

ESCORRENTÍA Y EROSIÓN TRAS EL APROVECHAMIENTO DE RESTOS DE CORTA EN UNA PLANTACIÓN FORESTAL

M.A. Balboa Murias; A. Merino; J.G. Álvarez González; P. Álvarez Álvarez; A. Núñez.

¹Escuela Politécnica Superior, Universidad de Santiago de Compostela. Campus universitario s/n, 27002 Lugo, España. Tlf: 982 25 23 03; Fax 982 28 59 26; e-mail: mibalboa@lugo.usc.es

Resumen

En este trabajo se realizó una primera evaluación de la incidencia del posible aprovechamiento de los restos arbóreos de corta sobre los procesos de generación de escorrentía superficial y producción de sedimentos en un terreno forestal previamente ocupado por una masa de *Pinus pinaster* Ait. Se establecieron dos parcelas de experimentación: en una de ellas los restos de corta permanecieron sobre el terreno sin alterar mientras que en la otra se retiraron fundamentalmente las ramas gruesas. Se registró un menor flujo superficial en la zona donde la totalidad de los restos de corta permanecieron sin alterar sobre el terreno. Se observó que si el aprovechamiento de los restos de corta se limitaba a las ramas más gruesas, permaneciendo sobre el terreno los ramillos, hojas y, especialmente, un horizonte orgánico bien desarrollado, las tasas de generación de escorrentía superficial aumentaban ligeramente, pero se mantenían en unos niveles que no condicionaban la estabilidad del sistema.

PALABRAS CLAVE: escorrentía superficial, *Pinus pinaster*, restos de corta, sedimentos.

INTRODUCCIÓN

El noroeste de la Península Ibérica es una de las regiones de mayor productividad forestal potencial de Europa. En las últimas décadas el incremento de la superficie forestal arbolada en esta región ha sido continuo, especialmente el relativo a especies de crecimiento rápido (XUNTA DE GALICIA, 2001). Por otro lado, diferentes intereses industriales, energéticos y ambientales han motivado que en los últimos años el estudio sobre la biomasa forestal esté adquiriendo una creciente atención. Estudios previos revelan que Galicia, amparándose en su elevado rendimiento forestal y en su desarrollado sector de transformación de la madera, podría ser capaz de asimilar buena parte de los recursos arbóreos no maderables para el aprovechamiento industrial o energético (BERMÚDEZ ALVITE y PIÑEIRO VEIRAS, 2001). Entre las estrategias se encuentra el aprovechamiento de fracciones arbóreas no maderables tras el aprovechamiento forestal.

Bajo esta perspectiva de posible aprovechamiento de fracciones de biomasa arbórea, se hace necesario aportar información que permita elaborar unos criterios de sostenibilidad de las masas forestales, considerando que el aprovechamiento de los restos puede implicar el empobrecimiento nutricional y la erosión del suelo, o la alteración del ciclo del carbono (FISHER & BINKLEY, 2000). De esta forma, el estudio de balance hidroggeoquímico constituye otra herramienta muy válida para establecer criterios de sostenibilidad, ya que constituye en mayor o menor medida la respuesta a aspectos hidrológicos, edáficos y litológicos, botánicos, climáticos, y procesos biológicos y antrópicos (NAMBIAR, 1996).

Con la eliminación de los restos vegetales del aprovechamiento disminuyen las pérdidas de agua por evapotranspiración e intercepción, con lo que la cantidad de agua presente en los horizontes superficiales del suelo es mayor (CASTILLO *et al.*, 1997; Mc COOL, 1997), favoreciendo los procesos de escorrentía superficial y de erosión del suelo. Todos estos fenómenos están íntimamente ligados a la eliminación del aporte de materia orgánica al suelo, con lo que aumenta su cohesión al quedar más expuesto al impacto del agua de lluvia (CASTILLO *et al.*, 1997; BENITO *et al.*, 2003). Además, este descenso del C orgánico provoca un aumento de la densidad aparente y motiva el desarrollo de procesos de degradación de las propiedades físicas del suelo, como la reducción de la velocidad de infiltración y del porcentaje de agregados estables (MERINO *et al.*, 1998).

