

REALIZAN ESTUDIO SOBRE LA EFICIENCIA DE RETENCIÓN DE AGUA EN OBRAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO

34,5 millones de hectáreas de Chile están afectadas por algún grado de erosión, y 47,3% millones de hectáreas se encuentran en proceso de desertificación, es decir un 45,5% y 62% respectivamente de la superficie de nuestro país. Por ello resulta importante combatir estos procesos por medio de obras de conservación de suelos e introducción de especies vegetales adecuadas.

Por Koen Verbist¹
Mauricio Lemus Vera²

La erosión de los suelos afecta en forma directa o indirecta la economía de una nación, como consecuencia de la pérdida de producción de las tierras afectadas, ello ocurre no sólo por las especies que dejan de cultivarse, sino por el encarecimiento en el mantenimiento de estos terrenos con fertilizantes para no reducir ciertos umbrales, lo que implicaría el empobrecimiento de los suelos, en tanto los procesos de desertificación generan múltiple y graves efectos como “el deterioro del balance hídrico, el desplazamiento de la cobertura vegetal, su pérdida de productividad y de capacidad colonizadora, el predominio de la escorrentía superficial, el incremento de la erosión hídrica y eólica, así como la sedimentación local, la salinización de los suelos y la pérdida de población y de sus valores socioculturales por incapacidad del territorio para sostener a la población preexistente (TRAGSA, 2003).

La erosión es un grave problema que afecta a nuestro país, según IREN-CORFO (1979) 34,5 millones de hectáreas están afectadas por algún grado de erosión, es decir un 45,5% de la superficie del país, en tanto se estima que el 62% del territorio nacional presenta fenómenos de desertificación, lo que corresponde a 47,3 millones de hectáreas (PANCD, 2002). La gravedad de estos procesos refuerzan la necesidad de combatirlos con el desarrollo de obras de conservación de suelo, según Verbist *et al.* (submitted) éstas son tecnologías diseñadas para mejorar el ambiente de los cultivos, la sustentabilidad y la productividad, minimizando los riegos ante los cambios climáticos, especialmente bajo condiciones impredecibles del medio ambiente, adicionalmente este tipo de obras, que recogen e infiltran la escorrentía (sistematización primaria), mejoran las condiciones de humedad del suelo y posibilitan el desarrollo de la vegetación, ello permite invertir el temido proceso de desertificación por aridez edáfica, es decir, se genera un proceso de *oasificación*, en términos simples significa que se revierte el proceso de degradación hídrica, edáfica y botánica que padece una ladera,

¹ Department of Soil Management and Soil Care, Ghent University; Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe UNESCO, CAZALAC (Koen.Verbist@UGent.be).

² Encargado de Estudios, Convenio Ambiental CONAF VI Región - El Teniente (mauricio.lemus@conaf.cl).

mediante una correcta preparación del suelo e introduciendo las especies vegetales adecuadas (Martínez de Azagra, 1999 y 2002)

INSTRUMENTOS LEGALES

Cuando se crea la Ley de Fomento Forestal (D.L. 701) su principal objetivo era incentivar las plantaciones forestales en suelos de baja productividad, pero en 1998 se aprueba una modificación a esa ley que pone énfasis en la participación de los pequeños propietarios y la protección de los suelos, mediante la bonificación de actividades de recuperación de suelos degradados y forestación de ellos. Hasta el año 2007 la superficie bonificada por la realización de obras de conservación de suelo abarcaba 150.631 Ha. Cabe destacar que hasta ese año las bonificaciones alcanzaban una inversión del Estado de U\$ 153.818.430,5 (CONAF, 2008³), siendo las zanjas de infiltración, canales de desviación y microterrazas forestales, las obras que en mayor medida han sido bonificadas.

Diseño de obras

La normativa actual fija normas técnicas mínimas (CONAF DL 701, SAG DFL 235) para el diseño de obras de recuperación de suelos degradados susceptibles de bonificar, pero debido a la heterogeneidad de las condiciones ambientales y de relieve donde se realizan estas obras es necesario realizar un correcto diseño, Pizarro *et al.* (2003) señalan que deben considerarse aspectos ligados a la ingeniería hidrológica y de suelos en el diseño de las obras, ya que los procesos erosivos están determinados por el comportamiento de las precipitaciones, por la intensidad y por la proporción de escorrentía superficial que se genera en un suelo como producto del proceso de precipitación - escorrentía.

