

# DESARROLLO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA A PUNTO DE UN SIMULADOR DE LLUVIA A ESCALA DE LABORATORIO

Brarda, G., Ahumada, F., Weber, J. F.

Laboratorio de Hidráulica. Departamento de Ingeniería Civil. Facultad Regional Córdoba.  
Universidad Tecnológica Nacional. CP (X5016ZAA) Maestro M. López esq. Cruz Roja Argentina. Ciudad Universitaria. Córdoba.  
Argentina. E-mail: [gbrarda@gmail.com](mailto:gbrarda@gmail.com), [fedeahumada@outlook.com](mailto:fedeahumada@outlook.com), [jweber@civil.frc.utn.edu.ar](mailto:jweber@civil.frc.utn.edu.ar).

## Introducción

Uno de los procesos hidrológicos de importancia en la modelación de eventos es la infiltración. Por consecuencia de esto, nace la necesidad de reproducir con más fidelidad el fenómeno de la precipitación, y el impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo (Marelli, 1989). Uno de los parámetros a tener en cuenta es la presencia o ausencia de la cobertura vegetal en la superficie del suelo. El cambio de la misma no solo produce erosión, sino que también modifica el escurrimiento de las aguas superficiales. Los simuladores de lluvia son instrumentos de investigación diseñados para aplicar agua de forma similar a los episodios tormentosos naturales. Son útiles para obtener datos de erosión, infiltración, escorrentía superficial y transporte de sedimentos.

## Desarrollo

Se presenta a continuación un simulador de lluvia a escala de laboratorio, diseñado y construido en el Laboratorio de Hidráulica de la Facultad Regional Córdoba. Con este equipo se pretende adquirir información experimental que permita la estimación de parámetros hidrológicos tales como: capacidad de infiltración, intercepción vegetal, erosión superficial y tasa de producción de sedimentos. Adicionalmente es posible utilizar el simulador con objetivos didácticos para la visualización y medición del proceso lluvia-caudal sobre una microcuenca.

## Antecedentes locales

Uno de los antecedentes que se analizó es un microsimulador de lluvia (Weber et al, 2011) diseñado, construido y calibrado en el Laboratorio de Hidráulica (UTN Facultad Regional Córdoba). El mismo se diseñó para adquirir información experimental in situ y pretende reproducir el fenómeno de la precipitación. En su forma básica es un prisma cuadrangular de 2,0m de altura y 1,0m<sup>2</sup> de base; la estructura es de hierro y pesa aproximadamente 210 kg cuando se encuentra lleno de agua. Cuenta con dos bateas, una de alta intensidad (60 a 120 mm/hs), que consta de 289 formadores de gotas 0.8mm de diámetro, con una altura de carga que oscila entre 0 y 30 cm. La segunda es de baja intensidad (9 a 20mm/hs) y se compone de 900 formadores de gotas de 0.3mm de diámetro, con una altura de carga que varía entre 40 y 100cm (García Sosa y Weber, 2012). Las bateas son alimentadas con agua, mediante un reservorio colocado encima de la estructura. La regulación de la intensidad se produce mediante un flotante. De acuerdo a este antecedente se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones a la hora de diseñar el simulador de lluvia a escala laboratorio:

- disminuir el peso de la estructura para facilitar el armado, desarmado y transporte del mismo.
- mejorar el sistema de variación de la carga para lograr de manera más práctica diferentes intensidades.
- facilitar el cambio de los formadores de gotas.
- mejorar el sistema de alimentación de agua.
- poder realizar mediciones en laboratorio, para evitar alteraciones en el ensayo debido a los factores climatológicos que se pueden encontrar en campo.

