

VALIDEZ DEL METODO DEL NUMERO DE CURVA PARA EL CALCULO DE CAUDALES DE ESCORRENTIA EN AREAS MEDITERRANEAS SEMIARIDAS.

VICTOR M. CASTILLO, MARÍA MARTÍNEZ-MENA & JUAN ALBALADEJO.

DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA. CENTRO DE EDAFOLOGÍA Y BIOLOGÍA APLICADA DEL SEGURA. C.S.I.C. AV. FAMA. APDO.4195 30080 MURCIA

RESUMEN

Los datos de lluvia y escorrentía se midieron en cuatro microcuencas experimentales en la provincia de Murcia para calibrar y evaluar el modelo del Número de Curva del Servicio de Conservación de Suelos (S.C.S.) de los EE.UU. Después de tres años de mediciones (1991-93), el modelo se calibró utilizando tres métodos diferentes. Los Números de Curva "optimizados" dependen del método utilizado. Los valores más acordes con los publicados en el manual del S.C.S. son los obtenidos utilizando los datos de tormentas individuales. Sin embargo, el modelo que mejor predice las escorrentías es el que resulta de calibrar tanto el Número de Curva como el porcentaje de la capacidad máxima de retención de la cuenca (S) que se considera como pérdida inicial.

Se concluye la necesidad de calibrar ambos parámetros para el uso correcto del modelo en la estimación de la escorrentía de cuencas mediterráneas semiáridas.

P.C.: Número de Curva, escorrentía, modelización hidrológica, semiárido.

SUMMARY

A hydrologic monitoring were conducted in four experimental microcatchments in the province of Murcia (SE, Spain) to calibrate the Curve Number Soil Conservation Service (S.C.S.) model. Three methods of calibration were used. The optimized Curve Numbers varied with the method used. The calibrated Curve Numbers using individual storm events fitted quite well with those from the S.C.S. Handbook. The calibration either Curve Number or percentage of initial abstractions improved the performance of the model for runoff modelling in Mediterranean semiarid conditions.

K.W.: Curve Number, runoff, hydrologic modelling, semiarid

INTRODUCCION

El método del Número de Curva del Servicio de Conservación de Suelos de los EE.UU (S.C.S.) es una técnica muy utilizada en hidrología operacional para determinar la escorrentía directa originada por una tormenta. La gran aceptación del método radica en su simplicidad y en la facilidad de uso en cuencas con un mínimo de información hidrológica. En España, los proyectos de restauración hidrológico-forestal han incorporado esta técnica como método convencional para el cálculo de caudales y estimación de la producción de

sedimentos originada por aguaceros.(MINTEGUI *et al.*,1985 ; MINTEGUI y LOPEZ UNZU, 1990). En la mayoría de estos casos, el modelo se ha utilizado sin calibración previa y aceptando como válidos los valores del Número de Curva publicados por el S.C.S. Sin embargo, las características edáficas y de uso del suelo de las áreas mediterráneas semiáridas no están debidamente reflejadas en los manuales del S.C.S., lo que dificulta la adopción de un Número de Curva. Por otra parte, numerosos investigadores (SMITH and EGGERT, 1978; BOUGHTON, 1989) han señalado que los valores del Número de Curva estimados a partir de los manuales difieren bastante de los valores medidos en campo. El principal objetivo de este trabajo es calibrar el método del Número de Curva para distintos usos del suelo en ambientes mediterráneos semiáridos y comprobar la validez del modelo para la estimación de escorrentías.

AREA DE ESTUDIO E INSTRUMENTACION

La experiencia se realizó en cuatro microcuencas localizadas en la cuenca del río Chicamo (Abanilla, Murcia). El clima del área es Mediterráneo semiárido, con precipitación media anual de 300 mm, temperatura media anual de 19°C y una evapotranspiración anual que puede alcanzar los 1000 mm. Los suelos predominantes se clasifican como Torriorthens xéricos, Calciorthids y Calcigypsid. Gran parte de la cuenca está cultivada, y la vegetación natural está compuesta por un matorral serial muy degradado en las partes más bajas de la cuenca, y por un pinar claro de *P. halepensis* en mezcla con formaciones de esparto ocupando las laderas y glaciares que circundan la cuenca.

Las microcuencas se eligieron para el estudio de la respuesta hidrológica de los sistemas suelo-vegetación más representativos del área de estudio (Tabla 1). Durante tres años (1991-1993) se midieron la lluvia e intensidad de lluvia utilizando un pluviógrafo, y el volumen de escorrentía recolectado en los depósitos mediante un sensor capacitivo del nivel de agua. Ambos sensores estaban conectados a un data-logger, que almacenaba la lectura cada minuto.

