

# FORMACION DE ESCORRENTIAS CON LLUVIAS TORRENCIALES SIMULADAS, EN PARCELAS CON DIFERENTES CUBIERTAS VEGETALES Y DISTINTAS PREPARACIONES DEL SUELO PARA LAS REPOBLACIONES FORESTALES

R. SERRADA\*, J.A. MINTEGUI\*\*, J.C. ROBREDO\*\* , J.L. GARCÍA\*\*, V. GÓMEZ\*, J. ZAZO\* Y R. NAVARRO\*\*\*

\* DEPARTAMENTO DE SILVOPASCICULTURA, E.U.I.T. FORESTAL. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. 28040 MADRID (ESPAÑA)

\*\* DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA FORESTAL, E.T.S.I. MONTES. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. 28040 MADRID (ESPAÑA)

\*\*\* DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA RURAL, E.T.S.I. AGRÓNOMOS Y MONTES UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA.

## RESUMEN

Apoyándose en simulaciones de lluvias torrenciales (presentadas en el 1º Congreso Forestal Español de Lourizán), los autores analizan la escorrentía en las parcelas testigo, en las que la vegetación se ha reducido por distintos procedimientos de roza y/o decapado, o se ha alterado el suelo con operaciones preparatorias para la repoblación forestal, tales como: ahoyados, subsolados, aterrazados o acaballados y finalmente con labores realizadas con máquinas prototipo (Tramet, TTAE).

Los ensayos se llevaron a cabo en dos ocasiones, utilizando en ambas tres series de lluvias torrenciales simuladas. La primera tuvo lugar en los meses de abril, junio y octubre de 1992, en un conjunto de parcelas situadas en Puebla de Valles (Guadalajara). La segunda en los tres últimos meses de 1994, en otro grupo de parcelas ubicadas en los montes próximos a Málaga.

Los resultados que se presentan, están condicionados por el efecto de escala; pero se estima que puede tener interés conocerlos, por su incidencia en las repoblaciones forestales.

P.C.: lluvia torrencial, escorrentía, cubierta vegetal, preparación del suelo para repoblaciones.

## SUMMARY

A method (presented in the 1º Congreso Forestal Español de Lourizán) for simulation of torrential rainfall to study the water runoff under different degree of plant cover and systematic preparation of soil for reforestation have been used, in order to analyze the outputs of six series of tests.

Runoff was analyzed and data were compared between three kind of plots: control plots, with scrub cover (natural vegetation); plots cleared, vegetation taken out by different ways and intensity; plots prepared for reforestation by different methods of hoeing, ripping, terracing or work made with a machine prototype (Tramet, TTAE) were applied.

Assays were carried out two times, each time three series of simulated torrential rainfall were applied. The first time in the April, June and October of 1992, on some plots at Puebla de Valles (Guadalajara, central Spain); the other one, in the last months of 1994, on plots at Malaga highlands (south of the country).

The results of this research are influenced by the scale effect, therefore comparison with results by other authors should be very cautious. Nevertheless we have considered worthwhile to present them owing to their possible usefulness for reforestation.

K.W.: torrential rainfall, runoff, plant cover, preparation of soil for reforestation

## INTRODUCCION

El diseño experimental utilizado es el definido en la comunicación "*Propuesta de metodología para el ensayo de precipitación artificial en la comprobación de la eficacia protectora de las cubiertas vegetales y de las labores en el suelo*" presentada por los mismos autores en el 1º Congreso Forestal Español celebrado en 1993 en Lourizan (Pontevedra) y recogido en las *Actas del Congreso, Tomo III, págs 151-156*. Si bien en esta ocasión a las parcelas ubicadas en Puebla de Valles (Guadalajara) se añadieron las utilizadas con el mismo fin en los montes próximos a Málaga.

Asimismo el *objetivo*, los *materiales utilizados* y el *método* empleado para simular la lluvia torrencial en las parcelas experimentales, responde a lo establecido en la *comunicación* anteriormente citada.

- *Situación de las áreas de ensayos.*

Las áreas de los ensayos se describen en la Tabla 1 adjunta. En Puebla de Valles se realizaron tres series de ensayos, en abril, junio y octubre de 1992 respectivamente. En cada serie se simularon hasta 16 aguaceros sobre otras tantas parcelas de preparación del suelo. En los montes próximos a Málaga, se realizaron otras tres series de ensayos durante los tres últimos meses de 1994; cada ensayo se correspondía con cada uno de los 16 binomios: *parcela-precipitación recibida en ella* (Tabla 2).

