

Manual N° 54

Agroforestería en Secano del Norte de Chile

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS AGROFORESTALES DE SECANO EN OBRAS DE CONSERVACIÓN DE AGUA Y SUELOS REGIÓN DE COQUIMBO



Manual N°54

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS AGROFORESTALES DE SECANO EN OBRAS DE CONSERVACIÓN DE AGUA Y SUELOS REGIÓN DE COQUIMBO

Código Iniciativa PYT-2016-0071

Sandra Gacitúa¹; Marlene González; José Hernández; Enrique Villalobos
y Jaime Montenegro.

INSTITUTO FORESTAL
2020

¹ Investigadores Instituto Forestal, Chile: sgacitua@infor.cl



Instituto Forestal
Sucre 2397 Ñuñoa, Santiago
Chile
F. 223667115
www.infor.cl

La presente publicación presenta los resultados del proyecto “Modelos Agroforestales para la Diversificación de las Opciones Productivas de Pequeños Propietarios del Secano de la Región de Coquimbo” PYT-2016-0071, ejecutado por el Instituto Forestal (INFOR) durante los años 2016-2020 con el apoyo de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) en colaboración con Comunidades Agrícolas, MUCECH, INDAP y CONAF.
La Serena, Chile. 2020

ISBN N° 978-956-328-246-7

Registro Propiedad Intelectual N° A-3314

Instituto Forestal - Fundación para la Innovación Agraria

Autores: Sandra Gacitúa; Marlene González; José Hernández, Enrique Villalobos y Jaime Montenegro.

Revisión y edición técnica: Santiago Barros (INFOR) y Wanda García (FIA).

Diseño gráfico: Sebastián Nuñez

Fotografías: INFOR

Se autoriza la reproducción parcial de esta publicación siempre y cuando se efectúe la cita correspondiente:

Gacitúa, Sandra; González, Marlene; Hernández, José; Villalobos, Enrique y Jaime, Montenegro. 2020. Diseño e implementación de modelos agroforestales de secano en obras de conservación de agua y suelos. Región de Coquimbo. Instituto Forestal, Chile. Manual N° 54. P. 37

INDICE

PRÓLOGO	7
INTRODUCCIÓN	9
OBJETIVOS	10
ANTECEDENTES AGROCLIMÁTICOS	11
CUENCAS DE LA REGIÓN DE COQUIMBO	12
EROSIÓN DE SUELOS	13
MODELOS O SISTEMAS AGROFORESTALES	14
OBRAS DE CONSERVACIÓN DE AGUA Y SUELO (OCAS)	17
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE CONSERVACIÓN DE AGUA Y SUELO (OCAS)	18
Selección, Distribución y Densidad de OCAS	18
Trazado de Curvas a Nivel	20
Zanjas de Infiltración	21
Surco en Media Luna	22
Limanos	24
Muretes de Contención	26
PLANTACIÓN DE ESPECIES AGROFORESTALES EN OCAS	28
COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE OCAS	34
REFERENCIAS	37

PRÓLOGO

Actualmente existen grandes desafíos de innovación para el sector silvoagropecuario, que permita mejorar o reconvertir las opciones productivas para la agricultura familiar campesina (AFC), en particular para las zonas del secano de Norte de Chile y bajo el actual escenario de calentamiento global y cambio climático.

Estos desafíos han sido abordados en el desarrollo del proyecto Modelos Agroforestales para la Diversificación de las Opciones Productivas de Pequeños Propietarios del Secano de la Región de Coquimbo (código PYT-2016-0071), ejecutado por el Instituto Forestal (INFOR) entre los años 2016-2020 con el apoyo de la Fundación de Innovación Agraria (FIA).

El proyecto se enfoca en materializar un paquete tecnológico de modelos agroforestales, asociados con obras de conservación de agua y suelo (OCAS) para la captación de aguas lluvia incorporando opciones productivas, como especies frutales, forrajeras, forestales y medicinales, y priorizando el rescate de aquellas calificadas como valiosas para el patrimonio rural del área donde se los ha propuesto.

Con el objeto de difundir y masificar el uso de ambas herramientas tecnológicas, modelos agroforestales y OCAS, para la sustentabilidad productiva en el secano, de los diferentes actores, principalmente pequeños agricultores y comunidades agrícolas, el presente manual describe el diseño, implementación y costos para establecer modelos agroforestales incorporando opciones productivas con diferentes especies arbóreas forestales y frutales multipropósito, de bajos requerimientos hídricos, en diferentes tipos de OCAS, como zanjas de infiltración, surco en media luna y limanes

Lo anterior según la experiencia obtenida de la ejecución del proyecto y los aportes de los asociados del proyecto que son el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Movimiento Unitario Campesino y Etnias de Chile (MUCECH) y grupos locales, como las Comunidades Agrícolas Tunga Norte, Yerba Loca, Flores y Saavedra, Carquindaño y Quitallaco, todas de la Región de Coquimbo.

INTRODUCCION

La erosión de los suelos en Chile constituye en la actualidad uno de los problemas ambientales más significativos para el sector silvoagropecuario, especialmente porque el recurso suelo no es renovable a escala humana, siendo altamente vulnerable a acciones antrópicas y a condiciones de variabilidad climática y cambio climático global. Sumado a ello, se deben considerar las importantes exigencias ambientales de los mercados internacionales en la producción de recursos naturales y los actuales desafíos del país en el campo del manejo sustentable, sujeto a la Convención Internacional de Lucha contra la Desertificación de las Naciones Unidas (Flores *et al.*, 2010).

En las zonas de secano de la región de Coquimbo, la disponibilidad de agua es el factor más limitante en el establecimiento y desarrollo de cualquier especie vegetal, particularmente para el establecimiento de pasturas, plantaciones de arbustos forrajeros y recursos forestales diversos. Desde el punto de vista de los recursos hídricos este territorio presenta un problema de estacionalidad donde la oferta de agua ocurre en el invierno, momento que no corresponde con la demanda que es durante primavera-verano, situación que además se ha visto muy acentuada por la prolongada sequía a la cual se ha visto expuesta la región en la última década.

El suelo, por su alto nivel de degradación y escasa permeabilidad, no permite la acumulación de agua para que esté disponible durante el verano. Toma fuerza así la idea acumular el agua, o aprovechar el máximo posible mediante diversos tipos de captación. Toda práctica que mejore la infiltración en esos terrenos, aumenta la posibilidad de producir mayor cobertura vegetal y por tanto rendimientos más altos en prácticas silvoagropecuarias. Para identificar prácticas de adaptación adecuadas a un determinado territorio, es necesario establecer previamente los grupos de actores involucrados, definidos por características similares desde el punto de vista del uso de la tierra, el sistema de producción, la etnia, la cultura, el territorio donde hacen agricultura y las cadenas productivas a las que pertenecen. Esta etapa, facilita el análisis de la adaptación, por cuanto en general ellos tendrán similares amenazas, impactos y atributos de viabilidad frente a las acciones propuestas.

