



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

Métodos para la determinación del coeficiente de escorrentía (c)

Apellidos, nombre	Ibáñez Asensio, Sara (sibanez@prv.upv.es) Moreno Ramón, Héctor (hecmorea@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 vamos a exponer los métodos más utilizados para calcular el coeficiente de escorrentía (c), una de las variables más importantes a determinar cuándo se quiere estimar la escorrentía que se generará en una cuenca tras un episodio de lluvia.

Es característico para cada cuenca, y depende fundamentalmente de sus condiciones topográficas, edáficas y de uso. Seguro que no se te escapa el hecho de que una misma lluvia, de la misma intensidad y duración, no provocará la misma escorrentía en una zona muy abrupta e inclinada que en un valle ancho de suelos profundos y bien drenados. Tampoco responderá igual una ladera cubierta de una buena masa forestal bien desarrollada que un monte bajo disperso y de poco porte, incluso bajo las mismas condiciones de tipo de suelo y pendiente.

Puesto que son muchos los factores que determinan la generación de la escorrentía, la fiabilidad de los métodos de cálculo del coeficiente de escorrentía dependerá de la medida en que éstos estén correctamente reflejados en la hipótesis de partida.

En el presente artículo vamos a abordar la definición del concepto de coeficiente de escorrentía y el estudio de los diferentes métodos de cálculo.

2 Objetivos

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

- Entender el concepto de coeficiente de escorrentía.
- Calcular el coeficiente de escorrentía característico de una cuenca dada
- Diferenciar las ventajas y deficiencias de cada uno de los posibles métodos de cálculo del coeficiente de escorrentía

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. Concepto de coeficiente de escorrentía
 - 4.2. Métodos de estima del coeficiente de escorrentía
5. Cierre
6. Bibliografía



Si seguimos todos estos apartados descritos al final tendremos una idea clara del concepto de coeficiente de escorrentía y sus métodos de cálculo consiguiendo por tanto, superar los objetivos propuestos. No obstante y para poder llegar a entender con claridad todo lo expuesto en este artículo antes deberemos saber cómo se comporta el suelo frente a un episodio de lluvia y cuáles son las propiedades del propio suelo (textura, estructura, humedad previo, composición, etc ...) y las características del medio físico (topográficas, geológicas y de uso) que condicionan la respuestas de dicho suelo en relación a la entrada y movimiento del agua.

Todos estos aspectos son abordados en profundidad en otros documentos disponibles para el alumno en el poliformaT de la asignatura o en el repositorio institucional de la UPV de objetos de aprendizaje (Riunet). Si el lector no dominara alguno de ellos deberá acudir previamente a éstas ayudas o acudir a algún texto específico de edafología.

4 Desarrollo

4.1 Concepto de coeficiente de escorrentía (c)

El coeficiente de escorrentía (c) representa la fracción de agua del total de lluvia precipitada que realmente genera escorrentía superficial una vez se ha saturado el suelo por completo. Su valor depende de las características concretas del terreno que determinan la infiltración del agua en el suelo.

Los diferentes métodos utilizados para su cálculo (todos ellos de naturaleza empírica) difieren tanto en su fiabilidad como en su complejidad; lógicamente, a más información utilizada más complejidad y fiabilidad y viceversa, pero, en cualquier caso, es fundamental tener en cuenta la mayor o menor homogeneidad de la cuenca.

Así por ejemplo, un bancal de cítricos en un suelo de textura franca (mismo uso, igual pendiente e idéntico suelo) presentará un mismo coeficiente de escorrentía en toda su superficie mientras que en una cuenca vertiente es difícil encontrar tanta uniformidad. Cuando el terreno presenta diferentes condiciones determinantes de la infiltración (relieve, vegetación, suelo, etc...) es necesario calcular el coeficiente de escorrentía característico de cada una de ellas a partir de una media ponderada de éstos para obtener un único valor de la escorrentía para toda la zona.

Veamos un ejemplo de este tipo de cálculo:



Ejemplo de ponderación del coeficiente de escorrentía: En una zona de meseta relieve y suelo uniforme con un uso mixto forestal y de pastos se desea determinar el coeficiente de escorrentía característico. La cuenca tiene una extensión de 200 ha, de las cuales 150 ha son de bosque (c1) y 50 de pasto (c2). Calcular el valor ponderado de c.

$$c = (c1 \times 150 + c2 \times 50)/200, \text{ siendo}$$

c1 = coeficiente de escorrentía de la zona de bosque

c2 = coeficiente de escorrentía de la zona de pasto

4.2 Métodos de cálculo

La determinación del coeficiente de escorrentía se realiza con ayuda de tablas o ecuaciones empíricas, siendo las más utilizadas, en cuanto a tablas, las de Raws, la de Molchanov y la de Prevert; en cuanto a las ecuaciones, destacan la relación la ecuación de Nadal y la fórmula de Keler.

