

ESTIMACION DEL FACTOR C DE LA ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDA DE SUELO EN LA INSTALACION DE MONTES DE RENDIMIENTO DE EUCALIPTOS

V. Denis Lepiane y F. García Préchac

Aceptado: 4 de marzo de 1997.

RESUMEN

En los últimos 5 años se ha producido un crecimiento del área forestada en Uruguay a un ritmo de 24.000 ha/año, con especies del género Eucaliptus. Esto ha provocado inquietudes por los efectos que pudieran producirse sobre el medio ambiente y los recursos naturales. El objetivo de este trabajo fue generar valores locales de relaciones de pérdida de suelo (RPS) entre suelos con eucaliptos durante su instalación y suelo desnudo, para estimar el Factor C de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), con el objetivo de guiar la toma de decisiones en cuanto a uso y manejo tendiente a reducir erosión. Para ello se utilizó el submodelo referente al efecto del uso y manejo de la versión revisada del modelo (RUSLE) ingresándole determinaciones experimentales de las variables biomasa en los primeros 10 cm del suelo, porcentaje del suelo cubierto por residuos, porcentaje del suelo cubierto por vegetación, rugosidad al azar y altura de regoteo de la lluvia desde la parte aérea de la vegetación. Estas determinaciones se realizaron en distintos montes de dos plantaciones comerciales de tecnologías contrastantes durante 3 años. Los resultados concluyen en dos cuadros de valores de RPS que se recomiendan usar para distintos niveles de productividad, formas de plantación y uso previo del suelo.

PALABRAS CLAVES: Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, Rusle, Factor C Forestal, Erosión con eucaliptus.

SUMMARY

USLE - RUSLE C FACTOR ESTIMATION FOR EUCALYPTUS PLANTATIONS

In the last 5 years the area under forest in Uruguay has grown at a rate of 24.000 ha/yr through plantation of different species of Eucalyptus. This brought about concern for possible impacts on the environment and the natural resources. The objective of this study was to obtain local data of soil loss ratios (RPS) of soils under eucalyptus during installation and bare soil, to estimate the C factor of the Universal Soil Loss Equation (USLE) with the aim of guiding decisions making on use and management to reduce erosion. The submodel concerning the effect of use and management of the revised version of the model (RUSLE) was used with experimental measurements of the following variables as inputs: biomass in the upper 10 cm of soil, percentage of soil covered by vegetation, percentage of soil covered by residues, random roughness, and height dripping of rain from the vegetation canopy. These determinations were made in different woodlots of two commercial plantations with contrasting technologies during 3 years. The main results are shown in two tables of RPS values recommended to be used for different productivity levels, plantation method, and previous soil use.

KEYS WORDS: USLE, RUSLE, Forest C Factor, Erosion under Eucalyptus.

INTRODUCCION

La evolución de la forestación en el Uruguay desde que se aprobó en 1989 el plan nacional de forestación, en el que se proponía forestar 450.000 ha en 30 años, a unas 15.000 ha por año, ha superado la meta prevista. El Uruguay cuenta hoy con unas 310.000 ha forestadas de las cuales 120.000 fueron plantadas entre 1990 y 1994, a este ritmo se vienen plantando, en promedio para los 5 años, un 50 por ciento más que lo previsto, alcanzando 24.000 ha por año. Desde la aprobación y puesta en práctica de la Ley Forestal, la mayoría del área fue plantada con eucalipto.

Manejo y Conservación. Área de Suelos y Aguas.
Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.

Correspondencia a:

Fernando García Préchac. Manejo y Conservación de Suelos y Aguas.

Fac. de Agronomía. Av. Garzón 780 CP 12900

Montevideo, Uruguay. FAX +(598-2) 3093004.

E-mail: manejo@suelos.edu.uy

os, (78 % Eucaliptos, 20 % pinos) (Dirección Forestal, 1995) existiendo preocupación sobre sus múltiples efectos en el ambiente y los recursos naturales. No existe información que evalúe el efecto de estas plantaciones sobre la erosión de los suelos utilizados, lo cual es necesario para tomar decisiones de uso y manejo para reducirla.

En el país se ha realizado trabajo de adaptación e investigación para utilizar la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (García, 1992). El siguiente es dicho modelo de estimación de erosión, propuesto por Wischmeier y Smith (1958):

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

A = pérdida de suelo por unidad de superficie (Mg/ha).

R = factor erosividad de la lluvia; es el producto acumulado para el período de interés (normalmente un año), con cierta probabilidad de ocurrencia (normalmente 50% o promedio), de la energía cinética por la máxima intensidad en 30 minutos de las lluvias ($\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$).

