

# TÉCNICAS DE CAPTACIÓN Y ACUMULACIÓN DE AGUAS LLUVIAS, RECOMENDADAS PARA LA AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA

*Jorge Carrasco Jiménez*  
*David Mora López*  
*Patricio Abarca Reyes*

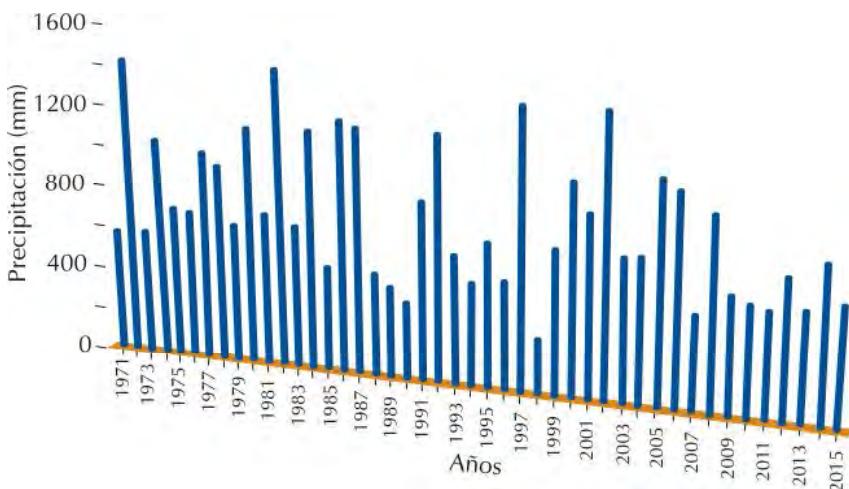
*Cristian Aguirre Aguilera*  
*Jorge Riquelme Sanhueza*  
*Luis Silva Rubio*

## 1. INTRODUCCIÓN

Conforme a estudios del CIREN (2009), la Región del Libertador Bernardo O'Higgins posee una superficie total de 1.647.000 hectáreas, y de ellas un 973.348 presentan niveles de erosión que van desde muy leve a muy grave. De hecho, esta Región es la que presenta mayor cantidad de superficie con dichos niveles de erosión del país, destacándose las comunas de "La Estrella", "Navidad", "Paredones", y "Litueche".

Si a lo anterior le sumamos la escasez del agua y la mala distribución de las precipitaciones, el problema se complica aun más en la producción de cultivos, originando con ello una baja productividad agrícola. Por lo tanto, el aprovechamiento y conservación del recurso hídrico se transforma además, en una prioridad como medio de subsistencia en las áreas rurales de secano, donde la competencia por este recurso se basa en satisfacer, en primer lugar, la demanda de consumo humano, y en segundo lugar y en caso de existir, el excedente para la producción agrícola.

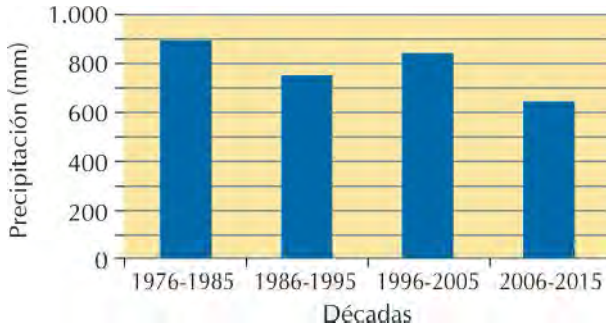
En la zona del secano costero norte de la Región de O'Higgins, el promedio histórico de precipitaciones de los últimos 45 años ha sido de 796,6 mm <sup>(1)</sup>. Sin embargo, éstas han ido disminuyendo en la última década, haciendo crisis en los años 2009, 2010, 2011, y 2013 y 2015, al no superar los 600 mm acumulados en el año (**Figura 1**), afectando con ello la recarga de norias, y el abastecimiento de agua de bebida y de riego a los productores de la zona.



**Figura 1.** Precipitación anual acumulada (mm), período 1971-2015, según datos de estación meteorológica Hidango, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

Evaluaciones realizadas por INIA, con datos meteorológicos de la estación experimental Hidango, comuna de Litueche, Provincia Cardenal Caro, Región de O'Higgins, han permitido establecer que en la última década (2006-2015) las precipitaciones promedio llegan a los 645,8 mm, es decir un 18,9% por debajo de la media histórica, y un 23,7% por debajo de la década anterior (1996-2005) (**Figura 2**).

