

# Prácticas Agrícolas y Obras Civiles ante Procesos de Desertización y Degradación del Suelo del Piedemonte de la Sierra de Córdoba

Abril, Ernesto Guillermo  
Sacchi, Gabriela Andrea  
Rocca, Ricardo José

PALABRAS CLAVE  
· Buenas Prácticas  
· Desertización  
· Ideología

**Resumen /** En el piedemonte oriental de la Sierra de Córdoba (Argentina) la vegetación, como interfase entre clima y suelo, fue durante milenios un factor de regulación de los procesos morfodinámicos. La vulnerabilidad del suelo se manifiesta desde el cambio en el uso y manejo de la tierra. La deforestación alcanzó el pie de la sierra, abarcando suelos sin una capacidad de uso agrícola adecuado. La antropización fue abrupta y en un siglo se desarmó el complejo natural generando una disfunción hidrológica que aumentó la escorrentía y activó procesos erosivos generalizados. Las prácticas conservacionistas contribuyeron a atenuar los procesos, pero requirieron acciones conjuntas y sostenidas en el tiempo. Además de cambios progresivos de manejo, se necesitaron acciones de regulación de caudales, para no sobrepasar la capacidad receptiva de los campos aguas abajo. El área intervenida constituye una muestra de las posibilidades actuales de controlar la erosión y recuperar los suelos en un ambiente profundamente disturbado. Se asumió el problema a nivel de cuenca, acordando entre los productores y sellando las intenciones con obras de ingeniería conjuntas. La progresiva adecuación de las explotaciones rurales individuales fue acompañada con la ejecución de una presa de regulación. La labranza cero, el diseño de siembra en terrazas, el empastado marginal del parcelado y de zonas críticas, entre otras, y la captura y el manejo adecuado de las aguas superficiales, muestran un abordaje sistémico eficaz ante un problema grave y generalizado. Las observaciones realizadas sobre la iniciativa abarcan un período en el cual se analiza la situación con y sin proyecto, así como un prolongado monitoreo del funcionamiento del complejo. Queda en evidencia un proceso progresivo de estabilización, que condujo a la preservación y recomposición del suelo, y el manejo adecuado de los excedentes hídricos, mostrándose la factibilidad de aplicarlo con éxito

---

**ABRIL, ERNESTO GUILLERMO**

Universidad Nacional de Córdoba

Argentina

E-mail: egabril@crean.agro.uncor.edu

en toda la región. El resultado del estudio permite advertir la eficacia del apoyo del productor a iniciativas que incluyen estudios hidrológicos, la aplicación de diseños de uso y laboreo del suelo y la ejecución de obras civiles complementarias. La experiencia muestra la necesidad del seguimiento constante de la situación mediante el empleo de imágenes de sensores remotos para detectar situaciones a corregir.

### Introducción

La degradación del suelo implica la pérdida progresiva de sus posibilidades de sostener en el tiempo su papel, tanto en el sistema natural como en el esquema productivo. En este sentido, la situación actual de muchas regiones de la provincia de Córdoba no solo es grave por la degradación de los recursos sino que se traduce en la pérdida del propio suelo.

La problemática reviste escalas regionales, en las que aparece como imposible frenar procesos tan agudos y generalizados. Hay situaciones ante las cuales la única alternativa es un compromiso de los productores, decididos a enfrentarlas y resolverlas mediante su manejo adecuado, un enfoque integral y sistémico a nivel de microcuencas, combinando estrategias agrícolas con obras hidráulicas y un adecuado monitoreo y evaluación de los resultados y el impacto de lo actuado.

La gravedad de la problemática ambiental pone de manifiesto las serias limitaciones de los estudios de diagnóstico, encabezadas por una fragmentación ilegítima, según la cual la mayoría de los estudios se hacen en el dominio de una disciplina en particular o a lo sumo según la simple suma de estudios parciales, no considerándose las características sistémicas de los procesos involucrados (García, 1994).

Siempre sujetos a las frecuentemente escasas posibilidades locales, pueden ensayarse soluciones planificadas sobre la base de análisis suficientemente profundos como para asegurar el abordaje serio y afrontar eficazmente distintas situaciones prácticas ante las cuales valen mucho las investigaciones especializadas y los recursos disponibles.

### Area de trabajo

La zona analizada corresponde a una pequeña subcuenca en el margen oriental de la Sierra de Córdoba, hacia el Sur-Oeste de la capital de la provincia, en proximidades de la ciudad de Río Tercero entre las localidades de San Agustín y Almafuerte.

La cuenca se encuentra sobre el piedemonte oriental de la sierra de Córdoba, que se extiende hacia el Este según un gran abanico aluvial que se proyecta desde la sierra hacia el ambiente de la llanura central argentina.

### Marco geomorfológico regional

La referida geoforma constituye una estructura que testimonia sucesivos episodios geológicos y climáticos, correspondientes a los procesos morfodinámicos cuaternarios actuantes según el núcleo de basamento cristalino rector, las Sierras de Córdoba (Abril, 2013).

