



EL USO DE UN SIMULADOR DE LLUVIA

Apellidos, nombre	Ibáñez Asensio, Sara (sibanez@prv.upv.es) Moreno Ramón, Héctor (hecmora@prv.upv.es) Gisbert Blanquer, Juan Manuel (jgisbert@prv.upv.es)
Departamento	Producción Vegetal
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural



1 Resumen

En el presente artículo se aborda la técnica de manejo de un simulador de lluvia para la determinación de la conductividad hidráulica en saturación y la tasa de infiltración del suelo.

La conductividad hidráulica de un medio poroso expresa la velocidad con la que circula un fluido por los huecos que quedan entre sus partículas constituyentes, siendo una de las propiedades que reflejan con mayor precisión el tiempo de permanencia del agua en el suelo. Su valor nos ayuda a prever la respuesta del terreno ante a las lluvias o el riego.

2 Objetivos

Con el presente artículo docente se pretende que el lector sea capaz de:

- Entender el mecanismo de funcionamiento los simuladores de lluvia
- Identificar las ventajas e inconvenientes de su uso
- Calcular el valor de la conductividad hidráulica y evaluar el comportamiento hidrológico de los suelos

3 Estructura e introducción

El presente artículo docente se estructura en los siguientes puntos:

1. Resumen de ideas clave
2. Objetivos
3. Estructura e introducción
4. Desarrollo
 - 4.1. Características de los simuladores de lluvia
 - 4.2. Descripción del equipo
 - 4.3. Procedimiento de trabajo
 - 4.4. Cálculo de la conductividad hidráulica y de la tasa de infiltración
5. Cierre
6. Bibliografía

Si seguimos todos estos apartados descritos al final tendremos una idea clara de cómo manejar un simulador de lluvia y superar los objetivos anteriormente propuestos. No obstante para poder llegar a entender su funcionamiento antes debemos saber qué es la conductividad hidráulica y cuáles son los factores que determinan su valor.

Si no conoces estos conceptos básicos en edafología, debes buscar información en cualquier libro (por ejemplo los señalados en la bibliografía) o bien buscando en internet con las palabras claves anteriormente señaladas.



4 Desarrollo

El uso de simuladores de lluvia se encuentra estrechamente vinculado al auge de las investigaciones en conservación de suelos y aguas, siendo apropiado para el estudio de las relaciones lluvia-escorrentía, la medida de la tasa de infiltración y la estima de las pérdidas de suelo. Una de sus principales ventajas es poder prescindir de la lluvia natural, lo que permite programar y realizar gran número de experiencias en muy poco tiempo.

La simulación de lluvia en campo ha sido una de las técnicas más utilizadas en los últimos tiempos.

Desde su origen los simuladores de lluvia han pretendido copiar las características de la precipitación pluvial lo más fielmente posible, siendo a partir de los años 60 cuando, tras haberse logrado conocer realmente la dinámica y la física de la lluvia, se intenta reproducir tanto la distribución del tamaño de las gotas como su energía cinética de impacto.

4.1 Características, ventajas e inconvenientes de los simuladores de lluvia

La técnica de la simulación de lluvia básicamente consiste en aplicar una cantidad de lluvia concreta sobre una parcela de límites conocidos, controlando el agua de escorrentía generada durante la experiencia. La diferencia entre el agua aplicada y el agua recogida es el agua absorbida por el suelo y, por lo tanto, simplemente tomando medidas del agua generada por la lluvia a intervalos de tiempo regulares podemos obtener la tasa de infiltración característica del suelo estudiado.

Una de las grandes ventajas de los simuladores de lluvia frente a las otras técnicas de medida de la tasa de infiltración es que la simulación de lluvia permite determinar la capacidad de infiltración de los suelos en condiciones de no saturación. Además permite controlar otros muchos aspectos de la respuesta hidrológica del terreno: el tiempo transcurrido hasta que se inicia el encharcamiento, el momento de inicio de la escorrentía, la formación de costras y selladuras, el inicio de cerrado de posibles grietas, o el tiempo transcurrido hasta el agotamiento de la escorrentía una vez cesada la precipitación.