K = factor erodabilidad del suelo; es la cantidad de suelo perdido por unidad del factor erosividad de la lluvia ($\text{Mg} \cdot \text{MJ}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{h}$), cuando el suelo en cuestión es mantenido permanentemente desnudo, con laboreo secundario a favor de una pendiente de 9% de gradiente y 22,1 m de longitud.

Los demás factores son adimensionales:

L = factor longitud de la pendiente; la relación entre la pérdida de suelo con una longitud de pendiente dada y la que ocurre en 22,1 m de longitud, a igualdad de los demás factores.

S = factor gradiente de la pendiente; la relación entre la pérdida de suelo con un determinado gradiente y el estándar de 9%, a igualdad de los demás factores.

C = factor uso y manejo; es la relación de pérdidas por erosión entre un suelo con determinado sistema de uso y manejo (sistema de producción, manejo de los cultivos, laboreo, productividad, manejo de residuos, etc.) y el mismo suelo puesto en las condiciones en que se definió K, a igualdad de los demás factores.

P = factor práctica mecánica de apoyo; la relación entre la pérdida de suelo con determinada práctica mecánica (laboreo en contorno, en fajas, terrazas, etc.) y la que ocurre con laboreo a favor de la pendiente, a igualdad de los demás factores.

La determinación experimental de factor C insume muchos años, pese a lo cual se ha venido efectuando en parcelas de escurrimiento con lluvia natural para unas pocas alternativas de uso y manejo agrícola-ganadero en Aguas Blancas (García y Cardelino, 1983) y La Estanzuela (Sawchick y Quintana, citados por García, 1992). El uso de simuladores de lluvia acelera el proceso. Cada situación

de uso y manejo de un suelo requiere una estimación independiente del factor C por parte de los usuarios del modelo. Ello requiere información de las posibles relaciones de pérdida de suelo (RPS) respecto al suelo desnudo, para cada uno de los estadios del sistema de producción en que los factores que determinan la erosión permanecen más o menos constantes. Para la determinación del factor C en estimaciones promedio anuales de erosión, estas RPS se ponderan por la proporción de la erosividad de las lluvias (Factor R) que es de esperar en cada estadio (por los detalles de este procedimiento se refiere al lector a García, 1992).

Los valores de RPS se pueden obtener de casos semejantes en la bibliografía cuando no se cuenta con datos experimentales. Pero esta información no aparece en la bibliografía para plantaciones de eucaliptos. Existe un procedimiento de estimación para bosques naturales (Dissmeyer y Foster, 1981). La aparición de la versión revisada del modelo de estimación de erosión RUSLE (Renard *et al.* 1991; Renard *et al.* 1995), hace posible la estimación de las RPS y por lo tanto del factor C, en base a determinaciones objetivas simples, en las situaciones que se desee.

Este nuevo procedimiento acelera la obtención local de datos para estimar el efecto en la erosión de suelos de diferentes sistemas de producción, su nivel tecnológico y las alternativas de manejo en ellos utilizadas. El objetivo del presente trabajo fue generar valores de RPS aplicables a plantaciones de eucaliptos durante su instalación, en las condiciones actuales de producción en Uruguay.

MATERIALES Y METODOS

Las variables necesarias para estimar una RPS con RUSLE y los procedimientos para determinar el valor de cada variable se indican a continuación:

Variable 1) Masa de raíces vivas y residuos (Biomasa vegetal) en los primeros 10 - 12 cm de suelo. Muestreo de campo, dispersión y tamizado de la muestra y determinación de la materia seca vegetal presente.

Variable 2) Fracción de la superficie del terreno cubierta por la parte aérea de la vegetación. El procedimiento está descrito por Stocking (1988).

Variable 3) Altura de regoteo de la lluvia interceptada por la parte aérea de la vegetación que se estima como la mitad de la altura de dicha vegetación.

Variable 4) Porcentaje de la superficie cubierta por residuos por el método de la regla o cinta métrica (Hatwin y Laflen, 1978).

Variable 5) Rugosidad al azar, que es la desviación típica de una muestra de las alturas de puntos del terreno respecto a una altura de referencia (ARS-USA, 1996).

Variable 6) Lluvia desde último laboreo.

Variable 7) Proporción del contenido de agua disponible para las plantas en el suelo hasta 1.5 m de profundidad. Si dicho contenido supera capacidad de campo, toma el valor 1,0.

Estas variables se incluyen en las ecuaciones siguientes, para calcular los subfactores que se indican:

UP = EXP(-0,00053 * VAR.1), subfactor Uso Previo.

CV = 1-VAR.2 * EXP(-0,1 * VAR.3), subfactor Cobertura por la Vegetación.