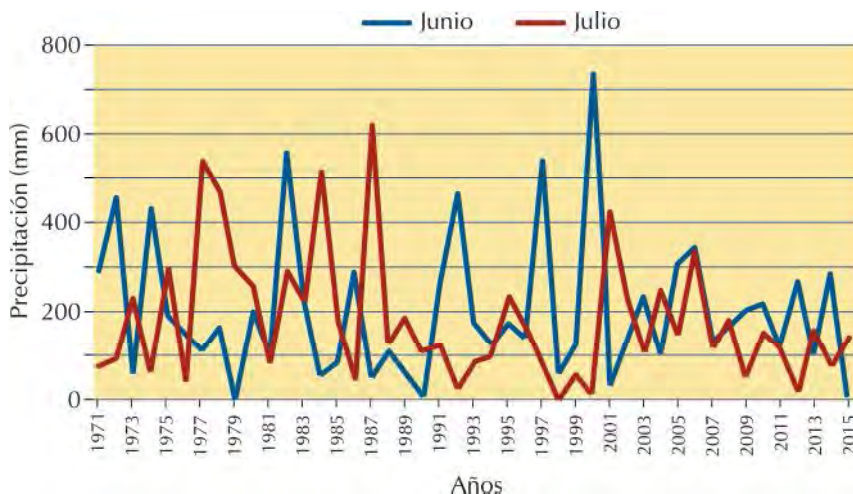
<sup>(1)</sup> Según datos de la estación meteorológica de INIA-Hidango, comuna de Litueche.



**Figura 2.** Precipitación anual (mm), promedio por década, período 1971-2015, según información recogida en la estación meteorológica Hidango, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

Un antecedente interesante, obtenido del análisis de la información meteorológica de 45 años y que explica la baja de las precipitaciones en la última década (2006-2015), exhibe que en los meses de invierno, junio y julio, las precipitaciones mensuales no superan los 350 mm, en comparación con los mismos meses de períodos anteriores, donde se llegaba a tener precipitaciones sobre los 400 mm, y en algunos casos, por sobre los 500 y 600 mm en esos meses. Incluso, a partir del año 2007, las lluvias mensuales acumuladas no superan los 300 mm, siendo crítico el mes de julio con precipitaciones por debajo de los 200 mm, a partir de ese año, y con años extremos donde no se superó los 60 mm en el mes de julio (años 2009 y 2012). De acuerdo a la información analizada, llama la atención el agua caída en los meses de junio y julio del año 2000, donde las precipitaciones llegaron a los 738,2 y 7,7 mm, respectivamente (**Figura 3**).

La información mostrada es preocupante, porque con este nivel de precipitaciones en los últimos años, se ha generado un problema de escasez de agua en las comunas del secano, principalmente en el período que va desde fines de primavera a comienzos de



**Figura 3.** Precipitación mensual acumulada (mm), meses de junio y julio, período 1971-2015, según datos de estación meteorológica Hidango, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

otoño, es decir entre 4 a 5 meses con ausencia de lluvias. Esta condición, ha obligado a las municipalidades de estas comunas a distribuir agua entre las comunidades rurales, utilizando para ello, camiones aljibe (**Figura 4**) que acuden una vez por semana, distribuyendo 1.000 litros por familia, lo cual, muchas veces, es insuficiente para abastecer las necesidades de los habitantes del secano.

**Figura 4.** Distribución de agua con camiones aljibe, en áreas rurales de comunas del secano de la Región de O'Higgins.



El agua se guarda en cada casa de las familias rurales, en tambores metálicos de 200 litros o de material plástico de distintas capacidades, existiendo muchas veces precarias condiciones de higiene en el manejo del agua.

El movimiento y entrega de agua, se realiza normalmente utilizando camiones de 10.000 de capacidad. Esta forma de distribución del agua, ha tenido un alto costo, que ha sido fuertemente subsidiado por las municipalidades de cada comuna del secano.

Hasta hace algunos años, en el secano de las regiones de O`Higgins y del Maule, existía una no despreciable cantidad de pequeñas fuentes de agua que se estaban utilizando a su máximo potencial, para fines de riego agrícola. Sin embargo, producto de la disminución de las precipitaciones en los últimos años, éstas hoy en día se han ido agotando y no han tenido la capacidad de recuperarse para cubrir las necesidades de agua de los productores del secano. Si a lo anterior le sumamos el hecho que el terremoto del 27 de febrero del 2010 produjo un cambio en las napas, y con ello, la disponibilidad de agua de las norias, significa que se reduce considerablemente el volumen utilizable. Ello hizo necesario el buscar alternativas que permitiesen un aprovechamiento del único recurso disponible para abastecer de este vital elemento en áreas de secano. Una de estas alternativas, es la captación de aguas de lluvia.

