

## Capítulo 7

# Labores de preparación de suelos, recomendadas para facilitar la infiltración y captación de aguas lluvias

## El arado escarificador

**Jorge Carrasco Jiménez** Dr. Ingeniero Agrónomo, INIA

**Jorge Riquelme Sanhueza** Dr. Ingeniero Agrónomo, INIA

**Luis Silva Rubio** Técnico en Administración de Predios Agrícolas, INIA

**José Olguín Rubio** Técnico Agrícola, INIA

### [ 7.1 ] Introducción

En las áreas de secano, se ha venido produciendo una disminución de las precipitaciones en los últimos años, como consecuencia del cambio climático, lo que ha llevado a buscar y trabajar con prácticas que permitan la captación y acumulación de las aguas lluvias, para favorecer el establecimiento y desarrollo de cultivos. Entre estas prácticas, está la de realizar labores de manejo de suelo que permitan la rotura del mismo, a través del uso de arados del tipo cincel, escarificadores, y arado subsolador.

Estos implementos tienen como finalidad soltar el suelo y destruir compactaciones naturales o aquellas producidas por el tráfico de maquinaria agrícola, sin invertir ni mezclar las distintas capas de su perfil. Además de lo anterior, su uso permite facilitar la infiltración de las aguas lluvias en el perfil del suelo y reducir la escorrentía superficial de las aguas lluvias, aumentando la infiltración y acumulación, incrementando con ello su capacidad de retención de agua (Riquelme y Carrasco, 2013).

Debido a que el laboreo vertical mantiene los rastros en la superficie, se protege al suelo de la erosión y se evita la formación de costras superficiales (planchado) (Ibáñez y Hetz, 1988, Riquelme y Carrasco, 1991) derivadas de la

salpicadura de partículas de suelo, producidas por el impacto directo de las gotas de lluvia, sobre la superficie del terreno (Carrasco y Riquelme, 2013). Dichas condiciones pueden provocar una baja emergencia de los cultivos, y por lo tanto una baja población de plantas. Además, al no existir inversión del suelo, se minimiza la descomposición de la materia orgánica y la pérdida de humedad del suelo favoreciendo las condiciones del terreno para la siembra.

Otra ventaja de los implementos de labranza vertical es su escasa compactación del terreno, es decir, no forman la capa dura en el subsuelo, definida como "pie de arado". En cambio, los arados de discos y de vertedera, de labranza convencional, originan capas duras que limitan la profundización de las raíces de los cultivos (Riquelme y Carrasco, 1991, Márquez, 2001). Si el suelo se ha compactado debido al tráfico de la maquinaria o al pastoreo de los animales, conviene efectuar una labor de "estallamiento" o de resquebrajamiento del suelo, es decir romper y quebrar el suelo para aumentar su porosidad y capacidad de acumulación de aguas lluvias (Carrasco y Riquelme, 2013). El implemento apropiado para efectuar esta operación básica, es el arado escarificador o el arado cincel.

En el proyecto "Mejoramiento de la resiliencia al Cambio Climático, para la pequeña agricultura de

la Región de O'Higgins", que ejecutó el Ministerio de Agricultura, con financiamiento del Fondo de Adaptación al Cambio Climático, implementado por la AGCID, en Chile, se han realizado labores de aradura en una superficie cercana a las 2.500 hectáreas pertenecientes a las comunas de Navidad, Litueche, La Estrella, Marchigüe, Pumanque, Pichilemu, Paredones y Lolol, de la región del proyecto, utilizando para ello equipos del tipo escarificador de 5 puntas. Esta labor ha permitido la infiltración de aguas lluvia del período otoño-invierno, favoreciendo con ello la acumulación de ellas en las napas subterráneas y mitigando las consecuencias del cambio climático. A continuación, se presentan más detalles de este implemento de labranza, como las ventajas de su uso.

