

ENSAYO CON TRAMPAS DE AGUA COMO UNA ALTERNATIVA PARA LA CORRECCION DE TORRENTES EN EL PIEDEMORTE MENDOCINO.

PEDRANI A., A. MARIANI, A. VICH Y M. NAVE

Unidad de Manejo Ecológico de Cuenas, CRICYT, CC 131, 5500 Mendoza

RESUMEN

En la subcuenca M300, de la cuenca del Torrente Maure, se construyeron dos trampas de agua, una a la salida de la misma y la otra ubicada 850 m aguas arriba de la primer trampa. Además se construyeron gaviones transversales al cauce principal de manera de ordenar la subcuenca. Se analizan los escurrimientos de la subcuenca sin corrección y con corrección, estableciéndose la precipitación máxima de diseño en 73,6 mm/h.

INTRODUCCIÓN

Las cuencas localizadas en el piedemonte mendocino, próximo a la ciudad de Mendoza, debido a sus características físicas y a las lluvias generalmente convectivas, revisten una vital importancia pues los flujos repentinos de agua y sedimentos que en ellos se generan ocasionan graves consecuencias sociales y económicas. Por ello es necesario controlar, retener y retardar los escurrimientos superficiales.

Los antecedentes de mayor antigüedad sobre desastres aluvionales datan de la época fundacional, siendo numerosas las citas donde se mencionan pérdidas de vidas humanas.

El mayor desastre aluvional se registra el 4 de Enero de 1.970 cuando ocurre una fuerte precipitación sobre la cuenca del Frías, que destruye el dique homónimo, originando una avalancha de agua y lodo sobre su zona de influencia que provoca numerosas víctimas e ingentes daños materiales. (Vich *et al.*, 1993).

El hecho puso de manifiesto la necesidad de iniciar una acción permanente en relación con la corrección de cuencas pedemontanas, buscando enfoques innovadores que tiendan a disminuir el riesgo aluvional.

Entre las técnicas utilizadas para la corrección de torrentes se destaca como alternativa la construcción de obras medianas como las Trampas de agua, que a diferencia de los grandes diques de tierra, que laminan los escurrimientos provenientes de importantes cuencas pedemontanas, retienen y laminan para eventos extraordinarios los escurrimientos provenientes de pequeñas áreas; aumentando así la humedad del suelo en las zonas de retención favoreciendo de esta manera el desarrollo de la vegetación natural (Pedrani, 1978).

El objetivo del presente trabajo es evaluar una alternativa de corrección de torrentes con obras de control, como son

las trampas de agua que se están ejecutando en el torrente Maure; además de su diseño técnico, construcción y funcionamiento.

Descripción de la zona de estudio

La cuenca en estudio, pertenece al sistema general de la cuenca del Torrente Maure, ubicada en el piedemonte mendocino al Oeste de la ciudad de Mendoza.

Es de forma alargada y con una superficie total de 63.3 Ha.; su cauce principal es de 2.58 Km. de longitud con cota máxima de 1.085 m.s.m., mínima de 985 m.s.m. y una pendiente media de 4 %. Se observa además la presencia de vertientes permanentes en la parte alta de la misma.

La cuenca esta conformada por material cuartario (Formación La Invernada), caracterizada en el lugar como un conglomerado de matriz arenosa y bancos limosos, que ocupa el segundo nivel del glacis principal, y por afloramientos terciarios de la Formación Mariño en la parte superior, formada por una sucesión de areniscas, areniscas conglomerádicas y conglomerados de color gris, con intercalaciones de limoarcilitas y tufosamitas de color pardo rojizo. (Barton, 1993).

La vegetación presente es un matorral abierto con un marcado predominio de plantas arbustivas, entre las que se destacan *Larrea cuneifolia* (jarilla), *Lycium tenuispinosum* (llaullín), *Acantholippia seriphoides* (tomillo), *Condalia microphylla* (piquillín), *Gochnatia glutinosa* (jarillilla), *Tricomaria usillo* (usillo), y

entre las gramíneas *Pappophorum caespitosum* (pasto amargo) y *Stipa eriostachya* (coirón). (González, 1993)

Las precipitaciones de tipo convectivo, de gran intensidad y corta duración, que se registran entre los meses de octubre a marzo generan violentas crecidas (aluviones) que transportan grandes volúmenes de agua y sedimentos.