OBJETIVOS

Los objetivos del proyecto han sido los siguientes:

Diseñar y establecer modelos agroforestales con diferentes especies arbóreas forestales y frutales multipropósito de bajo requerimiento hídrico en obras de conservación de suelo en el secano.

Evaluar el efecto de las variables edafoclimáticas en la supervivencia, tasa de crecimiento y desarrollo de los diferentes modelos agroforestales y su relación con la disponibilidad del contenido hídrico.

Diseñar e implementar una estrategia de transferencia tecnológica orientada a comunidades agrícolas y profesionales públicos y privados del sector silvoagropecuario de la región de Coquimbo, para la promoción de los modelos diseñados, objetivo del cual es parte el presente manual.

ANTECEDENTES AGROCLIMÁTICOS

La región de Coquimbo se ubica entre los 29° 02' y 32° 16' de latitud sur y desde los 69° 49' de longitud oeste hasta el océano Pacífico. Posee un paisaje predominantemente árido interrumpido por los valles transversales de cordillera a mar. Según el Instituto Geográfico Militar la superficie regional alcanza los 40.579,9 km² cuadrados (4,06 MM ha).

La región se sitúa en la sección meridional del extremo norte del país, tradicionalmente conocido como la macrozona Norte Chico. Esta región presenta el ancho mínimo del territorio chileno americano, de 90 km, en los 31° 37'S, medidos entre el paso de la Casa de Piedra y Punta Amolanas (Flores *et al*, 2012a).

Es una zona de transición climática, por sus condiciones de aridez propias del desierto y la abundante humedad y vegetación que se presentan más al sur. Así es como, durante el invierno existen precipitaciones que, si bien son escasas, permiten la mantención y el desarrollo de nuevas asociaciones vegetales y la existencia de una agricultura de gran importancia económica para la región (BCN, 2020).

Se pueden diferenciar 2 tipos de climas desérticos; Costero con Nubosidad Abundante y Transicional; y 3 tipos esteparios; Estepa con Nubosidad Abundante, Estepa Templada Marginal (Interior) y Estepa Fría de Montaña. El Clima de Estepa con nubosidad abundante, típico de la costa, con oscilaciones térmicas bajas y con neblina que desaparece al mediodía. Debido a que la nubosidad costera penetra al interior de la zona, permite la aparición de vegetación y de bosques relictos como los altos de Talinay y Fray Jorge.

Según Flores *et al* (2012b) el clima costero se presenta con nubosidad abundante manifestando frecuentes nieblas y lloviznas que tienden a disiparse al mediodía (alta humedad relativa). La cercanía del mar produce amplitudes térmicas bajas. Esta amplitud (diferencia media del mes más cálido y el más frío) en La Serena es de 6,8 °C anuales y 8 °C diarios (diferencia media entre las máximas y las mínimas).

Las precipitaciones aumentan hacia el sur y con la altitud, presentándose especialmente en invierno; entre los meses de junio y agosto se concentra el 80% del total de la precipitación anual.

En La Serena precipitan 78 mm anuales, en el Tanguo 107 mm, 163 mm en Puerto Oscuro y más de 270 en Quilimarí. Hacia el interior de la región el clima de estepa con gran sequedad atmosférica se caracteriza por baja humedad relativa, temperaturas elevadas durante el día y cielos despejados (amplitud térmica diaria del orden de 18 a 20° C.)

En la cordillera del sector norte de la región, por sobre los 2.500 msnm, la temperatura media anual es de 13° C y las temperaturas medias de invierno son cercanas a 0° C, con precipitaciones de nieve, las que se acumulan en la cordillera y posteriormente alimentan el caudal de los ríos, los cuales presentan importantes crecidas a comienzos de verano.

En el interior del sector sur de la región, sobre los 2.000 msnm (zona cordillerana), las precipitaciones son un poco más abundantes, con precipitación cercana a 400 mm y con bastante nieve en el invierno.

CUENCAS DE LA REGIÓN DE COQUIMBO

Una cuenca o microcuenca es un área geográfica cuyas aguas superficiales y subterráneas drenan o vierten a una red hidrográfica común y finalmente hacia un curso mayor o principal que desemboca en el mar o lago (Aguayo *et al.*, 2014), y son de gran importancia, ya que son el espacio geográfico donde interacciona el hombre con el ambiente (Figura N° 1). La cuenca representa un marco apropiado para la planeación y aplicación de medidas destinadas a corregir impactos ambientales generados por un uso desordenado de los recursos naturales y donde se facilita la gestión ambiental. La región de Coquimbo posee tres importantes cuencas o sistemas hidrográficos, formados de norte a sur por los ríos Elqui, Limarí y Choapa, todos ellos nacen en la Cordillera de Los Andes y desembocan en el mar.

A 815 msnm, en la Cordillera de Los Andes, nace el río Elqui, que posee una hoya hidrográfica de 9.825 km², un gasto medio de 15m³/s y un régimen de alimentación mixta. Sus principales tributarios, en época de deshielo, son los ríos Turbio y Claro. La utilización de sus aguas es principalmente el regadío del valle del Elqui y el consumo humano de las ciudades de La Serena, Coquimbo y Vicuña (BCN, 2020).

En la parte central de la región, también en la Cordillera de Los Andes, nace el río Limarí que posee numerosos tributarios dentro de los cuales están los ríos Hurtado, Grande y Guatulame. Posee una hoya hidrográfica de 11.927 km², con un gasto medio de 25m³/s. Destacan en su estructura la regulación de sus aguas por los embalses Recoleta, La Paloma y Cogotí. Estas se utilizan para el riego de los cultivos que se desarrollan en los valles y en la producción de hidroenergía en la central Los Molles (BCN, 2020), además del consumo humano en ciudades como Ovalle y Monte Patria.

Hacia el sur de la región se encuentra ubicado el río Choapa, que tiene su nacimiento aproximadamente a 1.000 msnm en la Cordillera de Los Andes. Presenta una hoya hidrográfica de 8.239 km² con un caudal medio de 30m³/s y con un régimen de alimentación mixta. Los ríos Tocornal e Illapel son sus principales tributarios (BCN, 2020).



(Imagen: INFOR)

FIGURA N°1
CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CHOAPA SECTOR SECANO ILTA
TUNGA NORTE 2018

EROSIÓN DE SUELOS

El concepto de erosión edáfica se conoce como el desprendimiento y arrastre del suelo y fragmentos de roca por acción de algún agente (agua, viento, hielo o gravedad). No todo el suelo erosionado es producto de la acción humana. La mayor parte de la erosión de los suelos del Norte de Chile se debe a causas naturales, en la Cordillera de los Andes, fenómenos geológicos o naturales se constituyen como las principales causales de pérdidas de suelo.

Las condiciones edafoclimáticas, la topografía abrupta de montaña y lomajes, suelos altamente erodables, vegetación semiárida y alta agresividad de las precipitaciones (5,8 a 8,9 mm/h), favorecen los procesos erosivos hídricos. Mientras que en el valle agrícola los procesos erosivos se manifiestan por malas técnicas de riego y crecidas aluvionales (Flores *et al.*, 2012b).

