

SISTEMAS DE ACUMULACIÓN DE AGUA PARA ÁREAS DE SECANO, FOMENTADOS POR EL SIRSD-S

Hamil Uribe C.

1. INTRODUCCIÓN

El secano corresponde a un territorio bajo la influencia del clima mediterráneo, y que en general presenta un alto grado de degradación del suelo por erosión de origen antrópico.

El territorio del secano, desde el punto de vista de los recursos hídricos, presenta un problema de estacionalidad. La oferta de agua ocurre en el invierno, momento que no corresponde con la demanda, que más bien ocurre durante primavera-verano. El suelo, por su alto nivel de degradación, no permite la acumulación de agua para que esté disponible durante el verano. Por ello toma fuerza la idea acumular el agua o extraer el máximo posible de ella, mediante diversos tipos de captaciones que en este caso se denominan *aguadas*. Según el Programa de Recuperación de Suelos Degradados- Sustentables (SIRSD-S), las *aguadas* se clasifican en superficiales, intermedias y profundas.

2. CLASIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Los recursos hídricos pueden ser *superficiales* o *subterráneos*. Estos últimos se pueden separar en *sub-superficiales* y *profundos*, tal como ocurre en la clasificación del SIRSD-S, que distingue entre *aguadas superficiales*, *intermedias* y *profundas*.

Los recursos *superficiales* incluyen los ríos, esteros, lagunas, lagos, etc.

Los recursos hídricos *subterráneos* corresponden a pozos de cualquier tipo que captan agua a distintas profundidades.

Las aguas *sub-superficiales* pueden ser captadas mediante pozos noria, zanjas o punteras, mientras cuando se trata de acuíferos más profundos se requiere construir pozos profundos utilizando máquinas perforadoras apropiadas.

3. CAPTACIONES DE AGUA

Las captaciones de agua son las obras construidas para extraer el agua desde las fuentes de agua, ya sean superficiales o subterráneas. Como se indicó anteriormente, en el SIRSD-S se denominan *aguadas* y distinguen tres tipos: superficiales, intermedias y profundas.

3.1 Aguadas Superficiales

La **Figura 1** presenta los tipos de *aguadas superficiales*. Los tipos I y II corresponden a las definidas en las especificaciones técnicas de del SIRSD-S. En ellas, el agua se acumula principalmente dentro de la excavación. Sin embargo, existen otros tipos de aguas como el tipo III, que tiene ventajas respecto del costo por volumen de agua acumulado ($\$/m^3$). No obstante, requiere de condiciones topográficas particulares que no siempre se cumplen.

En el SIRSD-S las *aguadas superficiales* son definidas como una excavación cuyo objetivo es coleccionar y almacenar agua lluvia o de fuentes superficiales, para disponer de bebida para animales, especialmente en potreros con deficiencia hídrica, permitiendo el uso equilibrado del recurso que se dispone disponible en los distintos potreros del predio.