En sistemas de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* en el norte peninsular se ha constatado que la retirada de la totalidad de los restos de corta y del horizonte orgánico, motiva la degradación del suelo y afecta a la productividad de estos sistemas (MERINO & EDESO, 1999), aumentando la escorrentía superficial y la pérdida de suelo (SOTO *et al.*, 1994; BOIX-FAYOS *et al.*, 1998). Sin embargo, no hay demasiados trabajos en los que se haya evaluado la incidencia sobre estos procesos del

aprovechamiento de las fracciones arbóreas no maderables. En el presente trabajo se realizó una primera aproximación a este planteamiento, considerando que el hipotético aprovechamiento de los restos de corta con fines energéticos o industriales implicaría la retirada mecanizada de la totalidad de las ramas más gruesas, mientras que la mayoría de los ramillos y de las acículas permanecerían dispuestos sobre el terreno.

El objetivo del presente trabajo fue realizar una evaluación inicial de la incidencia de diferentes alternativas de manejo de los restos arbóreas de corta sobre los procesos de generación de escorrentía superficial y producción de sedimentos en un terreno forestal donde se había realizado el aprovechamiento de una masa de *Pinus pinaster*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Características del área de estudio

El estudio se localizó en una parcela de *Pinus pinaster* situada en un monte de O Saviñao (Lugo), sobre una ladera con una pendiente del 49 %. Este monte estaba ocupado por una masa de *Pinus pinaster* de 35 años (Tabla 1), que en junio de 2002 había sido aprovechada a hecho, sin empleo de medios mecánicos. Tras el aprovechamiento, los restos de corta no sufrieron ninguna transformación y se dejaron sobre el terreno, en una cantidad aproximada de 50 Mg ha⁻¹ (biomasa seca hasta peso constante a 65 °C), en forma de ramas gruesas (23 Mg ha⁻¹), ramas finas (11 Mg ha⁻¹), ramillos (2 Mg ha⁻¹) y acículas (13 Mg ha⁻¹). Además, se registró un valor de 80 Mg ha⁻¹ (peso seco a 65 °C) de horizonte orgánico.

El suelo del área de estudio consistía en una combinación de Regosol dístico-Leptosol dístico, de textura franco-arenosa, desarrollado sobre pizarras y esquistos ácidos, ricos en cuarzo.

El balance de humedad del área de estudio es favorable, y sólo se produce un exceso apreciable en los meses invernales, existiendo un marcado déficit en verano. La temperatura media anual es de 12,7 °C. El valor anual de la ETP es de 635 mm.

Diseño de la experiencia

El fundamento de este trabajo consistió en el montaje y seguimiento de dos parcelas de escorrentía-erosión en un terreno forestal previamente aprovechado. En una de ellas la totalidad de los restos arbóreas de corta permanecieron dispuestos de forma uniforme sobre el terreno (tratamiento con restos, CR).

En el otro tratamiento se simuló un hipotético aprovechamiento de parte de los restos de corta, que se fundamentaría en las ramas gruesas (tratamiento sin ramas gruesas, SR). Para asegurar la homogeneidad de la operación en la superficie, la retirada de las ramas gruesas se realizó de forma manual. La superficie de cada parcela fue de 200 m², presentando forma rectangular, con 8 m de longitud según curvas de nivel y 25 m en línea de máxima pendiente. En la parte inferior de cada una de las parcelas se instalaron seis colectores tipo Gerlach (GERLACH, 1967). El lado superior de las parcelas se selló mediante chapas metálicas. De forma contigua a estas parcelas de experimentación se instaló también un pluviómetro de tipo totalizador.