En la región de Coquimbo existe una superficie actual de suelos erosionados (clasificados en categorías de erosión ligera, moderada, severa y muy severa) de 3,4 millones de hectáreas, lo que representa el 84,6% de la superficie regional. Sin embargo, parte de esta superficie, en especial hacia la Cordillera de los Andes, ha sido afectada durante milenios por procesos de erosión de tipo geológico (Flores *et al.*, 2012b; Morales *et al.*, 2016, CIREN, 2010).

Las comunas con mayor proporción de suelos erosionados bajo alguna de sus categorías son Canela (93,8%), la Higuera (94,8%) y Punitaqui (93,8%). El mayor número de hectáreas clasificadas bajo las categorías de erosión "severa" y "muy severa" se presenta en las comunas de Vicuña y la Higuera, las que en conjunto presentan una superficie de 769.000 hectáreas bajo alguna de estas dos categorías, cifra equivalente al 20% del total de suelos erosionados (clasificados bajo cualquiera de sus clases) en la región (Flores *et al.*, 2012b Morales *et al.*, 2016, CIREN, 2010).

El riesgo de erosión es potencialmente alto producto de la acción humana, los indicadores de agresividad climática y la geomorforología de cuencas que afecta significativamente las características de escorrentía.

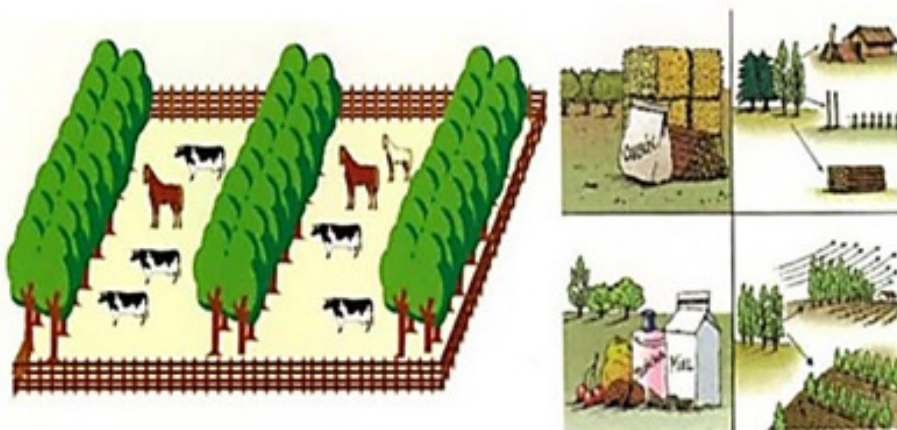
Esto se refleja en el índice de desertificación de la región, que alcanza un valor de 84% de la superficie regional con desertificación muy severa (Morales *et al.*, 2016).

La vegetación predominante, estepa arbustiva abierta, ofrece una leve protección del suelo. Las cifras indican que 3,1 millones de hectáreas tendrían una clase de riesgo actual entre moderada y muy severa (76,5%).

La región presenta erosión con características de tipo hídrica, eólica y la formación de dunas litorales (Flores *et al.*, 2012b).

MODELOS O SISTEMAS AGROFORESTALES

El concepto de agroforestería, modelos o sistemas agroforestales, se refiere a esquemas y tecnologías de uso del suelo en los cuales las especies leñosas perennes, sean árboles o arbustos, se utilizan deliberadamente en el mismo sistema de manejo con cultivos agrícolas y/o producción animal, en alguna forma de arreglo espacial (Figura N° 2) o secuencia temporal (Sotomayor y Barros, 2016).



(Imagen: INFOR)

Figura N°
ESQUEMA CONCEPTUAL DE MODELOS O SISTEMAS AGROFORESTALES
CON ARREGLO ESPACIAL EN UN PREDIO

En los sistemas agroforestales existen interacciones tanto ecológicas como económicas entre los diferentes componentes y el propósito es lograr un sinergismo entre ellos, que conduzca a mejoras en el sistema completo, tales como productividad y sostenibilidad, además de diversos beneficios ambientales y sociales. Estos sistemas se orientan a permitir actividades productivas en condiciones de alta fragilidad, con recursos naturales degradados, con gestiones económicas eficientes y alterando al mínimo la estabilidad ecológica, lo cual contribuye a alcanzar la sostenibilidad de los sistemas de producción y, como consecuencia, mejorar el nivel de vida de la población rural.

Los usos de modelos agroforestales permiten optimizar la producción de la unidad predial a través de una producción diversificada en la que los árboles cumplen un rol fundamental, ya que pueden proveer muchos productos, tales como madera, alimento, forraje, leña, postes, materia orgánica, medicina, cosméticos, aceites y resinas, entre otros, además de protección a las otras componentes del sistema (Figura N° 3).



Diversificación de productos: cultivos agrícolas, animales, pradera, madera y productos forestales no madereros.

(Imagen: INFOR)

Figura N° 3

MODELOS O SISTEMAS AGROFORESTALES PARA LA DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA PREDIAL

Además, los árboles son proveedores importantes de servicios como seguridad alimentaria, conservación de suelos, aumento de la fertilidad del suelo, mejora del microclima, cercos vivos para los cultivos y árboles frutales, demarcación de límites, captura de carbono, estabilización de cuencas, protección de la biodiversidad, recuperación de tierras degradadas y control de malezas (ICRAF, 2000; Sotomayor y Barros, 2016).

Según la combinación de elementos que se utilicen, Sotomayor y Barros (2016) distinguen entre varios tipos de Modelos o sistemas agroforestales:

Sistema Silvopastoral: Combina árboles, praderas o forraje y producción de ganado en un mismo sitio. Los árboles se manejan para obtener madera, frutos y otros productos forestales no maderables, para proveer sombra y albergue al ganado, y protección a la pradera, permitiendo a su vez proveer de un ingreso a corto plazo y permanente derivado de la ganadería, siendo esta última, una actividad muy importante en la región de Coquimbo (Figura N° 4).



(Imagen: INFOR)

Ganado vacuno en bosques de algarrobo (*Prosopis chilensis*) Quilapilún, Región Metropolitana (izq) y ganado caprino en bosquetes de chañar (*Geoffroea decorticans*) El Tangué, Región de Coquimbo (der).

Figura N° 4

MODELOS O SISTEMAS AGROFORESTALES SILVOPASTORALES DE SECANO

Sistema Agrosilvicultural: Combinación deliberada de especies leñosas perennes (árboles, arbustos, palmas, bambú, etc.) con cultivos agrícolas, en la misma unidad de gestión, en alguna forma de distribución espacial (fajas, cultivos intercalados, otros) o secuencia cronológica (rotación de cultivos). Las componentes forestales debidamente seleccionadas pueden contribuir a la productividad y viabilidad de sistemas de explotación agrícola en tierras marginales aumentando la producción de materia orgánica, manteniendo la fertilidad del suelo, reduciendo la erosión, conservando aguas y creando un microclima más favorable para el conjunto formado por cultivos.