Este mega aparato de descarga se encuentra constituido por un depósito fluvio-torrencial de base, originado en la apertura de la cuenca intermontana de Punilla, cuya

carga sedimentaria fue vertida sobre la paleo planicie oriental de la sierra, soterrando viejos depósitos pedemontanos marginales. Sobre éste, los ríos labraron sus cursos, traducidos hoy en la paleo-red y la red de escurrimiento superficial regional.

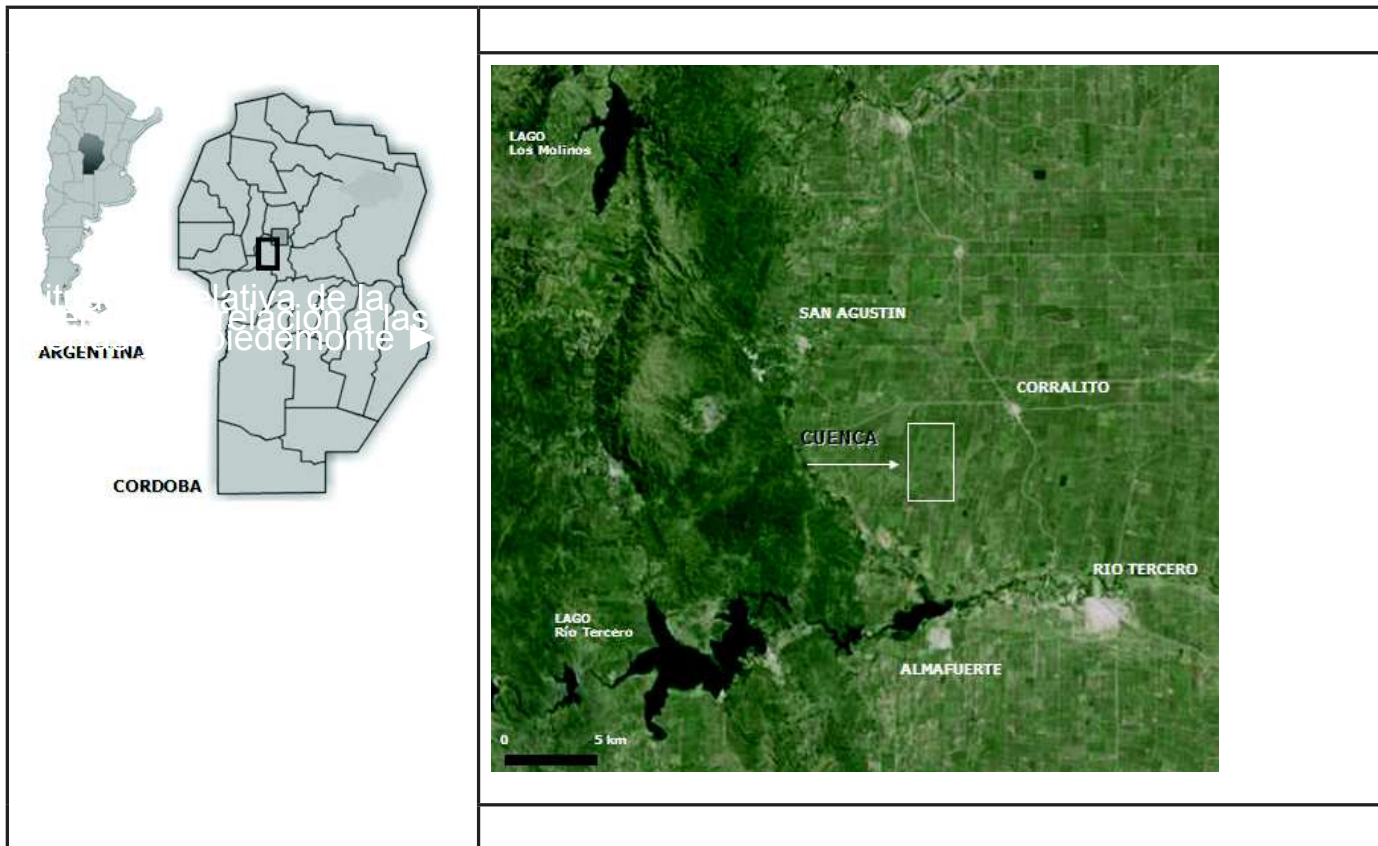


Figura 1. Ubicación relativa de la cuenca analizada

El abanico concentra los ajustes (neo) tectónicos propios de la sierra, las avenidas aluviales menores, sucesivos mantos eólicos originados en los vientos provenientes del Sur-Este y las re-movilizaciones regionales y locales de los depósitos originales, motivadas en los períodos secos y húmedos alternativos que caracterizaron la dinámica climática del período.