Desde octubre de 2002 hasta octubre de 2004 se realizaron un total de 14 muestreos puntuales para estudiar los parámetros que se detallan a continuación:

Cantidad de agua de escorrentía: se procedió a la cuantificación y a la toma de muestras de las aguas de escorrentía superficial, para espacios temporales de seis semanas aproximadamente, desde octubre de 2002 hasta octubre de 2004. En campo se cuantificó el volumen total de agua recogido en cada uno de los colectores instalados. Considerando el volumen de agua recogido en los colectores y la superficie de la parcela se estimaron los valores de escorrentía, en mL m⁻². También se calculó el coeficiente de escorrentía, considerado como el cociente, expresado en tanto por ciento, de la escorrentía entre la precipitación atmosférica.

Sedimentos en suspensión: en cada período de muestreo se tomaron de cada colector dos muestras de agua de escorrentía de 400 cm³, que se llevaron a laboratorio para cuantificar los sólidos en suspensión. Estas aguas se filtraron empleando filtros de membrana de 0,45 µm de diámetro de poro, para determinar posteriormente la concentración de sedimentos. Multiplicando este valor por el de escorrentía se obtuvo la producción de sedimento.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza de medidas repetidas para estudiar las diferencias entre

tratamientos en relación a la generación de escorrentía y la producción de sedimentos. El análisis se realizó mediante modelos mixtos, empleando el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS (SAS INSTITUTE INC., 2001). En el diseño planteado en este trabajo se consideró un factor fijo, el tratamiento o grupo, y el tiempo como factor intra-sujetos. Los valores de cada una de los seis colectores correspondientes a cada tratamiento fueron las réplicas, considerando a estos colectores como sujetos. En el caso de que el análisis del efecto entre-tratamientos fuese significativo, se realizaron comparaciones múltiples entre los niveles del factor tratamiento, empleando el método de comparación de medias de Tukey (nivel de significación 5 %).

RESULTADOS

Precipitación atmosférica y escorrentía

En la Figura 1 se compara la evolución de la escorrentía en los dos tratamientos planteados con la evolución de la precipitación atmosférica registrada en el área de estudio.

El patrón temporal de los valores de escorrentía en los dos tratamientos fue similar, siendo parejo a la evolución de la precipitación atmosférica. Las diferencias de generación de escorrentía fueron mayores en los meses en los que se produjo mayor precipitación.

Durante la mayor parte del período de estudio, los valores de escorrentía fueron superiores en la parcela donde se retiraron los restos de corta (SR) (Figura 1), aunque el análisis de varianza de medidas repetidas reveló que las diferencias entre tratamientos únicamente fueron significativas para el espacio temporal acumulado hasta el período estival y otoñal del año 2003 (Tabla 2). El patrón estacional de este parámetro fue muy similar en los dos años siguientes al aprovechamiento arbóreo. Así, durante el invierno y la primavera las diferencias entre ambos tratamientos no superaron el 30 %. Durante los meses de verano y otoño, cuando el régimen de precipitaciones fue más torrencial, estas diferencias ascendieron hasta valores entre 45-125 %.

A pesar de que los niveles de precipitación atmosférica alcanzados en algunos períodos fueron elevados, los valores del coeficiente de escorrentía (escorrentía/precipitación) registrados para los dos tratamientos fueron siempre bajos, inferiores al 1 % (Figura 2), y los coeficientes fueron superiores en la parcela donde se practicó el aprovechamiento de las ramas para la mayoría del período de estudio. Al igual que en el caso de la tasa de escorrentía, este parámetro siguió un patrón estacional bastante marcado, siendo las diferencias entre tratamientos más acusadas durante el período julio-octubre.

Producción de sedimentos

La evolución de la concentración y de la producción de sedimentos en las aguas de escorrentía a lo largo de los dos años de estudio se recoge en las Figuras 3 y 4.