## DEFINICION DE LA METODOLOGIA PARA LOS ENSAYOS

En cada ensayo (*parcela-lluvia*) se tomaron 10 lecturas de la precipitación (Puebla de Valles) y 8 lecturas de la precipitación (montes próximos a Málaga), utilizando para ello pluviómetros móviles.

- *Análisis de las precipitaciones.*

1.- Se comenzó estableciendo el concepto de *precipitación de ensayo*, en adelante  $P_e$ ; como la media aritmética de las precipitaciones recogidas en los pluviómetros de la parcela, después de realizar en la misma la simulación de la lluvia.

2.- Se consideró como tiempo de ensayo:  $t_e$ , el de duración del mismo hasta el inicio de la escorrentía generalizada en la parcela; momento en que se finalizaba la prueba.

3.- En consecuencia, la intensidad de la precipitación en cada parcela se definió por:

$$I = P_e / t_e .$$

4.- Para tratar de simular una tormenta real en cada una de las dos zonas geográficas en que se realizaron los ensayos se revisaron todos los datos disponibles de las precipitaciones; tanto en magnitud,  $P_e$ , como en duración,  $t_e$ . A la vista de los mismos, se desestimaron aquellos que presentaban dudas o anomalías por diversas causas.

Con los ensayos seleccionados en cada serie, se estimaron las intensidades medias de sus correspondientes tormentas de cálculo (que se identificaron con los aguaceros de cada área).

5.- Cada una de estas intensidades se obtuvo como la media aritmética:  $I_c = \sum I_i / n$ . Donde  $I_i$ , son las intensidades en las parcelas para las precipitaciones  $P_e$ ; mientras que  $n$ , es el número de pruebas seleccionadas.

6.- Posteriormente se determinó el tiempo de duración de cada ensayo o tiempo de la prueba  $t_p$ . Normalmente:  $t_p = t_e$

7.- Finalmente, la precipitación de cálculo,  $P_c$ , en las distintas parcelas, se obtuvo mediante el producto:  $P_c = I_c \times t_p$ . Con este valor de  $P_c$  se ha operado para llegar a las conclusiones posteriores.

8.- Definido  $P_c$ , se calcularon los siguientes valores y parámetros:

- El cociente "c" entre las precipitaciones de cálculo en cada una de las parcelas de ensayo y la precipitación de cálculo en la parcela testigo

- El  $NC$  (Número de Curva) correspondiente a cada una de las parcelas de ensayo para la precipitación de cálculo que les ha sido asignada, teniendo en cuenta la medición con TDR de la humedad del suelo.

## RESULTADOS

Se trata de una investigación pionera y los resultados (que se deben considerar provisionales) son los siguientes:

- El significado del cociente:  $c = P_{ci} / P_t$ . La Tabla 3 refleja el grado de variación de dicho factor en las parcelas. De acuerdo con ella se establecen los siguientes grupos:

GRUPO-1.1:  $c > 2.00$ , mejora la infiltración respecto del testigo en más de un 200%, incluye las operaciones: AH2, SMP, SL, AT, TTAE, AR y ADF.

GRUPO-1.2:  $2.00 > c > 1.00$ , mejora la infiltración respecto del testigo hasta un 200%, incluye las operaciones: LT, AS, ARP, AM, SC y AMM.

GRUPO-2.1:  $1.00 > c > 0.50$ , reduce la infiltración respecto del testigo hasta un 50%, incluye las operaciones: RF, RP, RT y DF.

GRUPO-2.2:  $c < 0.50$ , incluye la operación: DT.

- La interpretación de la variación del  $NC$  en las diferentes parcelas, partiendo de la base que el valor del  $NC$  en la parcela testigo se interpreta conforme a las Tablas del U.S.D.A. Soil Conservation Service.

Para analizar la variación del Número de Curva  $NC$  en las diferentes parcelas, respecto al valor que toma en la parcela testigo, se establece la relación:  $NC_i / NC_t$ , (donde:  $NC_i$  es el valor del  $NC$  en la parcela en cuestión y  $NC_t$  el valor del  $NC$  en la parcela testigo).

