

## Influencia de la altura de la cubierta vegetal en la variación de la energía cinética de las gotas de lluvia interceptadas

M. Roldán Soriano

Grupo de Investigación Ecología y Gestión Forestal Sostenible. ECOGESFOR-UPM. E.U.I.T. Forestal. Avda. Ramiro de Maeztu s/n. Ciudad Universitaria.28040 Madrid. [margarita.roldan@upm.es](mailto:margarita.roldan@upm.es)

### ABSTRACT

The erosive capacity of raindrops is function of mass (size) and terminal velocity. Drop mass and velocity govern the inherent erosivity of rainfall through kinetic energy. Kinetic energy is a very important property of the rainfall because it is one of the sources of energy in the process of water erosion. Vegetative canopy intercepts the raindrops and causes a variation on this rainfall kinetic energy due to modifications of diameters and velocities distributions. If the height of canopy is enough, the bigger intercepted drops could achieve high velocities and their kinetic energies can increase.

In this paper a quantitative evaluation of the increase of kinetic energy of intercepted drops is obtained and it is showed that this kinetic energy increases exponentially with vegetation height.

**Palabras clave:** Intercepción, energía cinética, altura de la cubierta, erosión.

### INTRODUCCIÓN

La capacidad erosiva de las gotas de lluvia es función de su masa y velocidad, masa y velocidad que determinan su erosividad y lo hacen a través de su energía cinética. Cuando hay cubierta vegetal, ésta intercepta las gotas de lluvia redistribuyéndolas y modificando su energía y por tanto, el efecto de su impacto sobre el suelo. Cuando la lluvia incide sobre una cubierta, parte de esa lluvia pasará a través de los huecos que hay en ella y parte será interceptada y drenará desde ella.

Brandt (1989) indica que “se sabe que la vegetación cambia la distribución de tamaños de gota de la lluvia y que la disgregación por impacto de las gotas bajo cubierta es diferente de la disgregación de las gotas sin cubierta” y que “las gotas de lluvia que pasan entre los huecos de la cubierta tendrán la misma distribución diamétrica que la lluvia natural, y que la lluvia interceptada que drena desde la cubierta tendrá una nueva distribución de tamaños de gota”.

Morgan (1997) señala que “las gotas interceptadas podrían unirse con otras gotas, incrementando su tamaño y su poder erosivo.

Salles y Poesen (2000) indicaron que “la gota interceptada por la cubierta es mayor que la gota de lluvia natural”.

Como las gotas interceptadas pueden aumentar de tamaño por agrupación de gotas más pequeñas, la fuerza del impacto que originan sobre el suelo dependerá de la altura de caída. Se sabe que las plantas de poca altura, principalmente los matorrales, contribuyen a decrecer la erosión de forma notable pero su evaluación cuantitativa no ha sido suficientemente estudiada (J. Cabezas, P. Vaquero, J.C. Escudero, 1991)

### MÉTODOS

El objetivo en este trabajo es contribuir al conocimiento del efecto de la cubierta sobre la variación de la energía cinética (EC) de las gotas de lluvia interceptada y la influencia que sobre dicha variación tiene su altura, e intentar valorar cuantitativamente esa variación. Para alcanzar el objetivo planteado se utilizó un disdrómetro del tipo de Joss y Waldvogel (1967) y un simulador de lluvia. El disdrómetro registra el número total de gotas sobre una superficie de  $0.005\text{m}^2$ , minuto a minuto, agrupados en 20 clases (canales) de diámetros de acuerdo a su tamaño, con diámetros desde 0.3mm hasta más de 5.2mm. Para la asignación de EC a los registros se obtuvo la EC representativa de cada canal (Roldán, 2006).

La lluvia fue suministrada por un simulador con ayuda de una bomba de agua. El simulador tiene una altura de 2 m con armazón de aluminio y diseño modular. El módulo superior del simulador soporta los aspersores. Durante la operación de muestreo el armazón del simulador fue cubierto con una cortina para evitar que el viento perturbase la caída de las gotas sobre el disdrómetro.

El uso de los simuladores en los estudios de erosión presenta algunos problemas, ya que en las gotas proporcionadas por el simulador no se conocen sus velocidades y la estimación de su energía cinética requeriría conocer la distribución de sus diámetros y de sus velocidades. El disdrómetro como se ha indicado en el párrafo anterior proporciona el total de impactos de las gotas, agrupados en clases de acuerdo a su diámetro pero suponiendo que esas gotas llevan velocidad terminal, y el simulador está suministrando una lluvia con características muy diferentes a la de la lluvia natural ya que las velocidades de las gotas suministradas por los aspersores no tienen velocidad terminal y por tanto, el agrupamiento de gotas según tamaño que realiza el disdrómetro no sería el real. Este hecho se resolvió asignando EC a los impactos registrados en cada canal, sabiendo que a cada canal le corresponde una EC representativa. Se presentaba otro problema añadido, ya que cuando la lluvia incide sobre cubierta parte de las gotas de lluvia pasarán entre los huecos y parte será interceptada por la vegetación. Para resolver este problema se utilizó un aspersor (1553-12, sin adaptador de gota grande) que generaba gotas de lluvia tan pequeñas que su impacto y por tanto, su energía eran tales que no podían ser registradas por el disdrómetro, por lo que se tiene la seguridad de que las gotas registradas por él son todas gotas interceptadas por la vegetación y posteriormente drenadas, de tal manera que el muestreo no se veía contaminado por las gotas no interceptadas.