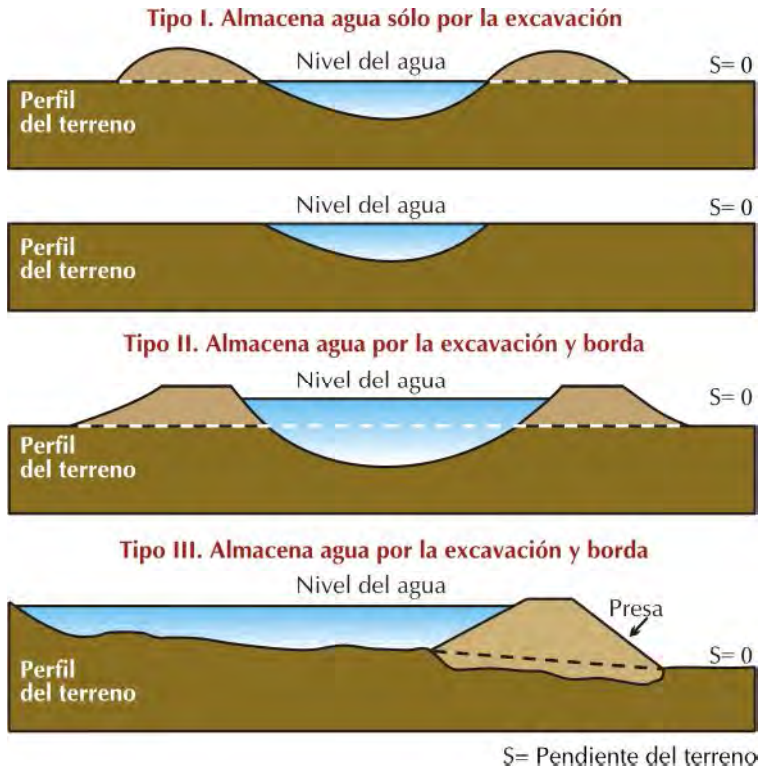


Figura 1. Tipos de *aguadas superficiales*
(Fuente: MAGA; PLAMAR (2.005)).

El volumen unitario corresponde a 180 m^3 .

La *aguada superficial* se dispone con una o más entradas de bordes inclinados con el objetivo de asegurar la estabilidad de las paredes, o bien, se deja en forma de plato.

Para su protección, se sigue usando cercos y bebederos asociados para aumentar su vida útil.

Se debe tener en cuenta la permeabilidad del suelo del lugar de emplazamiento, puesto que el agua podría infiltrarse rápidamente, y así, no sería útil. Por ende, se plantea la necesidad de impermeabilización cuando las condiciones lo ameriten.

Las especificaciones técnicas del SIRSD-S indican que la aguada deberá estar con agua al momento de ser fiscalizada.

Las *aguadas* tipo III son pequeños tranques que cuentan con un muro que debe ser localizado en un angostamiento, generalmente algún estero. La selección del lugar es un aspecto fundamental, ya que se busca tener un mínimo movimiento de tierra y una máxima capacidad de almacenamiento. La relación volumen embalsado a volumen de muro, debe ser en lo posible mayor a 30.

Para el diseño y construcción de un embalse, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Capacidad potencial de almacenamiento de agua para ser ocupada en la temporada de verano.
- Evaluar el material con el que se construirá el muro, considerando los parámetros de resistencia y compactación óptimos, para prevenir problemas estructurales y de filtraciones.
- Cálculo y selección de obras de toma, desagüe y vertedero, adecuados para el buen funcionamiento de la obra.

La **Figura 2** muestra la sección de un muro típico. N_1 y N_2 deben ser mayores a 3 y 2, respectivamente para asegurar una estabilidad de los taludes.

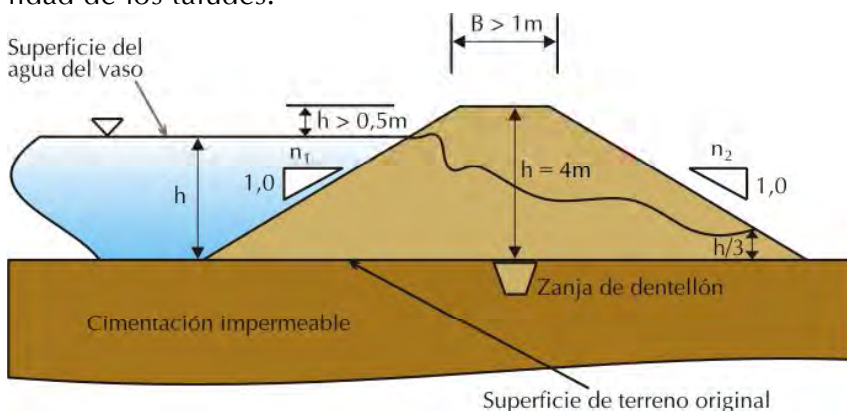


Figura 2. Vista en elevación, de un muro típico de un tranque acumulador de agua.

3.1.1 Disponibilidad de agua de las aguadas superficiales

La disponibilidad de agua de las *aguadas superficiales* tiene relación con su capacidad de acumulación y con las pérdidas de agua por filtraciones y evaporación.