Sistema Agrosilvopastoral: En estos sistemas se combinan árboles y/o arbustos con cultivos agrícolas, y pastoreo en la misma unidad predial. Normalmente estos sistemas son secuenciales, ocupando previamente árboles y cultivos, para luego para alimentar animales. En zonas áridas y semiáridas, se requiere de árboles y/o arbustos de raíces profundas, adaptados a zonas de estrés hídrico, para obtener forraje, leña y materia orgánica, y como fuente de forraje en general durante los períodos de sequía, siendo recomendable la promoción de árboles y arbustos de usos múltiples.

Otros Sistemas: Con fines distintos a los productivos, de uso menos frecuente, pero relacionados con protección de otros recursos o de la comunidad, por ejemplo, plantación de árboles, arbustos y pastos, para protección de riberas de ríos, esteros y lagos, aislamiento de vertederos, atenuar ruido de carreteras en ciudades, mitigación del cambio climático u otros.

OBRAS DE CONSERVACIÓN DE AGUA Y SUELOS (OCAS)

La utilización de OCAS para cosecha de aguas lluvia en las zonas áridas y semiáridas destaca por su sencillez, en cuanto a su planificación y ejecución, constituyendo, además, un elemento esencial para la restauración del paisaje forestal.

Para llevar a cabo la implementación de modelos agroforestales con las técnicas de OCAS, se debe contemplar la elección del sitio, la delimitación del terreno, la ubicación y disposición de los colectores, junto con la adecuada elección de las especies vegetales a establecer (Figura N° 5).



(Imagen: INFOR).

Figura N°5

IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS AGROFORESTALES CON OBRAS DE CONSERVACIÓN DE AGUA Y SUELO (OCAS), SECTOR ILTA, COMUNA DE ILLAPEL, REGIÓN DE COQUIMBO, AÑO 2018

Para la implementación OCAS en el terreno está a disposición de los agricultores y propietarios, el Programa Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios (SIRDS) de INDAP y SAG, programa que busca recuperar el potencial productivo de los suelos agropecuarios degradados y mantener los niveles de mejoramiento alcanzados en los predios de la Agricultura Familiar Campesina.

INDAP financia hasta un 90% del costo total neto para la realización de labores destinadas a la recuperación de los suelos agropecuarios degradados y la mantención de los suelos agropecuarios ya recuperados, de acuerdo a la tabla de costos vigente del programa SIRDS.

SAG financia, por medio de Operadores, según la tabla de costos que se publica cada año, que se adecua a las obras factibles de implementar en cada zona del país. También el Programa SIRDS financia el costo de la asistencia técnica requerida para la formulación y, cuando corresponda, la ejecución de los planes de manejo. El porcentaje restante de la implementación de las obras en el predio, deberá ser aportado por el postulante.

Las obras de conservación de suelo y cosecha de aguas lluvia pueden ser clasificadas en dos grupos. Las primeras son aquella cuya principal función es la protección de las laderas, cortando la escorrentía superficial o aumentando la infiltración de esta en el suelo. Las segundas son aquella cuya principal función es la protección de los cauces, ya sea de ríos o cárcavas y consisten en obras transversales que cortan la energía del agua, disminuyendo su velocidad.

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE OBRAS PARA LA CONSERVACIÓN DE AGUA Y SUELOS (OCAS)

Selección, Distribución y Densidad de OCAS

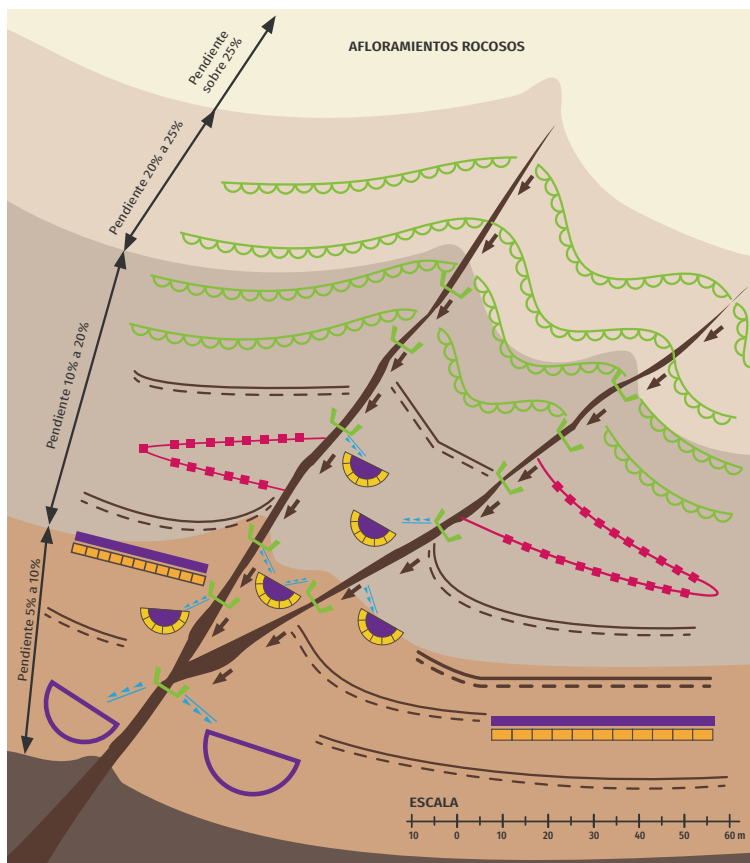
Un punto importante de considerar en el diseño de obras es el propósito de su uso y consiste en disminuir la escorrentía superficial desde las laderas y/o quebradas de una microcuenca para evitar erosión y pérdida de productividad del sitio (Perret *et al*, 2011).

Para la elección y ubicación de las OCAS se deben considerar las restricciones que impone la pendiente del terreno, a partir de lo cual se selecciona el tipo de OCAS (colector) para las captaciones de escorrentía, ya sea en laderas o quebradas (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1
TIPOS DE OCAS RECOMENDADAS, SEGÚN PENDIENTE DEL TERRENO

Tipo de OCAS	Pendiente (%)	Ubicación en la Ladera
Surco en Media Luna	20-25	Media
Terraza	10-20	Baja-media
Liman	3-8	Baja
Zanja de Infiltración	25-35	Media -superior

En una misma pendiente, la distribución espacial y la densidad de OCAS a establecer por unidad de superficie dependerá de los objetivos de productivos de la comunidad y la productividad potencial del predio (Figura N° 6). Estas obras se establecen siguiendo curvas a nivel.



- | | | | |
|--|----------------------|--|--|
| | Limán | | Terraza en Semicírculo |
| | Quebrada | | Dique de Piedra |
| | Trinchera | | Canaleta de Desviación |
| | Surcos en Media Luna | | Surco Profundo o Trinchera |
| | | | Canaleta de Desviación con Casilla de Plantación |

(Fuente imagen: INFOR)

Figura N°6


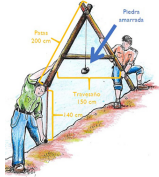


DISTRIBUCIÓN DE OCAS EN UNA MICROCUENCA INTERVENIDA SEGÚN PENDIENTE

Trazado de Curvas a Nivel

Las curvas a nivel en laderas de cultivo son líneas o trazos imaginarios que tienen el mismo nivel en cualquier punto ellas. Para trazar una curva se utilizan instrumentos sencillos, como el Aparato "A", y siguiendo la ruta de estas curvas se construyen la mayoría de las OCAS. En una obra física de conservación de agua y suelo el agua se detiene y como no corre a lo largo de la curva, porque esta es completamente plana (o a nivel), se infiltra a las capas inferiores del suelo, favoreciendo al cultivo con mayor humedad.

