

5.3.- PLAN DE CONTROL ALUVIONAL - BARRANCAS Y RODRÍGUEZ PEÑA - MENDOZA, ARGENTINA

F. GRIMALT ¹

H. FERNÁNDEZ ¹

A. MEISSL ¹

J. MILLÓN ¹

RESUMEN

Las metodologías que se describen para el control de avenidas, se basan fundamentalmente en los errores cometidos en el pasado. El método clásico de estudiar las cuencas y consecuentemente las acciones al diseño de las obras y acciones en general y en particular las de arte que necesitan los estudios se basaban en facilitar el escurrimiento de las aguas, diseñando colectores y encauzadores para las crecidas.

La metodología propuesta se basa en el concepto de no facilitar el escurrimiento, sino por el contrario permitir y potenciar el retardo del flujo, incrementando la infiltración y la evapotranspiración, obteniendo dos ventajas para la cuenca: la disminución en la escorrentía superficial y la obtención de hidrogramas sensiblemente aplastados.

Para lograr estas ventajas se necesita la conjunción de varios factores, a los cuales se accede estudiando la hidrología natural de la cuenca y aplicando técnicas de la Restauración hidrológica natural, combinadas con las obras hidráulicas de fijación inmediata en la cuenca, pero que a largo plazo, la naturaleza tiende a superar.

En síntesis, la reducción de la escorrentía superficial y el retardo del escurrimiento puede lograrse con la conjunción de dos tipos diferentes de intervención en la cuenca. Una intervención de carácter intensivo, que es la realización de pequeñas obras (trampas de agua, diques de gaviones, etc.) y una de carácter extensivo, que es el mejoramiento de la vegetación natural y/o exótica.

¹ Docentes e Investigadores del Instituto de Investigaciones Hidráulicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan - ARGENTINA

1.- INTRODUCCIÓN

Las Cuenca de las zonas áridas y semiáridas están sometidas a fuertes perturbaciones y procesos erosivos, provocados por los escurrimientos superficiales, incendios, pastoreo, extracción de leña, extracción de áridos, emprendimientos mineros, etc., con profunda repercusión en la cubierta vegetal, pérdida de suelo y diversidad biológica.

Se describirá una metodología con visos de generalidad y la aplicación a un caso concreto del planteo y enfoque metodológico del estudio integral de una cuenca pedemontana en la Provincia de Mendoza, Argentina, que influye y afecta fundamentalmente las vías de comunicación y la infraestructura general. Está comprendida dentro de una vasta región económica dedicada a la agricultura intensiva y la agroindustria, lo que ha dado origen a importantes concentraciones poblacionales en los centros urbanos de Palmira, Barreales, Rodríguez Peña y Medrano y una compacta trama de ocupación rural, con una infraestructura de riego, vinculación y servicios que ha resultado como consecuencia del desarrollo económico y social de esta región; muestra representativa de la potencialidad de la economía mendocina.

Participando del pedemonte andino, esta zona queda comprendida en el abanico conformado por la ladera meridional del Río Mendoza y septentrional del Río Tunuyan estando controlada su red de avenamiento por los elementos positivos que conforman las cuchillas de Lunlunta y el Cordón de Carrizal, al poniente. Hacia el Este, se aplanan el paisaje en una llanura aluvial donde la ocupación agrícola se intensifica.

2.- ENFOQUE GENERAL DEL PROBLEMA

Las singulares características climáticas de la región y su conformación geológica se combinan en la generación de importantes procesos erosivos cuyos efectos se manifiestan en la pérdida de zonas de cultivo por erosión de suelos, afectaciones de la infraestructura de riego y vial, ante los reiterados avances aluvionales y efectos de inundación tanto en zonas rurales como pobladas. Hechos estos que han impuesto una inseguridad que hoy los gobiernos, a veces toman la decisión de encarar estos estudios, promoviendo soluciones definitivas.

La situación que genera la existencia de estos oasis productivos inmersos en áreas de tierras desnudas y condiciones climáticas rigurosas, impone un particular enfoque a los estudios, cuando lo que se pretende es encontrar soluciones prácticas, factibles y económicamente viables.