### [ 7.2 ] El arado escarificador

El arado escarificador (**Figura 7.1**), es un equipo que en la agricultura nacional ha surgido, en los últimos años, como una alternativa complementaria al uso del arado cincel, para romper y remover el suelo, sin invertirlo (Ibáñez y Hetz, 1988), llegando a profundidades que varían entre los 35 a 45 cm. Este equipo, permite disgregar el suelo sin alterar su perfil, agrietándolo por medio de la acción de varias

puntas adosadas a un brazo que van unidas a un marco portaherramientas o chasis (Ibáñez y Hetz, 1987, Carrasco et al., 1993) (**Figura 7.2**). Sus principales ventajas son remover el suelo hasta la profundidad deseada, profundizar la labranza sin invertir el suelo y sin producir desnivelaciones en la superficie del mismo, con lo cual permite conseguir una mejor cama de semillas para el cultivo deseado (Ibáñez y Hetz, 2013).

El arado escarificador, tiene la ventaja de trabajar a mayor profundidad que el cincel, al funcionar eficientemente hasta los 40 cm. El arado cincel, a diferencia del primero, trabaja en forma óptima hasta los 30 cm de profundidad, presentando problemas en el control del "pie de arado", ya que los problemas de presencia de esa capa compactada, se produce en la mayoría de los casos, entre los 30 y 45 cm de profundidad, por lo cual su trabajo sería ineficiente a partir de los 30 cm (Ibáñez y Hetz, 1987, Carrasco et al., 1993). De esta manera, el arado cincel no llegará a romper el suelo endurecido, desde esa profundidad hasta los 45 cm, donde se concentra una parte importante de ese tipo de compactación.

El pie de arado es causado por el paso sistemático del tractor y los equipos de laboreo convencional



**Figura 7.1.** Arado escarificador de arrastre, de cinco puntas, con rodillo para fragmentación de terrones.



**Figura 7.2.** Puntas del arado escarificador, adosadas a brazos montados en un marco porta herramienta.

(Carrasco et al., 1993, Márquez, 2001), como arados de disco y vertedera, en condiciones de excesiva humedad impidiendo el desarrollo de las raíces en profundidad. La compactación es causada por la forma de trabajo del equipo, donde las ruedas de un lado del tractor, transitan en el interior del último surco de aradura que va dejando la labor (**Figura 7.3**). Esta posición de trabajo del tractor evita los esfuerzos laterales generadas por el arado en la labor de inversión de suelos, pero tiene el inconveniente de compactar el suelo por efecto del tránsito de las ruedas, en el interior de cada surco de aradura.



**Figura 7.3.** Origen del problema de pie de arado por el tránsito de las ruedas de un lado del tractor en el interior del último surco de aradura. Arados de disco o vertedera.

Para un trabajo eficiente del arado escarificador, se requiere suelos relativamente secos para que produzcan las grietas o fracturas de ellos. Si se llegase a trabajar sobre suelos húmedos, estos serían cortados por los brazos y puntas del equipo, actuando como un “cuchillo caliente sobre mantequilla sólida”, es decir, dejando solo una raya de corte en el terreno, sin producir el efecto “resquebrajador” deseado. Sin embargo, el suelo seco ofrece mayor resistencia al arado, lo que se traduce en una gran demanda de potencia del tractor, la que aumenta en proporción directa a la profundidad de trabajo y al número de brazos del implemento, por lo cual, es recomendable

trabajar los suelos con un cierto contenido de humedad, para reducir la resistencia del suelo al arado (Márquez, 2001, Riquelme y Carrasco, 2013). De esta forma, se reduce el riesgo de daño a los equipos y al sistema de transmisión del tractor.

El arado escarificador, a diferencia de un arado cincel es más robusto en su estructura, por lo cual, posee características de resistencia que le permite trabajar a una mayor profundidad de trabajo, en el caso de poseer un igual número de brazos y puntas para romper el suelo. La separación entre los brazos del arado, sobre el chasis, está determinada por la longitud de las grietas o líneas de fractura requeridas, producidas en el suelo, tratando de obtener grietas que se entrecrucen lo suficiente, para asegurar un rompimiento uniforme del suelo (Ibáñez y Hetz, 1988, Carrasco et al., 1993).

La profundidad de trabajo del escarificador es también de gran importancia, porque la labor resulta ineficaz si los brazos del arado trabajan muy superficiales, y no en la zona compactada del terreno.