En este marco general, se produce la relativa estabilización del cuerpo por la progresiva disminución del gradiente altitudinal y la conformación del sistema organizado de desagüe. Desde el encaje del sistema fluvial definitivo y su afirmación, se consolida el paisaje con la cobertura resultante del juego entre fluctuaciones climáticas extremas y el desarrollo del suelo.

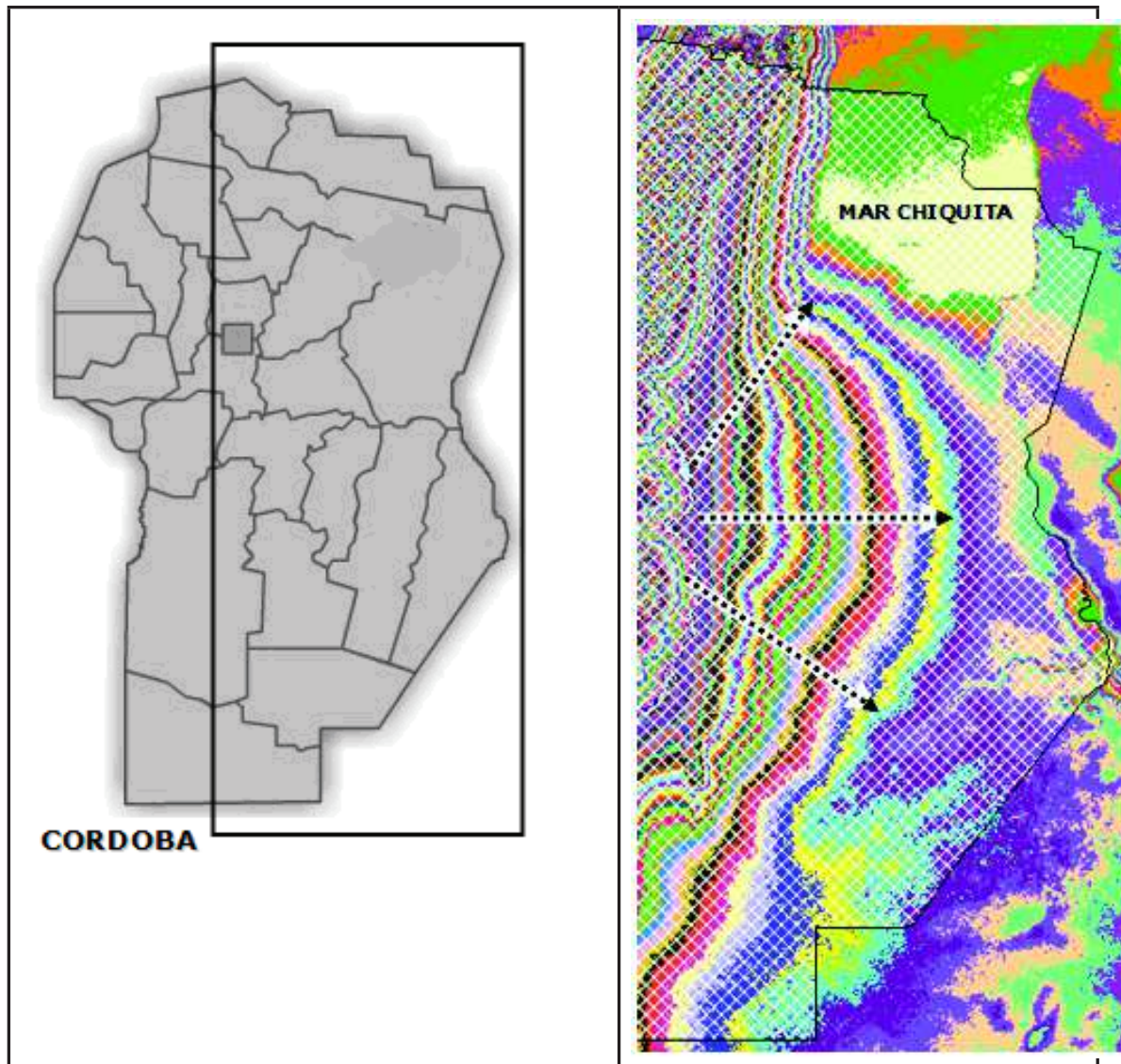


Figura 2. Imagen regional del abanico aluvial oriental de la Sierra de Córdoba y su proyección hacia la llanura central (Abril, 2013).

#### La cobertura vegetal

La vegetación, como interfase de equilibrio entre el clima y el suelo fue durante milenios un factor de regulación de los procesos erosivos y deposicionales eólicos e hídricos. El monte, en particular, fue el que ha sostenido la integridad de los suelos en la periferia pedemontana.