## **2. ¿QUÉ ES LA CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS?**

Es una técnica que permite capturar o desviar la precipitación de agua caída en un área determinada, para ser utilizada en el riego de cultivos bajo invernaderos, huertas familiares, o en la vida diaria de los hogares de los productores de zona áridas, como lo es el secano costero e interior de la zona central y sur de Chile.

## 2.1. Experiencias en el mundo

Debido a las condiciones producidas por el cambio climático en los últimos años, la captación de aguas lluvia está tomando una gran importancia en áreas rurales y especialmente en países con zonas áridas, donde es necesario garantizar acceso de abastecimiento de agua a través de todas las formas posibles, y una de éstas, son las aguas lluvias.

Australia encabeza a nivel mundial, el desarrollo de los sistemas de captación, acumulación, y uso de las aguas lluvias, a través de políticas de aprovechamiento, conjunta con incentivos tributarios y conciencia ambiental. Estados Unidos, China, Japón, Indonesia, Alemania, España, Francia, Nigeria, Zambia, Kenia, y Sudáfrica también han logrado experiencias exitosas relacionadas a la normativa exclusiva del uso de esta práctica. En Kenia, África, por ejemplo, gracias al financiamiento internacional en distintos sectores de ese país, se han instalado para consumo humano, sistemas de captación de aguas lluvias desde los techos de las casas (**Figura 5**).



**Figura 5.** Sistema de captación de agua pluvial para consumo humano. Kenia, 2015.

(Fotografía Pamela García).

En Latinoamérica, México ha liderado diferentes proyectos de mediana y pequeña escala, con sistemas de captación, acumulación, y aprovechamiento de aguas lluvias, en diversas experiencias ligadas a centros comerciales, industrias, áreas residenciales, complejos deportivos, y sistemas de demanda para la agricultura, en más de 50 ciudades. En Sudamérica es Brasil quien lidera los trabajos de aprovechamiento de aguas lluvias, con proyectos de mediana escala en algunas ciudades del nordeste de Brasil, haciendo captación de agua en edificios e industrias. Además, tiene un programa orientado a incorporar 1.000.000 cisternas de ferrocemento en la zona del nordeste árido de ese país para la acumulación de aguas lluvias, y que se utilizarían para consumo humano y uso agrícola de tipo agricultura familiar campesina, y en proporción a un igual número de familias. A la fecha, llevan instalado un número cercano a las 600.000 unidades.

## **2.2. Experiencias en Chile**

En Chile, en la Región del Bío-Bío, específicamente en Yumbel, el Centro de Educación y Tecnología (CET) ha trabajado por años apoyando a la agricultura familiar campesina, en temas relacionados, entre otros, con el manejo sustentable del agua y en el que se han incluido la captación de aguas lluvias. En este Centro, se han desarrollado un número importante de cursos, orientados a técnicos y agricultores, sobre distintos sistemas de manejo de suelos y aguas.

En la Región de O'Higgins, entre los años 2009 y 2010, y gracias al Apoyo del PNUD, la Junta de Vecinos "La Aguada", con el apoyo técnico del INIA y del Prodesal de Navidad, desarrollaron un proyecto de captación, acumulación, y aprovechamiento de aguas lluvias para pequeños productores, incorporando un innovador sistema de "cosecha y manejo de aguas lluvias", el cual capta agua desde los techos de las casas y las conduce a través de canaletas, hasta contenedores de capacidad de 1.000 a 5.000

litros, lo que les permite almacenar y poder contar, con el valioso recurso en los meses de escasez hídrica.

Posteriormente, el año 2011, el INIA inició un trabajo de gran envergadura, desarrollando el proyecto “Desarrollo de técnicas de reciclaje y reutilización de las aguas lluvias cosechadas, para cultivos en invernadero en la Región de O`Higgins”, contando para ello con el apoyo del Gobierno Regional (GORE) a través de los Fondos de Innovación para la Competitividad, FIC-R, que permitió instalar en esa región 50 unidades de captación, acumulación, y aprovechamiento de aguas lluvias, en proporción a un igual número de predios de pequeños agricultores. Paralelamente, en la misma región, INDAP estableció un número cercano a las 200 unidades de captación, acumulación, y aprovechamiento de aguas lluvias, en predios de igual número de pequeños productores. Para ello se utilizaron los techos de las casas para la captación del agua, y se usaron estanques de 5.000 litros para la acumulación, la cual se fue utilizando en la producción de hortalizas bajo invernadero, con riego por goteo.