De acuerdo a lo anterior, con el arado escarificador, se logra una mejor rotura del suelo, rompiendo así problemas de compactación, y mejorando con ello la capacidad de infiltración y de retención del agua. Además, al facilitar la infiltración de las aguas lluvias en el suelo, se reduce el escurrimiento superficial de ellas, reduciendo de esta forma el proceso erosivo del suelo, uno de los grandes problemas que afectan a la agricultura.

**En el proyecto realizado en la Región de O'Higgins, se incorporó la adquisición de maquinaria agrícola, con el objeto de prestar servicios en forma gratuita a los productores beneficiarios del proyecto, en labores tales como, escarificado de suelo, rastraje, aplicación de guano, aplicación de cal, entre otras. El total de la superficie trabajado llegó a un total de 9.700 hectáreas, de las cuales 3.833 correspondieron a las labores de escarificado de suelos, lo cual significó un aporte fundamental a la pequeña y mediana agricultura de las 8 comunas del proyecto.**

### [ 7.2.1 ] Ventajas del arado escarificador

- **Ahorro de energía.** La tracción requerida por cada unidad de ancho, trabajando a una misma profundidad, puede llegar a ser la mitad de la requerida por un arado de vertedera (Ibáñez y Hetz, 1988).
- **Mejoran la penetración de las aguas lluvias, conservando la humedad en el suelo,** lo cual es favorable para el desarrollo de las raíces de los cultivos.
- **Mejora la estructura del suelo, y con ello las propiedades físicas del mismo,** como densidad aparente, porosidad, conductividad hidráulica saturada, entre otras.
- **El perfil de suelo trabajado por un arado escarificador, además de disponer de un espacio poroso suficiente, como para almacenar agua de lluvia de cualquier intensidad (Figura 7.4),** no presenta la discontinuidad estructural que supone la formación de “pie de arado”, dejada por los arados de vertedera y disco (Márquez, 2001, Carrasco et al., 2010, Riquelme y Carrasco, 2013), que complica la infiltración del agua, acumulándola en la superficie (Figura 7.5).
- **El arado escarificador trabaja a una mayor profundidad que el arado cincel,** por lo cual controla y elimina en mejor forma el estrato de suelo compactado (Ibáñez y Hetz, 1988, Carrasco et al., 2017).
- **Permiten la recarga de las napas subterráneas,** al facilitar la infiltración del agua hacia el subsuelo. Esta es una de las grandes ventajas de este tipo de arados, por lo cual contribuye a enfrentar en mejor forma la problemática del cambio climático, donde la escasez de aguas lluvias está siendo uno de los problemas principales.



**Figura 7.4.** Estado del terreno de un suelo de textura franco arcillosa después de una lluvia de 60 mm, trabajado con arado escarificador, Colhue, comuna de Pumanque, año 2020.



**Figura 7.5.** Estado del terreno de un suelo de textura franco arcillosa, trabajado con arados convencionales y sin uso de arado escarificador, después de una lluvia de 60 mm. Colhue, comuna de Pumanque, año 2020.

### [ 7.2.2 ] Técnica del escarificado del suelo en fajas, para facilitar la infiltración del agua de lluvia

En la eventualidad de que un agricultor no disponga de recursos, para contratar el servicio de un tractor y arado escarificador, que le permita realizar una labor de aradura en la totalidad de una superficie de su predio, el escarificado de un terreno en fajas, es una técnica de aradura incorporada en el programa SIRSD-S del Ministerio de Agricultura, para la recuperación de suelos degradados, consistente en una labor de aradura con un equipo escarificador, a una profundidad de 35 a 40 cm, cubriendo un ancho de trabajo de 1,8 a 2,0 metros, que corresponde al ancho de trabajo del equipo, y realizada en forma perpendicular a la pendiente del terreno (Carrasco et al., 2017).

La labor de escarificado del suelo en fajas, se debe hacer de tal modo que cada faja, quede distanciada una de otra por cada 10 a 15 metros (**Figura 7.6**), con lo cual se va rompiendo el terreno en forma parcial. De esta forma, no se rompe la totalidad del terreno, cuestión que significa un menor tiempo de uso del tractor y del equipo, y con ello, un menor costo de operación (Carrasco et al., 2017).



