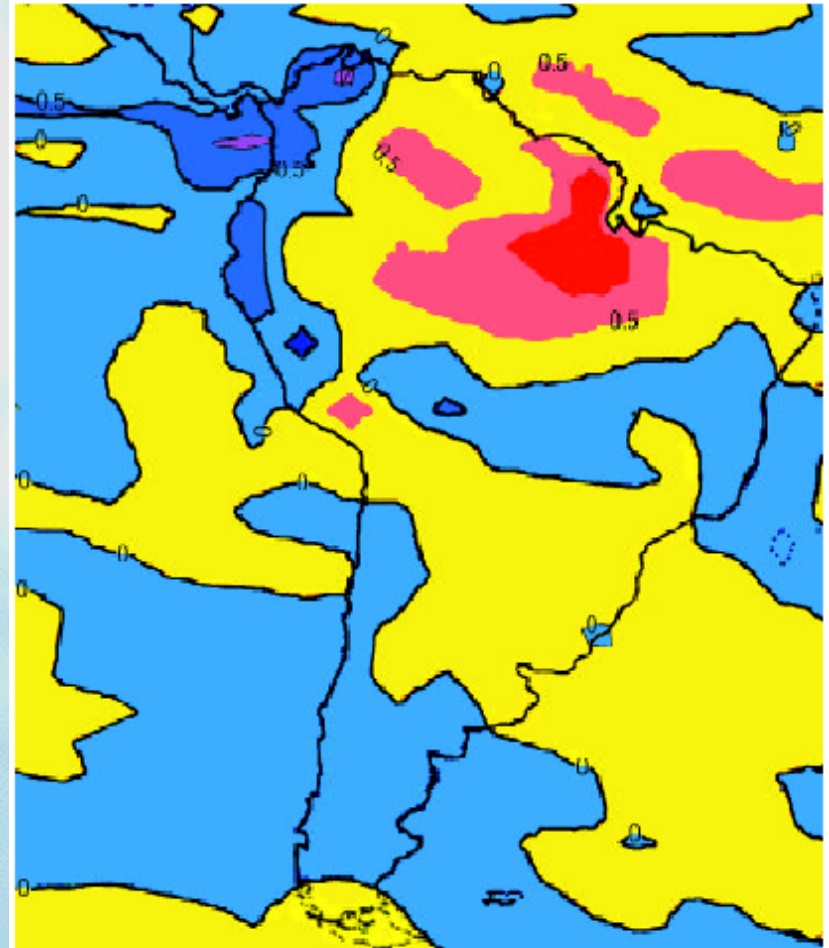
The observed change in the rainfall pattern (a) together with the spatial variability of the predicted change in rainfall (b) over Central Africa as a result of the Sahelian vegetation occurring over the last 30 years.



Source: Xue 1997.

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.

El bosque aumenta la escorrentía?

NO, la disminuye

Excepciones (muy raras):

- Precipitación oculta
- Bosques muy viejos

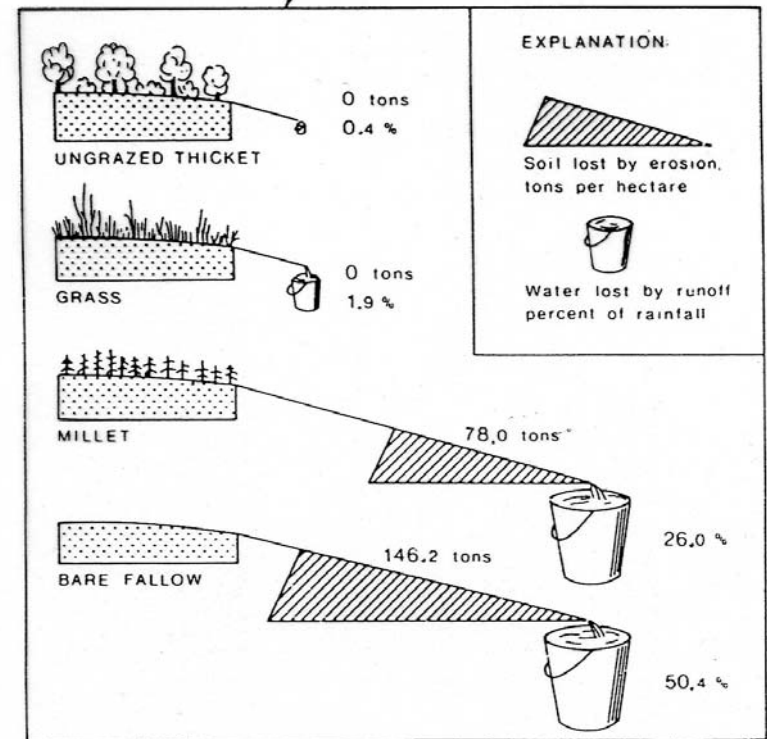
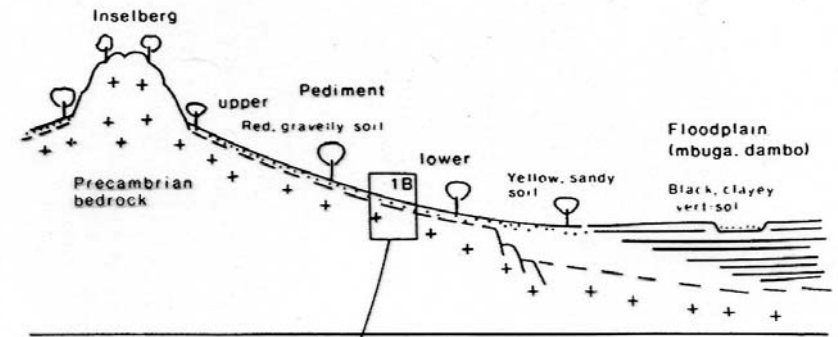


