

El papel del bosque mediterráneo en la conservación del suelo y del agua

Jean Albergel, Jean Collinet, Patrick Zante y Hedi Hamrouni

Los suelos mediterráneos son un componente muy frágil de los ecosistemas terrestres. Son susceptibles a la erosión al estar expuestos a fuertes e intensas lluvias, seguidas de intensa escorrentía que se aceleran debido a la topografía montañosa. Por lo tanto, agua y el suelo se deben considerar conjuntamente.

Como ya se ha comentado en la sección 1.4, los regímenes de lluvia en el Mediterráneo se caracterizan por eventos meteorológicos intensos, con una importante fracción de la precipitación anual concentrada en pocos días. Estos rasgos combinados con el uso intensivo y destructivo del suelo (aclareo de los bosques, sobrepastoreo e incendios) a lo largo de milenios han tenido como resultado una evolución ecológica del ecosistema terrestre acusadamente regresiva, especialmente debido al marcado fenómeno de la erosión. La erosión del suelo sigue siendo un fenómeno de la mayor importancia tal y como se ilustra en las Figuras 20, 25 y 26.

Por ejemplo, dos extensas áreas climáticas de la Península Ibérica y el Magreb se caracterizan por suelos desarrollados sobre una roca madre formada por calizas y margas de los períodos Cretácico y Terciario. La región semiárida se caracteriza por lluvias de entre 300 y 600 mm, una variabilidad interanual de entre el 25% y el 50% y entre 4 y 7 meses secos. Las condiciones climáticas, que fueron antiguamente muy húmedas, condujeron a la diferenciación de suelos isohúmicos*, suelos rojos fersialíticos* más o menos incrustados en caliza o, en condiciones de menor drenaje, en las margas, suelos inundados. En estas áreas se encuentran formaciones climax tales como matas de acebuche, bosques de pino carrasco, cedros, enebros y cipreses. La región **subhúmeda** recibe entre 600 y 800 mm anuales de precipitación con una variabilidad de entre el 10% y el 25% y entre 3 y 5 meses secos. La humedad continua produce un oscurecimiento del suelo. Los suelos rojos se forman sobre rocas duras carbonatadas. Sin embargo, no resulta raro observar, sobre la caliza dura, suelos con tonos marrones; este oscurecimiento puede afectar total o parcialmente¹ al perfil del suelo. El oscurecimiento del suelo fersia-

¹ El oscurecimiento de los suelos fersialíticos (que es distinto del oscurecimiento por materia orgánica) resulta posible cuando las condiciones climáticas y de la cubierta del suelo son intermedias (clima sub húmedo). Sin embargo, existe también una categoría de suelo fersialítico marrón saturado de calcio (subgrupo de suelos fersialíticos).

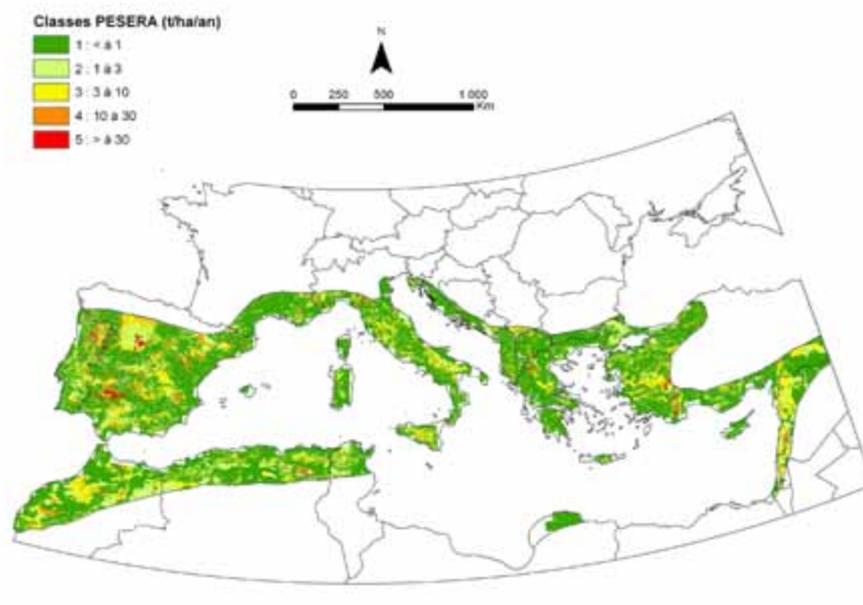


Figura 20. Mapa de la erosión del suelo en la cuenca mediterránea en las condiciones actuales (Simulación PESERA). Fuente: Y. Le Bissonnais et al. 2010.