Al ser la resultante de un equilibrio logrado en un lapso suficientemente extenso, y lo bastante amplio en cuanto a su abarcatura territorial, puede considerarse la presencia de un verdadero (sub)sistema (Suriano y Ferpozzi, 1993). Sus protagonistas, el clima, la vegetación y el suelo, estuvieron en armónica relación, acotada por los picos climáticos, secos, húmedos, cálidos y fríos, asimilados por ser los condicionantes de la relación suelo/cobertura.

Los suelos agrícolas de esta eco-región Chaco Seco/ Espinal (SRNDS, 1999) derivan del

loess pampeano. Desarrollados en sedimentos eólicos cuaternarios, provienen de rocas meteorizadas y el vidrio de cenizas del vulcanismo andino. Son una fuente importante de nutrientes y sus características físicas favorecieron la formación de horizontes superficiales bien estructurados, profundos y oscuros. Su vulnerabilidad, apareció con los drásticos cambios en el uso de la tierra y la modalidad de manejo, en el proceso de colonización. La deforestación, operada desde más allá de la última centuria, alcanzó el pie de la sierra y abarcó toda la superficie disponible, incorporando progresivamente aún hasta suelos no tan aptos, explotándose más allá de sus posibilidades, en bonanza climática. En esta, las pendientes se incrementan y la escorrentía adquiere incidencia particular.

Si se considera la escala temporal en la cual se inserta la formación de un suelo, el avance de las actividades agrícolas fue, más que un proceso, una ruptura: en un siglo, el complejo espontáneo vegetación-suelo, madurado en fluctuaciones climáticas milenarias, pasó a un tapiz vegetal artificial y monótono (cultivos) sobre suelos roturados y desprotegidos. La antropización llevó a la ruptura del complejo equilibrio de este sistema y al reemplazo de una situación original natural por un agro-ecosistema. Hidrológicamente, el cambio provocó una disfunción importante en la llanura central. Tomando como referencia el estado natural primigenio, se registra la desaparición del mantillo, la roturación del límite superior del horizonte superficial, la desconexión de los tubos de insumisión radiculares y el origen de una interfase menos permeable.

#### Análisis de la situación

Prácticamente sin obstrucciones superficiales, por la ausencia de suelo vegetal y flora autóctona, el agua circuló según el relieve de la morfología eólica subyacente al monte, dando inicio a procesos erosivos en loess muy estudiados en esta zona. Al planchado de la lámina superficial por impacto de la gota de lluvia (erosión laminar) sigue el inicio de escorrentías en línea, su evolución a surcos y luego a cárcavas.

Caracterizados como colapsables (Terzariol, 2011) el gatillado del proceso puede darse a partir de hundimientos locales originados en una tubificación subterránea intensa.

Poner freno a esta dinámica en suelos tan susceptibles sólo admite estrategias integrales. En las cabeceras de las pequeñas cuencas es necesario fijar los bordes, someros, inestables y difusos. Estabilizarlos no es sencillo sin disponerse de la vegetación autóctona, la única resistente y capaz de conformar una interfase de fijación persistente confiable.

Atenuar la escorrentía significa intervenir las pendientes locales y la capacidad de insumisión de los suelos. La alternativa es emprender acciones con el firme convencimiento de la importancia de mantener la integridad del suelo. Significa adoptar una actitud y sostenerla en el tiempo con acciones concretas para un beneficio a futuro. Al resultar abarcados varios propietarios, es necesario acordar acciones coordinadas.



Figura 3. Fotografía de las obras de construcción de la presa y el estado de la cárcava (H. Amaya, año 1988, en Abbona et al., 2012).

En esta visión de conjunto, se requiere además regular las aguas superficiales para que los excedentes de la cuenca intervenida no sobrepasen la capacidad de recepción de los campos de aguas abajo.

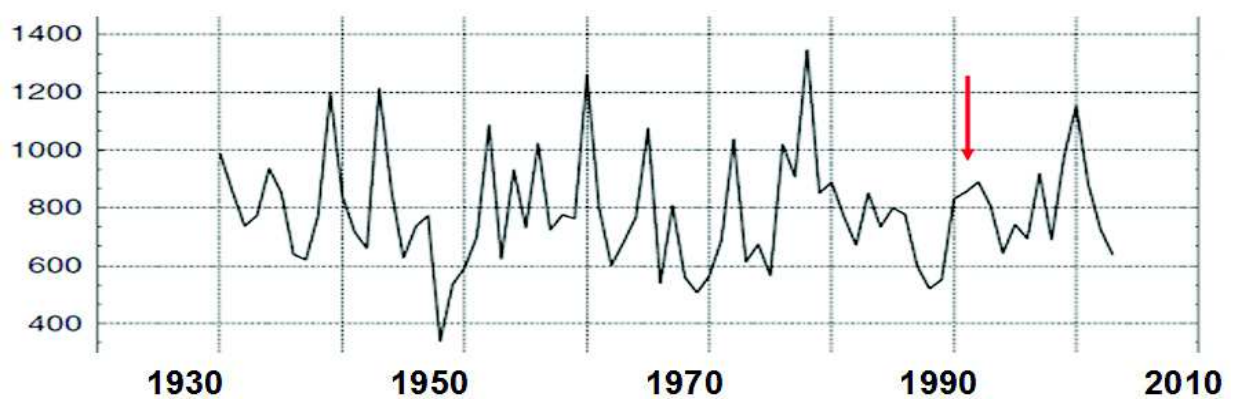


Figura 4: Precipitaciones en Corralito mostrando la fecha de construcción de la presa y los picos pluviales (modif. de Arguello et al., 2006).