ESTIMACION DE PARAMETROS

Cuando existen datos de precipitación y escorrentía en una cuenca se puede estimar un Número de Curva “óptimo” calibrando el modelo en función de los datos medidos. En este trabajo esta calibración se realizó por tres métodos diferentes:

- Calibración basada en tormentas individuales (Método 1)

HAWKINS (1979) demostró que para cada tormenta en la que se conozca la cantidad de precipitación (P) y el volumen de escorrentía directa (Q) se puede obtener un Número de Curva (CN). Resolviendo la ecuación:

$$Q(mm) = \frac{(P - 0.2 * S)^2}{(P + 0.8 * S)}$$

para S da:

$$S = 5(P + 2Q - \sqrt{4Q^2 + 5PQ})$$

Sustituyendo en:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

da:

$$CN = \frac{25400}{(S + 254)}$$

Utilizando esta ecuación para cada tormenta de la que se disponga P,Q se puede calcular un valor de CN medio en cada una de las cuencas utilizadas. Este método de calibración no tiene en cuenta el estado de humedad del suelo previo a cada tormenta. Una variante del método (Método 1.b) si considera la humedad antecedente. Para cada uno de los aguaceros analizados se determinó el estado de humedad antecedente según la precipitación registrada los diez días anteriores (BORSELLI, 1989). Cuando el estado de humedad del suelo era seco (I) o húmedo (III), el correspondiente CN medio (condición II) era obtenido mediante las siguientes expresiones:

$$CN_{II} = 2.3 * \frac{CN_I}{(1 + 0.013 * CN_I)}$$

$$CN_{II} = 0.43 * \frac{CN_{III}}{(1 - 0.0057 * CN_{III})}$$

- Calibración utilizando el conjunto de tormentas (Método 2)

Este método calcula un CN a partir del valor de S ,mediante la optimización de la ecuación:

$$Q(mm) = \frac{(P - 0.2 * S)^2}{(P + 0.8 * S)}$$

El algoritmo de optimización utilizado fue el método Simplex y la función objetivo definida fue:

$$Z = \sum (Q_{pi} - Q_{oi})^2$$

siendo, Q_{pi} la escorrentía estimada y Q_{oi} la escorrentía medida en cada evento registrado.

- Calibración de dos parámetros (Método 3)

En los dos métodos anteriores, se ha considerado unas pérdidas por abstracción inicial iguales a $0.2 * S$. Como quiera que el valor de la abstracción inicial difiere según las condiciones ambientales de las cuencas estudiadas, se procedió a calibrar el modelo, considerando dos parámetros de calibración S y K. Siendo éste último el porcentaje de la capacidad máxima de retención de la cuenca (S) que se puede considerar como abstracción hidrológica inicial. En este caso la ecuación a optimizar es:

$$Q(mm) = \frac{(P - K * S)^2}{(P + S * (1 - K))}$$

y el algoritmo utilizado fue, como en caso anterior, el método Simplex.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los Números de Curva calibrados según los distintos métodos se muestran en la Tabla 2. Se puede observar, que los valores obtenidos según los métodos 2 y 3 son claramente

RESULTADOS Y DISCUSION

Los Números de Curva calibrados según los distintos métodos se muestran en la Tabla 2. Se puede observar, que los valores obtenidos según los métodos 2 y 3 son claramente inferiores a los estimados a partir de los manuales del S.C.S. Por el contrario, los Números de Curva calibrados según los métodos 1a. y 1b. se ajustan a los recogidos en los citados manuales. Sin embargo, los valores de retención máxima (S) obtenidos por estos métodos son inferiores a los obtenidos experimentalmente. Las diferencias son mayores en las cuencas de suelos arenosos (C2) y en cuencas con suelos con alto contenido de yeso (C3). En estas microcuencas, los valores de S más cercanos a los datos experimentales son los obtenidos mediante el ajuste de dos parámetros (método 3). El valor del porcentaje de pérdidas hidrológicas iniciales es muy inferior al 20% recomendado por el S.C.S.

La capacidad del modelo del Número de Curva para predecir las escorrentías se analizó, para cada uno de los métodos de calibración ensayados, en función del error medio estándar de la serie de caudales simulados. De acuerdo con este estadístico, los mejores resultados se obtuvieron calibrando tanto el Número de Curva como el porcentaje de abstracción inicial. Asimismo, los valores umbrales de precipitación para la generación de escorrentía obtenidos con esta calibración se ajustan mejor a los medidos durante el período de estudio. (Tabla 2).

Una vez calibrado, la simulación tanto de los eventos donde se produce escorrentía como de los valores medios y totales de la escorrentía es muy buena en las cuencas con suelos de textura fina, con baja capacidad de infiltración y con una cubierta vegetal poco densa (cuencas 1 y 3). En las cuencas 2 y 4, con suelos de textura más gruesa y una mayor capacidad de infiltración el modelo predice un menor número de días con escorrentía e infraestima el volumen total de escorrentía. Los valores máximos de escorrentía son claramente subestimados en todas las cuencas excepto en la cuenca 4 (Tabla 3).