Para la cubicación del volumen acumulado, se puede asumir una forma geométrica representativa de la aguada y de acuerdo a ello calcular el volumen. La **Figura 3** muestra una *aguada superficial* tipo I y la forma en que se cubicó su capacidad, asumiendo que tiene forma elíptica en la superficie y fondo.

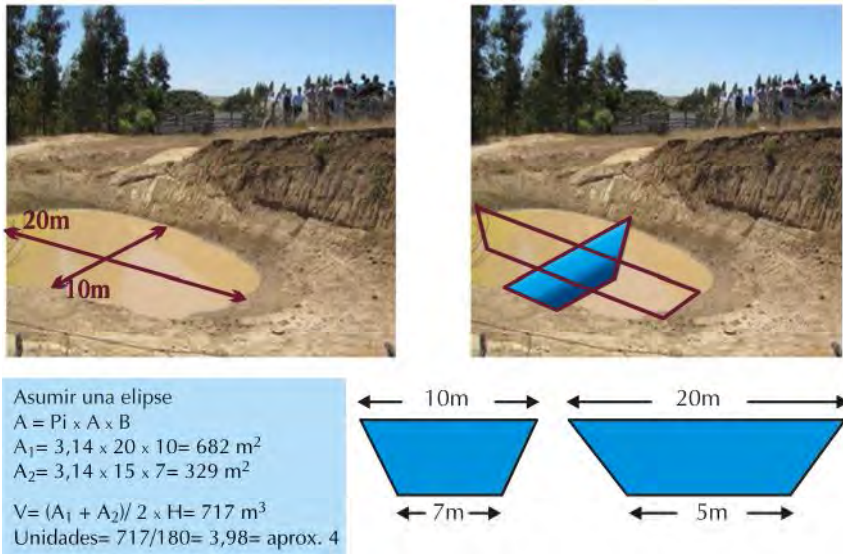


Figura 3. Cubicación de la capacidad de almacenamiento de una *aguada superficial* tipo I.

En el caso de los pequeños embalses la cubicación se debe hacer basada en la topografía del área inundada (**Figura 4**). El cálculo es simple y consiste en calcular el volumen entre cada curva de nivel y luego sumarlas para obtener el total. Bajo la curva de nivel en rojo se puede asumir que corresponde al volumen muerto no útil.

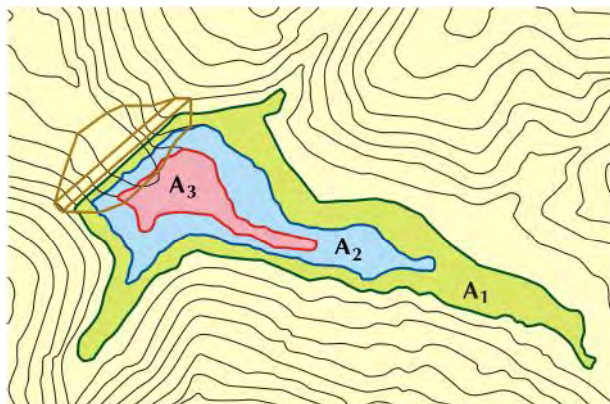


Figura 4. Topografía del área inundada de un embalse. Vista en planta.

$$AT = (A_1 + A_2) \times 0,5 \times EQ + (A_2 + A_3) \times 0,5 \times EQ$$

Donde:

AT es el área total

A₁, A₂ y A₃ son las áreas en verde, azul y rojo.

EQ es la equidistancia o distancia entre las curvas de nivel.

Tanto para las *aguadas* tipo I y II, como para los pequeños embalses, existen pérdidas por evaporación y por filtraciones, las cuales deben ser descontadas al volumen total calculado. Mediciones realizadas por el INIA en pequeños embalses, indican que se pierde una lámina de agua relativamente constante durante la temporada primavera-verano. En verano, cuando las *aguadas* presentan niveles bajos de agua, predomina la evaporación desde la superficie, mientras en primavera, con temperaturas menos extremas pero niveles de agua altos, predominan las filtraciones. En promedio, se observó que las pérdidas fueron entre 7 y 10 mm por día durante la temporada. Si se cuantifica en volumen de agua perdido, en primavera es más alta puesto que el área de la superficie inundada es mayor. En resumen, se puede esperar que más de 1 metro de agua se pierda por las causas antes mencionadas.