MATERIAL Y MÉTODO

La alternativa de corrección con las trampas de agua propuestas en la cuenca en estudio (cuenca M300), consiste en la construcción de dos trampas de agua transversales al cauce, una ubicada a la salida de la cuenca (cota 820 m.s.m.) y otra a 850 m aguas arriba de la primera (cota 1010 m s.m.), que divide a la cuenca en dos subcuencas, M301 (subcuenca superior) de 36,89 ha de superficie y la subcuenca M302 (subcuenca inferior) de 26,39 ha (Fig. 1).

Para la construcción se utiliza una topadora de 250 HP que aprovecha el material del lugar, tomándolo desde el futuro vaso de almacenamiento, aumentando de ésta manera la capacidad del mismo. La compactación se realiza con la misma topadora en capas de 20 cm de espesor.

Este tipo de obras no deben ser sobrepasados por el agua, puesto que se destruirían por erosión, por lo que se construye un canal de descarga lateral, de tierra, que lamina los volúmenes de escurrimiento que no puedan ser almacenados en los vasos. Estos canales realizados con la misma topadora, son de sección rectan-

gular, de 4,45 m de ancho, 3 % de pendiente aproximadamente y cuya cota de solera presenta un desnivel respecto al coronamiento de la trampa de agua de 0,85 m. Esta cota se calcula en función de la altura mínima necesaria en el dique para embalsar los volúmenes generados por la tormenta de diseño.

Para facilitar la evacuación de los volúmenes embalsados se construye un drenaje de fondo ubicado perpendicularmente a la traza del dique. El mismo se encuentra a una profundidad de 1 m respecto del nivel original del cauce y se compone de un primer tramo de toma que consiste en tres caños de drenajes perforados, de hormigón vibrado (de 1,2 m de longitud y 150 mm de diámetro) a juntas abiertas, rodeado de material de granulometría adecuada y recubierto por una membrana de geotextil de 1,5 mm de espesor y 93 % de porosidad que impide el paso de los materiales de granulometría mayor a 137 micrones, evitando de ésta manera posibles obstrucciones. El segundo tramo, de conducción, que esta debajo del dique se realiza con el mismos tipo de caños pero con juntas selladas.

Además se construyen diques de gaviones de 1 m de altura y sección rectangular, ubicados transversalmente al cauce y aguas arribas de las trampas cuya función es la de retener los sedimentos proveniente de la cuenca de aporte, que de otra manera se acumularían en las trampas de agua, disminuyendo paulatinamente su capacidad de almacenamiento y, en consecuencia, la vida útil de la obra.

Las características de los dos diques de tierra construídos se indican en la Tabla 1.

Para evaluar el comportamiento del sistema se utilizó el modelo ARHYMO desarrollado por el INCYTH.

Este modelo permite representar la respuesta del sistema hidrológico ante el fenómeno lluvia - escorrentía. Es un modelo determinístico, lineal, de parámetros concentrados, de eventos aislados, invariable en el tiempo y empírico ó de caja negra. (Maza *et al.*, 1993)

Tabla 1. Características de los diques de tierra

Característica	Dique de tierra superior	Dique de tierra inferior
Altura (m)	5,25	6,15
Ancho Coronamiento(m)	4,0	4,0
Taludes		
aguas abajo	1:4	1:4.5
aguas arriba	1:4	1:4.5
Capacidad de almacenamiento (M3)	7.574	11.609
Nº de diques de gaviones aguas arriba	2	2

Datos de entrada del modelo

Precipitación

Se adopta como precipitación de diseño la lluvia de 73,6 mm en 60 minutos de duración, tormenta de proyecto para la cuenca del dique Maure utilizada por INCYTH en estudios realizados para la aplicación del modelo ARHYMO (Maza *et al.*, 1993). De acuerdo al estudio de lluvias intensas en la República Argenti-

na (Medina, 1978, Romanella y Miller, 1971), esta precipitación tiene una recurrencia de 25 años.