## Simulador de lluvia a escala laboratorio

Las partes que componen el simulador de lluvia (figura 1) son:

- la estructura: construida con perfiles para estantería, formando un prisma de 2,0m de alto y 0,5m de lado
- el sistema de alimentación: está conformado por dos tanques, una bomba y un filtro de agua. Uno de los tanques se encuentra a nivel del piso y está conectado a la bomba. La misma alimenta al segundo tanque que se encuentra en la parte superior de la estructura. Éste posee una entrada de alimentación y un orificio de descarga, el cual mantiene constante el nivel del agua. En todo el proceso el agua es filtrada para evitar obstrucciones en los formadores de gota.
- el sistema de lluvia: consta de una red realizada con conectores tipo "T" (utilizados en peceras), unidos por trozos de manguera. Los formadores de gotas (Paoli, 2009) son agujas hipodérmicas que se introducen en los conectores. De esta forma se construyó una red con 169 formadores de gotas con agujas de 0,4mm de diámetro, fácilmente intercambiables. La malla formadora de gotas puede colocarse a diferentes alturas, permitiendo variar la carga, obteniendo diferentes intensidades.
- el sistema de puesta en régimen: conformado por una bandeja interceptora que se coloca entre el sistema de lluvia y la muestra de suelo. Evitando que se altere el contenido de humedad durante la puesta en régimen.
- el sistema de medición de intensidad: se utiliza la bandeja interceptora. La misma posee una descarga que escurre a un vaso graduado.
- la muestra de suelo: la muestra es extraída en campo. Sus dimensiones son 50cm x 50cm. El contenedor lleva un geotextil en su fondo, que permite el paso del agua pero no del suelo. Los laterales del cajón están cubiertos por nylon para garantizar un avance vertical del flujo.
- el sistema de recolección del escurrimiento superficial: en uno de los lados de la muestra de suelo se coloca una bandeja de descarga, la misma direcciona el agua a un vaso graduado para medir el escurrimiento superficial.



Fig. 1-Simulador de Lluvia

## Funcionamiento

Una vez finalizada la construcción del simulador se realizó una experiencia sobre una muestra de suelo extraída del predio de UTN Facultad Regional Córdoba. En este ensayo se detectaron algunas deficiencias en el equipo que fueron subsanadas, y además se midieron los tiempos de armado, puesta en régimen y desarmado del mismo. Una vez realizado el montaje del simulador de lluvia se procede a comenzar el ensayo. Primero se debe poner en funcionamiento la bomba y abrir las válvulas correspondientes, para que empiece a precipitar. Segundo se debe poner en régimen todo el equipo y verificar que los formadores de gotas funcionen correctamente. Luego se mide la intensidad de la lluvia mediante la recolección de agua producida por la bandeja interceptora. Se retira dicha bandeja siendo este el tiempo cero del ensayo. Parte del agua precipitada empieza a escurrir después de un determinado tiempo hasta la bandeja de salida, siendo colectada en un vaso graduado. El ensayo finaliza una vez que se produce la percolación, filtrando los excedentes de agua por el geotextil que se encuentra en el fondo de la muestra, ya que a partir de este instante la parcela no se comporta como se encuentra naturalmente.

## Tareas de calibración

Se comprobó que la intensidad de la lluvia no es homogénea en toda el área precipitada, mediante mediciones puntuales. Por lo cual se optó recolectar toda el agua mediante la bandeja interceptora y medir la intensidad. Actualmente se están realizando mediciones para determinar una relación empírica, entre, la carga hidráulica sobre los formadores de gota y la intensidad de lluvia generada. El rango de intensidades obtenido varía entre 20 y 72mm/h. Con los resultados obtenidos al momento se puede inferir que dicha relación no será lineal. Una vez finalizada la relación carga-intensidad para agujas de 0.4mm, se realizará la misma para agujas de mayor diámetro. El objetivo es lograr un rango de mayor amplitud de intensidades.

## Mediciones en Laboratorio

La capacidad de infiltración se medirá de forma indirecta, a través de la escorrentía generada en la parcela. La metodología prevista para medir los diferentes parámetros contará con los siguientes pasos: ensayo de la parcela en condiciones originales con diferentes intensidades, obteniendo de esta forma la capacidad de infiltración; luego se trasladará un espécimen en la parcela, seleccionado especies autóctonas y se ensayará con intensidades similares a las realizadas previamente. Con la diferencia de registros se obtendrá la capacidad de interceptación vegetal; y por último se someterá a la parcela con el espécimen a una quema controlada. Luego se realizarán nuevamente los ensayos correspondientes. De esta forma se busca obtener, además de la capacidad de infiltración y la erosión, la tasa de producción de sedimentos ocasionada por el incendio. Para realizar las mediciones en laboratorio se procedió a la extracción de una muestra de suelo en el predio de UTN-Facultad Regional Córdoba. Los ensayos llevados a cabo hasta el momento no han arrojado mediciones satisfactorias. Esto se debió a una inadecuada elección de las dimensiones de la muestra de suelo. Motivo por el cual se produjeron deterioros en la misma a la hora de la colocación en el contenedor.