Se muestrearon 10 tipos distintos de planta y realizando los muestreos a distintas alturas de ellas. Las plantas utilizadas en los ensayos fueron las siguientes: *Syringa vulgaris* (lilo), *Acer negundo* (arce negundo), *Nerium oleander* (adelfa), *Ligustrum japonicum* (aligustre), *Rosa sp.* (rosa silvestre), *Morus alba* (morera), *Eryobotria japonica* (níspero), *Prunus cerasifera* (ciruelo rojo), *Pinus mugo* (pino negro) y *Solanum pseudocapsicum* (tomate enano). Los tamaños, forma y textura de las hojas variaban mucho de una especie a otra. La cubierta se colocaba bajo el simulador de lluvia y el disdrómetro bajo la cubierta. La altura de la cubierta varió mucho desde 0.01m hasta la máxima altura del simulador. El espesor de la cubierta no superaba en ningún caso 0.6m. La duración de cada muestreo fue de 14 minutos. La saturación de la cubierta se esperaba que influyera en la variación del diámetro por intercepción por lo que los primeros minutos de cada una de las pruebas no se tuvieron en cuenta, hasta que los valores registrados se mantuvieron más o menos constante en cada muestreo, al cabo de los 5 primeros minutos.

Se hizo un primer análisis de todas las cubiertas conjuntamente, y de acuerdo a lo sugerido por Brandt (1989), es decir, suponiendo que las gotas interceptadas no dependen ni de la forma, ni de la textura de la hoja. También fueron analizados cada tipo de vegetación independientemente, para evaluar las posibles discrepancias con ese análisis primero.

Se utilizó el software SPSS en su versión 15.0 para establecer la mejor relación entre la energía cinética de las gotas de lluvia interceptadas por la vegetación y su altura. Se realizaron distintos análisis de regresión considerando para la misma planta diferentes alturas, máxima, media y mínima.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron distintos análisis de regresión manejándose distinto tipo de funciones que relacionaban energía cinética de las gotas interceptadas y la altura de la cubierta, y los mejores coeficientes de correlación se obtuvieron con ecuaciones de tipo exponencial que relacionan esa energía cinética (EC en J en una superficie de 0.005m<sup>2</sup>) y la altura más baja de la cubierta (H<sub>inf</sub> en m). También, Renard *et al.* (1996) obtuvo una ecuación de tipo exponencial entre el subfactor de cubierta aérea y la altura efectiva de caída de la gota interceptada y que interviene en el cálculo del factor “C” de la RUSLE. En el trabajo que aquí se presenta la ecuación de regresión exponencial que mejor ajustaba todos los valores registrados considerando las 10 cubiertas fue:

$$EC=00.011xe^{2.286xHinf} \quad R^2=0.757 \quad (n^{\circ} \text{ de datos}=470) \quad (1)$$

Se realizaron los mismos análisis para algunas cubiertas individualmente, obteniéndose, también, las mejores relaciones con funciones de tipo exponencial pero con diferentes parámetros que los obtenidos en (1), en algunos casos y entre ellos en *Ligustrum japonicum*, *Pinus mugo*, y *Syringa vulgaris* los coeficientes de correlación mejoraban con respecto al análisis de toda la cubierta (1), mientras que en otros empeoraba notablemente (p.e. *Solanum pseudocapsicum* con R<sup>2</sup>=0.412 y *Rosa sp.* con R<sup>2</sup>=0.653 ). Se presentan algunas de las regresiones en la que se aprecia esta mejora:

$$(\textit{Ligustrum japonicum}) \quad EC=0.0103xe^{2.461 xHinf} \quad R^2=0.919 \quad (n^{\circ} \text{ de datos}=171)$$

$$(\textit{Pinus mugo}) \quad EC=0.011xe^{2.731 xHinf} \quad R^2=0.851 \quad (n^{\circ} \text{ de datos}=29)$$

$$(\textit{Syringa vulgaris}) \quad EC=0.0041xe^{3.599 xHinf} \quad R^2=0.928 \quad (n^{\circ} \text{ de datos}=40)$$