Entre los años 2014 y 2015, gracias a un proyecto de desarrollo financiado por la Subsecretaría de Agricultura, el INIA inició un programa de trabajo sin precedentes en Chile, orientado a establecer un número cercano a las 400 unidades de captación, acumulación, y aprovechamiento de aguas lluvias, en predios de pequeños agricultores de las regiones de O`Higgins, del Maule, y de la Araucanía. Este trabajo, además permitió capacitar un número cercano a los 1.000 productores, técnicos, y estudiantes de escuelas rurales, institutos y universidades.

En forma paralela, el INIA y la CNR suscribieron un convenio de colaboración de trabajo conjunto, financiado por la CNR y cofinanciado por INIA, el cual tuvo por objetivo el establecimiento e instalación de 18 sistemas piloto de cosecha de aguas lluvias, utilizando las techumbres de las viviendas para la captación,



para su posterior almacenamiento en estanques flexibles de 10.000 litros, y su subsiguiente aplicación a cultivos hortícolas y forrajeros, a utilizarse en las regiones de Los Lagos, Aysén, y Magallanes y la Antártica chilena, que incorporan invernaderos de policarbonato, para la producción de cultivos.

Las unidades pilotos del Convenio INIA-CNR, han permitido llevar esta forma de captación, entre otros, a dos predios de agricultores PRODESAL de la comuna de Porvenir, Tierra del Fuego, siendo estas unidades de captación, acumulación, y aprovechamiento de aguas lluvias las más australes del Mundo. Además, el trabajo conjunto ha permitido incorporar el concepto de “cosecha de aguas lluvias”, a través de unidades piloto en distintas comunas de la Región de Los Lagos, estimándose que a fines del año 2018, se llegará a un número cercano a las 1.000 unidades, que se replicarán a partir de los trabajos realizados por INIA y la CNR.

Un trabajo importante realiza en la Región del Maule el Centro Tecnológico de Hidrología Ambiental de la Universidad de Talca, la cual, con financiamiento regional, desarrolló una propuesta de diseño y construcción de sistemas de captación de aguas lluvias (SCALLS), para las zonas rurales de la Región del Maule, con fines de abastecimiento doméstico y productivo en épocas de baja oferta hídrica. Actualmente, se encuentra evaluando el funcionamiento de 12 unidades demostrativas SCALLS en 5 comunas de la Región del Maule.

### **3. VENTAJAS DE LA CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS**

- 1. Ahorra agua.** Cada litro de agua que se captación, reducirá la cantidad usada de norias y la entregada por las municipalidades en camiones aljibes.

2. **El agua de lluvia es gratis.** Nunca se recibirá un recibo de pago por el agua colectada.
3. **El agua de lluvia contiene un nivel muy bajo de sales.** Las aguas de norias de las regiones del norte se extraen con una carga importante de sales.
4. **La captación de aguas lluvias reduce la erosión,** al disminuir el flujo de agua sobre el suelo (escorrentía superficial).

## 4. FORMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

Existen tres formas de captación de aguas lluvias, recomendadas para las condiciones de los productores de la zona del secano de la Región de O'Higgins:

### 4.1. "In situ" en el suelo

Es decir, a través de distintas técnicas que permitan facilitar la infiltración del agua de escorrentía y acumularla en el perfil de suelo.

#### 4.1.1. Subsulado o escarificado del suelo

Es una forma de facilitar la infiltración del agua en el perfil del suelo (**Figura 6**).

Por ejemplo, un tractor con una potencia superior a 110 Hp y con un arado subsolador, es un ejemplo de ello, con 3 ó 5 puntas (subsoladores) montados en un chasis, trabajando en un suelo lo más seco posible, condición que se consigue en verano u otoño, antes de las primeras lluvias. En algunos casos, en suelos de textura más arcillosas y que son más difíciles de romper, es necesario



**Figura 6.** Labor de subsolado entre 35 a 40 cm de profundidad, con cinco puntas, para romper capa compactada de suelos. Centro Experimental Hidango, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

que el suelo se hidrate superficialmente, con una primera lluvia, para facilitar la labor de subsolado.

Con la labor de subsolado se rompe la presencia de pie de arado, provocada durante muchos años por labores de preparación de suelos realizadas por arados de vertedera o disco utilizados, o por la compactación superficial generada por el pisoteo animal.

Previo a la labor de subsolado, la observación y el reconocimiento de un terreno, es una práctica necesaria tanto para observar si existen las condiciones adecuadas del suelo para el desarrollo de las raíces de las plantas, como para una adecuada infiltración del agua de lluvias en el perfil del suelo.