En los dos tratamientos se registraron unas tasas bajas de generación de partículas. Los valores más altos de concentración de sedimentos se produjeron durante los tres primeros meses de estudio en el tratamiento con aprovechamiento convencional (CR), siempre por debajo de los 300 mg L⁻¹, al mismo tiempo que se registraban las mayores diferencias entre tratamientos. Esta mayor concentración de sedimentos en el tratamiento CR pudo estar motivada por un efecto de concentración, debido a los bajos niveles de escorrentía registrados durante esos meses (de hecho, en términos de cantidad total de partículas en suspensión generadas, apenas hay diferencias entre los tratamientos). También hay que considerar que las primeras lluvias de otoño movilizaron las partículas que durante la estación anterior se fueron fraccionando por la acción de procesos físicos (temperatura, fundamentalmente) y biológicos (fraccionamiento por microfauna). Las diferencias entre tratamientos fueron significativas hasta abril de 2004, aunque para el total de los dos años de estudio la respuesta de esta variable no fue significativamente distinta entre tratamientos (Tabla 3).

Con respecto a la producción de sedimentos, no se registraron diferencias significativas entre tratamientos en ningún momento del período de estudio (Figura 3 y Tabla 4). Pese a que en el tratamiento SR la concentración de sedimentos fue significativamente inferior, en esta parcela se registraron mayores niveles de escorrentía, con lo que los valores de producción de sedimentos tendieron a ser muy similares en ambos tratamientos.

DISCUSIÓN

En esta experiencia se realizó una primera aproximación al estudio de la incidencia en un terreno forestal de la retirada parcial de los restos arbóreos de corta sobre los procesos de erosión y generación de escorrentía superficial.

En el presente trabajo se observó además que, aún planteando la retirada de las fracciones más

gruesas de los restos, la presencia de un horizonte orgánico bien desarrollado así como de una importante cantidad de ramillos fue suficiente para mantener los niveles del coeficiente de escorrentía por debajo del 1 %. Esta consideración ya fue puesta de manifiesto por otros autores, que observaron la importancia del mantillo para reducir las pérdidas por erosión en el momento en el que desaparece la cubierta arbórea (CLAYTON & MEGAHAN, 1997; FERNÁNDEZ *et al.*, 2004). Este efecto de reducción de los niveles de escorrentía resultó especialmente destacable en los periodos en los que el régimen de precipitación fue de carácter más torrencial. En otras experiencias, sobre terrenos forestales desprovistos de cubierta vegetal protectora y con un horizonte orgánico poco desarrollado, sí se constató la eficacia de mantener sobre el terreno los residuos leñosos más gruesos para limitar las pérdidas de suelo, ya que actúan como auténticos obstáculos físicos capaces de retener los materiales (RAB, 1996; GRAHAM *et al.*, 1994).

Los bajos niveles de escorrentía registrados en los dos tratamientos ensayados se explican atendiendo a los valores elevados de infiltración y conductividad hidráulica del suelo y a su alto contenido en materia orgánica, que favorece una adecuada estructura y, como consecuencia, elevada macroporosidad. A esto hay que sumar el ya constatado efecto amortiguador de los restos de corta y el mantillo, protegiendo al terreno del impacto directo de las gotas de lluvia. Hay que incidir en que el procedimiento de retirada de ramas no incluyó el empleo de maquinaria pesada, que habitualmente motiva problemas de compactación del suelo, con lo que los procesos de escorrentía podrían ser superiores a los registrados. Además, estos problemas implican el retraso de la aparición de vegetación protectora (MALMER, 1992; EDESO *et al.*, 1999), circunstancia que tampoco se dio en la experiencia del presente trabajo, ya que en los momentos inmediatamente posteriores a la eliminación de la cubierta arbórea ya se consiguió una importante recolonización de vegetación arbustiva y herbácea. Parece pues que no se produjo una degradación de las propiedades físicas del suelo, debido en parte a que tanto en las labores de corta como en las de retirada de los restos no se emplearon medios mecánicos pesados, a la propia textura franco-arenosa del suelo, y a los correctos niveles de infiltración pese a la pendiente del terreno.