**Figura 7.6.** Labor de escarificado en fajas, con cinco puntas, para romper capa compactada de suelos y facilitar la infiltración de aguas lluvias al suelo. Litueche, Región de O'Higgins.

Además, permite la rotura de la zona compactada del suelo, provocada durante muchos años, por el pisoteo animal de ovinos y bovinos, y debido a las labores de aradura (pie de arado), facilitando así la infiltración de las aguas lluvias en el perfil de suelo.

Dada a la condición de escasez de agua en las áreas de secano, el escarificado del suelo en fajas es una labor que permite coleccionar y acumular aguas lluvias en el suelo, facilitando así el crecimiento y producción de una pradera, por lo cual es un elemento importante de manejo del suelo que debe considerar un productor del secano (Carrasco et al., 2017).

Se recomienda, que la labor debe ser realizada con un tractor de una potencia superior a 120 Hp, y con un arado escarificador de arrastre, de 5 puntas, debiendo trabajar el suelo con un cierto contenido de humedad. Esta condición se consigue en otoño, después de una primera lluvia, antes de que se inicien las lluvias intensas, que llegarán a saturar el suelo. Si el terreno es arcilloso, al estar seco, puede que esté muy endurecido para realizar la labor, haciéndola ineficiente y pudiendo llegar a dañar la estructura del equipo, por lo cual será necesario esperar algunas lluvias, para que se humedezca parcialmente el terreno, y así hacer más fácil la labor de aradura.

En terrenos con pendiente o de lomaje, una forma eficiente de uso del arado escarificador de 5 puntas, es trabajar con él siguiendo curvas a nivel, en forma perpendicular a la dirección de la pendiente del terreno (**Figura 7.7**). Así, se reducen riesgos de erosión, facilitando con ello la infiltración del agua en los puntos donde el escarificador realizó su labor.



**Figura 7.7.** Labor de escarificado en curvas a nivel, para favorecer la infiltración del agua en el suelo. Centro Experimental Hidango, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

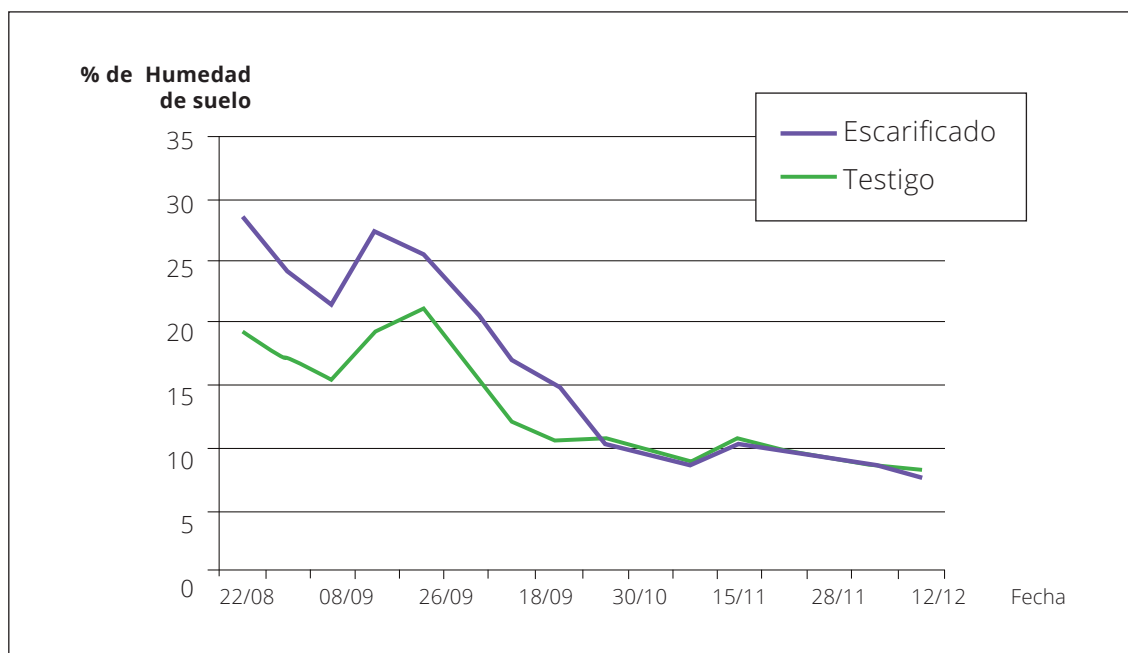
El principio de la labor de escarificado en fajas, es recoger e infiltrar en esa superficie intervenida, las aguas lluvias que caen y escurren desde el área no escarificada. El agua infiltra por conductividad hidráulica vertical en el suelo arado, y se mueve en forma subsuperficial al área no subsolada, por conductividad hidráulica horizontal (Carrasco et al., 2010, Carrasco et al., 2017). De esta forma, se consigue humedecer el área de suelo ubicado entre pasadas del escarificador, favoreciendo la germinación del banco de semillas de una pradera natural o sembrada, permitiendo el crecimiento y aprovechamiento de ella.

