

EVALUACIÓN DE IMPACTO DE LA EROSIÓN HÍDRICA Y RECUPERACIÓN DE ÁREAS AFECTADAS POR CARCAVAMIENTO

^{1,2}Adriana E. Niz, ²Jorge A. Oviedo, ²Juan C. Toledo & ^{1,2}Cinthia Lamas

¹ Cátedra de Geomorfología – Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas- UNCa

² Instituto de Monitoreo y Control de la Degradación Geoambiental (IMCoDeG)- Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas- Universidad Nacional de Catamarca- Argentina. Email: aniz@tecono.unca.edu.ar

INTRODUCCIÓN

El trabajo se realizó en el sitio arqueológico Shinkal de Quimivil, considerado uno de los más importantes en su género en América del Sur, se encuentra ubicado en la Provincia de Catamarca, en el Dpto. Belén, a 6 km. al NO de la población actual de Londres, a altitud de 1170 msnm. El clima es árido continental, las precipitaciones irregulares, violentas y torrenciales, generan un ámbito propicio para una fuerte actividad hídrica. La erosión hídrica superficial se manifiesta desde surcos de canalización de la escorrentía, hasta cárcavas de importantes dimensiones que afectan las estructuras del sitio. Se han reconocido y cartografiado cinco cárcavas y tres vías principales de escurrimiento superficial que alimentan las cárcavas exacerbando la erosión retrocedente en las cabeceras. Durante este trabajo se realizó reconocimiento de campo; relevamiento geomorfológico del área, relevamiento planialtimétrico del Sitio, del conjunto de cárcavas, de cada cárcava presente y de vías principales de escurrimiento superficial.

Se elaboró la cartografía temática, el análisis estadístico de datos y la vinculación de los datos numéricos, cartográficos y bibliográficos, en base a lo cual, se efectuó el análisis y propuesta de estrategias de corrección y control de las cárcavas que afectan las estructuras combinando obras hidráulicas, estructuras mecánicas y repoblación vegetal con especies autóctonas.

UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA

La Provincia de Catamarca integra la región Noroeste de la República Argentina, en ella, el Departamento Belén se encuentra en el sector centro-O. Es allí donde se sitúa el asentamiento Shinkal de Quimivil; se accede a él, por la quebrada del Río Quimivil, por un camino consolidado de 4 km. de longitud, que parte de la Ruta Nac. N° 40 y llega hasta el asentamiento. Su clima es continental semiárido, las precipitaciones son del régimen periódico estival, se producen casi exclusivamente entre los meses de Noviembre y Marzo y son torrenciales. El invierno es una estación marcadamente seca en el que solo pueden suceder lloviznas finas provenientes del sur, de corta duración. Sin embargo las fuertes insolaciones producen gran evaporación agudizando aun más la sequedad del suelo. Las temperaturas en la zona llana superan los 40° C en verano, con una media de 38° C, siendo considerablemente inferiores en las poblaciones ubicadas en la ladera de la montaña hasta en una diferencia de 5°C y con un marcado descenso en las noches, lo que hace muy agradable el ambiente. En invierno promedian los 5°C, con algunos registros bajo cero, sobre todo en los pueblos serranos, y con presencia de nevadas aisladas y muy frecuentes en las cumbres. El tipo de suelo permeable permite la penetración del agua proveniente de cauces hídricos y precipitaciones lluvias, lo que da lugar a la existencia de napas acuíferas subterráneas que constituyen una importante reserva. Fitogeográficamente pertenece a las regiones de monte achaparrado y xerófilo, pastizales alto-serranos y semidesértica alto-andina.



DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SITIO

El perímetro actual de las ruinas tiene una extensión aproximada de un km², en terreno ondulado que hacia el sur presenta tres lomadas aisladas rodeadas por construcciones en sus piedemontes que, en términos generales constan de una plaza central con un *ushnu* (pequeño montículo piramidal símbolo del poder incaico), y edificaciones tales como (*kollkas* y *tampus*) así como una especie de importante cuartel con viviendas de *pirca* llamada *kayanka*, rodea la plaza una pirca cuadrangular de 185 m de lado Este - Oeste y 176 m Norte – Sur.

SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA

Si bien el sitio presenta evidencias de acciones técnicas específicas, orientadas a la preservación y manejo de los restos arqueológicos recuperados durante las excavaciones; la preservación del mismo, respecto a la afluencia turística, la presencia de animales y el impacto de los agentes meteorológicos, exhibe mínimas medidas de preservación principalmente en lo que respecta a la actividad fluvial. La actividad del agua de lluvia afecta a las superficies por la erosión en forma de salpicadura, que luego se transforma en escurrimiento lamina que circula por la superficie del suelo arrastrando el material suelto más fino, y posteriormente se concentra formando surcos; cuando aumenta el volumen o velocidad de escorrentía, se origina el cárcavamiento, al principio, es moderado, pero, si no se toman inmediatas medidas de preservación y corrección, evolucionan erosionando en sus cabeceras y profundizándose dando lugar a la formación de cárcavas profundas y/o barrancos.

La erosión en cárcavas es una de las expresiones de la erosión superficial, y representa dentro de ésta, el nivel máximo de manifestación; tal es el caso del sitio que nos ocupa, donde es factible observar desde surcos de canalización de la escorrentía, hasta cárcavas de importantes dimensiones que están afectando las estructuras del mismo.

Otro factor importante a considerar es la significativa presencia de *ctenomys opimus* (roedores vulgarmente conocidos como “ocultos o ultutucos”) ya que generan una serie de cuevas internas que se intercomunican y ofrecen una vía de ingreso y escurrimiento interno del agua; asimismo generan vulnerabilidad en el suelo frente al tránsito (humano y/o animal) ya que son susceptibles de colapsar.

EL CARCAVAMIENTO EN EL SITIO

Se han reconocido y cartografiado 5 cárcavas grandes que se denominaron de la siguiente manera: Cárcava 1 (C1), Cárcava 2 (C2) que presenta dos brazos por lo que se distingue (C2a) y (C2b), cárcava 3 (C3) y Cárcava 4 (C4); en dos de ellas (C1 y C3) se ha procurado detener el avance de forma precaria, la que disminuyo temporalmente el aporte de agua al carcavamiento. También se han cartografiado tres vías de escurrimiento superficial principales (V1, V2 y V3) en el interior de la Plaza, que alimentan a las cárcavas C1, C3 y C4 respectivamente.

Cárcava 1 (C1): Escurre en dirección Sur-Norte, tiene 5,0 m. de ancho en la cabecera y una profundidad que varía entre 4 m y 5 m., el fondo es irregular, debido al depósito de tierra procedente de las paredes que colapsaron, con una tupida vegetación autóctona. Su avance es rápido, (en un período de 60 días erodó 0,45 m). En este caso es muy importante tomar medidas inmediatas debido a que la cabecera de cárcava se encuentra a solo 10 m de la pirca que representa la Plaza que rodea la sección central del sitio. (Foto 1)

Cárcava 2: Escurre en dirección Sur-Norte, probablemente se desarrolló al principio del proceso como dos cárcavas separadas, y luego debido a la intensa erosión, se unieron para formar la cárcava actual de importantes dimensiones caracterizada por los dos brazos (C2a) y IIb (C2b), en cuyas bases más bien aplanadas, se observa la presencia de vegetación de tipo arbustiva. El ancho en las cabeceras es de 10 m., en su avance corta la pirca e ingresa a la Plaza unos 1,9 m; la profundidad varía entre 4,2 m y 5,5 m, el fondo es plano y en la base de cárcava se concentra la escorrentía interna generando un canal de unos 0,5 a 0,7 m de profundidad (Foto 2)



Foto 1 Se observa la cabecera de C1, se puede inferir la profundidad e intensidad del carcavamiento

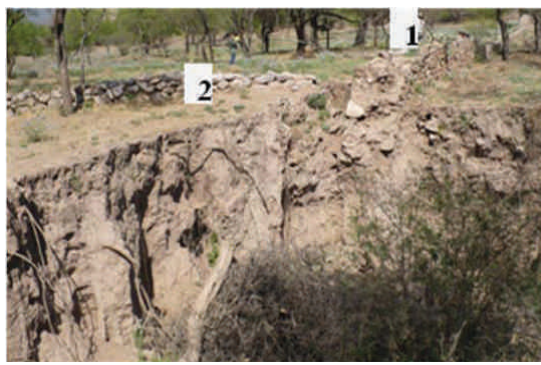


Foto 2, parte de la Cabecera de C2, se observa pirca que rodea la Plaza central (1) y la obra de remediación (2)