El conocimiento multisectorial aportado por los estudios básicos permite fundamentar la definición de las alternativas de soluciones técnica y económicamente factibles, las que estarán conformadas, en cada caso, por un conjunto de anteproyectos de obras y sus correlativas medidas de manejo.

La idea directriz es evitar la formación de grandes picos de caudal en la cuenca baja de cada uno de los numerosos cauces secos que configuran la red natural de drenaje, produciendo retenciones que aplanen el hidrograma y simultáneamente aumenten la infiltración.

2.1- Enfoques particulares, variantes y alternativas de estudio

Se han desarrollado dos alternativas, ALTERNATIVA 1 y ALTERNATIVA 2, las que procuran aumentar la optimización.

En efecto, el objetivo es llegar a obtener un conjunto de obras que representen las «soluciones más efectivas y económicas a adoptar». Para el logro de este objetivo, es necesario contar con un diagnóstico lo más ajustado posible del problema. Es por lo tanto primordial, el poder asegurar con la mayor confiabilidad posible el conocimiento del fenómeno a tratar, o sea la formación de aludes.

Para ello es menester conocer, en profundidad, parámetros tales como el régimen de precipitaciones, su distribución areal y temporal, ya que este fenómeno está ligado a la orografía.

TÉCNICAS DE CONTROL DE ALUVIONES

Información básica

Para llevar a cabo este estudio se realizó una búsqueda de la cartografía, estado actual de la cuenca, pluviometría, etc. Se recopiló la carta topográfica del S.G.M. «Lujan - Mendoza» como la fotografía satelital editada por Tecnicagua S.A. 1992. Se realizó un reconocimiento de campo del área para caracterizar en forma expeditiva preliminar la morfología y geomorfología de la zona. Se recopiló información sintética sobre la pluviometría de la zona y la adaptación de regímenes de riego en sitios similares y cercanos tales como Chacras de Coria y Aeropuerto El Plumerillo.

Análisis general de la zona

El área total de estudio es de aproximadamente 40.000 Ha, el 55% corresponde a superficies explotadas agrícolas y áreas urbanas pequeñas (Medrano, Rodríguez Peña, Palmira) y el resto correspondería a la zona pedemontana, la que ha sido interferida o modificada por la acción humana, debido a la interferencia de caminos, la explotación petrolera y a la de ripieras para la explotación de áridos.

Se observa que la zona tiene un alto potencial de degradación, está perfectamente planteada la tendencia que seguiría el cono de deyección y los efectos devastadores que ésta produciría sobre las zonas explotadas. El suelo de esta zona (gran contenido de material aluvional, grava, arena y material fino) es susceptible de ser transportado por la acción de la energía hidráulica cuando se producen las precipitaciones.

Tratamiento integral de la Cuenca mediante la técnica de combinar pequeñas obras hidráulicas con reforestación y medianas conducciones al río y obras de arte en los cruces con obras de infraestructura, caminos, ferrocarril, ductos en general.

Colectores en el perímetro de la zona explotada, encauzadores, canales aluviales de gran sección, para conducir los volúmenes líquidos al río.

Analizaremos las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

Alternativa A

Tiene grandes ventajas al tratar en forma integral toda la cuenca mediante la implantación de pequeñas obras hidráulicas flexibles, tipo gaviones de una altura del orden de los 6 m, combinadas con la reforestación de la zona con lo que se logra una fijación del suelo en toda el área disminuyendo considerablemente los hidrogramas de cada subcuenca y el transporte de material sólido de arrastre. Se emplean obras pequeñas pero en gran cantidad, fijan y corrigen los emisarios de las subcuencas.

El área, una vez fijada, está controlada y parte de ella podría ser incorporada al sistema recreativo mediante la utilización de las modernas técnicas de riego, a la luz de la ley de promoción de riego por diferimientos impositivos.

También estará la variante de parquización, y la incorporación al sistema recreativo mediante la construcción de áreas para casas de fin de semana.

Pero no podemos dejar de resaltar la importantísima ventaja o beneficio que es controlar absolutamente la cuenca de un modo natural preservando la ecología, fijando el cono de deyección aluvial y además permitir un plan de distribución de inversiones en el tiempo, pero con una serie de beneficios inmediatos.