Estos cálculos son tanto más necesarios cuando: más degradada esté la zona, exista mayor riesgo de desertificación, más espaciada sea la repoblación, más grandes sean las unidades sistematizadas y más agua deban concentrar y acumular los microembalses (Martínez de Azagra y Lemus 2005). En este contexto se han desarrollado diversas experiencias orientadas al desarrollo de metodologías e instrumentos como software de apoyo para el diseño de zanjas de infiltración y canales de desviación, el programa MAUCO (Lemus y Navarro, 2003) el simulador EIAS (Pizarro *et al.*, 2004). Cabe rescatar modelos antiguos, como el pionero MODIPÉ (Martínez de Azagra, 1996), que permite el diseño de muchos sistemas de recolección de aguas utilizados en repoblación forestal (microcuencas, acaballonados, aterrazados y subsolados, según la terminología forestal española⁴).

³ Estadística Bonificaciones D.L.701 CONAF

⁴ De esta lista conviene reparar en un detalle significativo: en la Vieja Europa no suelen contemplar la alternativa de las zanjas de infiltración, al no disponer de suelos profundos, después de milenios de desertificación.

Efecto sobre plantaciones

Estas técnicas además de tener un efecto positivo sobre la disminución de la erosión y revertir el proceso de desertificación tienen un efecto positivo sobre el desarrollo de las plantaciones. Mourgues (1998) señala que las zanjas de infiltración demostraron ser un método muy barato de control de erosión, de cosecha de agua y un extraordinario complemento a las plantaciones forestales, numerosos estudios corroboran los beneficios de la implementación de zanjas de infiltración en cuanto al establecimiento y crecimiento de las plantaciones forestales en zonas semiáridas (Pizarro *et al.*, 2005)

Si bien se conoce el efecto de las zanjas de infiltración sobre la disminución de la erosión y el beneficio en el desarrollo de las plantaciones es necesario determinar el comportamiento de la humedad y la efectividad del uso de prácticas de conservación y preparación de suelos asociado con plantaciones forestales, y de este modo, poder establecer los beneficios relacionados con la captación de aguas lluvias y mejorar su ejecución.

ESTUDIOS DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA

Esfuerzos particulares se han desarrollado para cuantificar el efecto de la cosecha de agua proveniente de la escorrentía superficial, entre ellas podemos destacar aquellas desarrolladas por CONAF Región de O'Higgins y CAZALAC.

CONAF REGIÓN DE O'HIGGINS: A través de distintos ensayos se busca aportar antecedentes técnicos que permitan un uso eficiente de las aguas lluvias. Para ello se desarrollaron módulos de carácter experimental en dos sitios edafoclimáticos distintos del secano interior de la Provincia de Colchagua, Secano Norte-Sector La Gloria, Comuna de Pumanque y Secano Sur-Sector Ranguili, Comuna de Lolol.

El diseño del estudio consideró la instalación de 24 sensores de medición de tensión de humedad, en distintas preparaciones de suelo: testigo (2 sensores), barbecho (2 sensores), microterrazza (2 sensores), y zanjas de infiltración (6 sensores), en cada uno de los módulos experimentales, sector secano norte y sector secano sur, es decir, 12 sensores por módulo. En las distintas condiciones de preparación de suelo y/o sistema de captación de aguas lluvias se instalaron sensores de humedad a 0,3 y 0,6 metros de profundidad. Además, en las zanjas de infiltración, se enterraron tres pares de sensores a 0,6; 3,0 y 5,0 metros de distancia del talud inferior de la zanja se construyeron curvas de tensión de humedad bajo distintas condiciones de preparación de suelo y su relación con la disponibilidad hídrica del suelo, para el establecimiento y desarrollo de plantaciones forestales. Determinándose que en condiciones de aridez y de suelos severamente degradados por procesos erosivos, el desarrollo de obras de conservación de suelo mantiene la humedad disponible en el suelo, por un periodo de tiempo sustancialmente más largo que en un suelo sin tratar, siendo éste el punto más importante y benéfico de las preparaciones de suelo en sitios

forestales, como lo demuestra el análisis de los indicadores de tensión de humedad. (Navarro *et al.*, 2006).

CAZALAC: Experiencias Desarrolladas en LAS CARDAS – Región de Coquimbo (Figura 1)

En la Comuna de Las Cardas se instaló en 2006 un campo experimental con el objetivo de evaluar el efecto de un sistema de zanjales de infiltración sobre la erosión y la disponibilidad hídrica. El campo se dividió en 4 parcelas, aplicando zanjales en dos de ellas, y captando la escorrentía y el sedimento asociado aguas abajo mediante un sistema automático de registro con resolución de 15 minutos. Además, se instaló un sistema de medición de humedad de suelo TDR en cada uno de los terrenos, que permitió registrar la disponibilidad de agua en 46 puntos continuamente. Un pluviómetro completó el equipo de mediciones para cuantificar la cantidad de lluvia caída sobre el campo experimental (Figura 2).