3.2 Aguadas Intermedias (Sub superficiales)

Las *aguadas* intermedias, según el SIRSD, se define como la excavación de una noria de un volumen mínimo de 20 m³, con bordes rectos, revestido con madera u otro material, extrayendo agua con algún sistema (motobomba, molino, etc.). Además se debe asociar a ella, un sistema de distribución de agua.

Según la definición anterior, podrá tratarse de una noria propiamente tal, o incluso de *pozos zanjas*. Sin embargo, existen otras alternativas de fuentes de agua que podrían ser incluidas en la clasificación de *aguadas* intermedias, tales como las punteras y pozos de pequeño diámetro de menos de 20 metros de profundidad.

3.2.1 Pozos Noria

Los *pozos noria* (**Figura 5**) son captaciones verticales, cuyo diámetro es alto con respecto a su profundidad. Son una alternativa muy usada en las zonas de secano y otras áreas, puesto que se pueden construir a bajo costo -incluso bastaría el construirlas a mano- y tienen la capacidad de almacenar agua en su interior, lo que no ocurre con los pozos de diámetro pequeño. Esto podría evitar la necesidad de tener estanques elevados, lo que representa un costo adicional.



Figura 5. Pozo noria. Alternativa muy usada en zonas de secano para la extracción de agua.

La **Figura 6** muestra las principales características de un *pozo noria* característico, el cual va entubado. Los *pozos noria* más frecuentes, son revestidos, sea con ladrillos, madera, y/o con tubos de hormigón (**Figura 7**).

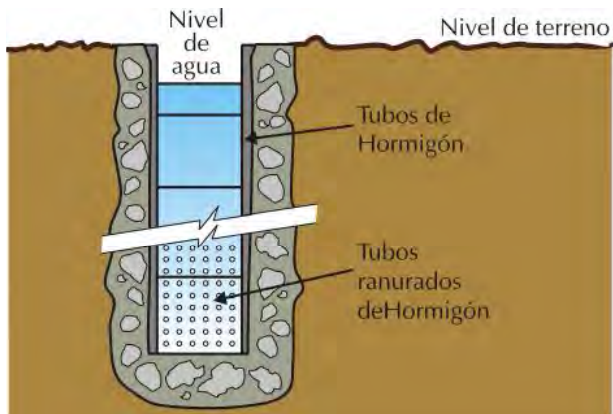


Figura 6. Esquema del corte de un *pozo noria* típico.



Figura 7. Pozo noria revestido con tubos de hormigón.

Un aspecto importante que determina la capacidad de los pozos noria es la conductividad hidráulica (Ks) del terreno alrededor, que es un parámetro que depende del tipo de material del acuífero. Esta característica del suelo no se puede cambiar, pero sí la forma del pozo.

Cuando se construyen se debe tener en cuenta que mientras más profunda sea la lámina de agua desde el nivel freático (nivel del pozo lleno) hasta el fondo del pozo, mayor será el caudal posible de extraer.

Para lograr una buena perforación se debe contar con bombas adecuadas, las cuales deben en lo posible ser sumergibles, y de tipo loderas y eléctricas. Estas bombas permiten excavar manualmente a profundidades mayores, porque extraen el barro mientras el perforista trabaja en el interior del pozo, sin riesgo de aspirar gases tóxicos como ocurre con bombas a combustión y sin dañar las bombas, si son para aguas limpias. Si el terreno es inestable, se podría derrumbar sobre el perforista. En este caso lo más conveniente es entubar en 1 m de diámetro y excavar por el interior de los tubos de forma que vayan bajando por su propio peso.

Los caudales posibles de ser extraídos son variables, dependiendo del tipo de acuífero en que se encuentren. En el secano generalmente se trata de caudales menores a 0.5 l/s, mientras que en el valle central regado podrían ser de algunos litros por segundo.