De esta forma, los procesos de escorrentía en el área de estudio pudieron estar ligados fundamentalmente a la presencia de material vegetal protector y a la pérdida de éste por descomposición, ya que los procesos de compactación del horizonte superficial y de formación de costras en su superficie, que aumentaron los flujos superficiales en otras experiencias sobre suelos más desprotegidos (GRAHAM *et al.*, 1994; EDESO *et al.*, 1999), son muy poco probables sobre superficies como la planteada en el presente trabajo, con un horizonte orgánico bien desarrollado y una cubierta protectora de restos vegetales.

De forma análoga a lo que otros trabajos ya han constatado para los suelos gallegos, en esta experiencia se observó el carácter fuertemente estacional de los fenómenos de escorrentía superficial, concentrada fundamentalmente en el otoño y el invierno, cuando se registra la mayor parte de la precipitación y cuando la lluvia muestra mayor erosividad (BENITO *et al.*, 1991; VEGA *et al.*, 2005).

CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo revelaron que, si el aprovechamiento de los restos arbóreos de corta se limitaba a las ramas más gruesas, permaneciendo sobre el terreno los ramillos, hojas y, especialmente, un mantillo bien desarrollado, las tasas de generación de escorrentía superficial y de producción de sedimentos se mantiene en unos niveles que no condicionaban la estabilidad del sistema. Este tipo de aprovechamiento generó un ligero incremento de la cantidad de agua de escorrentía, que en principio no debería suponer una limitación para el correcto funcionamiento hidrológico de la cuenca.

BIBLIOGRAFÍA

- BENITO, E.; SOTO, B. & DIAZ FIERROS, F.; 1991. Soil erosion studies in NW Spain. En: M. Sala, J.L. Rubio y J.M. García-Ruiz (eds.), *Soil Erosion Studies in Spain*. Geoderma Ediciones. Logroño.
- BENITO, E.; SANTIAGO, J.L.; DE BLAS, E. & VARELA, M.E.; 2003. Deforestation of water-repellent soils in Galicia (NW Spain): effects on surface runoff and erosion under simulated rainfall. *Earth Surf. Process. Landforms* 28: 145-155.
- BERMÚDEZ ALVITE, J. Y PIÑEIRO VEIRAS, G.; 2001. La biomasa forestal en Galicia. Situación actual y perspectivas de aprovechamiento. *CIS-Madera* 5: 27-40.
- BOIX-FAYOS, C.; CALVO-CASES, A.; IMESON, A.C.; SORIANO SOTO, M.D. & TIEMESSEN,