Figure 33.2 Slope profile of an inselberg plain (top) and results of soil erosion and runoff tests on land with different vegetation covers in Mpwapwa, Tanzania (bottom). Annual average of two-year recording period. The erosion plots were 50 m² of red sandy loam soil on a slope of 3.5° gradient. (Reproduced by permission of *AMBIO* from Sundborg and Rapp, 1986). Data from Staples, 1938

El bosque regula los flujos? Aumenta los caudales de estiaje?

El bosque tiene un mayor consumo de agua pero los suelos forestales son más permeables...

Las evidencias indican una reducción igual o mayor que los caudales medios

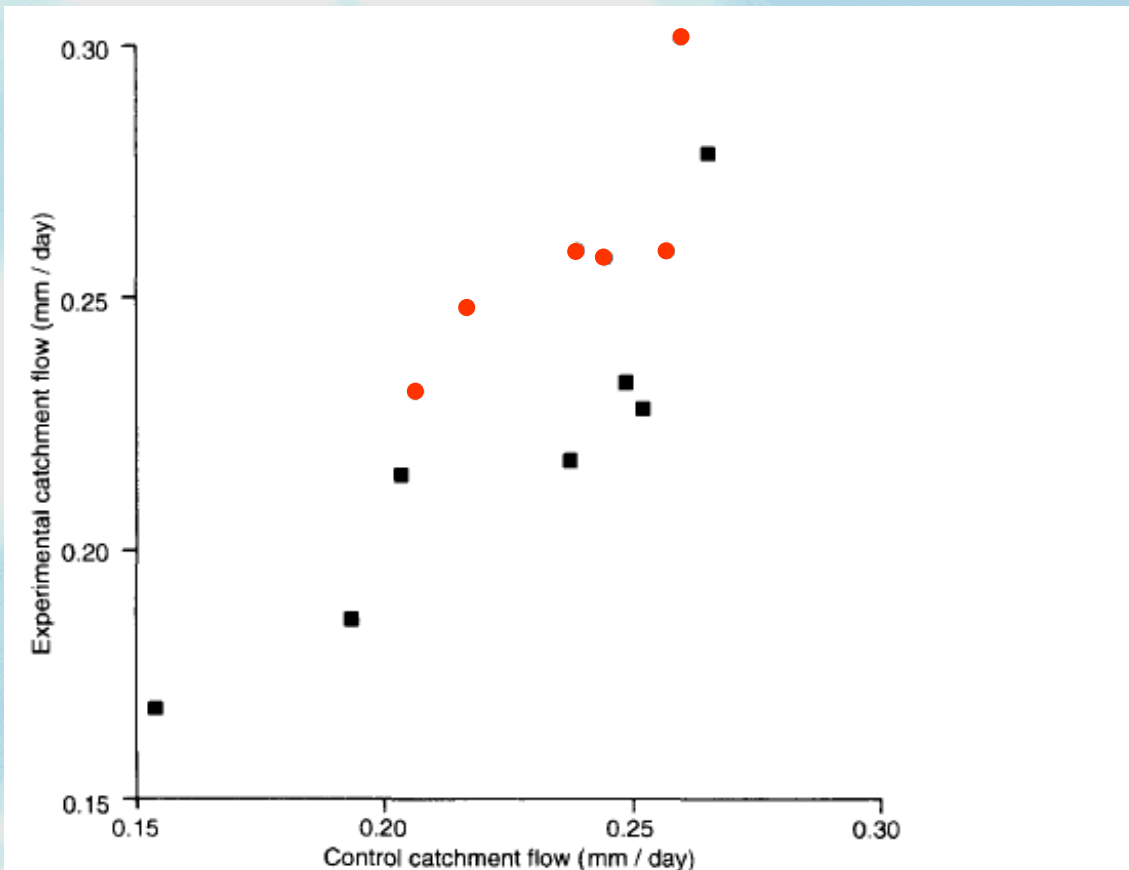


Fig. 1. Comparison of summer low flows (exceeded 95% of time in period 1 June–31 October) for individual years before (squares) and after (circles) deforestation of the experimental basin at Wagon Wheel Gap. Removal of the forest cover increased baseflows.