Este cociente se ha determinado en relación con cada una de las series de ensayos realizados en Puebla de Valles en abril, junio y octubre de 1992, así como en los últimos meses de año 1994 en los montes próximos a la ciudad de Málaga. A tal efecto se recuerda que los  $NC$  obtenidos experimentalmente en las parcelas testigo, se compararon con el valor que tendrían de acuerdo con las Tablas del USDA S.C.S., resultando valores admisibles por lo que se dieron por válidos.

Utilizando los subgrupos establecidos para el apartado anterior, el cociente en cuestión, para el conjunto de las parcelas y ensayos toma los valores siguientes:

GRUPO-1.1. entre:  $0.60 < NC_i / NC_t < 0.76$

GRUPO-1.2. entre:  $0.95 < NC_i / NC_t < 0.92$

GRUPO-2.1. entre:  $1.15 < NC_i / NC_t < 1.10$

GRUPO-2.2. entre:  $1.50 < NC_i / NC_t < 1.27$

## CONCLUSIONES

1.- La investigación realizada, pone de manifiesto los efectos que proporcionan los trabajos de preparación del terreno, inherentes a las repoblaciones forestales, sobre la retención y disponibilidad de agua en el suelo.

2.- Hay que tener en cuenta que las operaciones asociadas a los cuatro grupos definidos con el coeficiente  $c = P_{ci} / P_t$ , no actúan por lo general aisladas, sino en combinación unas con otras; pues cuando se planifican las repoblaciones, con anterioridad a las operaciones de preparación del suelo propiamente dichas (GRUPO-1.1 y GRUPO-1.2), es preciso en la mayoría de los casos realizar los trabajos de eliminación o control del matorral existente, que compite con la planta a introducir en el monte. Estos trabajos se establecen en los GRUPO-2.1 y GRUPO-2.2. Por tanto, se deben considerar estas circunstancias para elegir el grupo de operaciones más adecuado dependiendo de la estación a repoblar.

3.- En cualquier caso, las experiencias han demostrado que no se deben retrasar las operaciones de plantación respecto de las de preparación del suelo en las repoblaciones forestales; pues el tiempo atenúa los efectos iniciales hasta restablecer la situación primitiva.

## AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a la CICYT, al INIA (Proyecto FOR 90-1004-C02-01), al Servicio de Montes, Caza y Pesca de la Consejería de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla -La Mancha (Delegación de Guadalajara), al Ayuntamiento de Puebla de Valles y al ICONA (Proyecto LUCDEME).

## BIBLIOGRAFIA

SERRADA, R., MINTEGUI, J.A., GARCIA, J.L., GOMEZ, V., ROBREDO, J.C. & ZAZO, J. (1995). *Metodología para simular lluvias torrenciales en parcelas experimentales, con diferentes tipos de preparación del suelo para las repoblaciones forestales; al objeto de analizar el comportamiento de las escorrentías de lluvia en las mismas*. 17 págs. (en prensa).

SERRADA, R., MINTEGUI, J.A., NAVARRO, R., GARCIA, J.L., ROBREDO, J.C., GOMEZ, V. & ZAZO, J. (1995). *Memoria Final del estudio sobre la eficacia protectora frente a las inundaciones de las técnicas de repoblación forestal a aplicar en las cuencas vertientes a la ciudad de Málaga*. Departamento de Silvopascicultura (UPM). ICONA (Proyecto Lucdeme). Madrid.

ZAZO, J., GARCIA, J.L., GOMEZ, V., MINTEGUI, J.A., ROBREDO, J.C. & SERRADA, R. (1993). Propuesta de metodología para el ensayo de precipitación artificial en la comprobación de la eficacia protectora de las cubiertas vegetales y de las labores en el suelo. *Actas del 1º Congreso Forestal Español*, Tomo III, pp 151-156. Sociedad Española de Ciencias Forestales, Xunta de Galicia. Lourizán. Pontevedra.