lítico es un reflejo de algunas de las características físicas esenciales como la porosidad, la reserva útil y la resistencia de los agregados a la erosión. A las formaciones climácicas anteriores se pueden añadir los robles esclerófilos: la encina (*Q. ilex*), el alcornoque (*Q. suber*) y la coscoja (*Q. coccifera*).

Las cubiertas originales del suelo han desaparecido, en mayor o menor medida, debido al clima más seco y a los ciclos geológicos de erosión. La explotación de madera desde la época fenicia (1.000 a.C.) y el aumento de la agricultura desde la época romana (200 a.C.) intensificaron la erosión antropogénica dejando un paisaje en el que las rocas, los regolitos, y las incrustaciones calcáreas (continuas o fragmentadas) quedan expuestas a la superficie. En estos paisajes, la vegetación climácica se ha deteriorado hasta constituir maquias (suelos ácidos), y garrigas (suelos calcáreos). Sin embargo, algunos bosques se han salvado, normalmente los que se encuentran en las cabeceras de las cuencas de más de 50 km² donde la cría de ganado (ovejas) es dominante.

Los modelos de balance suelen tomar en consideración diversos flujos entre las cubiertas forestales y la atmósfera: el carbono atmosférico se fija en la vegetación por la fotosíntesis; se almacena en las hojas, madera, raíces y en el suelo que recibe los restos y alberga una actividad biológica más o menos intensa. Este carbono retorna mediante la respiración de las plantas o la descomposición de la materia orgánica. Los árboles, por otro lado, retornan el agua de lluvia interceptada que es evaporada desde las hojas o transpiran el agua absorbida del suelo por las raíces. Finalmente, bosques y suelos retornan parte de la radiación infrarroja recibida. Estos diferentes flujos se cuantifican principalmente en cubiertas forestales continuas y, por lo tanto, en áreas más húmedas que el Mediterráneo. Los bosques mediterráneos, con una menor biomasa, unas dinámicas de crecimiento y una intensidad de flujos que difieren de los que se dan en bosques templados e incluso más húmedos, continúan jugando un papel importante en

un contexto de subsistencia precaria de las sociedades circundantes, y de difícil gestión y conservación del agua y de los suelos – a pesar de que de norte a sur y de este a oeste del “límite de distribución geográfica del olivo” las situaciones son muy distintas. Los indicadores de las cantidades acumuladas y flujos de agua y de compuestos orgánicos y minerales permiten, dentro de ciertos límites, evaluar la fragilidad y resiliencia del binomio suelo y vegetación.

La energía liberada cuando una gota de lluvia impacta sobre el suelo puede ser controlada por la vegetación, con una cobertura de entre un 20% a un 30%, con pequeñas diferencias entre plantas, arbustos y árboles.

Los procesos de erosión del suelo relacionados con el agua consisten en:

- El impacto de la energía cinética de las gotas de lluvia al caer que dan como resultado la fragmentación de los agregados del suelo en partículas más finas,
- El papel de la escorrentía que actúa como medio de transporte de esas partículas, y
- El papel de la escorrentía como agente erosivo (formador de cárcavas).