La manera de conocer las condiciones de un suelo es por medio de la observación de calicatas (**Figura 7**), técnica de prospección empleada con el fin de facilitar el reconocimiento y estudio directo del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa.



**Figura 7.** Trabajo de observación de un suelo a través de una calicata, que permite detectar problemas de pie de arado, entre otras características del suelo.

Una forma práctica, para comprobar la existencia de compactación de suelos en una calicata, es utilizando un cuchillo con punta, el cual se usa sosteniéndolo con la mano y ejerciendo presión con la punta de él en las paredes de la calicata, desde la parte superior hacia abajo, evaluando la resistencia que opone el suelo a la penetración de la punta aguzada de éste. Si existiese pie de arado, comúnmente ubicado en una profundidad entre los 25 y 40 cm aproximadamente, con seguridad se detectará al percibir una mayor resistencia del suelo a ser penetrado por la punta del cuchillo. Paralelamente, es conveniente observar además en las paredes de la calicata, la presencia o ausencia de raíces de malezas, las cuales al crecer en profundidad, repentinamente siguen su crecimiento lateralmente antes de profundizar hasta los 25 ó 40 centímetros, lo que confirmaría el problema de la existencia de algún impedimento físico que dificulta su crecimiento en profundidad, como lo es el pie de arado o compactación de suelos.

En terrenos con pendiente o de lomaje, una forma eficiente de uso de arado subsolador de 5 puntas, es trabajar con él siguien-

do curvas a nivel, en forma perpendicular a la dirección de la pendiente del terreno (**Figura 8**). Así se reducen riesgos de erosión, facilitando la infiltración del agua en los puntos donde el subsolador realizó su labor.



**Figura 8.** Labor de subsolado en curvas a nivel, para favorecer la infiltración del agua en el suelo. Centro Experimental Hidango, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

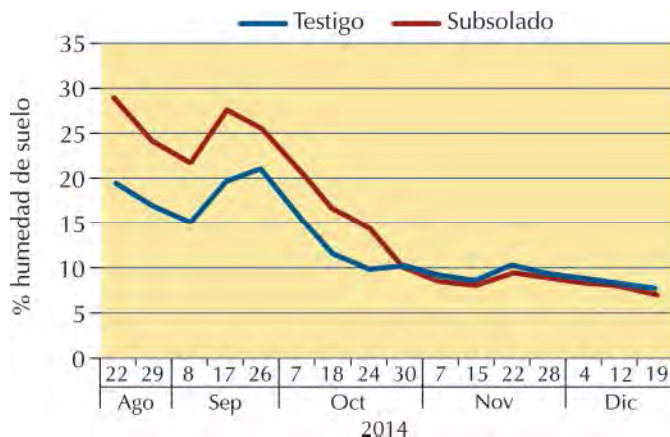
El principio es recoger las aguas lluvias que caen en la superficie no subsolada, a partir de las precipitaciones de los meses de otoño, que escurren hacia las áreas de suelo subsolado, infiltrando en éste por conductividad hidráulica vertical, y moviéndose posteriormente en él por conductividad hidráulica horizontal, en el área siguiente no subsolada. De esta forma, se consigue humedecer el área de suelo ubicado entre las pasadas de subsolador, lo que permite la germinación del banco de semillas de una pradera natural o sembrada, y el posterior crecimiento de ella.

Con el objeto de evaluar el efecto de la labor de subsolado en fajas (Figura 8), en un terreno de secano, de pradera sembrada con Falaris, del Centro Experimental Hidango, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), se estableció un ensayo de evaluación del efecto del esa labor sobre un suelo, clasificado como Asociación Rosario, bajo un diseño de bloques al azar, que incluyó los siguientes tratamientos:

- **Subsolado en fajas.** Este tratamiento incluyó la labor de subsolado con 5 puntas, con pasadas en fajas de un ancho de la labor de 2,5 metros, y distanciada cada 7 a 8 metros de la pasada siguiente. La profundidad de la labor, se realizó a aproximadamente entre los 35 y 40 cm.
- **Testigo.** Sin labor de subsolado.

En este ensayo de campo, se hizo una evaluación del efecto de la labor de subsolado, sobre la acumulación de aguas lluvias en el perfil de suelo, midiendo la humedad de suelo a las profundidades 20 cm y 40 cm, desde el 22 de agosto del año 2014, hasta el 19 de diciembre del mismo año.