Mientras que los primeros simuladores eran de gran tamaño y poca versatilidad, hoy día su diseño ha evolucionado enormemente, existiendo diferentes tipos según sea el mecanismo generador de las gotas (Figuras 1a y 1b): simuladores que generan gotas sin velocidad a la salida, los denominados goteadores ($v=0$); y simuladores que proporcionan gotas a presión, los simuladores pulverizadores o de boquilla ($v>0$).



Figura 1. a) Simulador de tipo goteador y b) Simulador de boquilla

La elección de unos u otros dependerá de las características de la lluvia que se quiera reproducir. En los simuladores goteadores la energía cinética de la lluvia (y por lo tanto su capacidad de desagregar y compactar el suelo) depende básicamente del tamaño de las gotas.



Figura 2.- Parrilla de goteros

En estos simuladores las gotas se generan de forma individual, todas son iguales y, en principio, impactan siempre en el mismo lugar, variando su \varnothing según sea el dispositivo de salida utilizado (agujas hipodérmicas, pequeños tubos de cristal o goteros de riego) (Figuras 2 y 3a).

En los simuladores pulverizadores o de boquilla, normalmente el agua es pulverizada por boquillas de riego (Figura 3b) que producen gotas de diferentes tamaños y, por lo tanto, más parecidas a las de la lluvia natural. Sin embargo comparativamente con la precipitación natural en general todas las gotas son más pequeñas, y por ello a pesar de la considerable velocidad a la que salen de la boquilla la energía cinética de la lluvia que producen suele ser baja.



Figura 3a) Detalle goteros

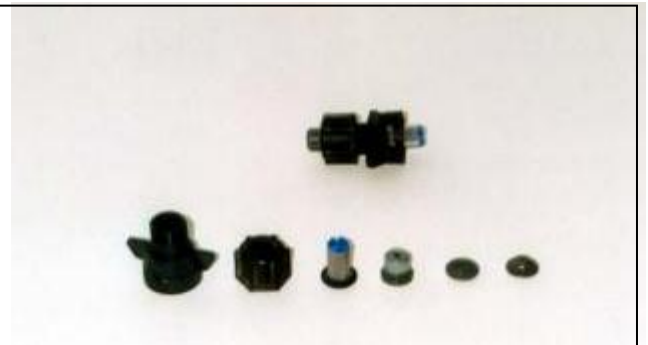


Figura 3b) Detalle boquilla de riego

Por último cabe destacar que la simulación de lluvia también permite que las experiencias puedan ser realizadas en laboratorio si se utilizan las denominadas "mesas de simulación", que básicamente son bandejas o soportes que se llenan con muestras de suelo alterado bajo unas condiciones específicas de trabajo.

Las mesas de simulación permiten manipular muchas de las características del terreno determinantes del proceso erosivo (como la pendiente, la pedregosidad superficial o subsuperficial o el porcentaje de cubierta vegetal) posibilitando así el estudio de su influencia sobre la erosión de forma independiente. Además están diseñadas para reproducir condiciones de drenaje libre y van dotadas de un sistema de recolección de muestras que permite controlar la evolución de la infiltración y del material erosionado tanto por impacto como por escorrentía (Figura 4).



Figura 4.- Detalles de una mesa de simulación de laboratorio

Frente a tantas y tan diversas ventajas es preciso señalar los siguientes inconvenientes: los datos obtenidos pueden ser poco representativos si no se toma en consideración la variabilidad espacial de los suelos; no se ha conseguido reproducir la lluvia natural con exactitud; y, finalmente, de usarse en combinación con las mesas de simulación, la preparación de las muestras y llenado de las bandejas puede alterar excesivamente las características naturales del suelo.

4.2 Descripción del equipo

Básicamente consta de los siguientes elementos:

- Equipo de suministro de agua. Cuando se trabaja en campo el agua es almacenada en un tanque (de unos 200 l) situado en un pequeño remolque; se impulsa mediante una bomba de pequeña potencia (figura 5). En el laboratorio el agua puede tomarse directamente de la red de saneamiento (a presión).