CR = EXP [-0,03*VAR.4*(6/(6+N))^0.08], subfactor Cobertura por Residuos.

donde N = {[(25,4*VAR.5-6)*[1- EXP (-0,0015*VAR.1)] } * [EXP (-0,14*VAR.6)]

R = EXP(-0,026*N), subfactor Rugosidad.

CA = VAR. 7, subfactor Contenido de Agua.

La relación de pérdida de suelo entre la situación de uso y manejo considerada y el suelo desnudo es:

$$RPS = UP * CV * CR * R * CA$$

Estas ecuaciones están parametrizadas en unidades inglesas, por lo que los valores de las variables se transforman a dichas unidades para hacer los cálculos.

Si lo que se pretende es el uso normal de la USLE, haciendo estimaciones promedio en el largo plazo, las determinaciones para estimar el Factor C deben hacerse en condiciones promedio o ser el promedio de diferentes situaciones de una misma condición de uso y manejo. Sin embargo el modelo revisado también puede usarse para situaciones puntuales.

Las determinaciones de las distintas variables se realizaron durante 1992, 1993, 1994, en dos explotaciones forestales. La primera en el litoral del País sobre la unidad de suelos Tres Bocas (Altamirano, 1976) en el departamento de Paysandú, perteneciente a la empresa Forestal Oriental. La segunda en el Sur, sobre la unidad de suelos José Pedro Varela (Altamirano, 1976), en el departamento de Lavalleja, perteneciente a la empresa Celulosas del Uruguay.

La plantación del litoral es realizada con alta tecnología, que incluye uso de herbicidas, fertilizantes y hasta riego eventualmente. La plantación del Sur realiza un manejo tradicional para el país, en lo que a plantaciones forestales se refiere.

Para realizar las estimaciones de las RPS en plantaciones de eucaliptos se determinó primero el marco de plantación, con el objetivo de conocer la población por hectárea. Luego se determinó el ancho de la fila, en general laboreada y de la entrefila, en general no laboreada, para calcular las RPS de ambas porciones del terreno. La RPS de la si-

tuación como un todo, se estimó como el promedio ponderado por el área ocupada por ambas porciones.

La determinación en la fila comenzó midiendo el área por ella ocupada. Para hacerlo se midió el diámetro de copa promedio de la población de árboles, considerando el resto entrefila. Con el diámetro y la población se estima la interceptación de las gotas de lluvia. Si bien la copa no es compacta, según mediciones por nosotros efectuadas por el método de la regla o cinta métrica en árboles de eucaliptos, encontramos que al mediodía las copas interceptan entre 93 a 99 % de la luz incidente, por lo que asumimos que la interceptación de la lluvia es de 100 %.

Se midió la altura promedio de la población de árboles que de acuerdo al modelo es el doble de la altura de regoteo. Se determinó la rugosidad al azar. Se determinó el área cubierta por vegetación no arbórea y por residuos. Todas las determinaciones se tomaron con entre 3 y 6 repeticiones.

Respecto a la altura de regoteo, debe señalarse que se trabajó fuera del rango de valores experimentales para los que el modelo fue empíricamente ajustado. Si bien esto puede ser causa de error, la altura de regoteo es una variable a la que el modelo muestra muy baja sensibilidad (Renard *et al.* 1994).

El contenido de agua en los primeros 120 centímetros de suelo se determinó en forma gravimétrica en dos momentos. Sin embargo, a los efectos del objetivo de este trabajo lo que importaría conocer es el contenido promedio anual de agua en el suelo en el momento en que se desea estimar una RPS. Todas las RPS que se presentan en este trabajo asumen que el contenido de agua en el suelo es igual o mayor a capacidad de campo. Esto es válido desde fines de otoño a principios de primavera. Para otros momentos del año se requiere una estimación del contenido de agua disponible en 1,2 m.

Se tomó como entrefila la franja entre los árboles. En plantaciones adultas se tomó como entrefila el espacio que excede a las copas. En casos de medidas de la vegetación no arbórea en la entrefila, se tomó la existente en dicha zona.

En el caso de la variable 6, se consideró siempre igual a una pulgada (25mm) de lluvia desde el último laboreo.

Se hicieron determinaciones en ambos sitios para estimar el crecimiento y así caracterizar el nivel tecnológico asociado a las RPS estimadas en cada caso.

RESULTADOS Y DISCUSION

Diferencias tecnológicas

La figura 1 muestra el diferente ritmo de crecimiento promedio en las dos plantaciones, en que se tomaron los datos.