Las evidencias indican una reducción igual o mayor que los caudales medios

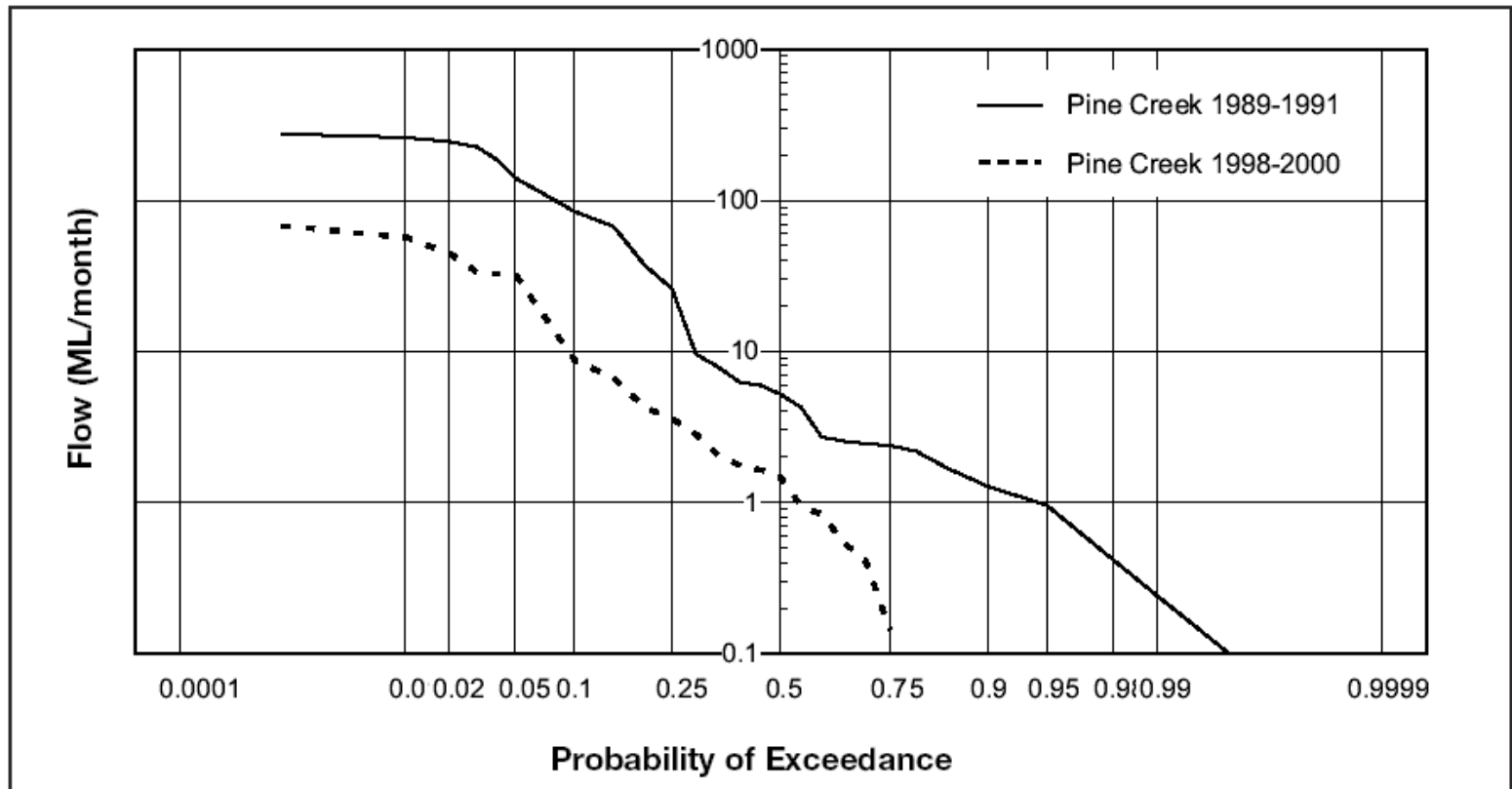


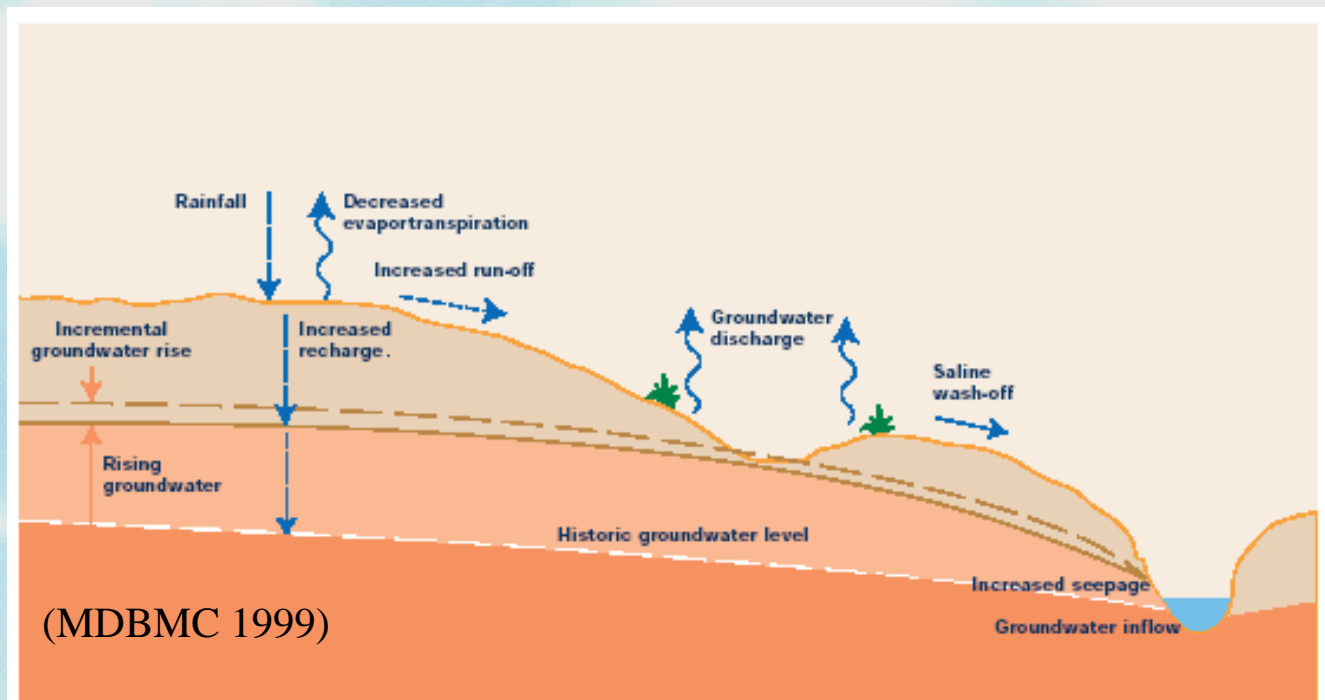
Figure 16b. Monthly flow duration