El presente análisis se centra en una sub-cuenca objeto de un trabajo de recuperación prolongado, a partir de la conformación de un consorcio de conservación de suelos

(Consortio El Salto), bajo asesoría técnica de especialistas. Desde esta estructura, los productores concretaron la programación de prácticas de cultivo y control del agua en superficie, aplicando prácticas propias de la conservación de suelos.

La situación original presentaba un cárcavado central en progreso a partir de ramificaciones y extensiones hacia atrás y laterales, en surcos y suelos planchados. Esta situación es común en estos suelos (Rollof et al., 1981; Piest et al., 1975).



Figura 5. Aerofotografía del área del sector intervenido en 1962, previa al emprendimiento (DGC, 2000).



Figura 6. Zona analizada sujeta a manejo sistemático.

La idea rectora fue generar franjas de amortiguación mediante el manejo de la topografía y la vegetación local, especialmente en las cabeceras y los márgenes de los surcos. La estrategia favorece la infiltración, mantiene la humedad en el suelo y genera trampas, evitando migración de finos, y favorece la biodiversidad (NRCS, 2000 y 2007; WCC, 2000). Desde el análisis de cada sitio y la asignación de un manejo particular, se debió revertir una fuerte tendencia a la pérdida de suelo.

#### Labores en el ámbito del uso y el manejo del suelo

Los objetivos apuntaron al logro de labranza mínima, diseños adecuados de siembra, empastado marginal de parcelas, caminos y zonas vulnerables, circulación restringida y selectiva en épocas críticas, la captura, y derivación de las aguas superficiales y la construcción de una presa reguladora (Xu et al., 2002), como un buffer de atenuación. Se consensuaron usos parcelarios acordes con la morfología local y la regulación del escurrimiento superficial a escala puntual pero con perspectiva de entorno, para disminuir hasta eliminar la presión del exceso de agua en superficie en los bordes. La efectividad de lo emprendido fue vigilada localmente y evaluada periódicamente. Regionalmente, se monitorearon los procesos de erosión incipientes y activos.



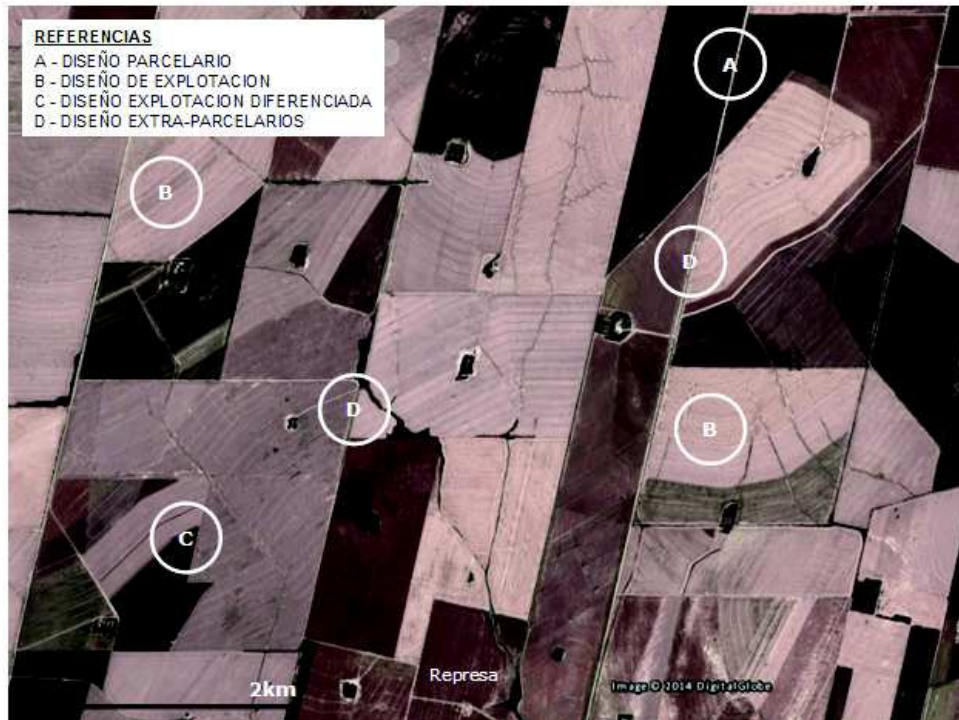


Figura 7. Estrategias de manejo parcelario (panorámica). Combinación del manejo de variables morfológicas locales y de la estructura del suelo, la atención de las vías de escurrimiento precedentes, el cuidado de los caminos, y el vegetado selectivo (natural o artificial) de los diferentes microambientes.