Al estimar las RPS en los 2 sistemas (figuras 2 y 3), se observó que en la plantación de alta tecnología los valores son de menor magnitud que en la de tecnología tradicional. Una de las explicaciones a estas diferencias, en el momento de la implantación, está dada fundamentalmente por el área ocupada por suelo laboreado. Mientras que con alta tecnología el área descubierta a la implanta-

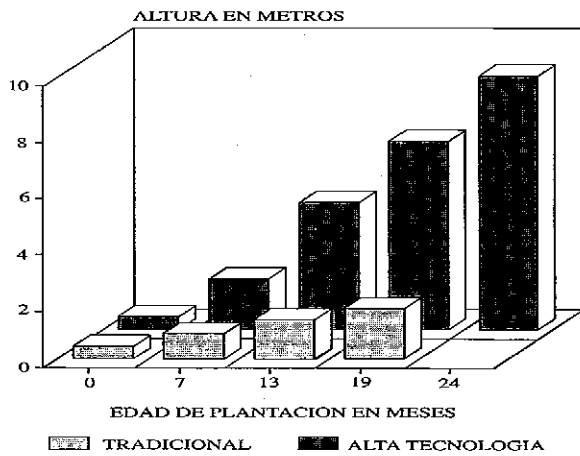


Figura 1 Altura de eucaliptus en plantaciones con tecnología alta y tradicional

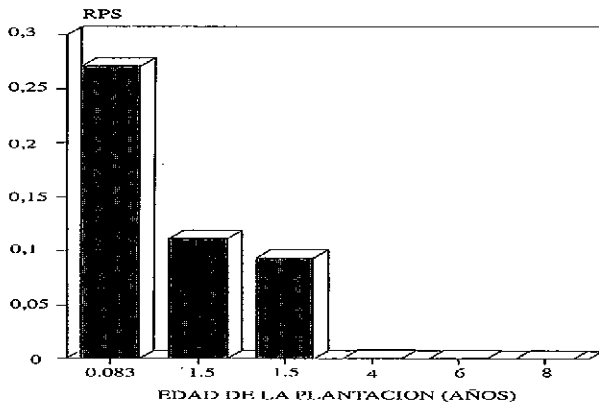


Figura 2 Relaciones de pérdidas de suelo con tecnología tradicional

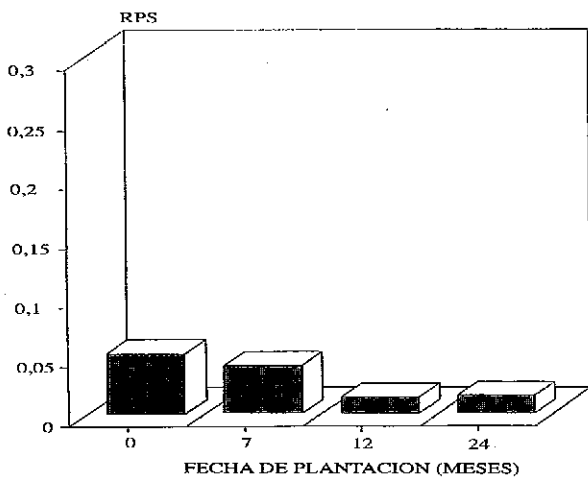


Figura 3 Relaciones de pérdidas de suelo con alta tecnología

ción fue alrededor de 50 % con tecnología tradicional el área desprovista de vegetación fue 100%.

Durante el primer año la alta tecnología (altas dosis de fertilizante, uso de herbicidas, plantas de calidad genética superior, uso eventual de riego, etc.) hace posible un rápido crecimiento de la población de árboles, que cubre el suelo en un tiempo menor que con tecnología tradicional. Además tiene menor superficie laboreada, como se indicó. Por lo tanto, la baja proporción de suelo descubierto explica los bajos valores de las RPS.

La evolución de las RPS indica que su magnitud disminuye a medida que el cultivo va creciendo, tanto con alta tecnología como con tecnología tradicional. Esto es así siempre que no se realicen labores en la entrefila. Se evidencia al comparar los valores de las RPS en la figura 3, sin laboreo en la entrefila, con la figura 4.

Las diferencias de la RPS en el momento de plantación entre la tecnología tradicional (0,27) y el manejo con alta tecnología (0,05) presentadas en el cuadro 1, se atribuyen fundamentalmente al área desprovista de vegetación y re-