La precipitación de diseño se obtuvo a partir del máximo evento registrado en la red telemétrica del INCYTH (estación N° 1800 ubicada sobre el dique Maure), ocurrida el 12-02-1990, con un volumen acumulado de 62 mm en 50 minutos. La extrapolación de dicho evento a una duración de 60 minutos es de 73,6 mm. La curva de masa se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Curva de masa de la lluvia de la tormenta de diseño de recurrencia 25 años.

T (min)	Precipitación (mm)
0	0
15	15.8
30	23.5
45	58.6
60	73.6

También se empleó una precipitación de 105 mm en 60 min., con igual distribución temporal que la anterior y recurrencia 50 años.

Abstracción inicial y Número de curva

En base a investigaciones realizadas por el INCYTH para poner en funcionamiento el modelo ARHYMO y en los sucesivos ajustes con los datos reales, obtenidos en la cuenca Divisadero Largo, ubicada en el piedemonte, se han encontrado valores de abstracción inicial (Ia) y número de curva (CN), que varían entre 77 (suelo

seco) y 83 (suelo húmedo) para CN y entre 7 mm (suelo húmedo) y 10 mm (suelo seco) para Ia.

Características físicas

En este relevamiento se trabajó sobre cartografía a escala 1:5000 con equidistancia entre curvas de nivel de 5 m, midiendo las superficies con planímetro y las longitudes de los cauces con curvímetro.

Características de las subcuencas

	Subcca. 301	Subcca. 302
Long. cauce	1.5 km	1.42 km
Superficie	36.89 ha	26.39 ha
Desnivel cauce	75 m	63 m

Se realizó además la cubicación de cada vaso, permitiendo estos datos el trazado de las curvas de nivel a equidistancia 0,25 m y la obtención de las curvas H (Altura)-V (Volumen).

Para determinar la curva H (altura)-Q (caudal) en los canales de descarga se calcularon los caudales a partir de la expresión de Manning (1895) utilizando un coeficiente de rugosidad (C) de 0,025 (Cespedes, 1941; INTA, 1961).

Aplicación del modelo

Los valores de número de curva (CN) y abstracción inicial (Ia) utilizados fueron 80 y 7 mm respectivamente, es decir, que en el momento de producirse la precipitación se considera que el suelo se encuentra parcialmente húmedo.

A partir de las curva H-V y H-Q se construye la curva Q-V de cada una de las trampas de agua.

Se realizaron numerosas corridas del modelo simulando distintas precipitaciones, distribuidas según la curva de masa de la precipitación de diseño.

Si bien no se ha considerado en el modelo el efecto de los drenajes de fondo, dado que éste aunque positivo para el funcionamiento de la obra, no es significativo de acuerdo a las unidades que utiliza el modelo hidrológico. Debe tenerse presente que frente a la ocurrencia de dos eventos lluviosos consecutivos, los drenajes permiten una lenta evacuación de los volúmenes retenidos en los embalses y en consecuencia una recuperación de las capacidades de almacenamiento en las trampas de agua.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación del modelo ARHYMO, según la división en subcuencas, que se indica en la Figura 1 y para distintas precipitaciones produjo los siguientes resultados:

-La cuenca en condición natural (sin obras de control) y para una precipitación de 105 mm/h, de 50 años de recurrencia, define un hidrograma de salida con un caudal pico (Q_p) = 11,2 m³/s, tiempo al pico (T_p) = 64,2 min., con un volumen de escurrimiento de 37.000 m³.

-Considerando el efecto de las dos trampas de agua, una precipitación de 73.6 mm/h genera en la subcuenca M301 una descarga con Q_p = 4,4 m³/s, T_p = 58,8 min. y un volumen de escurrimiento de