Por esta razón, antes de construir cualquier tipo de OCAS se hace imprescindible trazar las curvas a nivel. En el Cuadro N° 2 se describen los pasos para realizar el trazado en terreno.

Cuadro N°2
PASOS A SEGUIR PARA TRAZAR CURVAS A NIVEL

<p>Paso 1. Trazado de curvas a nivel con el Aparato "A": Para construir esta herramienta se necesita dos palos de aproximadamente 2 m de largo para las patas, un palo de 1,5 m de largo para el travesaño, una pequeña piedra amarrada con una cuerda a la parte superior del Aparato "A", que será la que dé el nivel del suelo.</p>	 <p>(Imagen: INFOR)</p>
<p>Paso 2. Se elige un punto X en la parte alta de un extremo del terreno, allí se clava una estaca para que sirva de referencia a la primera curva a nivel.</p>	 <p>(Imagen: INFOR)</p>
<p>Paso 3. En este punto se sitúa una de las patas del Aparato "A". Se mueve la otra pata en sentido lateral, hasta tocar un punto en el suelo que coincida con la marca central trazada en el travesaño del aparato "A". En ese punto se coloca otra estaca.</p>	 <p>(Imagen: INFOR)</p>
<p>Paso 4. Desde la segunda estaca se sigue moviendo en forma lateral el Aparato "A", como si se tratara de un compás, hasta hacer coincidir un nuevo punto de nivel en el suelo. Allí se planta una nueva estaca.</p>	 <p>(Imagen: Biblioteca digital Servicio Educación, Honduras.)</p>

Zanjas de Infiltración

Las zanjas de infiltración son aptas para zonas de entre 25% y 35% de pendiente, son ubicadas en la parte superior o media de una ladera para capturar y almacenar la escorrentía procedente de las cotas superiores. Son construidas frecuentemente de forma manual y pueden almacenar entre 36 y 48 m³ de agua a plena capacidad, considerando las siguientes dimensiones: Largo 2 a 3 m; Alto 40 cm; Ancho superior de la zanja 50 cm y Ancho inferior de la zanja 35 cm.

En el diseño de las zanjas se deben considerar los siguientes criterios:

- El espaciamiento entre zanjas debe ser tal que permita un control adecuado de la erosión.
- El tamaño de las zanjas debe ser adecuado para almacenar un volumen determinado de agua, producido por la lluvia para favorecer el crecimiento de las plantas.
- Previo a su construcción, es necesario utilizar el aparato "A" para trazar las curvas a nivel.

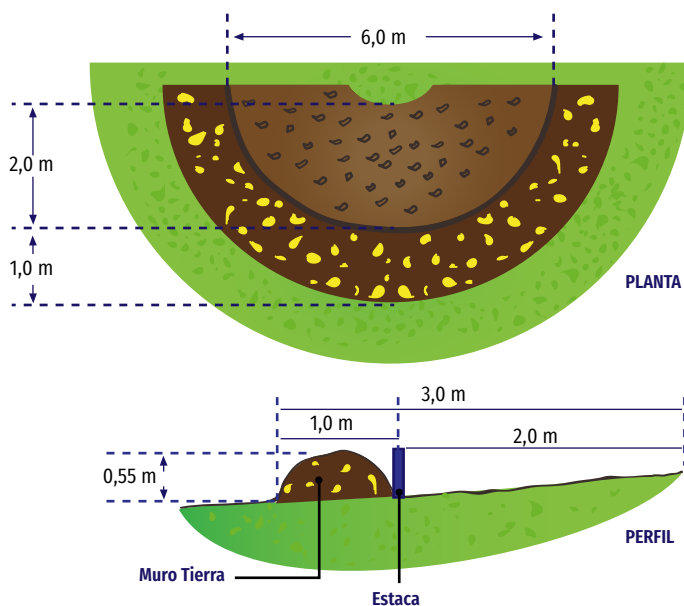
Cuadro N°3

PASOS PARA DISEÑAR Y CONSTRUIR ZANJA DE INFILTRACIÓN

<p>Paso 1. Marcaje de obra</p> <p>Se realiza con el Aparato "A" y empezando siempre de la parte más alta de la ladera. Hacia abajo se marcan las líneas a nivel que sirvan de guía para la excavación de la obra. Se sugiere para la demarcación de las líneas el uso de Cal.</p>	 <p>(Imagen: INFOR)</p>
<p>Paso 2. Excavación de la zanja</p> <p>Se excava la zanja hasta una profundidad de 40 cm. El ancho de la base inferior debe ser de 35 cm, quedando el interior de ésta de forma de trapezoidal, como lo muestra la figura. Posteriormente, se ensancha la parte superior para evitar el derrumbe de las paredes (o taludes) dejando un ancho de 50 cm.</p>	 <p>(Imagen: INFOR)</p>
<p>Paso 3. Formación de camellón</p> <p>El material extraído (tierra) se deposita en la parte baja de la obra, para formar el camellón, en lo posible a unos 30 a 35 cm de distancia del borde de la obra, para que esta no vuelva a caer al interior de ella.</p>	 <p>(Imagen: INFOR)</p>

Surcos en Media Luna

Los surcos en media luna son adecuados para zonas de hasta 25% de pendiente. Son de forma semicircular, de diámetro variable entre 3 y 6 m., compuesto por un camellón semicircular de tierra como murete, de hasta 1 m de ancho y una altura que puede llegar a 0,55 m, con un área de captación de escorrentía de hasta 2 m como se muestra en el perfil de la Figura N° 7. La superficie disponible como área de captación puede variar entre 3,5 y 14 m².



(Imagen: INFOR).

Figura N°7
DIMENSIONES DE PERFIL PARA SURCOS EN MEDIA LUNA.

Previo a su construcción, es necesario utilizar el aparato "A" para trazar las curvas a nivel.