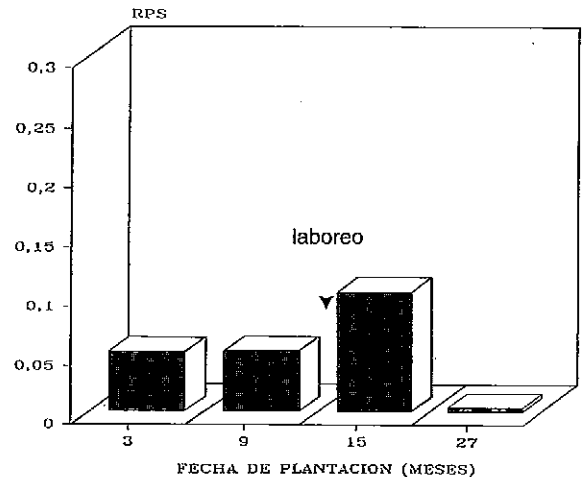


Figura 4 Relaciones de pérdidas de suelo con alta tecnología y laboreo en la entrefila

siduos. Si bien con alta tecnología se laboreo la fila, ésta superficie ocupa solamente el 33 % de toda el área. El único factor con tecnología tradicional que es mayor y contribuye a una menor Relación de Pérdida de suelo es la rugosidad al azar (2.43 pulgadas), pero es contrarrestada por el valor de las otras variables. Las variables de mayor peso dentro del modelo son el porcentaje de la superficie cubierta por residuos (variable 4) y porcentaje de la superficie cubierta por vegetación (variable 2)(Renard *et al.* 1994). Con alta tecnología la variable 4 fue 20 y 37.5% en fila y entrefila, respectivamente, contra cero con tecnología tradicional. Con alta tecnología la variable 2 fue de 4 y 54% en fila y entrefila, respectivamente, contra 0.9 y 7% con tecnología tradicional.

Cuadro 1 Subfactores del uso y manejo del suelo bajo dos tecnologías

VARIABLES	TECNOLOGIA TRADICIONAL		ALTA TECNOLOGIA	
	FILA	ENTREFILA	FILA	ENTREFILA
RESIDUOS %	0	0	20	37.5
ALTURA GOTEOP pies	0.2	0.01	0.12	0.07
COBERTURA VEG proporción	0.9	7	4	54
RUGOSIDAD pulgadas	2.43	2.43	1.44	0.82
AREA %	0.9	99.1	33	66
R.P.S	0.27		0.05	

Uso previo

Para evaluar el efecto del uso previo con el modelo, se determinó la cantidad de raíces y restos (variable 1) en los primeros 10 cm de suelo. Los cuadros 2

y 3 presentan los resultados obtenidos en las dos plantaciones en varias fechas y estadios de desarrollo, con las demás variables del modelo constantes. De acuerdo a los resultados obtenidos se establecieron 4 cate-

Cuadro 2 Relaciones de pérdida de suelo en tres fechas, en función de la variable 1, en la plantación con alta tecnología.

SITUACION SUELO VIRGEN	VARIABLE 1	FECHA		
	lb/Acre	19/5/93	28/8/93	13/12/93
PLANTACION, FILA	1200	0.07317	0.03478	0.06117
PLANTACION, ENTREFILA	3755			
7 MESES, FILA	1377	0.0242	0.01442	0.02148
7 MESES, ENTREFILA	3750			
12 MESES, FILA	1877	0.0253	0.02617	0.02546
12 MESES, ENTREFILA	3379			
24 MESES, FILA	1200	0.03195	0.0133	0.01941
24 MESES, ENTREFILA	5632			

³ 500 libras por acre en la fila y 1000 libras por acre en la entrefila.

Cuadro 3 Relaciones de pérdida de suelo en dos fechas, en función de la variable 1, en la plantación con tecnología tradicional.

SITUACION CHACRA VIEJA	VARIABLE 1	FECHA	
	lb/Acre	24/9/92	26/2/93
PLANTACION	705	0.37212	0.17088
18 MESES	1080	0.12059	0.09706
48 MESES	1480	0.00309	0.00321
72 MESES	1750	0.00044	
96 MESES	1800	0.00044	