Podemos decir que la materialización progresiva de la solución se logra ejecutándola en subáreas prioritarias, por ej. los ríos secos Gualán, Del Agua de la Madrina y De la Boca de Las Salinas, o sea en partes pequeñas y de tipo modular y que se deberán materializar desde la parte alta hacia abajo.

Esta alternativa tiene la virtud de que aunque su ejecución sea parcial, se obtienen beneficios inmediatos, ya que si se controla un porcentaje de la cuenca, ésta comienza a responder como parcialmente corregida. Además al ser la solución la suma de pequeñas soluciones, éstas se pueden agrupar y su ejecución se realizaría con varias empresas constructoras de mediana envergadura.

Alternativa B

No se trata ni controla la cuenca, es más, al colocar obras coincidentes con el colector aluvial que bordea la zona de Barrancas, aún con salidas parciales hacia el Río Mendoza, solamente se permitiría el pasaje de las avenidas sin retardo alguno, y con concentraciones superiores a la de la cuenca en estado natural.

No se controla el avance sólido del cono de deyección, en consecuencia una solución de este tipo es de muy corta solidez temporal, sensiblemente menor al período de amortización de las obras. En el caso de querer preservar el sistema de desagües, dado que es inevitable la deposición del material sólido de arrastre al pasar de áreas de pendientes del orden del 5% a menor del 0,5%, esto generaría altos costos de mantenimiento.

También tiene la desventaja de que para que el sistema funcione (con las deficiencias señaladas) tiene que estar casi totalmente construido, las cantidades de obras es menor, pero de mayor envergadura.

4.- HIDROLOGÍA E IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE SOLUCIONES

En base a la información básica cartográfica disponible se efectuó una primera subdivisión en subcuencas las que se han identificado como sistema Arroyos N° 1 a 17.

Se determinaron los parámetros característicos de las subcuencas: A: área de la subcuenca, L: longitud del cauce, h: desnivel del cauce, n: rugosidad, CN: parámetro geomorfológico representativo de las características del suelo y la cubierta vegetal.

Se extrajo del trabajo realizado para el estudio de Chacras de Coria, utilizando el diagrama de intensidad - duración - frecuencia de las lluvias de esta zona, similar y cercana. Se definió una tormenta de prueba para la recurrencia de 20 años, resultando una lluvia de 70 mm en 100 minutos. Con esta información se cargó el modelo hidrológico HYMO 10, obteniéndose los resultados de los 17 hidrogramas.

Luego se programó el análisis de cada subcuenca, colocando obras de retención en un número tal que para la tormenta de prueba se pudiese retener el 90% del volumen de escorrentía. Estas obras serían del tipo flexibles (gaviones), de altura variable entre 5 y 6 m, ubicadas con el concepto de que el nivel de embalse llegue al pie de la obra que esté inmediatamente aguas arriba, produciéndose la sistematización total de cada subcuenca.

En la Planilla N° 1 se muestran los resultados de estos cálculos preliminares, además de los datos característicos de cada cuenca y las siguientes variables: ancho de obra de retención, altura de obra de retención, n° de obras por subcuenca, volumen embalsado por subcuenca, volumen de escorrentía por subcuenca, volumen sobrante por subcuenca. Y un cuadro resumen con: n° total de

obras de retención, volumen total de escorrentía, volumen total embalsado, volumen total sobrante, volumen total sobrante en m³, volumen total retenido en %.

Del análisis de los resultados se observa que para una tormenta de 70 mm se retiene el 90% aproximadamente del caudal de aporte, lo que muestra la bondad de la solución. En este sistema tentativo se observa que la cuenca se corregiría, debiendo sumarle luego la forestación de la zona para que el planteo de solución perdure en el tiempo al sumarse los efectos de fijación de las obras hidráulicas más la implantación de especies vegetales.

Se realizó un análisis de sensibilidad de la solución, reduciendo el número de obras al 60%, reteniéndose el 60% del volumen escurrido.

ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA EN ESTADO NATURAL

Determinadas las tormentas a analizar en función de los resultados de los estudios meteorológicos y las recurrencias seleccionadas se efectuaron corridas del modelo hidrológico para tener un claro panorama de la respuesta de la cuenca en estado natural.

Estas corridas permiten, mediante el análisis de los caudales y volúmenes de agua escurridos, la determinación de los daños asociados a estos eventos, necesario para la evaluación económica.