En relación con las características de las lluvias, el modelo sobrestima las escorrentías producidas por lluvias de larga duración con intensidades bajas ($P > 10-20$ mm; $I_{30} < 10-15$ mm h⁻¹) mientras que las escorrentías simuladas en las lluvias de alta intensidad ($I_{30} > 15-20$ mm h⁻¹) son claramente inferiores a las observadas.

CONCLUSIONES

El modelo del Número de Curva debe ser calibrado para su correcta utilización como método de cálculo de caudales en cuencas no aforadas. Los valores calibrados del Número de Curva dependen del método utilizado en su calibración. Los valores obtenidos mediante los métodos basados en la consideración de tormentas individuales se aproximan más a los valores recogidos en los manuales del S.C.S.. Sin embargo, las predicciones con estos valores tienen mayor error que las simuladas con el modelo del Numero de Curva de dos parámetros.

El porcentaje de pérdidas por abstracción inicial recomendado por el S.C.S. , 20 % de la capacidad de retención máxima de la cuenca, es muy superior al estimado mediante calibración. Los valores umbrales de precipitación para generación de escorrentía calculados, aplicando un porcentaje de pérdida del 20 %, son muy superiores a los medidos. La utilización del método del Número de Curva en ambientes mediterráneos semiáridos precisa de la calibración del porcentaje de pérdidas iniciales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BORSELLI, I. (1989) Previsione dei deflussi superficiali su versante: il metodo S.C.S. curve number e sua applicabilità nell'ambiente collinare italiano. *Quaderni di Scienza del Suolo* 2:145-160.

BOUGHTON, W.C. (1989) A review of the USDA SCS Curve Number Method. *Aust. J. Soil Res.*, 27: 511-523.

HAWKINS, R.H. (1979) Runoff curve numbers from partial areas watersheds. *J. Irrig. Drain. Div., ASCE*, 105:519-523.

MINTEGUI, J., CASTILLO, V., INSUA, J.M., LOPEZ UNZU, F. & LLOP R. (1985) *Metodología para la evaluación de la erosión hídrica*. Dirección General de Medio Ambiente. M.O.P.U. Madrid.

MINTEGUI, J. & LOPEZ UNZU F. (1990) *La Ordenación Agrohidrológica en la Planificación*. Departamento de Agricultura y Pesca. Gobierno Vasco. Vitoria

SMITH, R.E. & EGGERT, K.G. (1978) Discussion infiltration formula on SCS curve number. *J. Irrig. Drain. Div., ASCE*, 104:462-464.

Variable	C1	C2	C3	C4
Superficie (m ²)	759.14	409.33	328.07	698.83
Pendiente media (%)	22.90	23.20	35.52	28.16
Tipo de suelo	Torriorthent Xérico	Torrifluent Xérico	Calcigypsid Xérico	Xeric-Haplocalcids Lítico
Afloramientos rocosos %	0	0	10	40
Cubierta vegetal (%)	10-20	60-65	10-30	50-55

Tabla 1: Características ambientales de las cuencas experimentales

	OBSERVADOS			CALIBRADOS												
				METODO 1a			METODO 1b			METODO 2			METODO 3			
	CN*	S**	P _U	CN	S	P _U	CN	S	P _U	CN	S	P _U	CN	S	K	P _U
C1	87	62	3.6	86	40	8.1	90	27	5.4	79	69	13.9	74	90	0.06	5.4
C2	71	275	6.1	79	66	13.2	82	55	10.9	67	125	25.0	55	202	0.08	16.1
C3	80	174	4.0	83	50	10.1	85	43	8.6	76	82	16.4	69	114	0.08	9.1
C4	71	65	6.0	80	64	12.7	85	46	9.2	58	180	36.1	42	350	0.05	17.5

* De acuerdo con los valores del manual del S.C.S.

** Valores experimentales de capacidad de retención de agua en el suelo.

Tabla 2. Número de Curvas calibrados y umbral de precipitación (P_U) para generar escorrentía

CUENCA	C1	C2	C3	C4
OBSERVADA				
Nº de eventos	33	26	27	35
Media	2.14	0.92	3.56	0.47
Desviación típica	6.40	3.26	8.58	1.15
Valor máximo	36.90	17.15	43.03	5.73
Volumen total	70.76	25.03	96.37	17.28
SIMULADA				
Nº de eventos	34	13	26	13
Media	2.27	2.09	3.19	0.96
Desviación típica	5.06	4.65	6.79	1.97
Valor máximo	24.06	11.90	25.44	7.58
Volumen total	77.20	23.77	82.87	7.22

Tabla 3. Resumen de los valores de escorrentía medidos y simulados en cada cuenca experimental