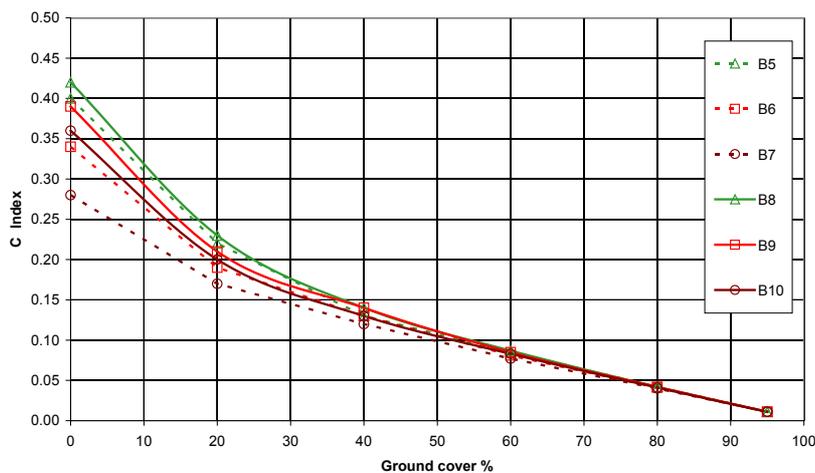


Figura 21. Papel de la cubierta vegetal en el control de la energía de las gotas de lluvia : índice C para varios tipos de cubiertas (C= 1 en ausencia total de de interceptación sobre un suelo desnudo: una situación que presenta la máxima vulnerabilidad).

- B5: 25% de estrato arbustivo con gotas de lluvia cayendo desde 2m + cubierta de suelo herbácea con frondosas.
- B6: 50% de estrato arbustivo con gotas de lluvia cayendo desde 2m + cubierta de suelo herbácea con frondosas.
- B7: 75% de estrato arbustivo con gotas de lluvia cayendo desde 2m + cubierta de suelo herbácea con frondosas.
- B8: 25% de estrato forestal con gotas de lluvia cayendo desde 4m + cubierta de suelo herbácea con frondosas.
- B9: 50% de estrato forestal con gotas de lluvia cayendo desde 4m + cubierta de suelo herbácea con frondosas.
- B10: 75% de estrato forestal con gotas de lluvia cayendo desde 4m + cubierta de suelo herbácea con frondosas.

Estos mecanismos dependen de las características de la cubierta vegetal desde el índice foliar que intercepta parte de la lluvia, reduciendo el efecto de salpicadura y contribuyendo a la reemisión de agua a la atmósfera a través de la evaporación (ver sección 1.4), hasta los sistemas radicales que limitan la movilidad de las partículas del suelo. Por supuesto que erosión y escorrentía están relacionadas con las características del suelo, en particular con la estabilidad estructural y las características hidrodinámicas.

Los efectos del bosque empiezan con la interceptación del agua de lluvia antes de que llegue al suelo. Dependiendo de las condiciones ecológicas locales se encuentran diferentes tipos de plantas y organizaciones estructurales que interfieren enormemente con el efecto **mecánico de las gotas de lluvia** y la génesis de la escorrentía, del mismo modo que lo hacen con la **movilización del suelo erosionable**.

La fracción que representa la interceptación en la ecuación del balance hídrico se discute en la sección 1.4. En las líneas que siguen se hace énfasis en la estructura de la vegetación y su papel para controlar la energía de las gotas de lluvia. La importancia de este factor se ha tomado en consideración al desarrollar nuevos modelos para predecir la erosión por el agua, valorando la interceptación de la energía mecánica de las gotas de agua en diversos tipos de cubierta vegetal desde árboles hasta cubiertas herbáceas. La Figura 21 ilustra los valores de la cubierta del suelo y del índice C en diversos tipos de cubierta vegetal, que se corresponden a diferentes combinaciones de alturas y densidades del dosel y de cobertura del suelo. Se puede concluir de que las diferencias entre los tipos de cubierta vegetal resultan escasas por encima de un umbral de cubierta del suelo del 20% al 30%, es decir, la vegetación arbustiva puede ser tan eficiente (e incluso mejor) que los bosques en lo que al control del efecto mecánico de las gotas de lluvia se refiere. En términos de balance hídrico la vegetación arbustiva consume, en general, menos agua que los bosques.

Los suelos forestales presentan una ventaja comparativa frente a otros tipos de suelo en lo que a porosidad y conductividad hidráulica se refiere, y resultan menos susceptibles a los efectos mecánicos de las gotas de lluvia.

Cuando el agua del flujo cortical, la interceptada por las hojas y las gotas de lluvia llegan al suelo, pueden ocurrir varios procesos. Se inicia el **recarga de agua** de las capas del suelo, seguido de la **infiltración** a niveles más o menos profundos, normalmente antes de que tenga lugar la **escorrentía**. Las características del suelo juegan un papel importante en la importancia relativa y la intensidad de estos procesos. En gran parte están relacionados con el tipo de ecosistema que controla las **transformaciones físicas y bioquímicas de las capas superiores**, facilitando la recarga del suelo y el drenaje profundo.