ESTUDIOS HIDROLÓGICOS CUENCA CORREGIDA. SITUACIONES CON OBRAS

En función de los resultados hidrológicos obtenidos y el aporte de información de otras partes del estudio, se adoptaron esquemas alternativos de obras para los cuáles se efectuaron las corridas del modelo considerando la existencia de las mismas.

Para las tormentas analizadas para la cuenca en su estado natural, se simuló el funcionamiento hidrológico - hidráulico de la cuenca con la totalidad de las obras involucradas en cada alternativa.

Esto permitió tener un panorama del nivel de protección logrado en cada alternativa y se pudo evaluar los daños evitados en cada situación a los efectos de la evaluación económica.

La cantidad de corridas fue función del número de alternativas a analizar y de los experimentos particulares del área.

ESTUDIOS DE IMPLANTACIÓN FORESTAL

Las características topográficas y la escasa cobertura vegetal de la zona objeto del estudio, facilitan la existencia de erosiones ante la manifestación de precipitaciones con lo cual las crecientes transportan material sólido, configurando el fenómeno aluvial.

El tratamiento de los procesos de erosión y degradación de suelos en Mendoza es complejo, debido a la diversidad de relieves que conforman su paisaje. Su forma de explotación acentúa esta característica al definir áreas con riego o sin él, lo que equivale a oasis o aridez.

Esta conjunción de clima, suelo y relieve hace que los fenómenos de erosión y degradación, adquieren mayor significancia, pues debido a la aridez el ecosistema es sumamente frágil, por lo que cualquier explotación que no contemple una futura regeneración del ecosistema, crea y acelera la pérdida de potencial biológico y del suelo.

Las precipitaciones se concentran en la época estival con alta intensidad y energía. La naturaleza del suelo, la pendiente, la escasa vegetación de cobertura y la acción del hombre aceleran y acelera el ritmo erosivo. Por la tala de vegetación indiscriminada, por el sobre pastoreo y por el mal manejo de los suelos, favorece la erosión laminar, la ablación de elementos químicos

y orgánicos y la pérdida de suelo es el resultado final. Estos degradados favorecen la escorrentía disminuyendo la infiltración.

De modo que para atenuar los fenómenos erosivos, se pueden mencionar algunas líneas de acción, tales como:

- Definir los tipos de explotación de los predios en forma equilibrada con el medio ambiente.
- Prohibir tala de especies naturales. Controlar extracción del jarillal.
- Evitar el sobre pastoreo. Prudencia en los desmontes de terreno.
- Preservar la fauna autóctona.
- Tecnificar el riego. Recuperar suelos degradados. Evitar el fuego

Mediante los trabajos de repoblación forestal se favorece la influencia beneficiosa que tiene la cubierta vegetal en la disminución de la cantidad de arrastre sólido. Se debe a una mayor consistencia del suelo, producto del entrelazamiento de las raíces, función de que la cubierta vegetal sea herbácea, arbustiva o arbórea. Estos tres estratos, en especial el arbustivo, son los principales responsables de la reducción de la velocidad de las aguas de escorrentía superficial, interponiéndose a su paso troncos, tallos, ramitas de la parte aérea, lo cual contribuye a disminuir sensiblemente la erosión.

Se tratarán dos propuestas para la reforestación del área:

- Reforestación sin riego artificial, reduciendo la carga de pastoreo a niveles compatibles con el uso del suelo. Erradicación de la tala de especies naturales. Potenciación el recubrimiento natural del suelo con especies naturales, en función del régimen de precipitaciones y el suelo de la zona.
Dada la escasa vegetación en la zona, ésta constituye un clímax, es decir que las especies animales y vegetales están interrelacionadas, constituyendo sistemas uniformes llamados comunidades o biocenosis que deben estudiarse en su conjunto dado su interdependencia. Se ha llegado a un equilibrio máximo que el hombre con sus intervenciones destruye rápidamente. Esto se verifica tanto en las especies vegetales como en las animales, por lo que es necesario proteger ambas comunidades.
Los clímax vegetales están constituidos por especies arbustivas, subarbustivas y herbáceas que se protegen en conjunto desarrollando el clímax vegetal en concordancia con el clímax animal.
En consecuencia se estudiará la repoblación del manto arbustivo y herbáceo efectuando un análisis de las especies más adecuadas.
- Reforestación con especies ornamentales tipo pinos o similares con riego artificial de modo tal de obtener pequeñas áreas de la zona aguas arriba de Barrancas, destinadas a dos posibles fines: explotación forestal como medio para obtener un recurso económico y ecológico adicional y el otro, forestación areal controlada para incrementar el valor de la tierra con el propósito de efectuar probables loteos que tendrían como destino casas de fin de semana.