### [ 7.2.3 ] Evaluación del escarificado sobre el suelo de una pradera natural

#### [ 7.2.3.1 ] Evaluación del contenido de humedad del suelo

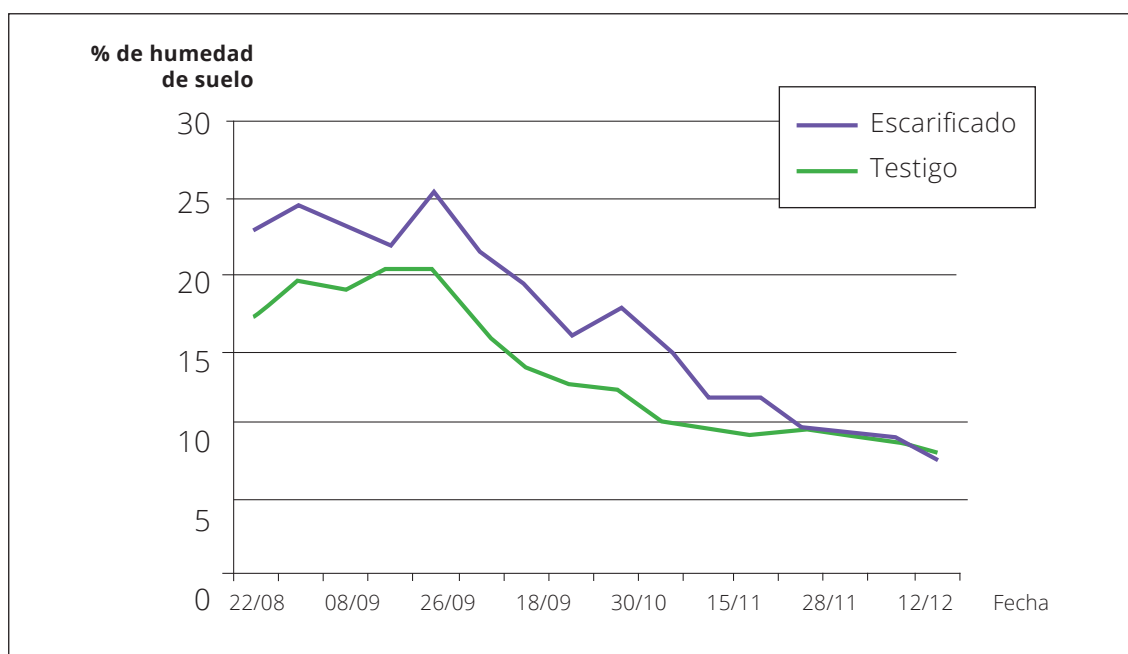
El INIA desarrolló un ensayo de campo entre los años 2014 y 2015, en el Centro Experimental Hidango, Comuna de Litueche, Región de O'Higgins. Este ensayo correspondió a una pradera sembrada, comparándose la labor de escarificado de suelos en fajas, con un tratamiento testigo, donde no se realizó labor. Se demostró que el escarificado del suelo en fajas con un arado de cinco puntas, permite acumular aguas lluvias en el suelo, facilitando la recarga de ellas en el suelo.