curves under grass (solid line) and pine (dotted line) for Pine Creek catchment.
Zhang et al. 2003

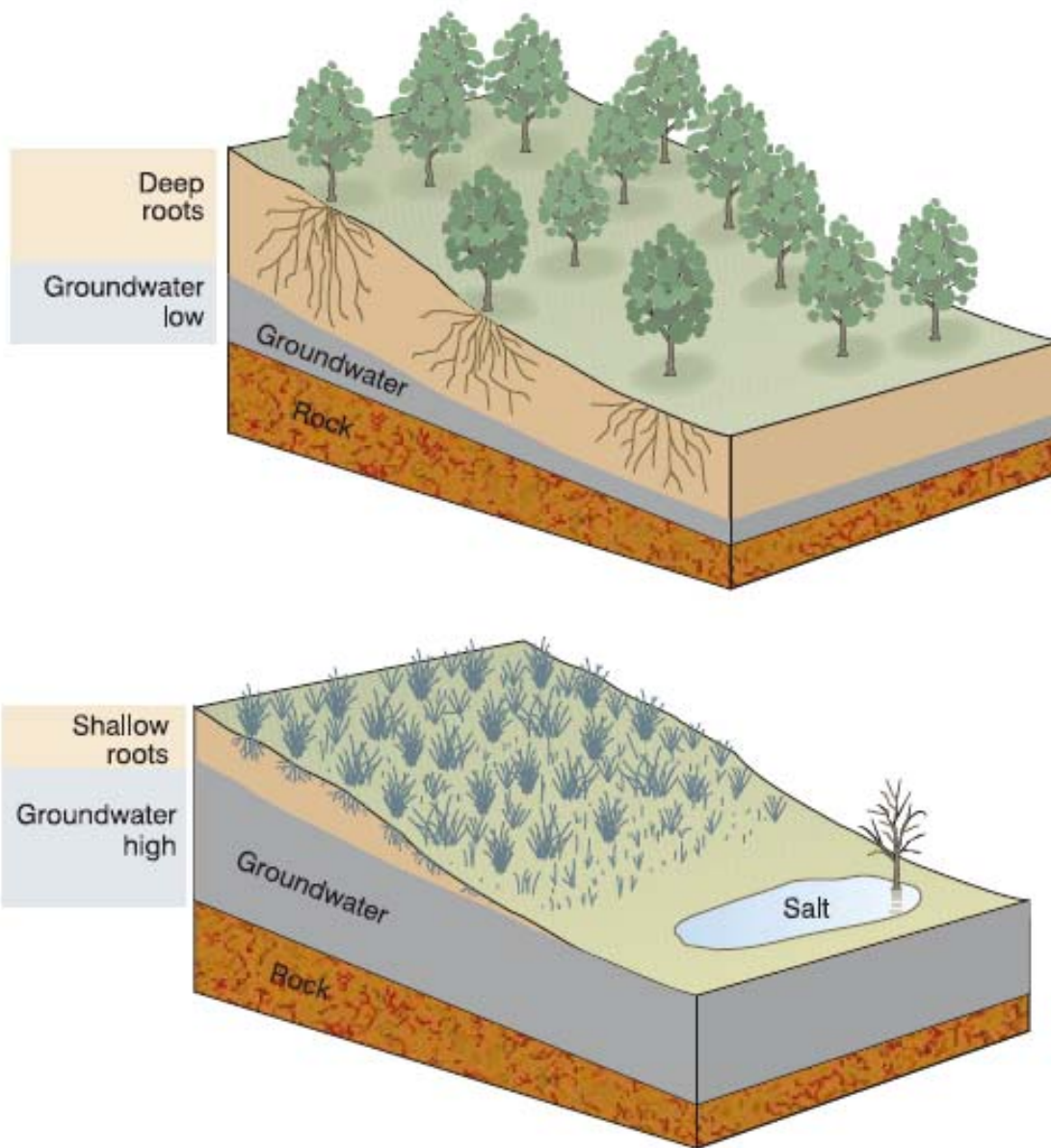
El bosque mejora la infiltración y la recarga subterránea?