8.- OBRAS HIDRÁULICAS

Las obras objeto de proyecto, son:

- Obras de atenuación y/o regulación de los volúmenes de agua aportados por las crecidas
- Obras de defensa eventualmente en los puntos de descarga.
- Adecuación de las obras de infraestructura que resulten alteradas como consecuencia de la

materialización de las obras básicas proyectadas (obras de irrigación, viales, de abastecimiento de agua, alcantarillado, energía, gasoductos etc.).
Toda otra obra que resulte necesaria para cumplimentar las finalidades planteadas en general.

En la determinación de las pendientes, se tiene en cuenta la pendiente general del terreno y las velocidades de escurrimiento resultantes, analizadas desde los dos puntos de vista extremos: la erosión del cauce y la deposición de material de arrastre.

Obras transversales de retención y regulación

Las obras transversales están destinadas al control de la erosión en la cuenca y a la retención de agua en pequeños embalses y para provocar la salida regulada de la misma a través de obras de regulación constituidas por orificios y vertederos.

En función del número y disposición de obras definido, se efectúan los estudios hidráulicos necesarios a los efectos de compatibilizar los efectos de regulación producidos, acordes a la capacidad de regulación del sistema, y las relaciones ingreso - egreso de cada pequeño embalse, definiéndose así forma las dimensiones de las obras en general y sus eventuales elementos de alivio.

Para su materialización se prevé el uso fundamentalmente de gaviones.

En consecuencia se plantea una serie de obras y acciones que mantienen el concepto regulador y retardador de los hidrogramas resultantes para garantizar caudales manejables en la cuenca, que minimicen los daños.

Control y regulación de las aguas de la alta cuenca.

Control y regulación del arrastre de sólidos.

Restauración hidrológica forestal y/o reforestación intensa.

Acciones inherentes a la zona urbana.

Control y regulación de las aguas de escorrentías de la alta cuenca

En función de los estudios básicos efectuados, se pudieron efectuar:

Estudiar la implantación de pequeñas presas permeables, con orificios de fondo y aliviadero superficial, que permitan la acumulación de agua, que faciliten la infiltración y la evaporación, para facilitar el retardo del escurrimiento.

Estudiar obras de defensa necesarias en los puntos de descarga.

Estudiar obras necesarias para la captación y desvío de cauces aluvionales existentes hacia otros, ya sean éstos de tipo natural o artificial.

Estudiar en detalle la problemática inherente a la explotación de ripieras en relación a los efectos no deseados como consecuencia de las alteraciones producidas en el escurrimiento.

Estudiar la sistematización de estas explotaciones, sus instalaciones, playas de almacenamiento y cargas, así como las obras específicas de «cantera» con la finalidad de transformar los elementos de manejo de los flujos locales con efectos retardadores aumentando la capacidad de infiltración y recarga de acuíferos subterráneos, con el consecuente beneficio en el área de regadío, aguas abajo.

Estudiar la adecuación de las obras de infraestructura que resulten alteradas como consecuencia de la materialización de las obras básicas proyectadas (obras de irrigación, viales, ferroviarias, de abastecimiento de agua, alcantarillado, energía, comunicaciones, gasoductos existentes, etc.).

La importancia de implantar vegetación, la cual en combinación con las obras hidráulicas conforman una solución conjunta que tiene la particularidad de ofrecer ciertas ventajas, en consecuencia se propone estudiar la implantación de vegetación del tipo xerófila, ya que las plantas que integran esta comunidad están provistas de un sistema radicular poderoso, cuyo gran crecimiento contrasta con el de la parte aérea.