Area de los ensayos:	Puebla de Valles (Guadalajara)	Montes próximos a Málaga
Situación:	Longitud 23° 20' Latitud 2° 41'	Longitud 36° 40' Latitud 4° 10'
Altitud media:	950 m.	550 m.
Exposición:	N (umbría)	SW (solana)
Pendiente media del paraje:	36 %	62 %
Suelo:	Franco sobre rañas del Mioceno	Franco-arcillo-arenosos, sobre esquistos calizos.
Vegetación:	Formación de matorral homogéneo compuesto por <i>Cistus lananifer L.</i> y <i>Rosmarinus officinalis L.</i>	Formación de matorral bastante homogéneo con predominio de <i>Retama sphaerocarpa L.</i>

Tabla 1. Características de las dos áreas donde se ubican las parcelas de ensayo

SIGLAS	Situación Parcelas	LABOR
T	P.Valles/Málaga	Testigo
RP	P.Valles/Málaga	Roza en puntos (casillas de motodesbrozadora)
RF	P.Valles/Málaga	Roza en fajas (desbrozadora de cadenas)
RT	P.Valles/Málaga	Roza total (desbrozadora de cadenas)
DF	P.Valles	Decapado en fajas (bulldozer)
DT	P.Valles/Málaga	Decapado total (bulldozer)
AM	P.Valles/Málaga	Ahoyado manual (azada y pico)
AMM	P.Valles/Málaga	Ahoyado manual mecanizado (azada mecánica)
AR	Málaga	Ahoyado con retroexcavadora
ARP	Málaga	Ahoyado con ripper
SL4	P.Valles	Subsolado lineal de 40 cm (bulldozer)
SL6	P.Valles/Málaga	Subsolado lineal de 60 cm (bulldozer)
SC	P.Valles/Málaga	Subsolado cruzado en rombo (bulldozer)
SMP	Málaga	Subsolado en máxima pendiente (bulldozer)
ADF	P.Valles	Acaballonado con desfonde (arado bisurco)
AS	P.Valles/Málaga	Acaballonado superficial (decapado y subsolado)
AT	P.Valles	Acaballonado TRAMET (solo caballón)
LT	P.Valles	Labor de TRAMET completa (con subsolado)
AH2	P.Valles/Málaga	Aterrazado de 2m con subsolado (bulldozer)
TTAE	P. Valles/Málaga	Roza en fajas con subsolado simple con TTAE

Tabla 2. Labores efectuadas al suelo.

Tipo de preparación y/o actuación en el suelo		Parcelas de Puebla de Valles		Parcelas de los montes de Málaga	
Labor	Siglas	Intervalo variación de $c$	Valor medio de $c$	Intervalo variación de $c$	Valor medio de $c$
- Roza en puntos	RP	0.38-0.93	0.66	0.58-0.94	0.76
- Roza en fajas	RF	0.74-1.06	0.90	0.77-0.97	0.87
- Roza total	RT	0.73-0.78	0.76	0.56-0.75	0.66
- Decapado en fajas	DF	0.33-0.72	0.53		
- Decapado total	DT	0.19-0.73	0.46	0.41-0.61	0.51
- Ahoyado manual	AM	0.74-1.89	1.32	1.07-1.51	1.29
- Ahoyado manual mecanizado	AMM	0.72-1.14	0.93	0.86-1.17	1.02
- Ahoyado con retroexcavadora	AR			1.64-2.70	2.17
- Ahoyado con ripper	ARP			1.26-1.48	1.37
- Subsulado lineal de 40 cm.	SL4	1.32-2.00	1.66		
- Subsulado lineal de 60 cm.	SL6	1.25-2.44	1.85	2.27-3.28	2.78
- Subsulado cruzado en rombo	SC	0.94-1.90	1.42	0.87-1.09	0.98
- Subsulado en máxima pendiente	SMP			2.10-2.65	2.38
- Acaballonado con desfonde	ADF	1.41-2.46	1.94		
- Acaballonado superficial	AS	0.71-1.44	1.08	1.39-1.68	1.54
- Acaballonado con Tramet	AT	1.41-3.00	2.21		
- Labor con Tramet completa	LT	1.25-1.85	1.55		
- Aterrazado de 2m. con subsulado	AH2	0.87-3.47	2.17	2.74-3.41	3.08
- Roza en fajas con subsulado	TTAE	--- 2,91	2,91	--- 1.22	1.22

Tabla 3. Variación del coeficiente  $c$  en las parcelas de ensayos, dependiendo de las labores realizadas en ellas y de su localización.