El bosque tiene un mayor consumo de agua pero los suelos forestales son más permeables...

Las observaciones con carácter demostrativo son difíciles, pero

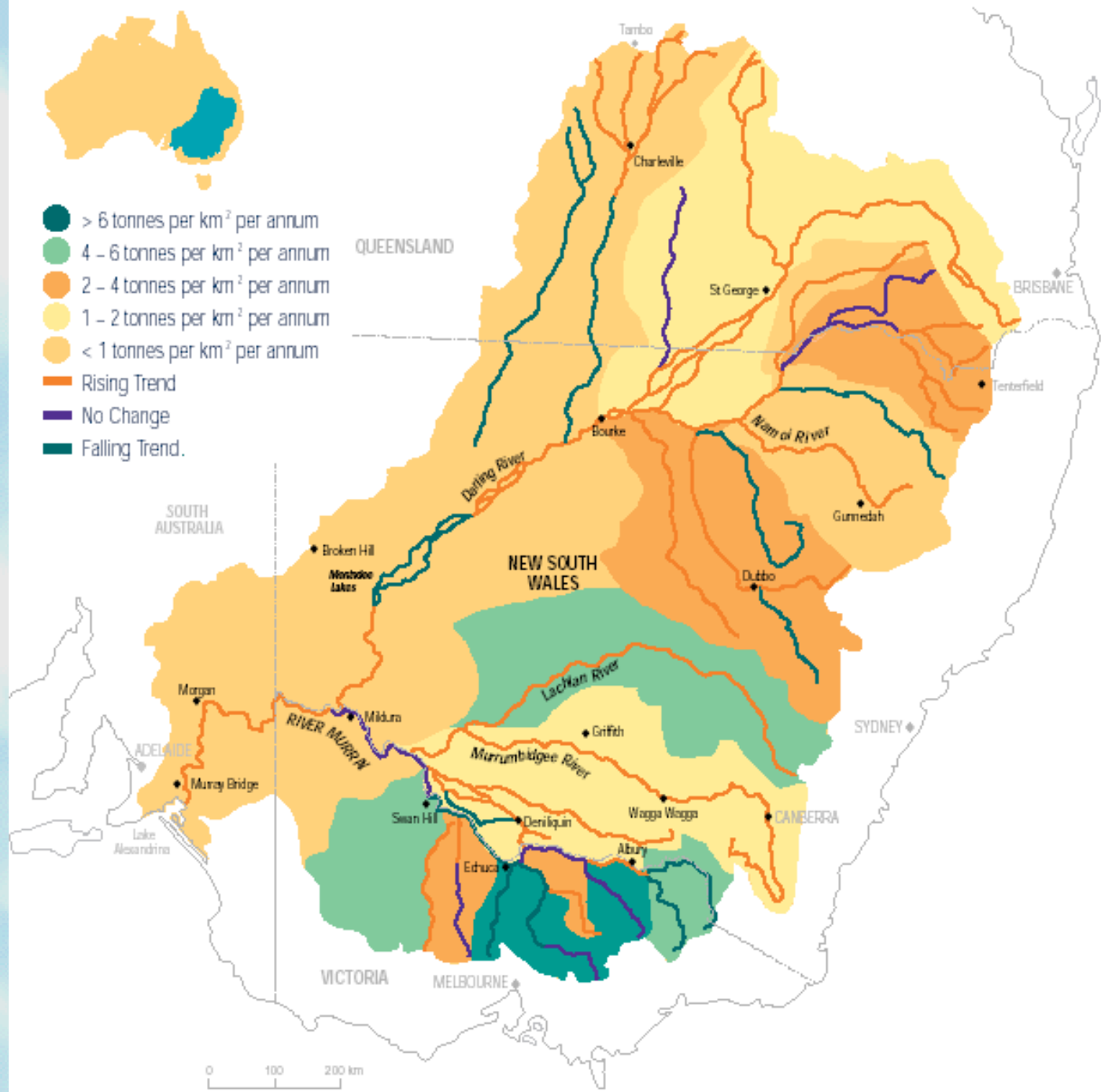
- Resultados experimentales recientes en Dinamarca a escala de rodal indican menor recarga bajo cubierta de robles comparada con brezales
- En Australia el ascenso generalizado de la capa freática después de la deforestación generalizada está creando graves problemas de salinización de suelos





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



El bosque reduce la erosión?

En comparación con un suelo poco protegido, pluvial y la escorrentía por parte del bosque detiene la erosión. Algunos resultados son espectaculares.