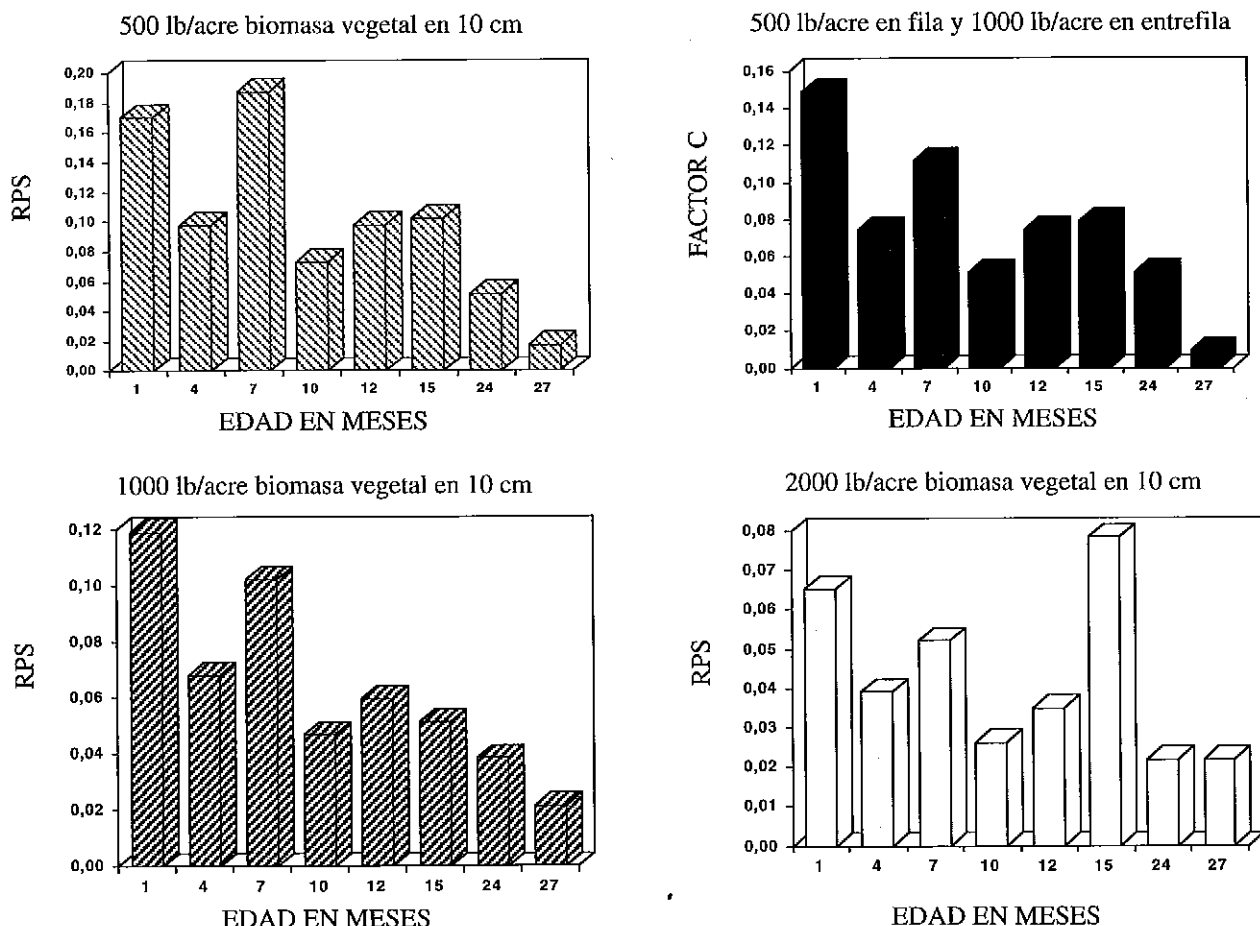


Figura 5

Relaciones de pérdida de suelo en función de la biomasa presente en las primeros 10 cm de suelo, dependiente del uso anterior.

gorías que son: 500, 500/1000³, 1000, 2000 libras por acre, para las que se calcularon las RPS con el modelo manteniendo en diferentes edades de las plantas (figura 5).

El valor de 500 libras por acre caracteriza un suelo con historia de agricultura o suelos con bajo contenido de materia orgánica. El valor 500/1000 libras por acre ocurre cuando se laborea solamente la fila que presenta 500 y la entrefila no laboreada 1000 libras por acre. La tercer categoría, 1000 libras por acre, correspondería a suelos vírgenes de fertilidad media a baja. La cuarta categoría, 2000 libras/acre, corresponde a suelos vírgenes más fértiles, asociados, además, a un uso previo de pradera o campo natural.

Al analizar la evolución de las RPS según el uso previo, se observa que cuando el suelo presenta una menor cantidad de raíces o restos vivos en los primeros 10 cm, los valores son mayores. Esto es debido a que una mayor biomasa en el suelo determina una mejor estructura que reduce la erodabilidad.

Valores de RPS que se recomiendan usar en la USLE desde la plantación hasta el cierre del dosel

Las figuras 6,7,8, y 9 presentan valores medidos en función de la edad, en las situaciones de alta tecnología y tecnología tradicional, de las variables a las que el modelo es más sensible (variables 2 y 4) y funciones ajustadas por regresión. Estas funciones permitieron estimar valores de las variables 2 y 4 para cualquier edad desde plantación hasta 30 meses con alta tecnología y hasta 50 meses con tecnología tradicional.

Para las otras variables del modelo consideradas en este trabajo se procedió como se explica a continuación.

En el caso de la variable 1, se consideraron dos situaciones, 500 (Cuadro 4) y 1500 (Cuadro 5) lb/acre de raíces y restos en los primeros 10 cm de suelo.