Figura 1 : Modulo Las Cardas

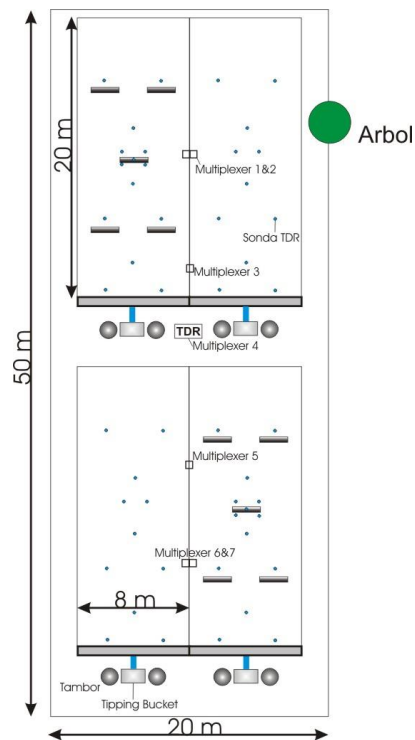


Figura 2. Esquema Campo experimental sector Las Cardas

Los resultados obtenidos indican que las zanjias cumplen el rol esperado. En primer instancia, se notó una reducción de la escorrentía proveniente de la parcela donde se instalaron las zanjias (Figura 3). Esto implica que se frena la velocidad del flujo y disminuye el efecto erosivo de la escorrentía. En la Figura 4 se observa que la pérdida de suelo se reduce en la parcela donde se aplicaron zanjias de infiltración, especialmente durante la primera lluvia del año, cuando el suelo está muy vulnerable a la erosión hídrica. Sin embargo es notable que no se elimine la erosión completamente.

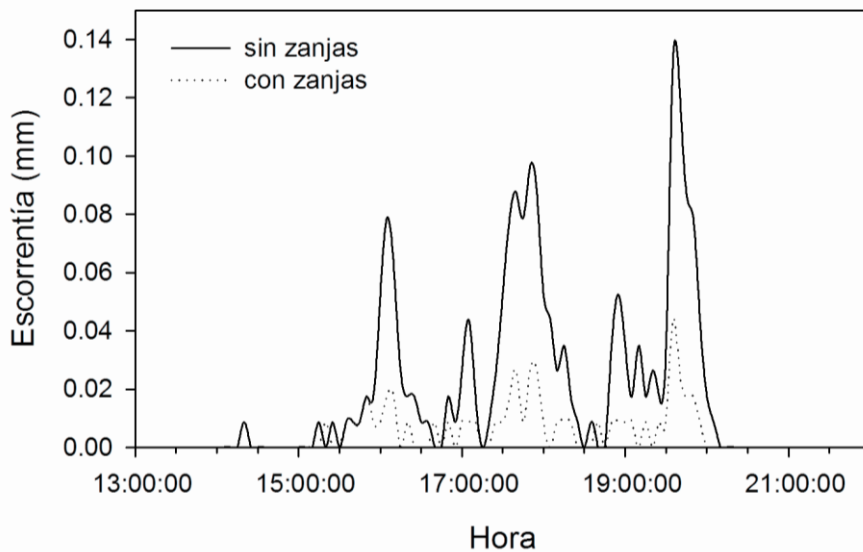


Figura 3. Valores de Escorrentía superficial en sectores con y sin zanjias de infiltración

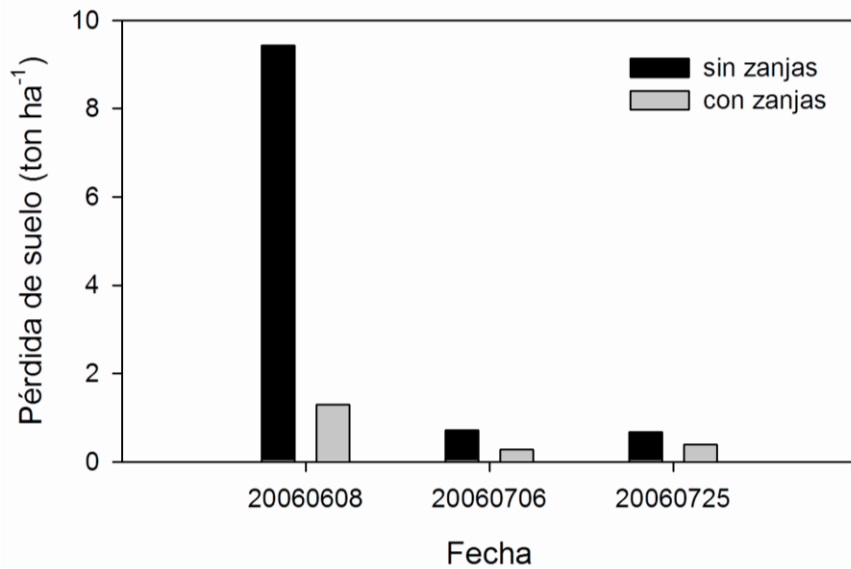


Figura 4. Valores de pérdida de suelo en sectores con y sin zanjas de infiltración