Como resultado de esta acción conjunta, se produjo un mosaico de diseños de labranza, básicamente conducentes a cortar el escurrimiento en superficie, dar tiempo a la infiltración y ganar tiempo para la estabilización de áreas sensibles.

El aumento del nivel de materia orgánica en superficie aportó al aumento de la fertilidad del suelo, reponiéndose de alguna manera el esquema estructural básico del suelo, (Michelena, com. pers.), incrementando su permeabilidad y contribuyendo a su protección con rastrojos y cubiertas vegetales vivas.

Las zonas de mayor pendiente o en situación crítica requirieron un albardonado sistemático como pseudo-terrazas, con idénticos fines. Se observó un cuidado particular del entorno de la red de drenaje y de las líneas de erosión, suavizándose bordes y márgenes y clausurando algunos diseños con buffers de empastado espontáneo (no labranza).

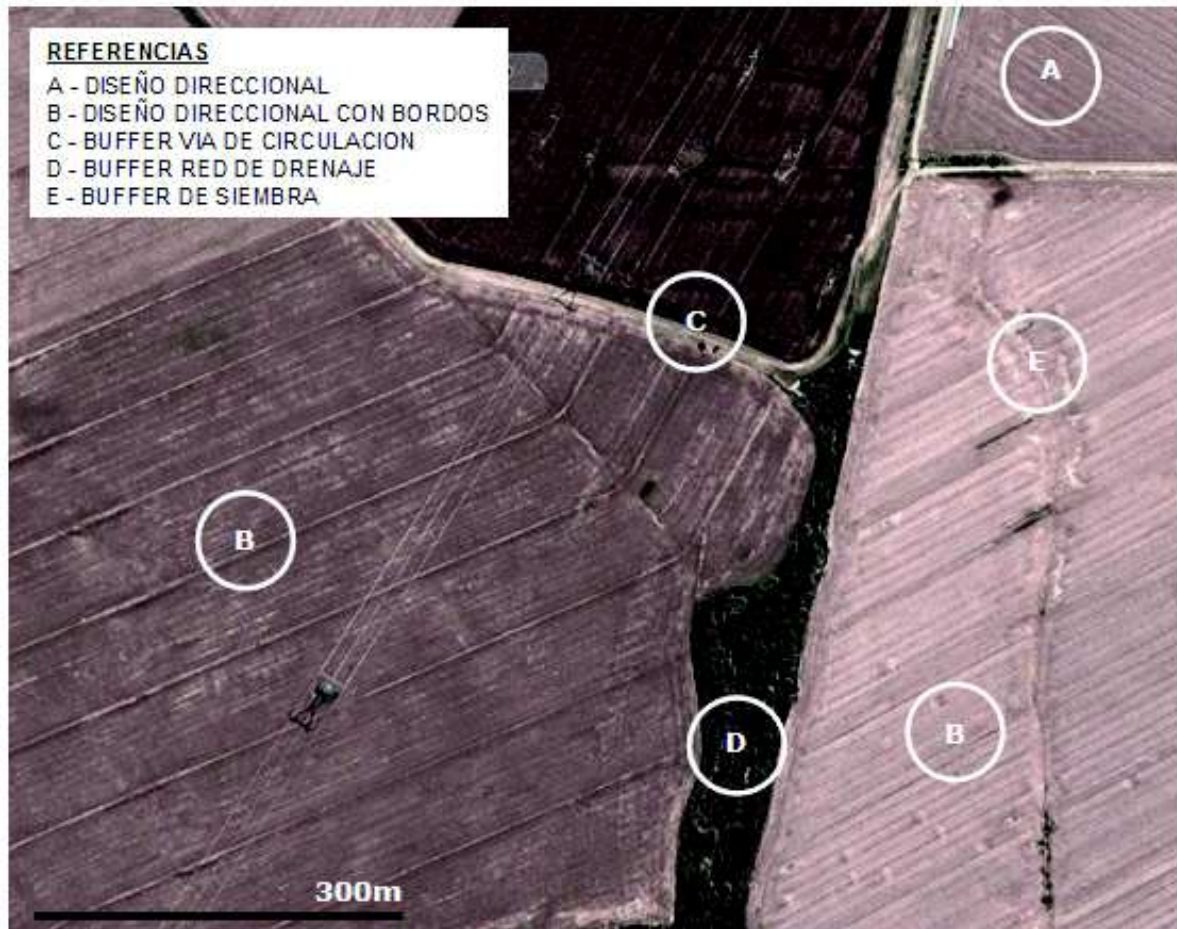


Figura 8. Estrategia de manejo local en áreas de cabecera. Control y derivación del escurrimiento hacia zonas más estables, disminuyendo la presión de los episodios pluviales en zonas vulnerables. Manejo planificado de la infraestructura vial local y la delimitación de los potreros.