En el caso de las variables 3 y 5, se tomaron los valores coincidentes o más cercanos en el tiempo determinados en el campo para cada nivel tecnológico.

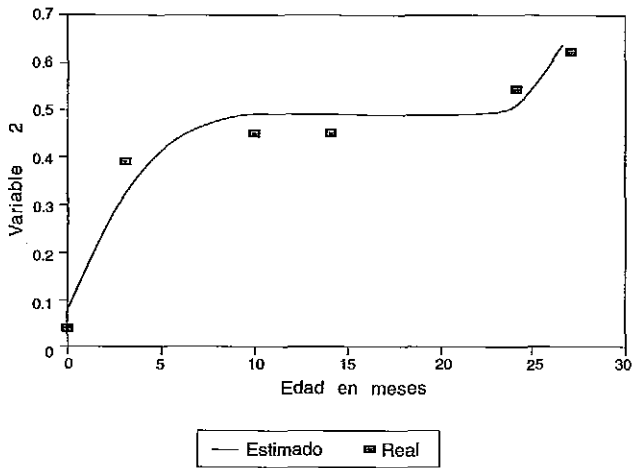


Figura 6 Alta tecnología, % de suelo cubierto por vegetación según edad de los árboles

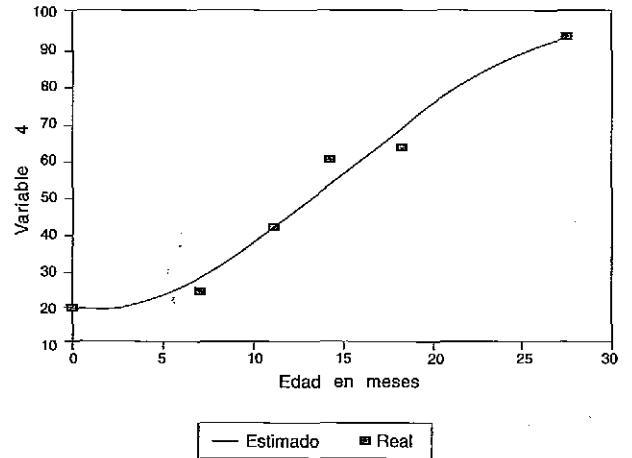


Figura 7 Alta tecnología, % de suelo cubierto por residuos según edad de los árboles

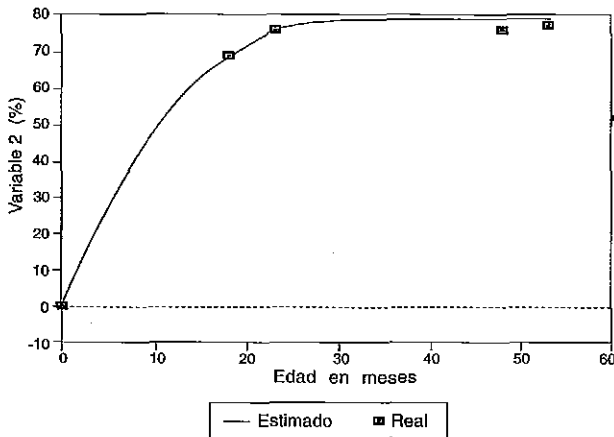


Figura 8 Tecnología tradicional, suelo cubierto por vegetación según edad de árboles

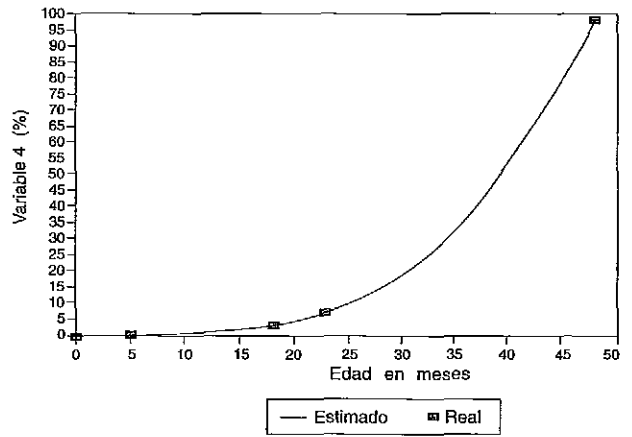


Figura 9 Tecnología tradicional, suelo cubierto por residuos según edad de árboles

Cuadro 4 Relaciones de pérdida de suelo para eucaliptos de la plantación hasta que las copas cierre del dosel, en suelos sujetos a importante uso agrícola previo.