Sin embargo:

- En algunos experimentos, el aumento de deforestación debe atribuirse al papel de los troncos que reducen la erosión.
- El goteo desde las cúpulas es importante en zonas de lluvias de baja intensidad.
- El vuelco de los árboles puede aumentar el riesgo de erosión en zonas con elevada pendiente.

Una buena cubierta herbácea o arbustiva protege el suelo y reduce la erosión.

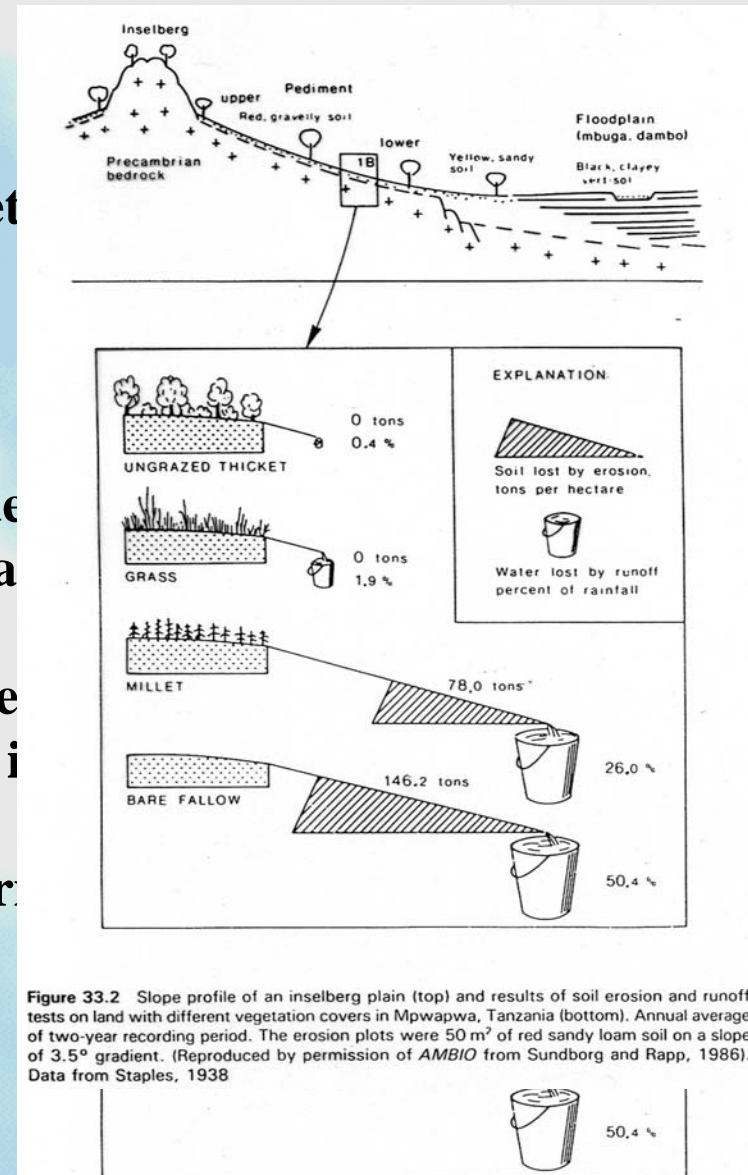


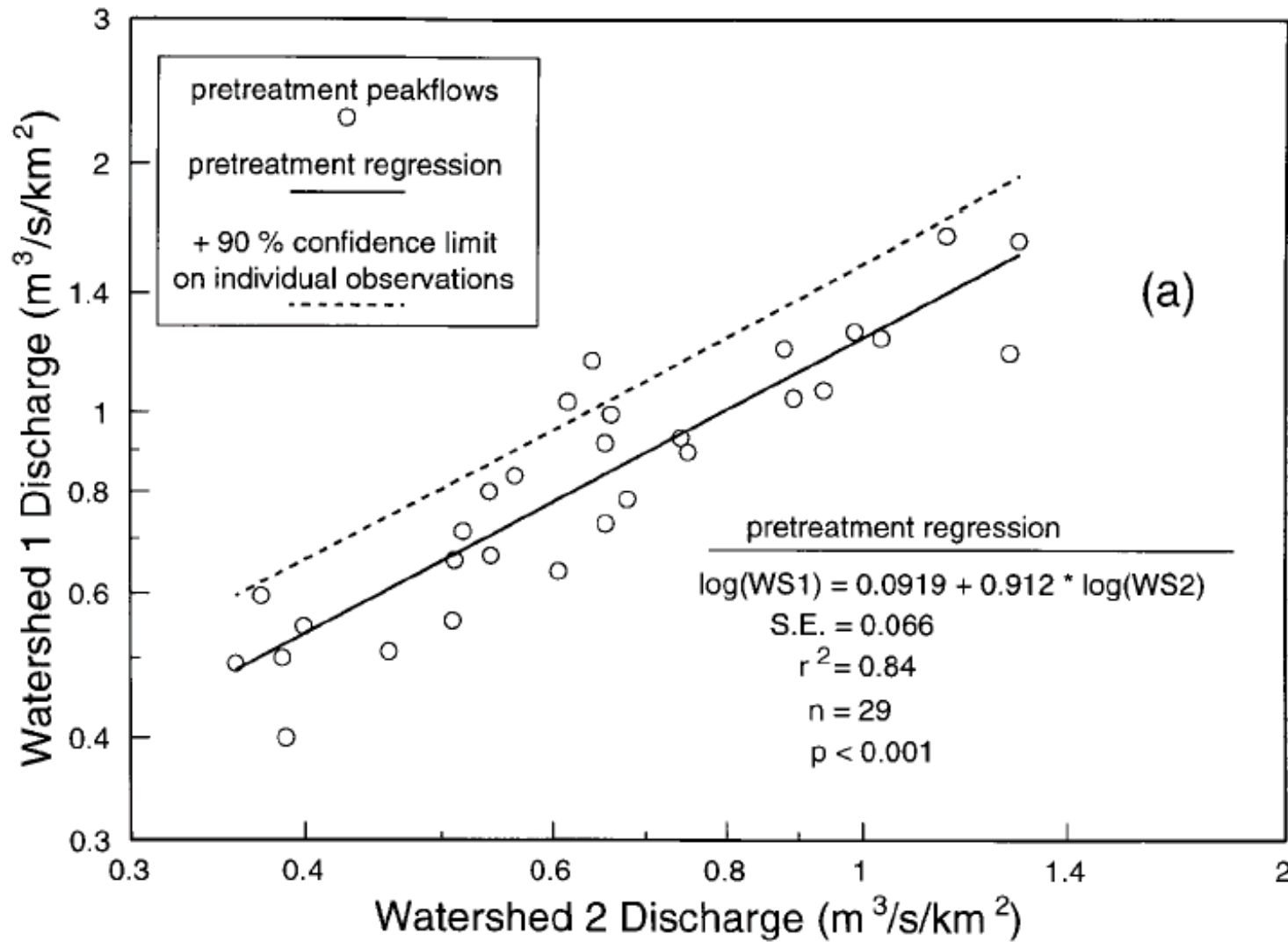
Figure 33.2 Slope profile of an inselberg plain (top) and results of soil erosion and runoff tests on land with different vegetation covers in Mpwapwa, Tanzania (bottom). Annual average of two-year recording period. The erosion plots were 50 m² of red sandy loam soil on a slope of 3.5° gradient. (Reproduced by permission of AMBIO from Sundborg and Rapp, 1986). Data from Staples, 1938

Figure 33.2 Slope profile of an inselberg plain (top) and results of soil erosion and runoff tests on land with different vegetation covers in Mpwapwa, Tanzania (bottom). Annual average of two-year recording period. The erosion plots were 50 m² of red sandy loam soil on a slope of 3.5° gradient. (Reproduced by permission of AMBIO from Sundborg and Rapp, 1986). Data from Staples, 1938

El bosque reduce las crecidas?