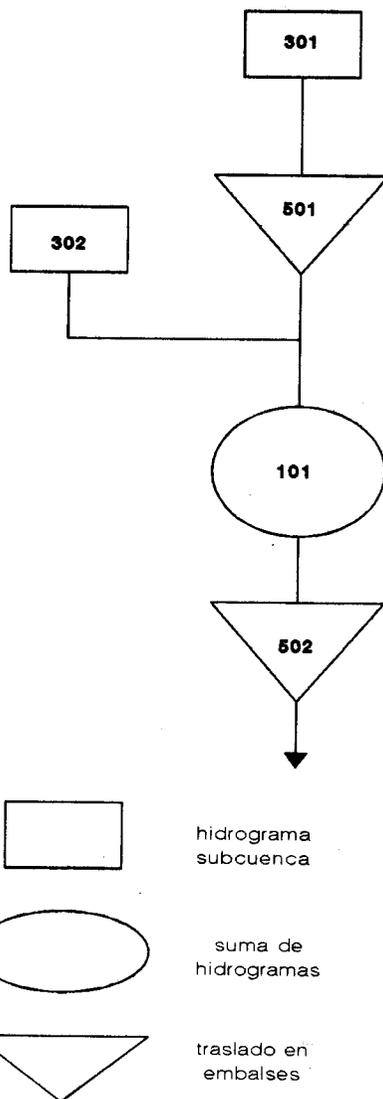


Figura 1. Esquemización de la cuenca

13.000 m³, evacuando el canal de descarga el 38 % que sumado al generado en la subcuenca M302 produce un hidrograma con Q_p = 3,2 m³/s, T_p = 57,6 min. y un

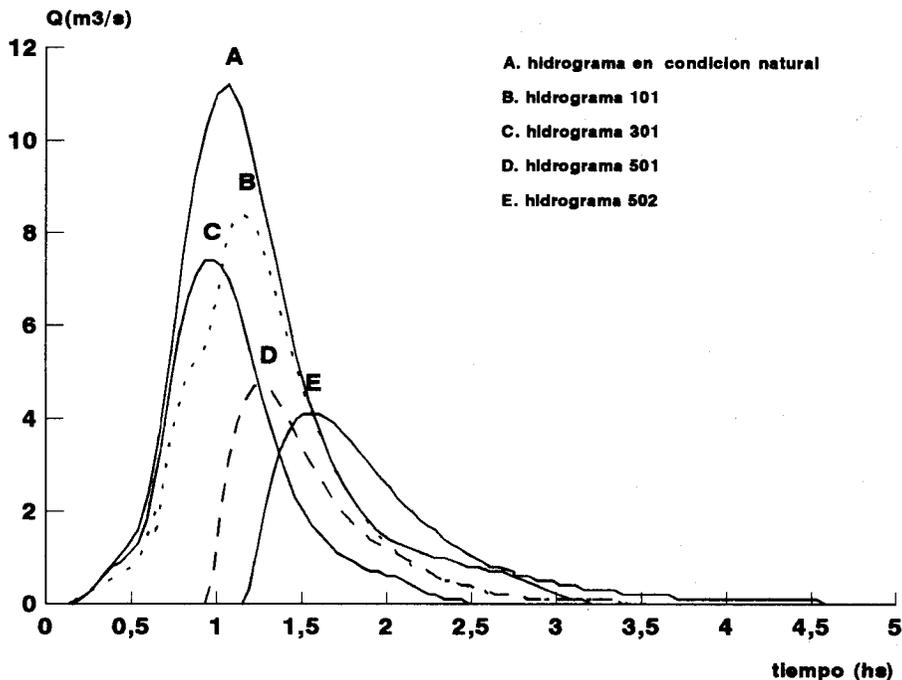


Figura 2. Hidrogramas resultantes para las distintas subcuencas y cuenca, en condición natural y con tratamiento

volumen de escurrimiento de 9.000 m³ que quedan retenidos en el vaso de almacenamiento; es decir, no se produce escurrimiento aguas abajo de la cuenca M300. Esta es la máxima precipitación que puede controlar ó acumular el sistema, según este diseño, sin producirse escurrimientos aguas abajo de la cuenca.

- Una precipitación de 105 mm ocurrida en 60 min. produciría el llenado de los dos embalses, generando un hidrograma a la salida de la cuenca con un $Q_p = 4,1 \text{ m}^3/\text{s}$ y volumen de escurrimiento de 18.000 m³. Esta es la máxima precipitación que resiste el sistema, según este diseño, trabajando los diques en condi-

ción crítica, por cuanto la revancha libre es mínima.