El efecto de la zanja, específicamente, se puede observar cuando se sigue la humedad del suelo durante y después una lluvia. El área contribuyente o impluvio genera una escorrentía es colectada por la zanja y que a su vez infiltra en el suelo. En la figura 5 se muestra un perfil típico de la humedad de suelo como fue registrado una hora después de la lluvia, indicando una infiltración mínima en el impluvio, pero acumulación de humedad en la zona por debajo del fondo de la zanja. Debido a la mayor profundidad, esta zona húmeda es menos afectada por la evaporación y queda disponible más tiempo para el crecimiento de las plantas. Además indica que una mayor tasa de escorrentía es infiltrada, reduciendo la acumulación de agua más abajo, evitando así problemas de erosión hídrica. Sin embargo, la zanja de infiltración solamente puede cumplir su rol en la conservación de suelo, cuando está óptimamente diseñada, dando particular importancia a las condiciones locales (pendiente, tipo de suelo y régimen hídrico).

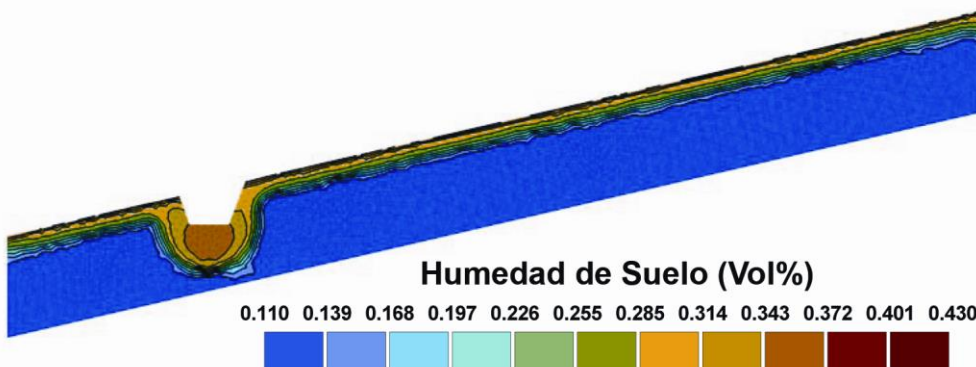


Figura 5: Perfil típico de humedad de suelo registrado una hora después de la lluvia

CONVENIO DE ESTUDIOS

CAZALAC ha desarrollado una línea de investigación denominada “Evaluación del riesgo de erosión de los suelos en terrenos representativos de las zonas áridas mediterráneas”, que incorpora una serie de estudios sobre determinación y cuantificación de procesos erosivos, escorrentía superficial, estimaciones de capacidad de infiltración y demás parámetros físicos de los suelos, con vista a establecer modelos de erosión, escorrentía y mejorar la información general para el establecimiento de prácticas de conservación de suelos. Por su parte, la Corporación Nacional Forestal con el apoyo de CODELCO, a través del Convenio Ambiental CONAF – EL TENIENTE, ha estado desarrollando estudios en la línea de rehabilitar área degradadas, como aquellas sometidos a fuertes procesos erosivos. Por ello, este año se firmaron acuerdos bilaterales para sumar esfuerzos en estudios de eficiencia en retención de agua a través de obras de conservación de suelo.

A través de ellos se pretende complementar y profundizar el conocimiento del efecto de las obras de captación de lluvia sobre el balance hídrico del suelo (la disponibilidad de agua para plantas y árboles) y evaluar sus efectos en términos de reducción de erosión. Los objetivos específicos son:

- 1.- Identificar las influencias externas sobre las técnicas.
- 2.- Evaluar la eficiencia de retención y redistribución de agua.
- 3.-Evaluar la eficiencia de retención de sedimentos y reducción de erosión.