En el caso de los bosques, diversos estudios demuestran que:

- En los bosques de frondosas, se observan cambios estructurales de los horizontes superficiales relacionados con los compuestos húmicos polimerizados que estabilizan la estructura de los horizontes superficiales. Sin embargo esta acción resulta más limitada en los bosques de pino y teca y resulta casi nula en los bosques de eucalipto, cuya hojarasca segrega sustancias antibióticas que limitan la mineralización y humificación de los restos orgánicos.

Cuadro 4. Lluvia, infiltración y escorrentía

En una simulación de lluvia se descubrió que la intensidad de la infiltración mínima F_n (mm/h), o la intensidad máxima de la escorrentía R_x (mm/h), varían con la intensidad de la lluvia (I mm/h). Esta relación, que puede parecer sorprendente, resulta de la variabilidad lateral de la conductividad hidráulica saturada K_{sat} (mm/h) que, bajo una intensidad de lluvia constante, corresponde a F_n (mm/h). Esta propiedad fundamental se explica en la Figura 22.

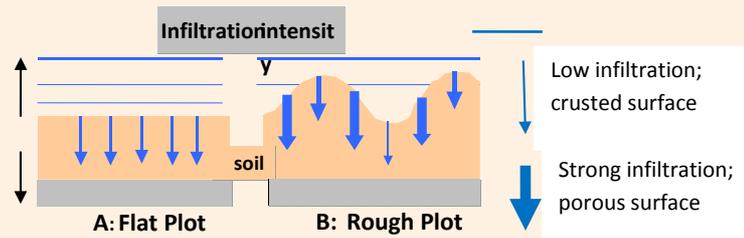


Figura 22. Relación entre la rugosidad del suelo y la conductividad hidráulica saturada, K_{sat} (mm/h). **Situación A, llanura:** en una llanura el suelo se cubre de una corteza homogénea; K_{sat} tiene el mismo valor en cualquier punto. En cuanto la intensidad de la lluvia (I) excede la K_{sat} , aparecen la escorrentía. El flujo sólo depende de la intensidad de la lluvia y de la pendiente del suelo. **Situación B, suelo irregular:** las costras calcáreas resultan más susceptibles en la parte más baja del terreno; se ven afectadas por sus bordes laterales, que resultan más permeables independientemente de que lo sean más o menos en su zona superficial. La K_{sat} varía de un punto a otro, el número de lugares en los que $I > K_{sat}$ aumenta con la altura del flujo de agua. Este es el caso de terrenos de superficie irregular, tierras cultivadas, terrenos con elevada actividad biológica y con una cubierta vegetal densa – todas ellas constituyen superficies irregulares– que quedan, como resultado, irregularmente sumergidas bajo el flujo de agua de escorrentía. La Figura 23 ilustra estos comportamientos mostrando la relación entre las escorrentías de superficies con regímenes fijos (R_x) y las intensidades de la lluvia (I):