Cárcava 3 (C3): Escurre en dirección Oeste-Este, entre las estructuras *kayanka* y *Ushnu*, se inicia en forma de canal angosto y a los 3 m presenta una protección realizada con cantos rodados de dimensiones que varían entre 20 y 40 cm. Se va profundizando paulatinamente hasta alcanzar a los 100 m una profundidad de 3,6 m., y un ancho de 21 m., con desarrollo de varios brazos en sus laterales, longitud total hasta alcanzar alambrado 143,7

Cárcava 4 (C4): Escurre en dirección Oeste-Este, al Sur de la estructura *kayanka*, su cabecera tiene 2,6 m de ancho y su profundidad de 2,6 m; esta cárcava también corta la pirca que representa la Plaza que rodea la sección central del sitio.

PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE CORRECCIÓN Y CONTROL DE CÁRCAVAS

La propuesta se desarrolla teniendo en cuenta acciones temáticas consecutivas, incorporado de manera integral y articulada las variables que participan en el proceso erosivo, de acuerdo a estrategias de intervención: a) aislamiento físico, b) control del agua subsuperficial, c) control del agua de escorrentía, d) remodelo del terreno, e) construcción de obras transversales, f) incorporación de material vegetal.

Aislamiento Físico: se ha observado en el sitio la presencia de ganado caprino y equino que influye notoriamente en estos procesos de carcavamiento. Es un paso esencial “encerrar el área de recuperación” para evitar el acceso de animales, su presencia es contraproducente para el material vegetal que se introduzca, si bien, el predio está cerrado mediante alambrado, posee una puerta de ingreso que no garantiza que esté siempre cerrada. Para confinar el área recuperadas se recomienda cercos con alambre de púas, con postes de unos 7 a 10 cm de diámetro y 2,25 a 2,50 m de longitud, protegidos mediante la colocación de impermeabilizante (por ejemplo brea) en la porción en contacto directo con el suelo y enterrados 50 cm.

Control del Escurrimiento Subsuperficial: Es necesario para aliviar la presión ejercida por las fluctuaciones del nivel freático y las aguas que escurren por debajo de la superficie del suelo, con el objetivo de preservar las obras realizadas y favorecer la repoblación vegetal, este control será necesario en las cárcavas 1, 2a, 2b, 4 y en la sección media a baja de la cárcava 3; Para llevarlo a cabo se podrán utilizar filtros (también llamados subdrenes interceptores. Se puede realizar el relleno con el material grueso permeable solo e intercalando gravas, sin la colocación del tubo (filtro francés según Suárez, 1992).

Control de Escorrentía Superficial: Referida al desplazamiento del agua en superficie formando surcos que se dirigen hacia la cabecera de la cárcava contribuyendo a la erosión retrocederte; por eso la desviación del escurrimiento de la cabecera de la cárcava, es fundamental para mitigar su crecimiento; para controlar el agua de escorrentía se propone obras de captación de tipo zanjas o acequias encauzadas hacia un canal natural.

En cuanto al *desplazamiento del agua en el interior de las cárcavas*, se proponen:

Rellenado de cárcavas mediante Aterrazado consecutivo de nivel: Se trata del relleno de la cárcava generando niveles aterrazados, en los niveles horizontales, se coloca material vegetal protector. Para evitar que, en casos de un importante caudal de agua (que acá se da generalmente durante una tormenta) el fluido tienda a drenar por las paredes verticales de las terrazas realizadas, es necesario considerar un leve desnivel hacia el centro de las mismas combinado con una estructura de transporte y evacuación del agua y la incorporación de vegetación que, además de proteger el suelo, funciona como un medio de control del escurrimiento y retención de sedimentos. Luego es conveniente realizar *Fajas de césped*, esto es implantar barreras de matas de entre 30 y 40 cm de ancho, ubicadas perpendicularmente a la corriente,

Control del escurrimiento subsuperficial este control será necesario para aliviar la presión ejercida por las fluctuaciones del nivel freático y las aguas que escurren por debajo de la superficie del suelo, con el objetivo de preservar las obras realizadas y favorecer la repoblación vegetal, Se recomienda utilizar subdrenes interceptores.