Para alcanzar estos objetivos se instaló en marzo de 2008 en la Hacienda Loncha perteneciente a CODELCO, un módulo de investigación en zanjas de infiltración con dimensiones de 2 m (ancho) y con un área impluvio de 5 metros. En un costado de la zanja, se efectuó un corte para instalar 22 sondas ‘TDR’ para medir la humedad en el suelo en forma continua. Estas sondas están conectadas a un sistema de registro, que permite realizar las mediciones a intervalos de 15 minutos y que almacena los datos para su posterior grabación, se incluye un pluviómetro para registrar la lluvia caída en el impluvio. (**Figura 6**)

Como apoyo al desarrollo de éstos estudios y como parte de los acuerdos bilaterales de cooperación, durante los meses de agosto y septiembre dos estudiantes la Universidad Central de Venezuela y dos estudiantes de la Universidad de Gante (Bélgica), desarrollaron una serie de mediciones en cada uno de los módulos instalados (La Gloria LOLOL, Ranguili PUMANQUE, Hda. Loncha Alhue. (**Figura 6**)



En Loncha se evalúa la retención de agua registrada en la temporada húmeda en 2008 (abril-agosto) y tuvo como objetivo del estudio procesar las observaciones y modelar el proceso para tener respuesta a las preguntas: “Cuanta más agua disponible retiene la zanja de infiltración para las plantaciones con respecto a una situación sin la técnica”.

En los módulos ubicados en el secano interior de la provincia de Colchagua se reevalúa el crecimiento y se obtienen los parámetros físicos de suelo (textura, retención del agua, infiltración) para cuantificar el efecto zanja mediante modelos. A través de los cuales se espera:

- 1.- Comparar diferentes técnicas.
- 2.- Comparar diferentes condiciones (suelo/clima).
- 3.- Comparar efecto de las técnicas sobre diferentes especies forestales.

A través de estos estudios se espera ir generando valiosos antecedentes del efecto de las obras de conservación de suelo (que recogen e infiltran la escorrentía superficial) sobre el balance hídrico del suelo (en especial sobre la disponibilidad de agua para plantas y árboles) y evaluar sus efectos en términos de reducción de erosión y sobre la productividad de los sitios, antecedentes que permiten ir mejorando la aplicación de éstas obras y de la ley, y de ésta forma revertir estos graves procesos que deterioran el ambiente y la calidad de vida.

REFERENCIAS

IREN – CORFO. 1979. Fragilidad de los ecosistemas naturales de Chile. Informe N° 40.

NAVARRO, G. 2006. Curvas de tensión de humedad e indicadores biológicos (pinus radiata y eucalyptus globulus), en relación a la disponibilidad hídrica en

suelos de aptitud forestal, secano interior, VI REGIÓN DE CHILE. CONAF. San Fernando. Chile.

LEMUS, M. Y NAVARRO, G. 2003. Manual para el desarrollo de obras de conservación de suelo. Canal de desviación. Sistema de zanja de infiltración. CONAF. San Fernando. Chile.

MARTÍNEZ DE AZAGRA, A. 1996. Diseño de sistemas de recolección de agua para la repoblación forestal. Mundi-Prensa. Madrid. España.

MARTÍNEZ DE AZAGRA, A. 1999. El modelo hidrológico MODIPÉ. Montes 55: 77–82.

MARTÍNEZ DE AZAGRA, A. 2002. Principles for designing endorheic microcatchments. En: J.L. Rubio, R.P.C. Morgan, S. Asins & V. Andreu (eds.). Third International Congress 2000. Man and Soil at the Third Millennium; tomo I: 507–520. Valencia. España.

MARTÍNEZ DE AZAGRA, A. y LEMUS, M. 2005. Oasificación: Solución Forestal para la Desertificación. Revista Chile Forestal 319: 26-29

MOURGUES, V. 1998. Zanjias de Infiltración. Revista Chile Forestal. 259: 28-29.

PANCD – CHILE. 2002. Informe Nacional. Implementación en Chile de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación. Santiago. Chile.

PIZARRO, R.; FLORES, J.; SANGÜESA, C.; MARTÍNEZ ARAYA, E. 2004. Zanjias de infiltración. Proyecto FDI-CORFO-EIAS. Univeridad de Talca. Chile.

PIZARRO, R.; FLORES, J.; SANGÜESA, C. y MARTÍNEZ, E. 2005. Elementos de Ingeniería. Proyecto FDI – CORFO – EIAS. Univeridad de Talca. Chile.

VERBIST, K.; CORNELIS, W.; GABRIELS, D.; ALAERTS, K.; GONZÁLEZ, E. AND SOTO, G. Submitted. Using an inverse modelling approach to evaluate the water retention in a simple water harvesting technique.

TRAGSA. 2003. La Ingeniería en los Procesos de Desertificación. TRAGSA y MundiPrensa. Madrid. España.