En la **Figura 9**, se observa la humedad de suelo, expresada en porcentaje, medida a los 20 cm de profundidad, en el período agosto-diciembre de 2014. En el período comprendido entre el 22 de agosto y el día 30 de octubre, se observa un mayor porcentaje de humedad en el tratamiento de subsolado, con relación al



**Figura 9.** Humedad de suelo (%), medida a los 20 cm de profundidad, en el período agosto-diciembre de 2014. Ensayo de subsolado en fajas, en una pradera sembrada de Falaris. INIA-Hidango.

testigo (no subsolado). En el subsolado, esa humedad va desde un 28% el día 22 de agosto, la cual va decreciendo hasta el día 8 de septiembre, para llegar a un 22%.

Los días 23 y 24 de agosto del año 2014, la precipitación caída alcanzó a los 28,3 mm, suficiente para generar una recarga de agua en el suelo, como se observa en la figura, 9, que permitió llevarlo a un 27,6% de humedad. En el tratamiento testigo, la humedad medida el día 22 de agosto alcanza a un 19%, la que decrece hasta un 15,4%, y aumenta nuevamente hasta un 21,3%, lo que significa una diferencia de un 6,3% mayor en el caso del tratamiento subsolado.

A partir del 26 de septiembre, en ambos tratamientos la humedad decrece, pero manteniéndose siempre más alta en la tratamiento subsolado hasta el día 30 de octubre, por casi un 5 a 6%. Ese día, las humedades se igualan entre los dos tratamientos, condición que se mantiene hasta el mes de diciembre. Esto significa que bajo las condiciones de precipitaciones del año 2014 con el tratamiento de subsolado, en los primeros 20 cm se logró un mayor porcentaje de humedad en el suelo, hasta el día 30 de octubre, con relación al testigo. Este resultado refleja la importancia del subsolado, para permitir una mayor acumulación de agua en el perfil de suelo, en la profundidad medida, que agrupa el mayor porcentaje de raíces de una pradera.

Por otro lado, en la **Figura 10** se observa la humedad medida a los 40 cm de profundidad, en el tratamiento de subsolado, que se va comparando con la humedad presente en un suelo del terreno no subsolado (testigo). La primera medida de humedad de suelo se realizó el día 22 de agosto, encontrándose que con el subsolado se alcanzaba un 23,1% de humedad, y con el testigo un 17,2% de humedad, lo que significa una diferencia de un 5,9% a favor del subsolado. En ambos tratamientos, va decreciendo el porcentaje de humedad a través del tiempo, aumentando con



**Figura 10.** Humedad de suelo (%), medida a los 40 cm de profundidad, en el período agosto-diciembre de 2014. Ensayo de subsolado en fajas, en una pradera sembrada de Falaris. INIA-Hidango.

las precipitaciones de los días 23 y 24 de agosto, como con las precipitaciones de fines del mes de septiembre. Sin embargo, esta recarga es mayor en el caso de tratamiento de subsolado, donde es más efectivo el aumento del porcentaje de humedad del suelo, después de cada precipitación.

Aproximadamente el día 28 de noviembre del año 2014, en la profundidad de 40 cm, se igualan los porcentajes de humedad entre los dos tratamientos, lo que significa que con el tratamiento de subsolado, se facilita una mayor infiltración de agua en el perfil de suelo, la cual permanece por más tiempo, por lo que se ve más favorecido el crecimiento de la pradera establecida.

#### 4.1.2. Aguadas superficiales o pequeños tranques

Una de las formas más importantes de Captar y Almacenar las aguas lluvias en los terrenos agrícolas, es a través de las aguadas superficiales de 100 a 500 m<sup>3</sup> de capacidad (**Figura 11**), que consiste en utilizar el agua de lluvia que cae al suelo y escurre,





**Figura 11.** Aguadas superficiales, como sistemas de captación y acumulación de aguas lluvias. Comunas de Navidad y Litueche, Región de O'Higgins.

manejándola desde su captación, conducción, y acumulación, con el fin de incrementar la productividad de los terrenos. Estas aguas pasan a constituir reservas acuíferas en las zonas de secano, que pueden servir, bien como bebida animal, o bien para el riego de cultivos. En el capítulo 5, de este Boletín, se hace una descripción de la construcción de aguadas superficiales, para la acumulación de aguas lluvias.

#### 4.2. Colectarla desde los techos de las casas

Se recogen las aguas lluvias desde los techos de las casas y todo tipo de construcción, que pueda existir en un predio agrícola

(Figura 12), para conducirla por sistemas de canaletas y tuberías hasta un estanque acumulador de plástico polietileno, a una cisterna flexible (Figuras 13 y 14), o una cisterna de ferrocemento, que corresponde a una estructura de una mezcla de fierro, cemento, arena, y gravilla (Figura 15).