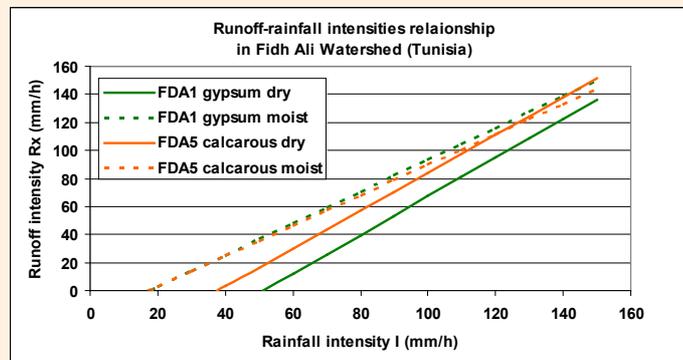


Figura 23. Relación escorrentía-intensidad de la lluvia en la Cuenca del Fidh (Túnez) Relación entre la intensidad máxima de la escorrentía R_x y la intensidad de la lluvia (I) para suelos con yeso (FDA1) y calizos (FDA5) con dos contenidos iniciales de humedad en el suelo. Obsérvese que la intersección de las líneas de regresión con la abscisa determina la intensidad de la lluvia (I_{lim} mm/h) que provoca el flujo inicial. Este valor se obtiene experimentalmente reduciendo gradualmente la intensidad de la lluvia simulada. FDA1 es un suelo derivado de margas yesíferas, las superficies son rugosas con agregados bien formados pero inestables. Con la lluvia, se dispersan dando origen a un material arcilloso-limoso FDA 5 derivado de la caliza. Las superficies se suavizan rápidamente con una cubierta arenoso-limoso que presenta baja infiltración. Sobre un suelo inicialmente seco el comportamiento de ambos es paralelo pero con diferentes límites de intensidad de lluvia: 51 mm/h para FDA1 y 37 mm/h para FDA5. Sobre un suelo inicialmente húmedo, los comportamientos convergen en las superficies que se suavizan alcanzan idénticos valores umbral (I_{lim} 18,5 mm/h).

- La actividad biológica animal y microbiana facilita la porosidad. Los gusanos segregan 3t/ha de excrementos orgánicos en los bosques frente a las 0,5t/ha que segregan en suelos biológicamente menos activos. Esta actividad limita el desarrollo de la costra superficial y favorece la conductividad hidráulica superficial así como, desafortunadamente, la movilización y erosión de los suelos poco profundos de montaña.
- La hojarasca o la cubierta herbácea proporcionan una protección añadida del suelo superficial, al actuar como un mantillo, dispersando la energía en las proporciones mostradas en la Figura 21.
- La porosidad profunda se ve favorecida por el desarrollo de las raíces; aunque este hecho depende de la estructura del sistema radical, el tamaño de las raíces (superficie pilosa, sistema pivotante, etc.) y de su estado de salud.

La escorrentía depende del estado de la superficie del suelo, del contenido inicial de agua en el mismo y, por supuesto, de la intensidad de la lluvia. La cubierta forestal retrasa su inicio e impide, o reduce, el establecimiento de escorrentía intensa.

La aplicación de **técnicas de simulación de lluvias** en los estudios sobre la erosión hídrica-escorrentía y movilización– han alcanzado notable desarrollo en el Magreb sobre suelos formados por materiales de diferente grosor, así como en áreas tanto secas como húmedas en al África subsahariana. El **estado de su superficie (SS)** resulta más relevante que la diferenciación en suelos “más o menos” profundos, ya que controla muchas de sus propiedades frente al agua. La escorrentía aparece cuando la intensidad de la lluvia sobrepasa la conductividad hidráulica saturada, tal y como se explica en el Cuadro 4. El proceso de infiltración también se relaciona con la porosidad del suelo y con la rugosidad de su superficie.

Las pérdidas del suelo como sedimento en las aguas de escorrentía y su dinámica durante los episodios de lluvia dependen, entre otros factores, del estado de la superficie del suelo. Bajo la cubierta forestal, comparado con otro tipo de cubierta vegetal, la limitación de la erosión va unida al retraso en el inicio de la escorrentía y al hecho de que se dificulta el establecimiento de un régimen intenso de escorrentía, como ya se ha mencionado.

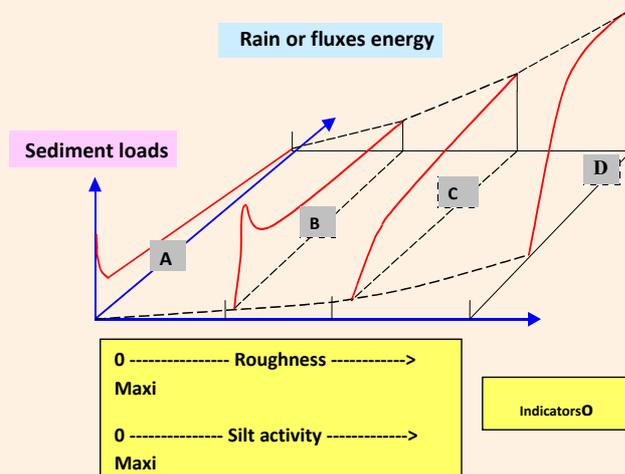
Las técnicas de simulación de lluvia son también muy útiles para evaluar la evolución de las cargas de sedimento relacionadas con el aumento de la intensidad para diferentes SS. El Cuadro 5 resume el inicio de la erosión y la dinámica del sedimento en relación al flujo y a la superficie del suelo.