3.2.2 Pozos Zanja (Dren)

Los *pozos zanja* (**Figura 8**) corresponden a excavaciones de mayor tamaño que los pozos noria, generalmente con maquinaria. Al igual que en los *pozos noria*, la conductividad hidráulica (Ks) del acuífero determina su capacidad de entrega de agua. En este caso la gran área de las paredes, determina la capacidad del pozo. Por lo tanto, también es importante la profundidad de excavación.



Figura 8.
Pozo zanja.

Los caudales posibles de ser extraídos, son variables dependiendo del tipo de acuífero en que se encuentren. En el seco generalmente se trata de caudales menores a 1 l/s, mientras en otras aéreas con acuíferos mejores podrían ser hasta 15 l/s.

Una característica importante de este tipo de captación es su gran volumen de acumulación, lo cual permite mayor flexibilidad en el uso del agua.

3.2.3 Punteras

Las punteras (**Figura 9**) no aparecen mencionadas explícitamente como una obra de captación del SIRSD. Sin embargo, constituyen una fuente de agua común en zonas con suelos permeables.

Estos pozos se perforan mediante un fuerte chorro de agua que baja por una cañería y que termina en un barreno. El agua circula

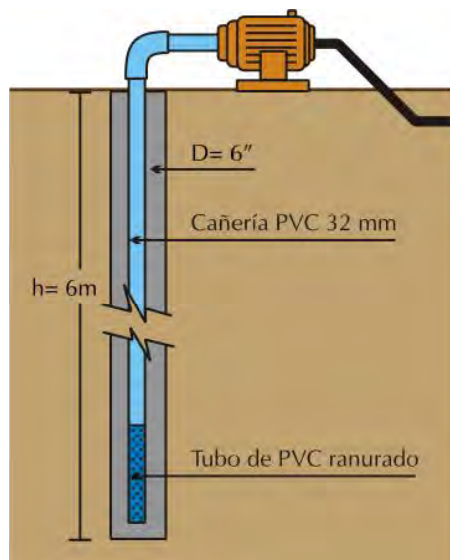


Figura 9. Esquema de una puntera.

hacia arriba y arrastra el material que ha sido molido por el roce con el barreno, y que al ser presionado hacia abajo y girado, va profundizando la perforación. Se usa para diámetros de 40 a 75 mm y para profundidades normalmente entre 3 y 8 m. Se pueden usar en forma individual o en baterías de punteras en red, los cuales son succionadas por una sola bomba.

Las *punteras* permiten captar aguas *sub-superficiales* y se aplican normalmente para caudales bajos a medios, del orden de 5 l/s como máximo cuando se trata de baterías de punteras.

3.2.4 Disponibilidad de agua en aguadas intermedias

La disponibilidad de agua de este tipo de fuentes de agua, se determina mediante pruebas de bombeo y/o de recuperación.

Existen diversos métodos para ello. Una prueba directa es la de caudal constante, que como su nombre lo indica, consiste en bombear el agua con un caudal constante hasta que el nivel se estabilice por 180 minutos. Esta prueba puede ser útil en caso de punteras, pero es poco práctica en *pozos noria* o *zanjas*, puesto que se requiere mucho tiempo antes de lograr la estabilización por la gran cantidad de agua acumulada en los pozos. Por ello se aplican otros métodos como el de Porchet o de Rupp.

3.3 Aguadas Profundas

De acuerdo al SIRSD las *aguadas profundas* se diferencian en dos rangos de acuerdo a su profundidad, los cuales serían, en primer lugar, entre 20 m y 40 m, y en segundo lugar, en más de 40 m. Deben ser de diámetro mínimo de 110 mm (equivalente a 4 pulgadas). Aunque en el marco del SIRSD se indica un mínimo de 75% de longitud entubada, respecto a la profundidad total, lo recomendable es entubar el pozo completo. Esto puede ser con tuberías de PVC clase 4 como mínimo.