**Figura 12.** Sistemas de captación de aguas lluvias utilizando techos de las casas, además de canaletas y tubos de polietileno para la conducción hacia sistemas de acumulación.



**Figura 13.** Cisterna flexible con capacidad de acumulación de 10.000 litros de agua. Comuna de Ancud, Región de Los Lagos. Proyecto INIA-CNR.



**Figura 14.** Cisterna flexible con capacidad de acumulación de 10.000 litros de agua, con techo protector. Comuna de Litueche, Región de O'Higgins.



**Figura 15.** Cisternas de concreto y fierro (ferrocemento). Estructuras adecuadas para almacenamiento de volúmenes de 10.000 litros de agua. Comuna de Pichilemu, Región de O'Higgins.

La opción de colecta y acumulación de aguas lluvias a través de techumbres y otras estructuras receptoras de similares características, exhibe la alternativa de un aprovechamiento distinto en

zonas de baja disponibilidad de agua, al considerar el uso reciclado del agua en cultivos hidropónicos de hortalizas y forrajes hidropónicos como una opción eficiente para la producción de alimentos humano y animal.

Lo anterior tiene una gran importancia para la agricultura familiar campesina, porque INIA ha demostrado que con techos de 32 a 48 m<sup>2</sup>, canaletas de colecta de aguas, tuberías para la conducción del agua colectada, y un estanque de capacidad de 10.000 litros, un productor puede llegar a acumular más de 20.000 litros de agua en una temporada, considerando una precipitación anual de 500 mm. Lo ideal es que el productor vaya utilizando el agua acumulada, por ejemplo, para la producción de hortalizas de invierno, y bajo invernadero con riego por goteo, haciendo uso del agua de las primeras lluvias, lo que deja espacio en el estanque para acumular el agua de las sucesivas precipitaciones que caerán durante el año. De esta forma, se puede llegar a acumular un volumen de agua lluvia que puede triplicar la capacidad del estanque, y con ella producir hortalizas durante los meses de mayo a noviembre.

En el sistema de colecta de aguas lluvias utilizando los techos de las casas, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) propone para los pequeños agricultores, nivel PRODESAL, un "Modelo de captación de aguas lluvias" que consiste en la colecta de las precipitaciones desde una techumbre de zinc preferentemente, sea en una casa, en bodegas, o en cualquier construcción. La colecta se hace a través de canaletas de material plástico, que se pueden encontrar en las ferreterías locales, la cual recoge el agua y la lleva a través de tuberías, hasta un estanque de material plástico de 5.000 a 5.400 litros, el que está debidamente protegido del sol bajo un cobertizo de madera y zinc (**Figura 16**). El agua acumulada se utiliza para producir hortalizas, con riego tecnificado, en invernaderos de 40 m<sup>2</sup> (5 x 8), superficie adecuada para producción de hortalizas de autoconsumo en una familia



**Figura 16.** Sistemas de captación y acumulación de aguas lluvias utilizando techos de las casas y estanques acumuladores de 5.000 a 5.400 litros. Comuna de La Estrella, Región de O'Higgins.

de pequeños productores (**Figura 17**). Una forma de mejorar la capacidad de acumulación, es instalando una cisterna flexible de 10.000 a 20.000 litros.



**Figura 17.** Invernadero de plástico polietileno U.V, de 40 m<sup>2</sup> de superficie. Adecuado para producción de hortalizas de autoconsumo, en la agricultura familiar campesina.

El cálculo del agua colectada se realiza considerando que 1 milímetro de agua caída en una lluvia, corresponde a 1 litro de agua caída en 1 metro cuadrado de una superficie horizontal. Se considera un 20% de pérdida de agua a causa de la salpicadura de la lluvia al impactar sobre los techos, y de pérdida en las canaletas que la recogen cuando el agua sobrepasa su capacidad de conducción, por lo cual y para cálculo del agua recogida, se debe considerar un factor de eficiencia de un 80%. Además, un techo se construye con cierta inclinación, lo que significa que la lluvia es recibida por una superficie no horizontal, necesaria para su escurrimiento.

### ¿Cuánta agua lluvia se puede colectar desde el techo de una construcción?

En el **Cuadro 1** se observa que con una mayor superficie de techo, es posible colectar un mayor volumen de aguas lluvias, bajo una misma condición de precipitación. Con una precipitación de 600 mm, que es la media aproximada de los últimos 5 años en la región de O'Higgins, se puede llegar a colectar un volumen de agua cercano a los 15.360 y 23.040 litros, en los techos de 32 y 48 m<sup>2</sup>, respectivamente.