Cuadro 5. Génesis de la erosión y carga de sedimentos según el flujo y parámetros de la superficie del suelo

La Figura 24 ilustra el comportamiento de cuatro tipos de suelo contrastados según la carga del sedimento en relación con la lluvia y el flujo de energía. La Curva A refleja el comportamiento de un suelo con muy poca estabilidad estructural. El colapso de los agregados por disipación de la energía de la lluvia homogeneiza la superficie y forma un revestimiento con escasa infiltración. La energía del flujo de agua es disipada por la superficie. El flujo se mantiene laminar y resulta menos abrasivo. Gradualmente se aprecia una disminución de las partículas exportables del suelo. El aumento de la carga de sedimento está unido principalmente a un fuerte aumento de la escorrentía. La Curva D refleja el comportamiento del suelo con mayor estabilidad estructural. El colapso de los agregados al disipar la energía de la lluvia es mucho más gradual. El retraso en el inicio de la escorrentía también se explica por los poros presentes en la superficie del suelo. El revestimiento del suelo es frágil y de estructura porosa. La superficie no se homogeneiza excepto durante lluvias importantes. Puesto que el flujo de agua no es muy abundante, la escorrentía no afecta a toda la superficie. Hay poca disipación de energía en la superficie, así que el efecto mecánico de las gotas de lluvia persiste. Puesto que la superficie es rugosa, el flujo se vuelve turbulento y, por lo tanto, abrasivo. Como resultado, hay un rápido aumento de la erosión que puede parecer contradictorio puesto que es la estabilidad estructural la que está en el origen del proceso. Aquí, el control de la erosión depende del retraso en el inicio de la escorrentía y con el establecimiento lento del régimen de escorrentía intensa – lo primero que los “conservacionistas” de tierras agrarias o agentes forestales deben considerar.

Figura 24. Cargas de sedimentos según el flujo y las características de la superficie.

Considerando lo anteriormente expuesto, las situaciones intermedias ilustradas por las curvas B y C resultan fáciles de interpretar. Los cambios en las cargas de sedimentos están asociados a las diferentes condiciones de rugosidad, actividad de los minerales de la arcilla (expansión y contracción), estructuración o desintegración de la carga salina, costras y la disgregación de elementos gruesos que actúan como excelentes indicadores del comportamiento del suelo.



El papel de la cubierta forestal en la conservación del agua y del suelo en el Mediterráneo resulta bastante diferente de los clichés que con demasiada frecuencia se sugieren y aceptan, considerando que los bosques suponen una protección total contra los procesos de erosión.

Hay muy pocas cuencas forestadas experimentales que permitan el estudio conjunto de hidrología y erosión del suelo en el área mediterránea. Es más, se han llevado a cabo muy pocos estudios de simulación de precipitaciones en condiciones de bosque. Sin embargo, los resultados de estos estudios se pueden complementar con hipótesis razonables derivadas de otras áreas agrícolas de estudio intensivo debidamente seleccionadas

Figura 25. Formación de badlands o malpaís sobre roca madre calizo-margosa que resulta de la desaparición del matorral. Cuenca del Tleta, Presa de Ibn Batouta; Rif occidental, Marruecos. Foto: P. Zante.



Figura 26. Erosión sobre limos calizos (sur del puente Fahs, Túnez). Foto: P. Zante.



para reflejar las condiciones de los suelos forestales. Valgan como ejemplo los datos basados en estudios de simulación de lluvia en Túnez en campos de cultivo comparables con los SS de los suelos forestales, que se han agrupado en: vegetación baja sobre suelos con agregados estructurales y revestimiento, suelos desprovistos de vegetación con revestimiento, suelo desnudo rugoso con agregados estructurales y revestimiento y suelo con elementos gruesos diseminados (ver Tabla 3).

La localización y extensión de los bosques de las áreas calizas del Mediterráneo y la profundidad de los suelos en los que crecen, dependen a menudo del tamaño de las cuencas.

En áreas de cuencas de pequeña extensión estrictamente calcáreas (<10 km²), los suelos forestales de las cabeceras se erosionan hasta el regolito, excepto en el piedemonte donde los coluvios forman suelos más profundos. En la cabecera, los bosques se localizan sobre rocas o costras calizas en las que el agua útil se desvía provocando condiciones de baja humedad. En estas condiciones, estos bosques dependen de la meteorización de este material para su existencia. En el suelo, se suceden una serie de estados dependiendo del periodo del año:

Tabla 3. Estudios de simulación de lluvia en la región Siliana, Túnez. Precipitación media (30 años) 430 mm; erosividad de la lluvia: 57–130 megajulios.mm/ha.h al año. Resultados de escorrentía y erosión en relación con el estado de la Superficie del Suelo (SS) en parcelas cuyo comportamiento resulta comparable al de los suelos de los bosques mediterráneos.