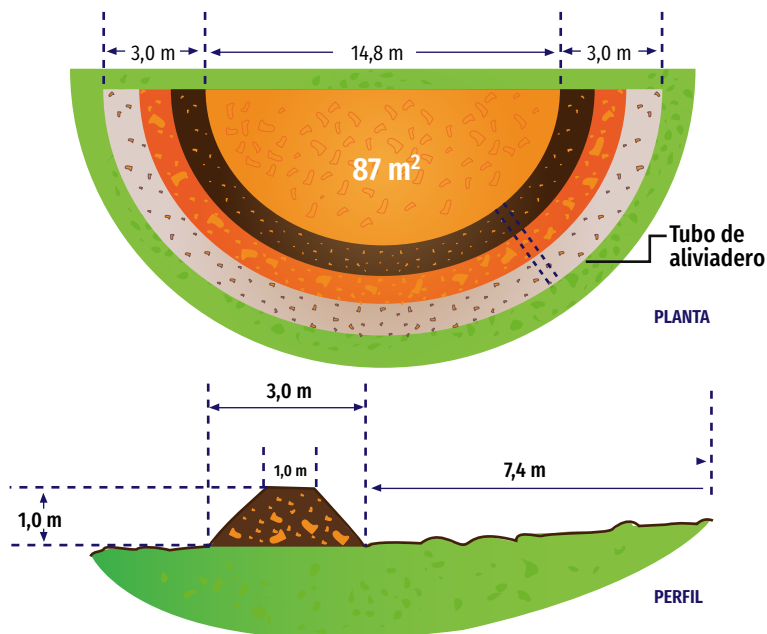
Cuadro N° 4
PASOS PARA DISEÑAR Y CONSTRUIR SURCOS EN MEDIA LUNA

<p>Paso 1. Marcaje de Obra</p> <p>Se realiza con el Aparato "A" y se marcan las líneas a nivel que sirvan de guía para la excavación de la obra. Se sugiere para la demarcación de las líneas el uso de cal.</p>	 <p>(Imagen: INFOR)</p>
<p>Paso 2. Formación del camellón</p> <p>Se realiza de forma manual y con el material extraído desde el interior del área del semicírculo (acumulación), se forma el camellón y surco a la vez.</p> <p>La profundidad del surco puede variar entre 40 - 50 cm desde la base del área de acumulación, hasta el borde del camellón.</p>	 <p>(Imagen: INFOR)</p>
<p>Paso 3. Aliviaderos o desagües</p> <p>Estos se pueden construir con una pala, generando una canaleta en favor de la pendiente que permita evacuar el sobrante de agua. Es necesario considerar dos aliviaderos ubicados en los bordes superiores del camellón.</p>	 <p>(Imagen: INFOR)</p>

Limanes

Los limanes resultan adecuados para suelos con pendientes entre 3 a 8%. Consisten en un semicírculo plano con un muro de sacos de tierra o un muro de piedras. En general el muro puede alcanzar hasta 1 m de altura, con 3 m de ancho en la base. La superficie de un liman generalmente es mayor a 80 m²., de acuerdo a la Figura N° 8 y su pendiente transversal al interior del liman debe ser cero.

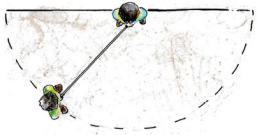

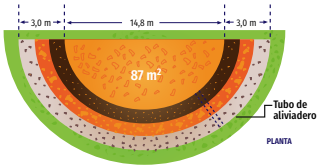

Previo a su construcción, es necesario utilizar el aparato "A" para trazar las curvas a nivel.



(Imagen: INFOR)

Figura N° 8
DIMENSIONES DEL PERFIL PARA UN LIMAN

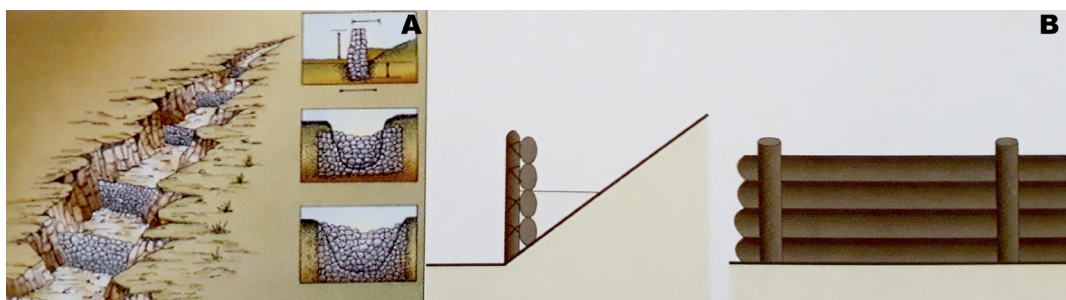
Cuadro N° 5
PASOS PARA DISEÑAR Y CONSTRUIR UN LIMAN

<p>Paso 1. Marcaje de Obra</p> <p>Se realiza con el Aparato "A" y se marcan las líneas a nivel que sirvan de guía para la excavación de la obra.</p> <p>Se sugiere para la demarcación de las líneas el uso de cal.</p> <p>Para marcar el semicírculo, se mide el diámetro de la circunferencia con una huincha y en su punto medio se establece una estaca donde se amarra un cordel con el largo igual al radio.</p> <p>La línea del semicírculo se puede marcar con cal o algún otro método. El diámetro del semicírculo puede ser de 14-18 m.</p>	 <p style="text-align: center;">Imagen: INFOR</p>
<p>Paso 2. Formación del muro</p> <p>Se realiza de forma manual y con el material extraído desde el interior del área del semicírculo (acumulación), formando el muro y liman a la vez y generando una superficie relativamente plana, la que se podría complementar con más material extraído de sectores cercanos en caso de ser necesario.</p>	 <p style="text-align: center;">Imagen: INFOR</p>
<p>Paso 3. Aliviaderos o desagües</p> <p>En la construcción se debe considerar un aliviadero o desagüe a partir de la cota máxima de colección de agua a 30 cm de altura y con 20 cm de diámetro para evitar rupturas en la pared en casos de grandes escorrentías. Éste puede ser un tubo de PVC de 50 mm</p>	 <p style="text-align: center;">Imagen: INFOR</p>
<p>Paso 4.</p> <p>Los muros de los limanes pueden ser construidos con sacos de malla raschel 80% rellenos con tierra, o con muro de piedra.</p>	 <p style="text-align: center;">Imagen: INFOR</p>

Murete de Contención

Los muretes son diques que no presentan vertedero. Se ubican perpendicularmente al eje hidráulico (quebrada o curso de agua) que se desea intervenir y su objetivo es obstaculizar la escorrentía superficial. Son de altura no mayor a 1 m y largo variable, dependerá del ancho de la quebrada.

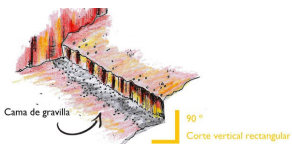

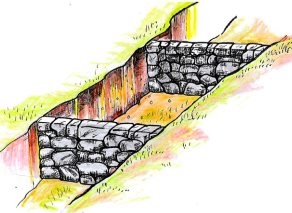
Pueden construirse de diferentes materiales, pero de acuerdo a la disponibilidad, generalmente son de piedra colocadas densamente y ordenadamente como una pirca, una al lado de la otra hasta formar un dique de ancho mayor al del cauce (El tamaño de las piedras es por lo general superior a los 30 cm). También pueden ser de polines de 3" a 4" o sacos de malla raschel rellenos con gravilla y arena (Figura N° 9).