4.2.1 Método de Raws

	C
Bosque. Relieve ondulado	0,18
Bosque. Relieve quebrado	0,21
Pasto. Relieve ondulado	0,36
Pasto. Relieve quebrado	0,42
Cultivos. Relieve ondulado	0,60
Cultivos. Relieve quebrado	0,72



4.2.2 Método de Molchanov

Está diseñada utilizando parcelas forestales; sus resultados en forma resumida son los siguientes:

Tipo de escorrentía	Pendiente del terreno (en grados)	Densidad y uso de la cubierta vegetal	Tipo de suelo	C %
I	1° - 35°	D > 0,6 Sin pastoreo	Franco-arenoso	5%
II	5° - 35°	0,5 > D > 0,4 Con pastoreo ocasional	Franco-pedregoso	6 - 25%
III	5° - 40°	0,4 ≥ D > 0,1 Con pastoreo permanente	Franco-pedregoso	25 - 50%
IV	5° - 40°	0,4 ≥ D > 0,1 Con pastoreo intensivo	Franco-pedregoso	50 - 75%
V	5° - 40°	0,4 ≥ D > 0,1 Con pastoreo intensivo	Arcilloso	> 75%

4.2.3 Método de Prevert

Ampliamente difundida en Europa y basada al igual que la anterior, en parcelas experimentales. Su contenido es el siguiente:

Uso del suelo	Pendiente (%)	Textura del suelo (%)		
		Arenos-limoso Limoso-arenoso	Limoso Limoso-arcilloso	Arcilloso
Bosque	0 - 5	0,10	0,30	0,40
	5 - 10	0,25	0,35	0,50
	10 - 30	0,30	0,40	0,60
	> 30	0,32	0,42	0,63
Pastizal	0,15	0,15	0,35	0,45
	5 - 10	0,30	0,40	0,55
	10 - 30	0,35	0,45	0,65
	>30	0,37	0,47	0,68
Cultivo agrícola	0 - 5	0,30	0,50	0,60
	5 - 10	0,40	0,66	0,70
	10 - 30	0,50	0,70	0,80
	> 30	0,53	0,74	0,84



4.2.4 Fórmula de Nadal

$$C=0,25 \times K_1 \times K_2 \times K_3$$

K_1 es el factor de la extensión de la cuenca

K_2 es el factor de la lluvia media anual

K_3 es el factor de la pendiente y de la permeabilidad del suelo

Extensión		Lluvia media anual		Características de la Cuenca	K_3
Km^2	K_1	mm	K_2		
10	2.60	200	0.25		
20	2.45	300	0.50	Llana y permeable	0.5 – 0.7
40	2.15	400	0.75	Ondulada	0.5 – 1.2
100	1.80	500	1.00	Montañosa e impermeable	1.2 – 1.5
200	1.70	600	1.10		
500	1.40	700	1.17		
1.000	1.30	800	1.25		
5.000	1.00	900	1.32		
10.000	0.90	1.000	1.40		
20.000	0.87	1.200	1.50		

4.2.5 Fórmula de Keler

$$C=a - b/P \quad \text{siempre que } P > 500 \text{ mm}$$

a es un coeficiente que oscila entre 0,88 y 1, aconsejándose el valor de 1 para cuencas torrenciales

b es un coeficiente que oscila entre 350 y 460, tomándose el mínimo para cuencas torrenciales

P es la precipitación media anual (mm)

5 Cierre

El cálculo del coeficiente de escorrentía una cuenca hidrográfico es uno de los aspectos básicos a determinar a la hora de gestionar los recursos agua y suelo, ya sea para su mejor aprovechamiento como su correcto manejo y conservación.

Su cálculo se realiza mediante la aplicación de algunos de las gráficas o ecuaciones determinadas empíricamente a partir de la toma de datos en campo, lamentablemente en climas y situaciones diferentes a las condiciones mediterráneas de nuestro entorno. Nuestros suelos, su génesis y desarrollo, responde a las condiciones naturales (clima, vegetación, topografía y material parental) típicas de nuestra geografía, no quedando reflejadas en ninguno de los métodos disponibles para la determinación del coeficiente de escorrentía.



Sería necesario por lo tanto realizar un exhaustivo análisis de la respuesta de nuestros suelos a diferentes lluvias producidas en todas las posibles combinaciones de topografía, usos del suelo y material parental presentes en nuestra geografía. Al no disponer de datos al respecto por ahora sólo cabe aplicar las ecuaciones y tablas disponibles con el mayor rigor posible, adaptando en la medida de lo posible los valores de referencia a nuestras condiciones particulares.

Lógicamente para que el valor del factor de escorrentía así calculado tenga un elevado grado de fiabilidad es necesario que el alumno conozca perfectamente el papel de todas las variables implicadas en el proceso de generación de la escorrentía.

Por otra parte, y al igual de lo que ocurre en la determinación del tiempo de concentración, date cuenta de que las variables que intervienen no son las mismas en todos los métodos. Lógicamente ya sabes que cuanto más información requieras más laborioso será el trabajo de documentación, pero el resultados ajustará más a la realidad.

Finalmente únicamente decir que cuando los factores determinantes de la generación de la escorrentía no son homogéneos en toda la superficie de la cuenca es recomendable delimitar unidades de valores homogéneos, calcular el coeficiente de escorrentía para cada una de ellas y obtener un valor único para toda la cuenca ponderando los valores individuales de cada unidad en función de su representatividad en el conjunto (lo más indicado es como % de la superficie total)

6 Bibliografía

6.1 Libros

- [1] Hudson, N., 1982. "Conservación de suelo" Reverte, 335 pp.
- [2] López Cadenas de Llano, F. (Coord.), 1994. "Restauración hidrológico-forestal de cuencas" Mundi Prensa –Tragsa, 902 pp..
- [3] López Cadenas de Llano, F. (Coord.). 2003. "La Ingeniería en los procesos de desertificación" Grupo Tragsa, 1045 pp.
- [4] Schwab, G.O. - Frevert, R.K. - Edminster, T.W.. "Ingeniería de conservación de suelos y aguas", Ed. Limusa, 570 pp.