Suelo y profundidad	Lugares	Topo	Pendiente	C+S	Uso del suelo	SSF				Escorrentía		Erosión
						7 Costra formada por material erosionado	8 Costra estructural	9 Cracks arcillosos	10 Grava	11 Rx (l) r ²	12 l lim	13 Carga (R) r ²
Caliza marrón sobre caliza-margosa (30cm)	SM1	Cabecera	19	52	Sin arar	45	45	4	0	1,061-10,1 0,98	9,5	0,008R ² - 0,086R + 11,97 0,98
	SM2	Tramo medio	12	50	Barbecho	78	18	0	1	1,031-11,9 0,97	11,6	0,006R ² - 0,033R + 13,26 0,92
	SM3	Tramo bajo	10	45	Trigo + maleza	59	23	0,5	0	1,051-24,4 0,93	23,3	0,275R + 3,63 0,95
Caliza marrón compactada sobre coluvios (70cm)	SML3	Cabecera	8	54	Semilleros de trigo	54	24	4	2	0,951-15,6 0,98	15,7	0,004R ² - 0,352R + 25,44 0,79
	SML2	Tramo medio	10	50	Recién arado	16	54	6	0	Rx no disponible	> 42	Carga máxima 4.4g/l a l=120 mm/h
	SML1	Tramo bajo	13	48	Casi sin arar	72	16	5	5	1,001-6,4 0,97	6,4	-0,004R ² + 1,392R - 2,7 0,87
Afloramientos dispersos de costras calcáreas fragmentadas (ocm)	SMA1	Tramo medio	12	49	Casi sin arar	44	20	0	34	0,951-2,1 0,96	2,2	0,002R ² - 0,125R + 9,99 0,70
	SMA3	Tramo medio	9	62	Barbecho+ caña	28	9	0	12	1,091-23,3 0,97	21,2	0,016R + 0,82 0,82
	SMA4	Tramo medio	15	63	Recientemente arado	33	12	1	7	0,911-1.10 0,89	12,1	0,001R ² + 0,015R + 2,35 0,69

Leyenda:

1. Clasificación del suelo (CPCS), material de origen y profundidad del suelo (<50EG).
2. Lugares de simulación de lluvia con diferentes toposecuencias en la región Siliana (Túnez).
- 3, 4. Posición topográfica en pendientes de 300 a 1.000 metros de longitud y pendiente en %.
5. Textura del suelo: arcilla (< 2 micras) + limo fino (2–20) + limo grueso (20–50) en % de suelo sin contabilizar la grava.
6. Uso agrícola del suelo durante los ensayos.
- 7, 8, 9 10. Características de la superficie del suelo: costra, costra estructural, (agregados o terrones más o menos colapsados rodeados de material de dispersión de esas estructuras) grietas de desecación en suelos de arcilla; proporción de grava (2 a 20 mm) y cantos (>20 mm) sobre el suelo.
- 11, 12. Relación entre intensidad de la escorrentía a velocidad constante y la intensidad de la precipitación; límite mínimo de intensidad I.
13. Relación entre la carga de sedimento que arrastra la escorrentía y la intensidad de la misma R, detección de erosión areolar o lineal.

El inicio de las lluvias de Septiembre–Octubre en suelos pedregosos, sin brotes y con algunos rastrojos, tal y como se refleja en la Tabla 3 por el SMA₁ dan como resultado una escorrentía rápida pero ligera durante las lluvias más intensas.