(Imagen: INFOR)

Figura N° 9
DISEÑO ESQUEMATIZADO DE MURETE DE CONTENCIÓN

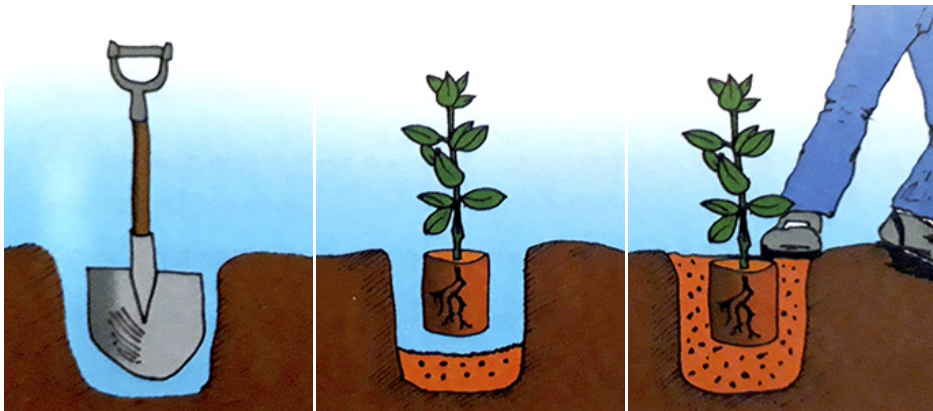
Cuadro N° 6
PASOS PARA DISEÑAR Y CONSTRUIR UN MURETE DE CONTENCIÓN

<p>Paso 1. Nivelación de suelo</p> <p>Se debe nivelar el corte del terreno para que sea vertical-rectangular, manualmente con una pala o una picota, generando una cama de gravilla para asentar las piedras.</p>	 <p>El diagrama muestra un corte vertical de un terreno que se está nivelando. Una línea horizontal indica el nivel deseado. Una etiqueta 'Cama de gravilla' apunta a una zona preparada en la base. Una línea vertical indica un 'Corte vertical rectangular' con un ángulo de 90°.</p> <p>Imagen: INFOR</p>
<p>Paso 2. Construcción de base del murete</p> <p>En la base se debe colocar piedras, grandes y planas, para que sirvan de fundación para la pared del dique. Las piedras de la base deben ser ubicadas con cuidado para que el tope quede nivelado. Así se tendrá una buena base para levantar el resto del muro.</p>	 <p>El diagrama muestra una fila de piedras grandes y planas, apiladas cuidadosamente para formar la base del murete.</p> <p>Imagen: INFOR</p>
<p>Paso 3. Levantamiento del murete</p> <p>Cuando todas las piedras de una línea se han completado, rellenar con gravilla u otro material. Usar lienza tensa para orientar las hiladas. Las piedras de la última fila al tope pueden ser trabadas de forma distinta, pero usar piedras más bien planas de medio tamaño.</p>	 <p>El diagrama muestra un murete en construcción. Se ven las piedras de la base y las hiladas superiores. Una línea de lienza tensa se extiende a lo largo del muro para mantenerlo recto. El espacio entre las hiladas está siendo rellenado con gravilla.</p> <p>Imagen: INFOR</p>

PLANTACIÓN DE ESPECIES AGROFORESTALES EN OCAS

En los modelos agroforestales se pueden incorporar especies arbóreas y arbustivas, siempre y cuando no existan incompatibilidades entre ellas, poniendo especial énfasis en el uso que se le dará a la plantación. Para obtener el máximo potencial de las OCAS es necesario complementarlas con plantas agroforestales, ya sea en su interior o en los bordes.

Para realizar la plantación, la hoyadura es fundamental para el establecimiento de la planta en la OCAS, para ello se construyen casillas de plantación, que consiste en remover el suelo en una casilla idealmente cuadrada de 40 cm x 40 cm y de 30 a 40 cm de profundidad (Figura N° 10). Dentro de la casilla de plantación, se establece la planta tomándola cuidadosamente, protegiendo el cepellón (pan de tierra), para mantenerlo de forma íntegra. Seguido de ello, se debe adicionar tierra de hoja idealmente hasta el cuello de la planta.



(Imagen: Cerda, *et al* 2011)

Figura N° 10
CASILLA DE PLANTACIÓN (HOYADURA)

Recomendaciones para plantación en las OCAS:

Zanjas de Infiltración: Se recomienda plantar a 50 cm del borde del camellón resultante de la excavación, como se muestra en la Figura N° 11.



(Imagen: INFOR)

Figura N° 11

PLANTACIÓN DE QUILLAY EN ZANJA DE INFILTRACIÓN, SECTOR YERBA LOCA 2018

Surco de media luna: La planta se ubica en el centro de la obra. La tierra en el interior de la casilla debe quedar removida y mullida, lo que favorecerá la retención del agua de lluvia (Figura N° 12)



(Imagen: INFOR)

Figura N° 12

PLANTACIÓN EN SURCO DE MEDIA LUNA, SECTOR DE ILTA 2018.

Limanes: Tratándose de una terraza semicircular, de tamaño mediano a grande, se puede establecer plantaciones forestales o agrícolas. Permite disponer árboles en tresbolillo, con separación de 4 m entre ellos o utilizar la terraza como empastada o cultivo agrícola (Figura N° 13).

El sistema de plantación en tresbolillo consiste en establecer las plantaciones distribuyendo las plantas a distanciamientos iguales formando triángulos. Los árboles se ubican en los vértices de los triángulos. Las plantas de una línea superior ocupan el espacio central entre las dos plantas de la línea inferior, disposición que permite un mejor control de la erosión, debido a la distribución de las raíces y la buena cobertura que proporcionan las copas de los árboles, a su vez hay un mejor control contra la acción del viento (FONAM, 2007).



(Imagen: INFOR)

Figura N° 13
PLANTACIÓN DE LIMAN CON (*Acacia saligna*), SECTOR CARQUINDAÑO. 2018

Recomendaciones Generales

Para el mantenimiento de la funcionalidad de las OCAS se deben vigilar constantemente para evitar que su vida útil se acorte o su efectividad técnica sea afectada. Factores ambientales como el viento y la presencia de animales en movimiento, junto con el arrastre que provocan las escorrentías durante una lluvia, hacen que se acumulen sedimentos en el interior de estas, colmatándolas y reduciendo su capacidad de acumulación de agua. En la Figura N° 14 se muestra el trabajo de mantenimiento de surcos en media luna, reconstruyendo el camellón y despejando el área de captación.



(Imagen: INFOR)

Figura N° 14

MANTENIMIENTO DE SURCO DE MEDIA LUNA EN SECTOR DE ILTA 2018

El mantenimiento de las obras es recomendable que se efectúe dos veces al año, removiendo desde el interior, sobre todo de zanjas y surcos, el material acumulado y de esta manera mantener despejada el área de captación de la obra. En la Figura N° 15 se muestra el resultado en un surco en media luna de esta mantención.