- I.R.; 1998. Spatial and short-term temporal variations in runoff, soil aggregation and other soil properties along a Mediterranean climatological gradient. *Catena* 33: 123-138.
- CASTILLO, V.M.; MARTÍNEZ-MENA, M. & ALBALADEJO, J.; 1997. Runoff and soil loss response to vegetation removal in a semiarid environment. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 1116-1121.
- CLAYTON, J.L. & MEGAHAN, W.F.; 1997. Natural erosion rates and their prediction in the Idaho Batholith. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 33: 689-703.
- EDESOS, J.M.; MERINO, A.; GONZÁLEZ, M.J. & MARAURI, P.; 1999. Soil erosion under different harvesting managements in steep forestlands from Northern Spain. *Land Degrad. Develop.* 10: 79-88.
- FERNÁNDEZ, C.; VEGA, J.A.; GRAS, J.M.; FONTURBEL, T.; CUIÑAS, P.; DAMBRINE, E. & ALONSO, M.; 2004. Soil erosion after *Eucalyptus globulus* clearcutting: differences between logging slash disposal treatments. *For. Ecol. Manage.* 195: 85-95.
- FISHER, R.F. & BINKLEY, D.; 2000. *Ecology and Management of Forest Soils*. John Wiley & Sons, New York.
- GERLACH, T.; 1967. Evolutions actuelles des versants dans les Carpathes, d'après l'exemple d'observations fixes. In : P. Macara (eds.), *L'évolution des versants*. University of Liège. 129-138.
- GRAHAM, R.T.; HARVEY, A.E.; JURGENSEN, M.F.; JAIN, T.B.; TONN, J.R. & PAGE-DUMROESE, D.S.; 1994. Managing coarse woody debris in forests of the Rocky Mountains. *USDA For. Serv. Res. Pap.* INT-477.
- MALMER, A.; 1992. Water-yield changer after clear-felling tropical rainforest and establishment of forest plantation in Sabah, Malaysia. *J. Hydrol.* 134: 77-94.
- Mc COOL, J.G.; 1997. Retention of soil water following forest cutting. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 41: 984-988.
- MERINO, A.; EDESOS, J.M.; GONZÁLEZ, M.J. & MARAURI, P.; 1998. Soil properties in a hilly area following different harvesting management practices. *For. Ecol. Manage.* 103: 235-246.
- MERINO, A. & EDESOS, J.M.; 1999. Soil fertility rehabilitation in young *Pinus radiata* D. Don plantations from Northern Spain after intensive site preparation. *For. Ecol. Manage.* 116: 83-91.
- NAMBIAR, E.K.S.; 1996. Sustained productivity of forests is a continuing challenge to soil science. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 1629-1642.
- RAB, M.A.; 1996. Soil physical and hydrological properties following logging and slash burning in the *Eucalyptus regnans* forest of southeastern Australia. *For. Ecol. Manage.* 84: 159-176.
- SAS INSTITUTE INC.; 2001. SAS OnLineDoc v8.
- SOTO, B.; BASANTA, R.; BENITO, E.; PÉREZ, R. & DÍAZ-FIERROS, F.; 1994. Runoff and erosion from burnt soils in N.W. Spain. En: M. Sala, J.L. Rubio (eds.), *Soil Erosion and Degradation as a Consequence of Forest Fires*. Geoforma Ediciones. Logroño, 91-98 p.
- VEGA, J.A.; COVELO, E.F. & ANDRADE, M.L.; 2005. Limiting factors for reforestation of mine spoils from Galicia (Spain). *Land Degrad. Develop.* 16: 27-36.
- XUNTA DE GALICIA; 2001. *O monte galego en cifras*. Dirección Xeral de Montes e Medio Ambiente Natural.

Tabla 1. Características de la masa de *Pinus pinaster* aprovechada en el monte donde se realizó la experiencia.

d_g (cm)	\bar{h} (m)	h_{dom} (m)	N (pies ha^{-1})	G (m^2 ha^{-1})	Biomasa seca (a 65 °C) en corta final ($Mg\ ha^{-1}$)					
					Madera	Corteza	Ra.gru.	Ra.fin.	Ramillos	Acículas
26,9	17,0	17,3	930	57	164	29	23	11	2	13

d_g : diámetro medio cuadrático; \bar{h} : altura media; h_{dom} : altura dominante; N: densidad; G: área basimétrica; Ra. gru.: Ramas gruesas ($2 < d < 7$ cm); Ra. fin.: Ramas finas ($0,5 < d < 2$ cm).

Tabla 2. Test de significación del análisis de medidas repetidas y de comparación de tratamientos mediante mínimos cuadrados medios de los valores de escorrentía al finalizar el período de estudio (octubre 2004).