Figura 9. Estrategias locales de manejo en cuenca media. Control de las ramificaciones del carcazado incipiente, rectificado y consolidación de traza, empastado y suavizado de márgenes y entorno para desconcentrar caudales.



Figura 10. Estrategias locales de manejo en cuenca alta. Esquema de cultivos en contorno, para re-dirigir la escorrentía y albardonado intermedio para el frenado y retención de finos.

En otros casos, el escurrimiento se sistematizó en geometrías que permitieron descomprimir el escurrimiento en superficie, desconcentrando los caudales. A esta

estrategia de base se sobrepuso una labranza transversal para deriva de flujos y retardo. Las zonas de erosión laminar, en cabeceras, fueron tratadas de manera similar, pero confiando la distribución de la escorrentía a los propios surcos de siembra.

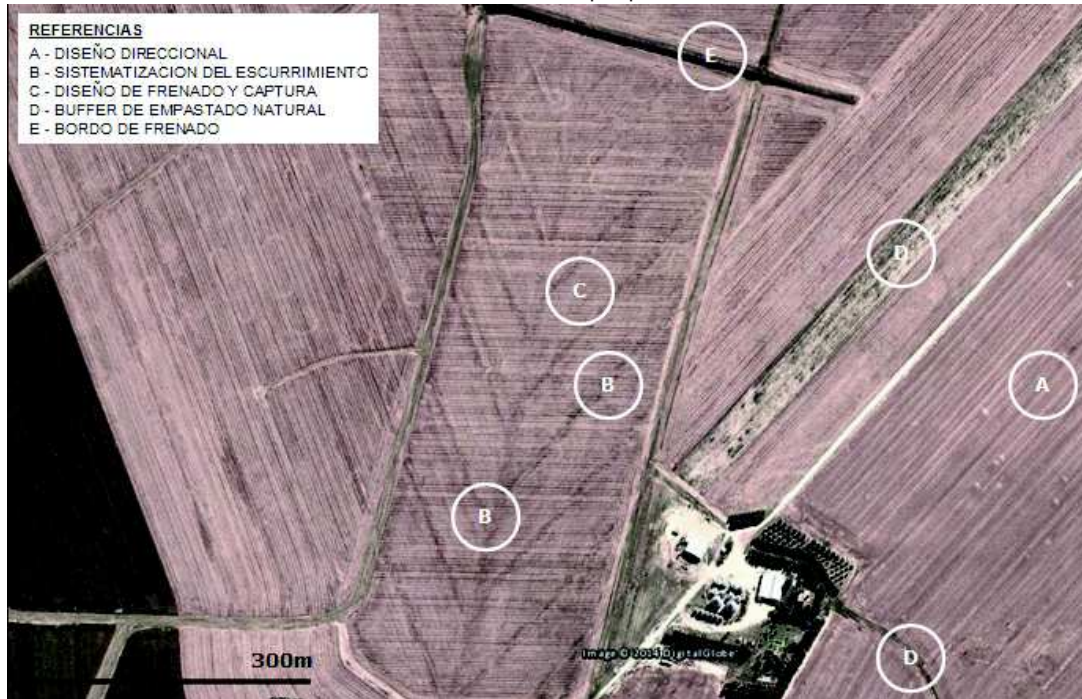


Figura 11. Estrategias locales de manejo de la escorrentía. Control de líneas de escurrimiento con manejo diferenciado.

En las zonas de cárcavamiento incipiente, se recurrió a labores transversales a la pendiente, aplicadas en los bordes de parcelas, caminos y líneas de escurrimiento, escalonando el ingreso del agua a las líneas de desagüe, retardando su arribo, disminuyendo su energía y reteniendo sedimentos.

#### Labores en el ámbito de la Ingeniería Civil

El resultado del manejo operado aguas arriba se observa en el funcionamiento de la presa reguladora. Se trata de una presa de retardo cuyo propósito fue regular el flujo superficial proveniente de precipitaciones intensas e impedir que los excedentes hídricos del área manejada signifiquen un problema para los productores de aguas abajo. La presa fue construida a fines de 1980 (Abbona et al., 1989), mediante el aporte de los propietarios y con la dirección de un equipo de ingenieros. Tiene 520m de longitud y 12m de altura y es transversal al colector histórico principal (cárcava), fijando una sección de salida adecuada al caudal tolerable, en el marco de una capacidad de embalse diseñada según precipitaciones esperables. La conforman un terraplén homogéneo de suelo de pendientes equilibradas y desagua por cañerías de regulación embutidas en suelo cemento plástico (Abbona et al., 2012).