Las *aguadas* profundas corresponden generalmente a pozos profundos, aunque existen casos excepcionales de *pozos noria* de

más de 20 m de profundidad. Estos pozos, a diferencia de las norias, tienen un diámetro pequeño en relación a su profundidad, y por lo tanto, un comportamiento distinto. No acumulan agua, por lo tanto el agua se debe usar en el momento, o bien, se debe guardar en estanques.

Pozos profundos de pequeño diámetro (4 a 5 pulgadas) pueden ser perforados con máquinas pequeñas. La **Figura 10** presenta un esquema de un pozo profundo de gran profundidad. En este caso el entubado debe ser en acero. Los diámetros pueden variar entre 6 a 20 pulgadas. Pozos de menor diámetro (4 pulgadas) podrían ser entubados en PVC. Los pozos profundos son construidos con maquinarias que permiten perforar los estratos del subsuelo. Existen diversos métodos, tales como percusión y rotación, o una combinación de ambos.

Los pozos profundos son evaluados mediante pruebas de caudal variable y constante. En primer lugar, se realizan pruebas variando el caudal para conocer el rendimiento del pozo. En segundo lugar y una vez conocido este valor, se procede a realizar una prueba de caudal constante durante 24 horas.

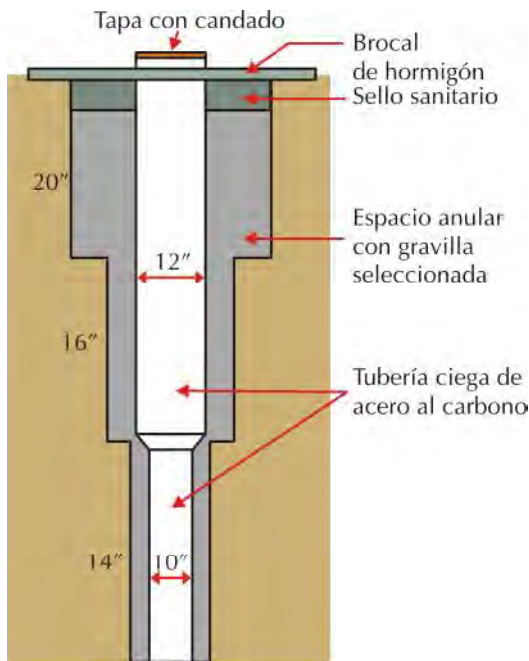


Figura 10. Plano horizontal de esquema de un pozo profundo de gran profundidad.

4 BIBLIOGRAFÍA

- Okuda, Yukio; Uribe C., Hamil y Lagos R., Octavio. Pequeñas obras de acumulación. En Uribe C., Hamil; Perez C., Claudio; Okuda, Yukio. (eds). 2004.** Boletín recursos hídricos y manejo del agua para un desarrollo sustentable del secano. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 123. Versión digital INIA.
- Okuda, Yukio; Uribe C., Hamil y Lagos R., Octavio. Estudio de disponibilidad de aguas subterráneas a nivel de la cuenca de San José, Ninhue. En Uribe C., Hamil; Perez C., Claudio; Okuda, Yukio. (eds). 2004.** Boletín recursos hídricos y manejo del agua para un desarrollo sustentable del secano. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 123. Versión digital INIA.
- 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. 2001.** Evaluación de recursos hídricos en el secano interior. En curso internacional "Manejo de Microcuencas y prácticas conservacionistas de suelo y agua. Serie actas INIA N° 22. Chillán, Chile.
- Uribe, H.; O. Lagos; D. Rupp y Y. Okuda. La escorrentía superficial en cuencas del secano interior. En Uribe C., H.; Pérez C., Claudio; Okuda, Y. (eds). 2004.** Boletín recursos hídricos y manejo del agua para un desarrollo sustentable del secano. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 123. Versión digital INIA.
- Uribe, H.; Arumi, j.; Salgado, L.; González, L. y Lagos, O. Recarga de las aguas subterráneas en el secano de Ninhue. En Uribe C., H.; Perez C., Claudio; Okuda, Y. (eds). 2004.** Boletín recursos hídricos y manejo del agua para un desarrollo sustentable del secano. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 123. Versión digital INIA.