Estos resultados conducen a pensar que sí existe una relación estrecha entre la altura de la cubierta y la EC de las gotas interceptadas por ella. Y se podría pensar, también, que las gotas de lluvia interceptadas por una determinada cubierta van a presentar poca variación en sus diámetros, y que la variación de su EC va a depender, entonces, de su altura. Y que ese diámetro será distinto en función del tamaño de la hoja y su textura, pues estas características podrían influir en el fenómeno de agrupamiento de gotas pequeñas para formar otras más grandes. Respecto a estas suposiciones hay trabajos contradictorios, así Brandt (1989) indica que “el tamaño de las gotas interceptadas no dependen ni de la intensidad de la lluvia ni de la estructura de la cubierta ni tampoco de las características de las hojas”. Estos resultados contrastan con otras experiencias realizadas en hojas individuales que muestran que la anchura de la hoja determina el tamaño de la gota interceptada y con las sugerencias de que lluvias mayores tenderán a reducir el tamaño de las gotas. Williamson (1981) investigó el tamaño de gotas goteando bajo cubierta y bajo lluvia tropical y encontró una excelente correlación entre la anchura de la hoja y el tamaño de las gotas interceptadas. También, Massman (1983) sugirió que las tasa de goteo desde las cubiertas están afectadas por el agua almacenada por la planta, o por el índice de área foliar, pero más directamente por la intensidad de lluvia. Sería interesante en relación al párrafo anterior estudiar, también, otras características de la planta que pudieran influir en la EC de las gotas interceptadas como pueden ser la forma de la hoja y su textura, y en cuanto a características de la precipitación la intensidad de la lluvia. Hay referencias (J. Cabezas *et al.* 1991) que indican que “si la intensidad de la lluvia sobrepasa una cantidad de gotas suficiente que impacta contra las hojas de la cubierta, las obliga a bascular y eliminar no

solo el sobreexceso sino también gotas más pequeñas. Incrementándose este fenómeno cuanto mayores sean las intensidades” e indica también que “hay una tendencia a que disminuya la efectividad de la vegetación cuando la intensidad de la lluvia aumenta”.

### CONCLUSIONES

En este trabajo se confirma la variación de la EC de las gotas de lluvia interceptadas por una cubierta en relación a su altura de caída, y que esa EC crece exponencialmente con esa altura. La altura es importante porque va a determinar la EC del impacto de las gotas interceptadas, ya que aumentan de tamaño con respecto a las de lluvia natural y pueden aumentar su velocidad dependiendo de la altura de caída. Por tanto, la efectividad de la vegetación como elemento protector dependerá principalmente de su altura. En cubiertas más bajas las velocidades que pueden alcanzar las gotas interceptadas, suponiendo el mismo diámetro, son menores que en cubiertas más altas, y por tanto su EC también será menor.

El conocimiento de la influencia de la altura y el tipo de cubierta en la variación de la energía cinética de las gotas de lluvia interceptada y por tanto, en su capacidad erosiva, podrían ayudar en la toma de decisión para la elección de especies en la restauración de áreas degradadas por erosión hídrica. En consecuencia, en la restauración de áreas degradadas debería considerarse la posibilidad de una introducción previa de cubierta vegetal de pequeñas dimensiones y crecimiento rápido, asociadas a la introducción de vegetación arbórea, ya que su efectividad frente al impacto y a la escorrentía es mayor que en cubiertas altas. Con esta conclusión no se está rechazando la revegetación de estas áreas con plantas arbóreas, ya que se sabe que las condiciones óptimas de protección del suelo contra la erosión aparecen en áreas arboladas asociadas a una cubierta sobre el suelo elevada.

### REFERENCIAS

- ❖ Cabezas, J., Vaquero, P. & Escudero, J.C. 1991. “Valoración de las lluvias interceptadas por especies de matorral dotadas de distintas estrategias estructurales”. *Ecología* nº5, pp 163-171
- ❖ Brandt, C. J. 1989. The size distribution of throughfall drops under vegetation canopies. *Catena*. Vol.16, 507-524
- ❖ Joss, J. & Waldvogel, A. 1967. Ein spektrograph für Niederschlag atropfen mit automatischer auswertung. *Pure and Applied Geophysics*, 68: 240-246.
- ❖ Massman, W.J. 1983. The derivation and validation of a new model for the interception of rainfall by forests. *Agricultural Meteorology* 28, 261-268.
- ❖ Morgan, R.P.C. 1997. *Erosión y Conservación de Suelos*. Ediciones Mundi-Prensa.
- ❖ Renard, *et al.* 1996. *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation*.
- ❖ Roldán, M. 2006. El poder de la lluvia. Características de la precipitación y erosividad. Nueva formulación para la estimación de la erosividad. Aplicación al cálculo del factor “R” de la USLE. Dirección General de la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente
- ❖ Salles, C. & Poesen, J. 2000. Rain properties controlling soil splash detachment. *Hydrological Processes*.14. 271-282
- ❖ Williamson, G.B. 1981. Drip tips and splash erosion. *Biotropica* 15(3), 232-234.