Proporción del área perturbada por laboreo	MESES DESDE PLANTACION							
	0	3	7	12	24	48	72	
33	alta tecno.	0.16	0.14	0.06	0.05	0.028		
	baja tecno.	0.18	0.17	0.162	0.16	0.13	0.0051	0.0018
66	alta tecno.	0.23	0.21	0.08	0.07	0.036		
	baja tecno.	0.33	0.31	0.25	0.19	0.137	0.0055	0.003
100	alta tecno.	0.3	0.28	0.1	0.068	0.04		
	baja tecno.	0.49	0.43	0.34	0.23	0.222	0.0056	0.005

Cuadro 5 Relaciones de pérdida de suelo para eucaliptos de la plantación hasta que las copas cierre el dosel, en suelos vírgenes o con reducido uso agrícola previo.

Proporción del área perturbada por laboreo		MESES DESDE PLANTACION						
		0	3	7	12	24	48	72
33	alta tecno.	0.07	0.07	0.035	0.0245	0.015		
	baja tecno.	0.074	0.07	0.07	0.06	0.68	0.002	0.001
66	alta tecno.	0.12	0.11	0.04	0.031	0.031		
	baja tecno.	0.14	0.13	0.11	0.09	0.0683	0.0026	0.002
100	alta tecno.	0.16	0.15	0.048	0.038	0.24		
	baja tecno.	0.215	0.19	0.15	0.11	0.061	0.0028	0.0025

Los cuadros 4 y 5, presentan los valores que, en una primera aproximación, se recomiendan usar para hacer estimaciones de pérdida de suelo por erosión en el período de instalación de montes de eucaliptos con la Ecuación Universal de pérdida de Suelo en Uruguay.

A modo de conclusiones, se presentan algunas comparaciones cuantitativas de alternativas tecnológicas de manejo sobre la erosión: 1) En el momento de plantación de montes de eucaliptos, la preparación de todo el terreno con laboreo convencional generaría alrededor de 5,4 veces más erosión que laboreando solamente el tercio del terreno en que van las plantas (filas) y dejando cubierto por vegetación los dos tercios restantes (entrefilas). 2) La utilización de fertilizantes y herbicidas, combinada con el efecto antes discutido, genera un rápido crecimiento que cubre rápidamente el suelo con las copas. A los 3 meses, por ejemplo, el mayor nivel tecnológico generaría alrededor de 3 veces menos erosión que cuando no se utilizan dichos insumos y se laborea todo el terreno. 3) Con la misma tecnología, la erosión que se generaría a la plantación sería alrededor de 3 veces mayor en suelos que han sufrido importante uso agrícola previo y han aumentado su erodabilidad, que en suelos vírgenes.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo es fruto del Proyecto "Conservación de Suelos", financiado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) de la Universidad de la República.

BIBLIOGRAFIA

ALTAMIRANO, A. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (1:1.000.000). Ministerio de Agricultura y Pesca, Dirección de Suelos y Fertilizantes.

ARS-USDA. 1966. Total porosity and random roughness of the interrow zone as influenced by tillage. Cons. Res. Report No. 7, 22 p.

DIRECCION FORESTAL. 1995. Uruguay Forestal. Revista N°12.

DISSMEYER, G. E. and FOSTER, G. R. 1981. Estimating cover-management factor (C) in the universal soil loss equation for forest conditions. JSWC 36(4): 235-240.

GARCIA, F. y CARDELLINO, G. 1983. Metodología empleada en parcelas de escurrimiento y avance de resultados obtenidos en Aguas Blancas. DUMA, CIAAB, DS-MAP, informe interno.

GARCIA, F. 1992. Guía para la toma de decisiones en conservación de suelos. INIA, Serie Técnica No. 26.

HARTWIG, R.O. and LAFLEN, J.M. 1978. A meterstick method for measuring crop residue cover. JSWC 32:260-264.

RENARD, K.G., FOSTER, G. R.; WEESIES, G. A. and PORTER, J. K. 1991. RUSLE: Revised universal soil loss equation. JSWC 46(1):30-33.

RENARD, K.G., LAFLEN, J.M.; FOSTER, G. R. and McCOOL, D. K. 1994. The revised universal soil loss equation. In Soil erosion research methods, R. Lal (Ed.), 2da. edición, p: 105-124.

RENARD, K.G., FOSTER, G.R.; WEESIES, G. A., McCOOL, D.K. and YODER, D.C. 1995. Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE) U.S. Dept. of Agriculture, Agriculture handbook No. 703.

STOKING, M. A. 1988. Assessing vegetative cover and management effects. In R. Lal (Ed.) Soil erosion research methods, SWCS-ISSS, p:163-185.

WISCHMEIER, W. H. and SMITH, D. 1958. "Rainfall energy and its relationship to soil loss". Transactions of the Am. Geophysical Union 39:285-291.