- También se corrió el modelo para el caso en que los embalses en el momento de producirse una lluvia se encontraran llenos, siendo la máxima precipitación que resistirían las trampas de agua sin ser sobrepasadas de 73,6 mm/h, la cual produce un $Q_p = 4,8 \text{ m}^3/\text{s}$ y un volumen de 21.000 m³ aguas abajo de la segunda trampa de agua. Consideramos que ésta es la máxima precipitación con que pueden trabajar los canales de descarga lateral que dan seguridad a las trampas de agua (Fig. 2).

CONCLUSIONES

1. La respuesta de la cuenca M300 sin tratamiento de corrección frente a una precipitación de 105 mm/h es de un $Q_p = 11,2 \text{ m}^3/\text{s}$, $T_p = 64,2 \text{ min.}$ y un volumen de escurrimiento de 37.000 m^3 .

2. En la misma cuenca cuando se realiza la corrección con las dos trampas de agua, los volúmenes de escurrimiento a la salida de la misma, frente a una precipitación de 105 mm/h son de 18.000 m^3 con $Q_p = 4.1 \text{ m}^3/\text{s}$ $T_p = 93,6 \text{ min.}$, siendo el volumen retenido en las trampas de 20.000 m^3 .

3. De la comparación entre el hidrograma producido en las condiciones naturales, con la simulación resultante de la acción de las trampas de agua, se puede notar una atenuación de los caudales al pico de 63,4 % y en los volúmenes escurridos 45,9 % y un retardo en los tiempos al pico de 29,4 min. (Fig. 2)

4. La máxima precipitación que puede soportar el sistema, estando los embalses llenos es de 73,6 mm/h. Esto ocurre cuando se han producido dos tormentas consecutivas, funcionando los canales de descarga de las trampas de agua según su máxima capacidad.

5. Estos primeros resultados permiten considerar a la técnica de corrección de torrentes con grandes trampas de agua como una alternativa interesante por cuanto pueden retener y laminar los escurrimientos superficiales de lluvias significativas (recurrencia 50 años), los sedimentos producidos por erosión hídrica quedan retenidos en los diques de gaviones y en las trampas de agua, la permanencia de los escurrimientos (en algunos casos

mayor a 10 días) crean pequeños espejos de agua que no sólo modifican el balance hídrico de la zona, sino que favorecen el desarrollo de la flora y fauna autóctona provocando un impacto positivo en la ecología del lugar.

BIBLIOGRAFIA

- Programa de Investigación y Desarrollo: Manejo Ecológico del Piedemonte. Fase I, 1993. Ministerio de Medio Ambiente, Urbanismo y Vivienda- Unidad de Manejo Ecológico de Cuencas (CRICYT). Mendoza.
- Proyecto de Planificación y Ordenamiento Ambiental del Piedemonte al Oeste de la Ciudad de Mendoza 1990. Gob. de Mendoza-C.R.I.C.Y.T.-FLACAM. Mendoza
- CESPEDES, G., 1941. Manual de Hidráulica "Guillermo Céspedes". Primera parte. Buenos Aires
- MAZA, J., L. FORNERO, C. LITWIN y P. FERNANDEZ, 1993. ARHYMO. Manual del Usuario. Curso de Técnicas Modernas de Predicción en Hidrología. I.N.C.Y.T.H. Mendoza.
- MEDINA, L. y M.C. MOYANO, 1978. Estudio Piloto de Lluvias Intensas en la Rep. Argentina. Hidrología. Cuaderno N°2, INCYTH
- PEDRANI, A., S. MAYORGA, 1979. Ensayo de Bordos Transversales en Pequeños Cauces del Piedemonte Arido como Obras Menores en la Corrección de Torrentes. Cuaderno Técnico 1-78. IADIZA, Mendoza.
- ROMANELLA, C. y J.C. MILLER, 1971. Escurrimientos en Pequeñas Cuencas y Probabilidad de Lluvias Intensas al Oeste de la Ciudad de Mendoza. IV Congreso Nacional del Agua, Mendoza.
- INTA, 1961. Riego y Drenaje. Primer Curso Nacional de Manejo del Riego. Mendoza.