Figura 5: Remolque, tanque y bomba



- Soporte. La estructura, que puede ser fija o desmontable (caso del simulador portátil de campo), debe estar diseñada para que el mecanismo generador de las gotas permanezca horizontal durante toda la experiencia sea cual sea la inclinación del terreno y para que se sitúe a 2 m de altura sobre el suelo (altura para la que se han determinado las características de las gotas de lluvia). Debe asegurar que funcione correctamente incluso en zonas de badlands de pendientes muy pronunciadas.

Es necesario que los simuladores de campo lleven un toldo protector y unas barras de arrostramiento que permitan realizar la experiencia incluso en días de viento moderado, que las gotas de lluvia puedan ser desplazadas por el viento fuera de la parcela de simulación, variando así la distribución, y por tanto la intensidad, de la precipitación simulada.

- Mecanismos de generación de lluvia.

Puede ser una boquilla de pulverización o una parrilla porta-goteros formada por filas de tubos y goteros tipo autocompensante.

- Equipo regulador de presión. Es necesario instalar algún tipo de regulador de la presión de agua (figura 6) que nos asegure que la intensidad de la lluvia generada sea constante durante toda la simulación. El equipo debe estar provisto un manómetro que indique la presión de trabajo en todo momento.

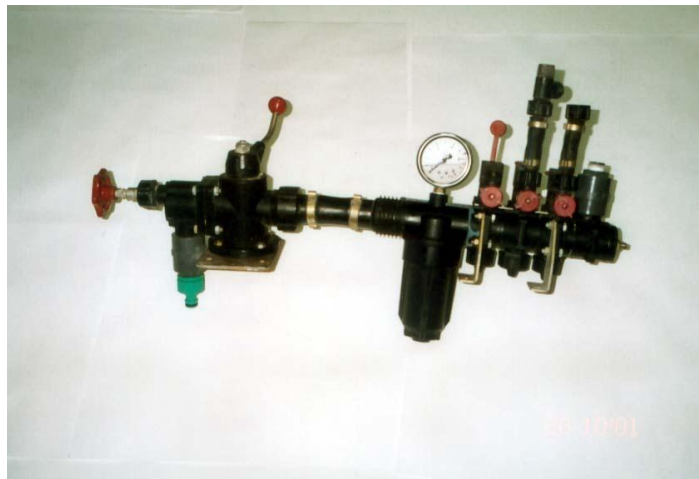


Figura 6. Equipo regulador de presión

La oscilación en la presión de entrada del agua genera cambios de intensidad y alteraciones en la distribución del agua pulverizada por las boquillas. Al aumentar la presión por encima de este valor óptimo el cono de lluvia se abre y las gotas generadas son de menor tamaño y caen a mayor velocidad, con lo que la intensidad de la precipitación desciende mientras que la energía cinética transmitida al suelo aumenta.

Las principales características de la lluvia que determinan su poder erosivo son la cantidad total de agua precipitada, la intensidad de la precipitación, el tamaño de



las gotas, la distribución de la precipitación por tamaños de gota y la velocidad de impacto de las mismas.

4.3 Procedimiento de trabajo

Es conveniente seguir las siguientes recomendaciones:

- Mantener la lluvia durante al menos 30 minutos de ininterrumpidos (en condiciones de campo)
- Registrar la respuesta del suelo a la lluvia (humedad inicial del suelo, tiempo de encharcamiento, inicio de la escorrentía, inicio del cierre de grietas, fin del cierre de grietas, fin de la escorrentía, profundidad del frente húmedo, humedad final, intensidad de la precipitación)
- Anotar en la libreta de trabajo cualquier incidencias u observaciones específicas de la simulación, así como la fecha de la misma
- Fotografiar la parcela antes y después de la simulación de lluvia
- Registrar la escorrentía de forma continúa durante toda la simulación siempre que sea posible. Los intervalos de tiempo que deben transcurrir entre medidas nunca son fijos puesto que la infiltración varía tanto con contenido de humedad del suelo – que aumenta durante la experiencia - como de las características específicas de cada parcela. Podemos tomar dos minutos como tiempo base de partida, aumentándolo en suelos de elevada infiltración y acortándolo en situaciones de elevada escorrentía.
- Medir la cantidad de suelo arrastrado por la escorrentía. Podemos separar los sedimentos del agua de escorrentía mediante filtrado; tras su paso por estufa a 105°C, el sedimento atrapado en el filtro es pesado (gr) en una balanza de precisión (0,0001 gr).