Efecto	Num GL	Den GL	F Valor	Pr > t	AIC	BIC
Grupo	1	10	2,06	0,1821	674,3	676,2

Día	13	130	18,93	< 0,0001		
Grupo*Día	13	130	1,89	0,0363		
Efecto	Grupo	Estimación	Error standar	GL	t Valor	Pr > t
Grupo	CR	2,1220	0,5407	10	3,92	0,0028
Grupo	SR	3,2186	0,5407	10	5,95	0,0001

Los efectos entre Grupos estimaron las diferencias entre tratamientos al final del período de estudio. Los efectos “intra-tratamientos” estimaron los efectos globales del Tiempo y los efectos globales de la interacción Tiempo*Tratamiento.

Tabla 3. Test de significación del análisis de medidas repetidas y de comparación de tratamientos mediante mínimos cuadrados medios de los valores de concentración de sedimentos al finalizar el período de estudio (octubre 2002-octubre 2004).

Efecto	Num GL	Den GL	F Valor	Pr > t	AIC	BIC
Grupo	1	10	2,92	0,1181	1833,7	1834,6
Día	13	130	2,14	0,0156		
Grupo*Día	13	130	1,19	0,2907		
Efecto	Grupo	Estimación	Error standar	GL	t Valor	Pr > t
Grupo	CR	109,9	15,41	10	7,13	< 0,0001
Grupo	SR	72,6	15,41	10	4,71	0,0008

Los efectos entre Grupos estimaron las diferencias entre tratamientos al final del período de estudio. Los efectos “intra-tratamientos” estimaron los efectos globales del Tiempo y los efectos globales de la interacción Tiempo*Tratamiento.

Tabla 4. Test de significación del análisis de medidas repetidas y de comparación de tratamientos mediante mínimos cuadrados medios de los valores de producción de sedimentos al finalizar el período de estudio (octubre 2002-octubre 2004).

Efecto	Num GL	Den GL	F Valor	Pr > t	AIC	BIC
Grupo	1	10	1,31	0,2791	1265,9	1266,8
Día	13	130	5,26	<0,0001		
Grupo*Día	13	130	0,83	0,6270		
Efecto	Grupo	Estimación	Error standar	GL	t Valor	Pr > t
Grupo	CR	9,3125	3,2163	10	2,90	0,0160
Grupo	SR	14,5180	3,2163	10	4,51	0,0011

Los efectos entre Grupos estimaron las diferencias entre tratamientos al final del período de estudio. Los efectos “intra-tratamientos” estimaron los efectos globales del Tiempo y los efectos globales de la interacción Tiempo*Tratamiento.