En la periferia de la obra se advierte la aplicación de una variedad de estrategias de compatibilización del funcionamiento hidrológico de las áreas de cultivo con el de la presa. Al captarse y almacenarse momentáneamente las aguas excedentes, se propició

la depositación del material en suspensión. Se generó un proceso de sedimentación progresiva registrado aguas arriba y en el entarquinado de la cárcava principal. En Abbona et al. (2012) se da cuenta de la estabilización del área con la implantación de sorgo.

Las observaciones realizadas sobre este sector abarcan un período de más de cuatro décadas en el cual se advierte la situación de partida, al momento de la ejecución de las obras y del inicio, progreso y diversificación de las prácticas agrícolas.

### Conclusiones

La zona de estudio constituye una muestra de las posibilidades de frenar el avance de procesos agudos de degradación y pérdida de tierras por erosión en un ambiente muy frágil y profundamente disturbado. La organización de la comunidad rural ha permitido afrontar el problema mediante acciones eficientes y sostenidas. A partir de asumirse el problema como sistémico, a nivel de cuencas, se han obtenido resultados positivos, apoyando los productores un plan diseñado por especialistas y sellado con intervenciones civiles específicas.

Queda en evidencia un proceso progresivo de estabilización de los suelos que ha conducido a su preservación y un adecuado manejo de los excedentes hídricos, constatándose mejoras crecientes con el monitoreo de la situación durante un prolongado lapso.

La obra civil complementaria ha resguardado de la integridad de los campos aguas abajo. Su eficacia en la dosificación del agua superficial almacenada en situaciones pico muestra que se ha favorecido la infiltración y que no se han superado los caudales máximos de receptividad aguas abajo.

El estudio permite advertir la eficacia de la organización de los productores en torno de iniciativas de conservación planificadas y en consonancia con la vulnerabilidad del medio. La experiencia muestra además la importancia del monitoreo prolongado del manejo del suelo mediante el empleo de imágenes de sensores remotos.

### Bibliografía

Abril, E.G., 2013. Análisis geomorfológico del pie de la Sierra Chica de Córdoba: El abanico aluvial oriental y su proyección hacia la llanura central de Argentina (en preparación).

Abbona P.V., R.J. Rocca, R.E. Terzariol, E.G. Abril y J.C. Colomer, 2012. Comportamiento a largo plazo de una cárcava estabilizada en suelos loessicos. Simposio ASAGAI. Carlos Paz.

Abbona, P.V., R.E. Terzariol, R.J. Rocca y E.R. Redolfi, 1989. El uso de suelo cemento plástico en presas de retardo para control de erosión. ASAGAI, Vol IV: 111-120.

Arquello, G. L. , C.M. Dasso y J.A. Sanabria, 2006. Effects of intense rainfalls and their recurrence: Case study in Corralito ravine, Cordoba Province, Argentina. Quat. International 158: 140-146.

Dirección General de Catastro de la Provincia de Córdoba, 2000. Aerofotografía

pancromática escala 1:20.000.

García, R., 1994. Interdisciplinariedad y sistemas complejos. Leff, E. (comp.), "Ciencias Sociales y Formación Ambiental", Ed. Gedisa, UNAM, 1994, Barcelona, España. Disp. Internet en <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/aea/descargas/garcia01.pdf>

Google, 2012-2014. Registro multitemporal de escenas Geo Eye. Google Earth.

NRCS, 2007. Gullies and their control en Stream Resoration Design Handbook. TS 14 P.

Piest, R.F. J.M. Bradford y G.M. Wyatt, 1975. Soil erosion and sediment transport from gullies. J. Hydraulic Div. ASCE Vol 101: 65-80

Rolloff, G., J.M. Bradford & C.L. Scrivner, 1981. Gully development in the deep loess hill region of Central Missouri. Soil Sciences Soc. Am. J. Vol 45:119-123

SRNDS, 1999. Eco-Regiones de la Argentina. Secretaría de Recursos Nat. y Desarrollo Sustentable. Buenos Aires. 42 p.

Suriano, J.M. y L.H. Ferpozzi, 1993. Inundaciones y sequías en la historia pampeana. Rev. de la Sociedad Rural de Jesús María, 77:20-24.

Terzariol, R., 2011. Daños en el canal "Los Molinos - Córdoba" atravesando suelos colapsables de Argentina. 2º. Encuentro Latino de Profesores de Geotecnia. Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 12(1) . Disp. En Internet en: <http://academic.uprm.edu/laccei/index.php/RIDNAIC/article/viewFile/344/355>.

U.S. Natural Resources Conservation Service (NRCS), 2000. Conservation buffers to reduce pesticide losses.

Woodstock Conservation Commission, 2000. Buffers strips common sense conservation. Town of Woodstock, CT. Retrieved 2009-05-24.

Xu, X., H. Zhang, S. Feng, Z. Dong y Z. Gan, 2002. Check -dam system in gullies- The most effective measure to conserve soil and water in Chinese loess plateau. 12 ISCO Conference. Beijing. Vol 1:503-509.