4.4 Cálculos

A partir de los datos anotados en una ficha de seguimiento de la experiencia (figura 9) es posible representar gráficamente la escorrentía y la pérdida de suelo (figura 7).

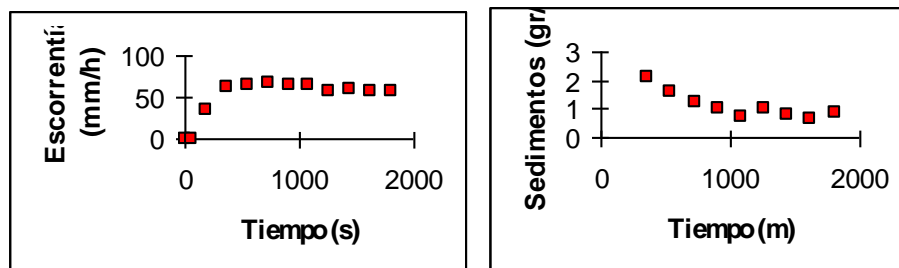


Figura 7.-Gráficas de la evolución de la escorrentía y de las pérdidas de suelo

También podemos representar la evolución de la tasa de infiltración a lo largo de la simulación (figura 8) simplemente aplicando la ecuación del balance hídrico, puesto que es correcto considerar que durante la experiencia no se producen (o son despreciables) pérdidas de agua por evapotranspiración.

Si Precipitación= Escorrentía + Infiltración+ ETP

-> Infiltración (I)= Precipitación (PP) – Escorrentía (E)

El valor de la tasa de infiltración al final de la experiencia (mínimo y constante) se corresponde con la conductividad hidráulica del suelo en condiciones de saturación.



Figura 8. Curva de evolución de la tasa de infiltración

PARCELA Nº		OBSERVACIONES:							
FECHA:									
Presión: Kg/ cm2		Tiempo ('):			I (mm/ h):				
Encharcamiento:									
Inicio cierre grietas:									
Fin cierre grietas:									
Inicio escorrentía:									
Muestras:									
Nº Bote	T inicial	T final	T (s)	P. inicial	P. final	P (gr)	V (ml)	E(mm/h)	gr/l

Figura 9.- Ficha de recogida de datos



5 Cierre

Mediante la técnica es posible reproducir el comportamiento hidrológico de los suelos en condiciones muy similares a las naturales, obteniéndose el valor de la conductividad hidráulica y de la tasa de infiltración con una gran fiabilidad.

Los simuladores de lluvia aportan como gran ventaja la posibilidad de repetir lluvias similares a las naturales en diferentes condiciones de campo y laboratorio.

6 Bibliografía

6.1 Libros:

- [1] Art, G.E. 1984. Erosion from simulated rainfall on mountain rangeland of Utha. Journal of soil and water conservation (sep.- oct.): 330-334
- [2] Calvo, A.; Harvey, A.M.; Payá, J. & Alexander, R.W. 1991. Response of badlands surfaces in south east Spain to simulated rainfall. Sociedad Española de Geomorfología. Ediciones Geofoma.. Cuaternario y Geomorfología, Vol. 5: 3-14.
- [3] Cerda, A.; Ibañez, S. & Calvo, A. 1997. Design and operation of a small and portable Rainfall Simulator For Rugged Terrain. Soil Technology, 11 (2): 161-168.
- [4] Jennings, G.D.; Jarrett, A.R. & Hoover, J.R. 1987. Simulated rainfall duration and sequencing affect soil loss. Transactions of the A.S.A.E., 30 (1): 158-161