## Mediciones en Campaña

El equipo fue utilizado en dos ensayos in situ. El primer ensayo se realizó en el predio de la UTN Facultad

Regional Córdoba, y el objetivo fijado fue la medición de infiltración en forma indirecta, a través del escurrimiento (Weber et al, 2011). La parcela donde se realizó el ensayo se eligió de tal forma que tenga una pendiente predominante por donde escurra el agua. Para delimitarla se la confinó hincando una chapa sobre el perímetro, buscando de esta forma que el escurrimiento superficial se dirija en su totalidad hacia la salida. Además el hincado sirve a modo de que la infiltración se genere dentro de los límites de la parcela. La intensidad de lluvia generada fue de 35mm/h. El segundo ensayo tuvo lugar en el predio de la Universidad Blas Pascal. La intensidad de lluvia generada fue de 19mm/h. En ningún de estos ensayos se obtuvo escurrimiento superficial. Los motivos en el primer ensayo se debieron a una insuficiente profundidad en el hincado y en el segundo debido a la baja intensidad.

## Microcuenca Didáctica

Para la visualización y medición del proceso lluvia-caudal se construyó una microcuenca de 0.25m<sup>2</sup>. Se la ensayó con diferentes intensidades y se contrastaron los resultados con el Método Racional. Obteniendo resultados similares que avalan el ensayo (Figura 2).

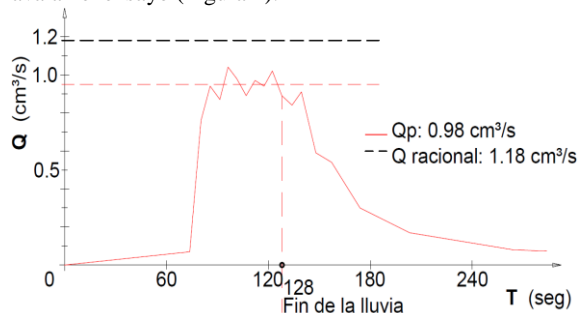


Fig. 2- Hidrograma de salida de Microcuenca.

## Conclusiones

Se ha podido construir, en el ámbito del Laboratorio de Hidráulica, Facultad Regional Córdoba, un simulador de lluvia a escala de laboratorio. El desarrollo de este equipo puede complementar los trabajos del simulador original, permitiendo condiciones de trabajo controladas y de mayor amplitud. Se logró desarrollar un aparato totalmente desmontable, con un área de estudio de 0.25m<sup>2</sup>, de fácil transporte. El simulador permite trabajar in situ o en laboratorio, con condiciones controladas simplificando tareas y ahorrando tiempos. La metodología para la extracción de la parcela cuenta con algunas deficiencias, las cuales están siendo revisadas para lograr resultados satisfactorios. El sistema de lluvia construido permite trabajar en rangos de intensidades que oscilan entre 20 y 72mm/h para agujas de 0,4 mm de diámetro. Las mismas pueden cambiarse fácilmente por otras medidas aumentando el rango de intensidades.

## Bibliografía

- García Sosa, G. R.; Weber, J. F. (2012). "Análisis de formadores de gota para un microsimulador de lluvia de baja intensidad". IFRH 2012. Ezeiza, Bs. As
- Marelli H. J. (1989). La Erosión Hídrica. Proyecto: Alternativas Mejoradas Conservacionistas de Producción Agrícola Ganadera en el Sur de Córdoba. Publicación técnica N°1. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Marco Juárez, Cba, Arg.
- Paoli, Héctor I. (2009). "Simulador de lluvia portátil para la determinación in situ de parámetros hidrológicos". Informe técnico - Laboratorio de Hidráulica, UTN-FRC.
- Weber, J.F., Paoli, H. I., Apestegui, L., (2011) Diseño, Construcción y Puesta a Punto de un Microsimulador de Lluvia Portátil para Estudios Hidrológicos. Conagua 2011.