Obra transversal para las cárcavas profundas. Consideradas éstas para las cárcavas C1, C2a y C2b; las obras correctivas perpendiculares al eje de la cárcava propuestas con anterioridad complementan a este tipo de obra en la que la profundidad de la cárcava merece un tratamiento particular; se propone este método con el objeto de provocar el proceso de sedimentación, y favorecer la reconstrucción y recuperación del terreno, podría considerarse

Represa de rocas: es recomendable ya que en las cercanías se cuenta con la roca necesaria, disminuye el costo de obra, también es más resistente y durable, se debe revestir primero el lecho de la cárcava con rocas, elevar el nivel del suelo con relleno de mezcla de materiales de diversa granulometría, luego hacer una cama de gravas incluyendo un tubo de drenaje ubicado en el eje de la cárcava y finalmente recubrir hasta llegar al

nivel general del suelo con tierra, se hace un sistema aterrazado, hasta llegar al colector ubicado al norte del asentamiento.

Refuerzo de relleno: Se recomienda reforzar el relleno de cárcava con el método de *Represa de alambre* que consiste en colocar hileras de postes, perpendiculares al eje de la cárcava, enterrados un metro en el suelo y separados 1,20 m uno de otro, unidos entre sí por una malla, enterrada un mínimo de 20 cm, tanto en el fondo como en las paredes laterales de la cárcava, y su altura puede ser de 90 cm. Con el sistema de aterrazamiento se busca que al final de la cárcava, en su contacto con el canal que hará de colector, no se generen diferencias muy grandes de nivel ya que con ello se propicia una zona de vulnerabilidad y génesis de nuevos carcavamientos; por ello es menester considerar ahora el control en los laterales de la cárcava

Protección de laterales de cárcava: Para la protección de los laterales de cárcava se recomienda la colocación de estacas a 2 m del lateral en las que se aseguraran mallas cobertoras reforzadas con repoblación vegetal. Una vez que la vegetación se ha afianzado y el avance de carcavamiento se encuentra controlado, es posible retirar el cerramiento en el área interior del sitio, con la finalidad de no entorpecer la estructura arqueológica general del mismo.

Monitoreo y conservación del programa de control de cárcavas: Teniendo en cuenta lo precedido de las obras, la trascendencia histórica y turística del Sitio y la importante inversión económica que implica la recuperación del área, es menester diagramar un sistema de monitoreo y control del comportamiento de las obras y del suelo en relación con las variables climáticas y el impacto antropogénico, para prolongar su vida útil y comprobar el efectivo funcionamiento de las medidas adoptadas. Se recomienda: Controlar la efectividad del repoblamiento vegetal, principalmente en el periodo de arraigamiento, y reponer las plantas que hayan perecido, también llevar a cabo el cuidado y hacer modificaciones y arreglos menores cuando la vegetación está en desarrollo, para que la obra tenga éxito.

Verificar periódicamente la funcionalidad de las obras, principalmente con posterioridad a las lluvias, para detectar posibles necesidades de restauración y/o modificaciones, dado que será más sencillo y económico realizar reparaciones menores de mantenimiento

Obras de remediación de carcavamiento: Se enfatiza la necesidad de ejecutar estas obras en el Sitio de manera URGENTE dado que el avance de las cárcavas no solo está dañando estructuras ya analizadas y puestas en valor sino que además se han observado numerosas estructuras aún no descubiertas que están siendo destruidas.

REFERENCIAS

- Bocco, Gerardo 1991 Gully erosion: processes and models, *Progress in Physical Geography* 15(4):392-406
- Fournier, F. 1975. *Conservación de Suelos*. Ed. Madrid: Mundi-Prensa
- Leon P., Juan Diego. 2001. *Estudio y Control de la Erosión Hídrica*. Medellín: Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia Medellín
- Moder Z., L. 1983a. Control de cárcavas. CONAF. Sexta región. Primera Parte. En: *Chile Forestal* No. 94: 29-40
- Servicio De Conservación de Suelos, Departamento de Agricultura Estados Unidos de América. 1973. *Manual de Conservación de Suelos*.
- León Peláez Juan Diego.2007. *Estrategias para el Control y Manejo de la Erosión en Cárcavas*