El inicio de la estación lluviosa con un descenso más o menos significativo hasta las tormentas de abril y mayo, el crecimiento de una cubierta herbácea en el SMA₃ con una escorrentía que arrastra materiales ligeros y que cada vez aparece más retrasada respecto de la lluvia a medida que la capa herbácea crece y se hace más continua

En la cabecera de **la cuencas más grandes (>50 km²)** no es raro encontrar suelos fersialíticos profundos y rojos relictos con nódulos de caliza que no han sido afectados por los ciclos de erosión pero que pueden estar cerca de afloramientos rocosos. Los bosques, que se asientan sobre materiales estructurados, se mantuvieron en estas áreas gracias a los óxidos de hierro y los compuestos húmicos polimerizados. Puesto que estos suelos tienen buenas reservas de agua y áreas de alta conductividad, la vegetación crece con rapidez desde octubre a mayo. Llegamos a las siguientes situaciones sucesivas: SM₁ a SM₂ a SM₃ con una escorrentía ligeramente cargada de materiales y un cada vez más bajo umbral de la intensidad de la lluvia que, por lo tanto permite la recarga de la reserva de agua útil.

En estas cuencas, las **margas** a veces se disuelven en los lechos de caliza dando origen a los paisajes de conocidos como *badlands* (malpaís). La erosión areolar sobre los lechos de caliza (<5t/ha/año) se vuelve lineal con picos de unas 50t/ha/año.

No hay bosque, sino vegetación arbustiva baja con escasa herbáceas o superficies desnudas ya que sus reservas de humedad son escasas. La continua abrasión evita la germinación. Los comportamientos son similares a los de SML₂ y, posteriormente, en los puntos con características SML₁, donde el colapso de las estructuras suministra pesadas cargas que son arrastradas por la escorrentía que, en un principio, se habían retrasado pero que una vez colapsan estas estructuras, crece con rapidez.

Resulta necesario avanzar en la investigación para desarrollar un cuerpo de conocimientos sobre la conservación de agua y suelo en las condiciones de los bosques mediterráneos. Un programa de investigación concertado alrededor de la cuenca mediterránea podría ofrecer perspectivas interesantes.

Son poco comunes los estudios detallados que analizan los factores que afectan al comportamiento del tándem bosque/suelo. Los enfoques experimentales deben preceder al trabajo de modelización, ya que resultan necesarios para mejorar la calibración de los modelos y permitir su validación. Un ejemplo de experimento de campo fácil y rápido de poner a punto puede consistir en la simulación de precipitaciones en parcelas representativas de las características de los suelos y las cubiertas y cuyas características se puedan asociar con facilidad a los episodios de la lluvia natural. Estos enfoques requieren tomar en consideración las características fenológicas del bosque (estratos arbóreo y arbustivo) y tomar en consideración los cambios de energía relacionados con la intercepción de la lluvia.

Lecturas recomendadas

- Bellot, J. and Escarre, A. 1991. Chemical characteristics and temporal variations of nutrients in throughfall and stemflow of three species in Mediterranean holm oak forest. *Forest Ecology and Management* 41: 125-135.
- Casali, J., Lopez, J. and Giraldez, J.V. 1999. Ephemeral gully erosion in Southern Navarra (Spain). *Catena* 36: 65-84.
- Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G. and Valentin, C., 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena* 50: 91-133.
- Roose, E.J., Lal, R., Feller, C., Barthes, B. and Stewart, B.A. (eds.) 2005. *Soil Erosion and Carbon Dynamics*. CRC Press, Boca Raton, FL. 376 p.
- Roose, E., Albergel, J., De Noni, G., Laouina, A. and Sabir M. 2008. Efficacité de la gestion de l'eau et de la fertilité des sols en milieux semi-arides. Actes de la session VII organisée par le Réseau E-GCES de l'AUF au sein de la conférence ISCO de Marrakech (Maroc). AUF - IRD - ENFI. Editions des archives contemporaines. 402 p.



What Science
Can Tell Us

Agua para los Bosques y la Sociedad en el Mediterráneo

– Un difícil equilibrio

Yves Birot, Carlos Gracia y Marc Palahí (editores)



What Science Can Tell Us

Marc Palahí, Editor-In-Chief
Minna Korhonen, Managing Editor
The editorial office can be contacted at publications@efi.int

Layout: Kopijyvä Oy / Janne Kuivalainen
Printing: Kopijyvä Oy

Disclaimer: This volume has been developed with the support of the SylvaMED Project “Mediterranean forests for all”, with the financial contribution of the European Union through its European Regional Development Fund and the Programme MED. The views expressed are those of the authors and do not necessarily represent those of the European Forest Institute or the European Union.

ISBN 978-952-5453-87-4 (printed)
ISBN 978-952-5453-88-1 (pdf)



EUROPEAN FOREST INSTITUTE