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

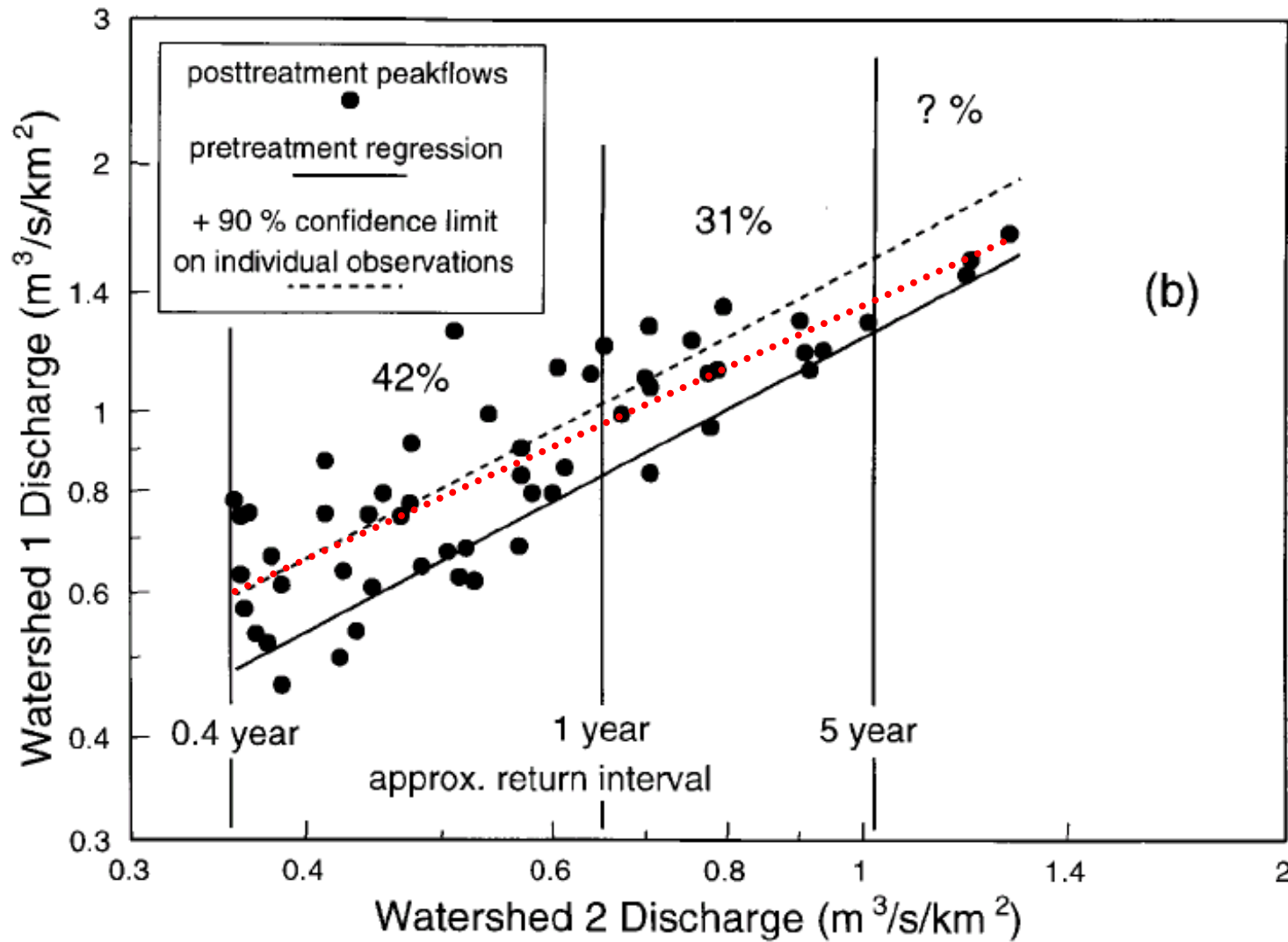
109



El bosque reduce las crecidas?

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

109



El bosque reduce las crecidas?

Tanto los resultados experimentales como los de modelos demuestran que

- El bosque reduce las crecidas frecuentes de baja magnitud**
- El bosque no modifica las crecidas de gran magnitud**

El bosque mejora la calidad del agua?

En comparación con cuencas agrícolas donde se aplican productos agroquímicos o con cuencas de pasto, las aguas de escorrentía y recarga tienen apreciablemente mejor calidad.

Sin embargo, en áreas con fuerte contaminación atmosférica, el efecto de filtro de los árboles puede favorecer la contaminación de las aguas, en particular, la acidificación.

Pervivencia del Paradigma clásico: gestión forestal

Pereira (1989): *La evidencia en todo el mundo de que las elevaciones y montañas usualmente tienen más lluvia y más bosques naturales que las tierras bajas colindantes ha llevado históricamente a la confusión entre causa y efecto. Aunque las explicaciones físicas se conocen desde hace más de 50 años, la idea de que los bosques causan o atraen lluvia ha persistido. El mito se ha escrito en los libros de texto y se ha vuelto un dogma de fe para las generaciones recientes de forestales*

UNCED (1992): *El impacto de la pérdida y degradación de los bosques toman la forma de erosión del suelo, pérdida de diversidad biológica, daño a los habitats de vida silvestre y degradación de las cuencas de drenaje, deterioro de la calidad de vida y reducción de las opciones para el desarrollo.*

Pervivencia del Paradigma clásico: aplicación

IPCC (2000) IPCC Special report, Land use, land-use change, and forestry. Summary for Policy-Makers.

9) Potencial para el Desarrollo Sostenible

... Seria necesario tomar en consideración las sinergias e intercambios relacionadas con las actividades relacionadas con LULUCF bajo la UNFCCC y su Protocolo de Kyoto en el contexto del desarrollo sostenible, incluyendo una amplia gama de impactos ambientales, sociales y económicos ...

.. Por ejemplo... La aforestación puede también tener impactos altamente variables en los suministros de agua subterránea, flujos fluviales y calidad de agua.

Plan Forestal Español 2002-2032 (Julio 2002).

Objetivos:

1) Promover la protección del territorio de la acción de los procesos erosivos y de degradación del suelo y el agua mediante la restauración de la cubierta vegetal protectora, incrementando, al mismo tiempo, la fijación de carbono en la biomasa forestal para contribuir a paliar las causas del cambio climático.

Aplicación del Paradigma científico

Ley Nacional de Aguas de la República de Sudáfrica (1998):

Parte 4: Actividades reductoras de los aportes fluviales. Esta parte permite al Ministerio, después de consulta pública, regular usos de la tierra que reducen los aportes fluviales...

36.(1) Las siguientes son actividades reductoras de los aportes fluviales:

a) el uso de la tierra para aforestación que ha sido o va a ser establecida para finalidades comerciales, y...

Consecuencias hidrológicas de los cambios De cubierta vegetal



-Paradigma actual (experimental): **Recursos hídricos <> bosque**

- *El bosque regula la respuesta:*
 - *Aumenta la infiltración*
 - *Recarga los acuíferos*
 - *Retarda el flujo*
 - *Disminuye las avenidas pequeñas y moderadas*
 - *Aumenta el flujo de base*
- *Aumenta la precipitación a escala continental*
- *El bosque aumenta los recursos hídricos*

Muchas gracias