(Imagen: INFOR)

Figura N° 15

RESULTADO DEL MANTENIMIENTO REALIZADO EN SURCO EN MEDIA LUNA SECTOR ILTA, 2019

Se recomienda utilizar mallas en las plantas establecidas en las OCAS, debido a que proporcionan una significativa protección en las primeras etapas de crecimiento, tanto ante lagomorfos como para los rayos solares, permitiendo así menor estrés post plantación (Figura N° 16). Los materiales necesarios para construir mallas protectoras son:

Estacas de madera de 2"x1" de 106 cm de largo (se obtienen 3 estacas de una tabla 3.2 m).

Malla raschel (ideal 80%) de 1m × 1m. Se colocan tres estacas por planta en triángulo rodeadas con la malla y ésta engrapada a una de las estacas para fijarla.



(Imagen: INFOR)

Figura N° 16
PLANTA CON PROTECCIÓN INDIVIDUAL DE MALLA RASCHEL

En cuanto a la selección de especies arbóreas y arbustivas, como se ha indicado en esta región existe un recurso hídrico limitado, por ello, la selección de especies arbóreas a considerar en cada predio debe estar basada en los siguientes criterios:

Deben ser especies probadas en la zona y de bajo requerimiento hídrico.

Las especies deben responder a los objetivos planteados para la unidad. Por ejemplo, priorizar especies forrajeras si se trata de un sistema silvopastoral o frutales para sistemas agroforestales.

Las especies deben ser compatibles con otros cultivos a establecer en la unidad.

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE OCAS

Conociendo la superficie definitiva a intervenir, la estimación de costos se simplifica. A continuación, se entregan estándares de costos unitarios de construcción por tipos de OCAS y plantación (Cuadro N° 7), y los costos por hectárea (Cuadro N° 8) de aquellas OCAS construidas en el marco del proyecto.

Cuadro N° 7
COSTOS UNITARIOS DE CONSTRUCCIÓN DE OCAS Y PLANTACIÓN

Tipos de OCAS	Unidad de Medida	Número (OCAS/ha)	Costo Construcción (\$/ha)	Costo Plantación		Costo Total (\$/ha)
				Protección (\$/ha)	Mano Obra (\$/ha)	
Surcos Media Luna	m	16	70.144	35.200	7.200	112.544
Limanés	m ²	6	858.168	52.800	10.800	921.768
Zanjas Infiltración	m	256	698.880	563.200	230.400	1.492.480

Cuadro N° 8
COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE OCAS Y PLANTACIÓN POR HECTÁREA

Tipos de OCAS	Unidad de Medida	Número (OCAS/ha)	Costo Construcción (\$/ha)	Costo Plantación		Costo Total (\$/ha)
				Protección (\$/ha)	Mano Obra (\$/ha)	
Surcos Media Luna	m	16	70.144	35.200	7.200	112.544
Limanés	m ²	6	858.168	52.800	10.800	921.768
Zanjas Infiltración	m	256	698.880	563.200	230.400	1.492.480

Para la protección individual se sugiere usar malla Rachel de 80% de cobertura y estacas de pino. En el Cuadro N° 9 se entregan algunos valores de referencia.-

Cuadro N° 9
COSTO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL UNITARIO

Item	Unidad	Cantidad	Costo	
			Unitario (\$/unidad)	Total (\$)
Tela Raschel 80%	Unidad	1	700	700
Estacas Pino	Unidad	3	350	2.050
Hoyadura	Jornada	0,03	15.000	450
Total				2.200

En los costos está incluida la elaboración de las estacas y la preparación de la malla.

Para la instalación de las mallas protectoras se necesita su fijación a la estaca, por lo que se recomienda el uso de engrapadora y grapas, y un mazo o combo. A continuación se indican algunos valores de referencia de estas herramientas:

Grapas (caja 1000 unidades):	\$ 2.500
Engrapadora:	\$ 33.000
Combo (2 lb)	\$ 9.000

REFERENCIAS

Aguayo M., P. 2014. Redefinición de la clasificación de la red hidrográfica nacional. CIREN. Chile. 37p

BCN. 2020. Hidrografía Región de Coquimbo, Chile Nuestro País. En: <http://www.bcn.cl/siit/nuestro-pais/region4/hidrografia.htm>

Biblioteca Digital Servicio Educación Honduras, 2019. Imagen internet. En: <http://www.bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1856/02.pdf>

Cerda, J.; Medina, R. y Jalil, F. 2011. Manual de plantaciones en zonas áridas. Conaf Región de Coquimbo. 114 p

CIREN, 2010. Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile. En: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/2016>

Flores, J., Martínez, E.; Espinosa, M.; Henríquez, G.; Avendaño, P.; Torres, P. y Ahumada, I. 2010. Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile. Región de Tarapacá. CIREN. 50 p.

Flores, J.; Carmona, M. y Rojas, J., 2012a. Estado Actual de los Suelos de la Región de Coquimbo. CIREN. 80p.

Flores, J.; López, M.; y Salazar, J., 2012b. Estado Actual de los Suelos de la Región de Coquimbo Uso y Degradación. CIREN. 80p.

FONAM, 2007. Guía práctica para la instalación y manejos forestales. Proyecto Piloto para la Reforestación Asociada a la Conservación del Agua y Protección del Suelo en Áreas Cercanas a Zonas Afectadas por los Pasivos Ambientales Mineros en la Provincia de Hualgayoc - Cajamarca. Fondo Nacional de Ambiente. Perú. 47p.

Morales, C.; Acevedo, J.; Aranibar, Z.; Dascal, G., 2016. Chile: Los costos de inacción de la desertificación y degradación de las tierras. Resultados de un estudio del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Santiago, Chile. 112p.

Perret, S.; Gacitúa, S. y Montenegro, J., 2011. Técnicas de cosecha de aguas lluvia y conservación de suelos para la oasisificación del norte chileno. INFOR. 64 p.

Sotomayor, A. y Barros, S. (Eds.), 2016. Los Sistemas Agroforestales en Chile, Instituto Forestal, Chile. p. 458

Agroforestería en Secano del Norte de Chile

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS AGROFORESTALES DE SECANO EN OBRAS DE CONSERVACIÓN DE AGUA Y SUELOS REGIÓN DE COQUIMBO

DIRECCIÓN EJECUTIVA

Sucre 2397, Ñuñoa, Santiago
(56-2) 2366 7115

SEDE METROPOLITANA

Sucre 2397, Ñuñoa, Santiago
(56-2) 2366 7120

SEDE DIAGUITAS

Juan Georgini Runi 1507, La Serena (56-51) 236 2600

OFICINA CHILOÉ

Guarategua Lebe s/n, Nercón, Chiloé (56-65) 263 3641

OFICINA MAULE

Kurt Moller 754, Linares (56-73) 221 5496

OFICINA FUTALEUFÚ

O'Higgins 596, Futaleufú
(56-9) 442 66429

SEDE BÍO BÍO

Camino a Coronel Km. 7,5. Concepción
(56-41) 285 32 60

SEDE LOS RÍOS

Fundo Teja Norte s/n. Valdivia
(56-63) 233 5200

SEDE PATAGONIA

Camino Coyhaique Alto Km. 4,5. Coyhaique
(56-67) 226 2500

OFICINA COCHRANE

Teniente Merino 463
(56-9) 9883 18 60



www.infor.cl