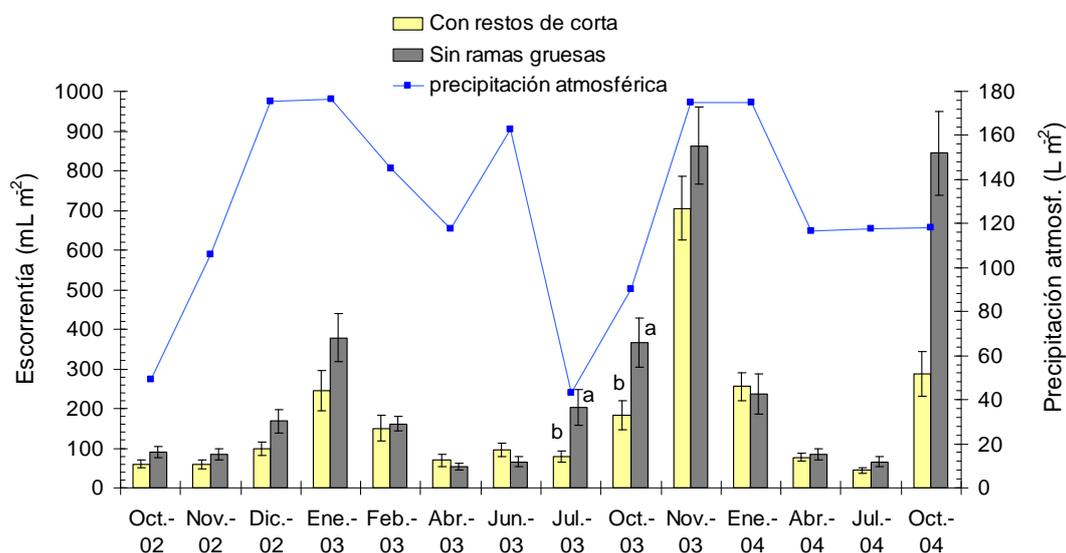


Figura 1. Valores medios de precipitación atmosférica y escorrentía en los dos tratamientos estudiados. Letras minúsculas distintas en cada fecha indican diferencias entre las medias de los tratamientos hasta ese período de muestreo, con un nivel de significación del 5 %. $a > b$ ($F(p) > 0,05$). Barras verticales indican la desviación típica.



Figura 2. Valores medios del coeficiente de escorrentía (escorrentía/precipitación) en los dos tratamientos estudiados.

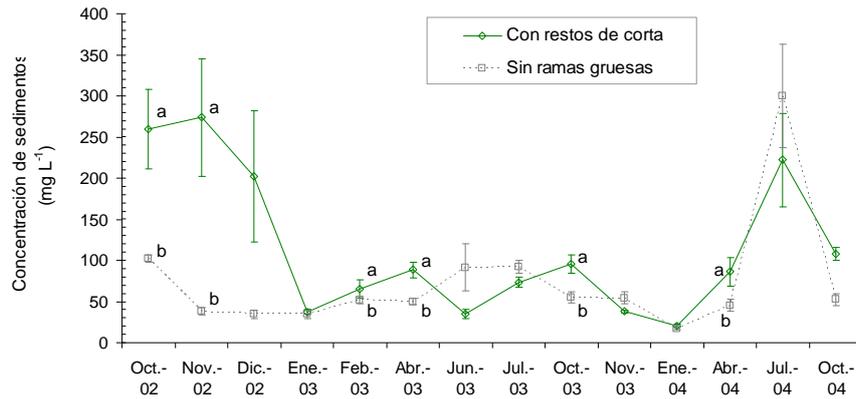


Figura 3. Valores medios de concentración de sedimentos (producción de sedimento/escorrentía) en los dos tratamientos estudiados. Letras minúsculas distintas en cada fecha indican diferencias entre las medias de los tratamientos hasta ese período de muestreo, con un nivel de significación del 5 %. $a > b$ ($F(p) > 0,05$). Barras verticales indican la desviación típica.

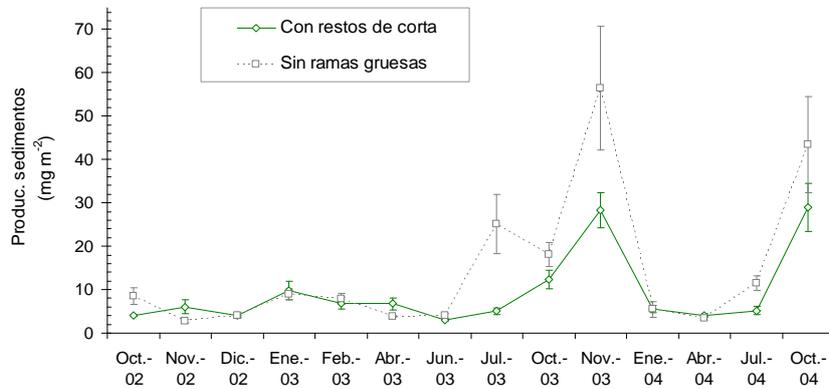


Figura 4. Valores medios de producción de sedimento por unidad de superficie en los dos tratamientos planteados. Letras minúsculas distintas en cada fecha indican diferencias entre las medias de los tratamientos hasta ese período de muestreo, con un nivel de significación del 5 %. Barras verticales indican la desviación típica.