En la Figura 7.8, se muestra la humedad de suelo expresada en porcentaje, medida a los 20 cm de profundidad, en el período agosto-diciembre de 2014. Bajo las condiciones de precipitaciones del año 2014, con el tratamiento de escarificado del suelo se logró un mayor contenido de humedad en el mismo, medido a partir del 20 de agosto de ese año, donde la labor de escarificado, a esa profundidad, presentó un 28,5%, diferenciándose del tratamiento testigo en un 8,9% más en el contenido de humedad. La humedad de suelo, del tratamiento de escarificado, siempre fue mayor hasta aproximadamente el día 30 de octubre, en comparación con el testigo no escarificado, donde a partir de esta última fecha, se igualaron los porcentajes de humedad encontrados, las cuales se mantuvieron constantes hasta la última evaluación realizada, que correspondió al día 28 de diciembre.



**Figura 7.8.** Humedad de suelo (%), medida a los 20 cm de profundidad, en el período agosto-diciembre de 2014. Ensayo de escarificado en fajas, en una pradera sembrada falaris en asociación con trébol subterráneo. INIA-Hidango.

La evaluación anterior, refleja la importancia de la labor de escarificado del terreno, para permitir una mayor acumulación de agua en el perfil de suelo, en los primeros 20 cm de profundidad, permitiendo así extender el período de disponibilidad de agua para una pradera, si se compara con un tratamiento testigo, no escarificado (Carrasco et al., 2017).



**Figura 7.9.** Humedad de suelo (%), medida a los 40 cm de profundidad, en el período agosto-diciembre de 2015. Ensayo de escarificado en fajas, en una pradera sembrada de falaris en asociación con trébol subterráneo. INIA-Hidango.



*Arado escarificador*

En la Figura 7.9 se observa la humedad medida a los 40 cm de profundidad, en un tratamiento de una labor de escarificado, comparada con la humedad presente en un suelo no escarificado (testigo). En ambos tratamientos, el porcentaje de humedad del suelo va decreciendo a través del tiempo, aumentado con las precipitaciones de los días 23 y 24 de agosto, como con las del 26 de septiembre. Sin embargo, en la misma Figura 7.9, se observa que esta recarga fue mayor en el caso de tratamiento de escarificado, en relación al testigo, donde se hace más efectivo el aumento del porcentaje de humedad del suelo después de cada precipitación, de los días 26 de septiembre y 28 de octubre del año 2014.

El día 28 de noviembre del año 2014, en la profundidad de 40 cm, se llegan a igualar los porcentajes de humedad entre los dos

tratamientos, lo que significa que con el escarificado se facilita una mayor infiltración de agua en el perfil de suelo, la cual perdura por más tiempo, por lo que será más favorable para el crecimiento de la pradera establecida.

Los resultados que se muestran en las Figuras 7.8 y 7.9 permiten concluir que, bajo las condiciones de secano, con la labor de escarificado, el agua proveniente de las precipitaciones se acumula en mayor volumen en el suelo, incluso hasta los 40 cm, lo cual se refleja en el porcentaje de humedad medido desde el 22 de agosto hasta el 28 de diciembre. De acuerdo a esto, es absolutamente recomendable la labor de escarificado, para aumentar en el suelo, la capacidad de acumulación de las aguas lluvias, y favorecer, por ejemplo, el crecimiento y producción de una pradera.

Lo recomendable es usar el arado escarificado en la totalidad de la superficie que sea necesaria arar, porque de esa forma se hace más eficiente la labor en términos de rotura del perfil del suelo, para romper capa compactada, facilitando la infiltración de aguas lluvias y con ello reducir procesos erosivos. Sin embargo tiene un costo que no es menor por lo cual no siempre será la mejor alternativas para los pequeños productores.

Lo importante es que esta práctica este incorporada en la table de costos del programa SIRSD-S, del Ministerio de Agricultura, de manera de apoyar con aporte del Estado una parte importante del costo de la labor, teniendo INDAP y el SAG una función de coordinación a nivel nacional del programa.