8.2- Restauración hidrológica forestal

La mejor combinación posible de las especies aéreas que se adapten al lugar, tales como la familia de zigofiláceas (jarillas), estos ejemplares poseen un sistema radicular muy desarrollado, con predominio de raíces profundas sobre las superficiales. Esto permite resistir más eficazmente los efectos del denudamiento provocado por la erosión hídrica y eólica.

La posibilidad de favorecer la influencia beneficiosa que tiene la cubierta vegetal en la disminución de la cantidad de arrastre sólido.

9.- CONCLUSIONES

De todo lo expuesto se concluye que la Alternativa B, corresponde al grupo de las técnicas antiguas para el tratamiento de torrentes y aluviones, que no se insertan en un marco conceptual basado en la investigación científica actual, y mucho menos en técnicas conservacionistas.

Esta solución no procura atenuar y retardar los hidrogramas para lograr los resultantes de menor valor pico, sino que trata de evacuar lo más rápidamente el agua que cae sin disminuir la escorrentía.

Esto muestra con claridad las ventajas de utilizar la Alternativa A, el implementar la técnica combinada de la reforestación con las obras hidráulicas que se inserten en el medio físico como concepción para solucionar el problema, dentro de marco natural preservando el medio ambiente.

El análisis comparativo en cuanto a volúmenes de escorrentía y consecuentemente la diferencia entre los hidrogramas de una y otra variante dan una clara ventaja a la propuesta moderna de abordar y resolver estos problemas.

REFERENCIAS

- «Hydrologic applications». Computer programs for water resources engineering. G.W. KITE. Proyecto de Restauración hidrológico - forestal para la defensa de la ciudad de Neuquén contra los aluviones. Neuquén - 1980.
- Programa de Investigación y desarrollo, Manejo ecológico del Piedemonte - Fase I. Ministerio de Medio Ambiente, Urbanismo y Vivienda. Unidad de Manejo Ecológico de Cuenca. CRICYT - Mendoza - 1993.
- Eagleson, P.S. - «Dynamic Hydrology», McGraw - Hill, New York, 1970.
- Aaron, G.M., Miller, A.C., Lakatos, D.P. (1977), «Infiltration Formula Based on SCS Curve Number», Journal of Irrigation and Drainage Division, A.S.C.E., 103, pp.419 - 427.
- «Grimalt, F.; Orellano, J.A.; Millón, J.E.; Buscemi, N.H.; Fernández, H.W. "Proyecto ejecutivo y dirección técnica para la construcción de las obras de Defensa, Protección y Restauración hidrológico forestal - Los Puquios - Provincia de San Luis. 1991.
- Proyecto "Obras de corrección de aluviones cuenca de los Arroyos Pequeno y Durazno - Malargue-Mendoza- 1993. I.D.I.H. - U.N.S.J.

	CAUCE 10	CAUCE 11	CAUCE 12	CAUCE 13	CAUCE 14	CAUCE 15	CAUCE 16	CAUCE 17
Pendiente del cauce (%)	1.00	1.33	0.86	1.00	1.11	1.33	2.14	1.60
Desnivel del cauce (m)	100.00	80.00	60.00	60.00	100.00	40.00	75.00	160.00
Ancho de obra de retención (m)	25.0	25.00	24.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Altura de obra de retención (m)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Número de obras de retención	8.00	6.00	6.00	6.00	7.00	2.00	6.00	10.00
Volumen embalsado por las obras (m ³)	360000	202500	302400	270000	283500	67500	126000	281250
longitud del cauce (km)	10.00	6.00	7.00	6.00	9.00	3.00	3.50	10.00
Area de la cuenca (km ²)	21.50	11.00	9.00	8.00	16.00	3.00	5.00	20.00
Volumen de escorrentía (m ³)	720000	368000	301000	268000	536000	100000	167000	670000
caudal pico (m ³ /seg)	41.20	32.00	19.10	19.90	35.30	12.20	25.10	53.70
Volumen Sobrante (m ³)	360000	165500			252500	32500	41000	388750
Volumen Sobrante (%)	50.00	44.97		0.44	47.11	32.50	24.55	58.02
Número total de obras de retención	171							
Volumen total de escorrentía (m ³)	5844000							
Volumen total embalsado (m ³)	3509679							
Volumen total sobrante (m ³)	2334321							
Volumen total sobrante (%)	39.94							
Volumen total retenido (%)	60.06							