**Cuadro 1.** Cantidad aproximada de agua colectada desde el techo de una casa.

Lluvia (milímetros de agua caída)	Litros de agua colectada	
	Techo de 32 m <sup>2</sup>	Techo de 48 m <sup>2</sup>
12	320	480
25	640	960
50	1280	1.920
100	2.560	3.840
200	5.120	7.680
400	10.240	15.360
600	15.360	23.040
800	20.480	30.720

### 4.3. Colectarla de atrapanieblas

Otra alternativa tecnológica de captura de aguas, para la agricultura familiar campesina, que se ha evaluado a través de trabajos desarrollados por INIA, es el Sistema Atrapanieblas, que consta de una malla raschel doble, con un área de 40 m<sup>2</sup> de colecta, la cual va sujeta por dos postes de 6 metros de altura, que a su vez van enterrados en el suelo y sostenidos por alambres acerados (Figuras 18 y 19). Esta tecnología se usa en algunos sectores cos-



**Figura 18.** Sistema “atrapanieblas” y de aguas lluvias, de 40 m<sup>2</sup> de superficie de captación. La Aguada, comuna de Navidad. Región de O’Higgins.



**Figura 19.** Sistema “atrapanieblas” y de agua lluvia, de 40 m<sup>2</sup> de superficie de captación. INIA-Hidango, comuna de Litueche. Región de O’Higgins.

teros de las Regiones de Atacama y de Coquimbo. Sin embargo, en el sector de La Aguada, comuna de Navidad, y en el Centro Experimental Hidango, del INIA, comuna de Litueche, se instalaron sistemas atrapanieblas, con el objeto de evaluar su capacidad como colector de aguas lluvias, y aun de la misma niebla que es capaz de producirse en el sector.

Con respecto a las lluvias colectadas, los volúmenes de agua que colecta son similares a los techos de las casas, de igual área de captación, con la diferencia que el agua captada es limpia, siendo adecuada para bebida humana y producción de hortalizas y/o forraje verde hidropónico bajo invernadero.

Actualmente, la comunidad de Tumán, de la comuna de Navidad, con el apoyo de la Municipalidad de esa comuna y del PNUD, en un proyecto que se enmarca en la lucha contra la desertificación, aplicado a municipios rurales de la provincia Cardenal Caro, estableció cinco soluciones mixtas de captación y acumulación de aguas lluvias, utilizando para ello los techos de las viviendas, y además de captar agua de nieblas y de lluvias, a través de sistemas atrapanieblas instalados en el sector.

### **3. BIBLIOGRAFÍA**

**Carrasco J., Jorge, Squella N., Fernando, Riquelme S., Jorge, Hirzel C., Juan., y Uribe C., Hamil., 2012.** Técnicas de conservación de suelos, agua, y vegetación. Serie Actas N° 44. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Rayentué, Rengo, Chile. 210p.



- Carrasco, J., y Felmer, S. 2011.** Cosecha de aguas lluvia. Alternativa que permite resolver la escasez de agua en las áreas de secano de la zona central de Chile. En: Tierra Adentro N° 94, junio-julio. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chile. Pp 59-62.
- Carrasco, J., y Riquelme, J. (eds.), 2010.** Manejo de suelos para el establecimiento de huertos frutales. Boletín INIA N° 207. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Rayentué. Rengo, Chile. 128p.
- Carrasco, J., y Mora, D., 2013.** Técnicas de conservación de suelos y agua: Zanjas de Infiltración. Informativo INIA-Rayentué, N° 45. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional Rayentué. Rengo, Chile. 4p.
- FAO, 2013.** Captación y almacenamiento de agua de lluvias. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y El Caribe. Santiago, Chile. 270p.
- Pizarro, R., Abarza, A., Morales, C., Calderón, R., Tapia, J., García, P., y Cordova, M., 2015.** Manual de diseño y construcción de sistemas de captación de aguas lluvias en zonas rurales de Chile. Documento Técnico N° 36. CTHA, Universidad de Talca. Talca, Chile. 94p.
- Riquelme, J. y Carrasco, J., 2013.** Capítulo 2. Laboreo Conservacionista de suelos: Arado Subsolador y Arado Cincel para la preparación de suelos En: Carrasco, Riquelme, y Hirzel. Conservación de suelos. Técnicas de manejo para áreas de secano. Serie Actas INIA N° 48. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Rayentué. pp.17-28.