## Referencias bibliográficas

**Carrasco, J., y Riquelme, J. 2013. Capítulo 2.** Técnicas para el control de la erosión. En: Carrasco y otros (ed). Técnicas de conservación de suelos, agua y vegetación. Serie de Actas N° 48. Centro Regional de Investigación Rayentué, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Rengo, Chile. pp 23-47

**CIREN-CORFO. 1986.** Manual de estándares técnicos y económicos de obras menores de riego. Publicación N° 61. Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). Santiago, Chile. 308pp.

**Narro, E. 1994.** Física de suelos, con enfoque agrícola. Editorial Trillas. México D.F. México. 195pp.

**MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); PLAMAR (Plan de Acción para la Modernización y Fomento de la Agricultura bajo Riego, GT).** 2005. Programa de cosecha de agua de lluvia a través de embalses bajo riego. Guatemala. 24 p.

**Okuda, Y.; Uribe, H. y Lagos, O. 2004.** Pequeñas obras de acumulación. En Uribe, H.; Perez, C.; y Okuda, Y. (eds). Boletín recursos hídricos y manejo del agua para un desarrollo sustentable del secano. Instituto de investigaciones agropecuarias. Boletín INIA N° 123. Versión digital.

**Okuda, Y; Uribe H. y Lagos O. 2004b.** Estudio de disponibilidad de aguas subterráneas a nivel de la cuenca de San José, Ninhue. En Uribe H., Perez C. y Okuda, Y. (Eds). Boletín recursos hídricos y manejo del agua para un desarrollo sustentable del secano. Instituto de investigaciones agropecuarias. Boletín INIA N° 123. Versión digital.

**Pizarro, R., Flores, J. Sanguesa, C., Martínez, E. y León, L. 2008.** Diseño hidrológico de zanjas de infiltración en el secano costero e interior de las regiones semiáridas de Chile. Bosque (Valdivia) Vol. 29. N° 2. Valdivia, Chile. Versión on-line. pp 136-145.

**Reckman, O. y Maldonado, T. 2000.** Pozos profundos. Programa de desarrollo de sistemas de riego en el secano interior y costero. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y Comisión Nacional de Riego (CNR). Santiago, Chile. 44 pp.

**Rupp, D., H. Uribe, O. Lagos, J. S. Selker. 2004.** Recession flow analysis for selection of basin drainage model and estimation of basin-wide hydraulic parameters. AGU fall meeting. San Francisco.

**Uribe, H.; Lagos, O; Rupp, D y Okuda, Y. 2004.** La escorrentía superficial en cuencas del secano interior. En: Uribe, H.; Pérez C.; Okuda, Y. (eds). Recursos hídricos y manejo del agua para un desarrollo sustentable del secano. Boletín INIA N° 123. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán, Chile. Versión digital INIA.

**Uribe, H.; Arumi, J.; Salgado, L.; González, L. y Lagos, O. 2004b.** Recarga de las aguas subterráneas en el secano de Ninhue. En Uribe C., H.; Perez C., Claudio; Okuda, Y. (eds). Boletín recursos hídricos y manejo del agua para un desarrollo sustentable del secano. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 123. Chillán, Chile. Versión digital INIA.

**Uribe, H.; Lagos., O.; Rupp, D. Y Okuda, y Pérez, C. 2004c.** Estimación del rendimiento de pozos noria en el secano interior, comuna de Ninhue. En: Uribe, H.; Pérez, Claudio; Okuda, Y. (eds). Boletín recursos hídricos y manejo del agua para un desarrollo sustentable del secano. Centro Regional de Investigación Quilmapu. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 123. Chillán, Chile. Versión digital.

**Uribe, H. 2012.** Capítulo 9. Sistemas de captaciones de agua. En: Carrasco J., Squella F., Riquelme, J., Hirzel, J., y Uribe, H. (eds). Técnicas de conservación de suelos, agua, y vegetación en territorios degradados. Serie de Actas N° 48. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Rayentué, Rengo, Chile. pp.197-203.

**Uribe, H. 2016.** Capítulo 5. Sistemas de acumulación de agua para áreas de secano fomentados por el SIRSD-S. En: Carrasco, J. (ed.). Técnicas de captación, acumulación, y aprovechamiento de aguas lluvias. Centro Regional de Investigación Rayentué, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Rengo, Chile. pp 108-120.