



CONSTRUCCIÓN DE RESERVORIOS EXCAVADOS DE AGUA PARA RIEGO PRESURIZADO EN EL VALLE BONAERENSE DEL RÍO COLORADO

/ AUTORIDADES

Presidente de la Nación

Mauricio Macri

Secretario General de la Presidencia

Fernando de Andreis

Secretario de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable

Sergio Bergman

Titular de la Unidad de Coordinación General

Patricia Holzman

Secretario de Política Ambiental en Recursos Naturales

Diego Moreno

Directora Nacional de Planificación y Ordenamiento Ambiental del Territorio

Dolores María Duverges

CONSTRUCCIÓN DE RESERVORIOS EXCAVADOS DE AGUA PARA RIEGO PRESURIZADO EN EL VALLE BONAERENSE DEL RÍO COLORADO

Bongiovanni, Marcos.; Anze, Rolando.

**Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
EEA Hilario Ascasubi.**

Esta publicación se realiza en el marco del proyecto “Aumentando la resiliencia climática y mejorando el manejo sostenible de la tierra en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires” (BIRF TF 015041 AR), implementado por la Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, financiado por el Fondo de Adaptación al Cambio Climático y ejecutado por el Banco Mundial.

CONTENIDO

PRÓLOGO	5
1. ¿POR QUÉ ALMACENAR AGUA?	6
2. DISEÑO DE UN RESERVORIO	8
a) Volumen de agua necesario y tiempo de recarga	8
b) Dimensiones y ubicación.....	10
3. EJECUCIÓN DE LA OBRA	15
3.1 Excavado y perfilado.....	15
3.2 Revestimiento.....	18
4. MANTENIMIENTO	30
5. OBRAS REALIZADAS	31
6. COSTOS	34
7. CONSIDERACIONES FINALES	36
BIBLIOGRAFÍA	39

1. PRÓLOGO

Los reservorios excavados de agua son el resultado de un conjunto de respuestas a los problemas de disponibilidad y gestión del agua de riego que presentan los productores del valle bonaerense del río Colorado. Técnicos de INTA, CORFO río Colorado e instituciones y asociaciones locales, potenciados con el proyecto BIRF AR “Aumentando la resiliencia climática y mejorando el manejo sostenible de la tierra en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires”, trabajan junto a los productores en el aumento de la eficiencia de riego y la gestión local del recurso. Este trabajo participativo ha dado lugar a numerosas transformaciones tecnológicas, contribuyendo a la innovación en las herramientas de gestión del agua desde la construcción colectiva del conocimiento y sobre la base de experiencias locales.

¿POR QUÉ ALMACENAR AGUA?

En el valle bonaerense del río Colorado se riegan actualmente cerca de 100.000 hectáreas, entre pasturas, cereales y hortícolas. Producto del impacto del cambio climático en la acumulación de nieve en la cordillera argentina (Sánchez, 2013), el escurrimiento medio del río en los últimos años representó apenas el 60 % del correspondiente a un año normal, afectando la disponibilidad y calidad del agua.

Bajo la crisis hídrica, los sistemas productivos con pequeñas concesiones de riego y planteos hortícolas vieron gravemente afectados sus cultivos, al no poder cubrir por sistemas tradicionales de riego gravitacional la demanda de agua durante el periodo estival. Por otro lado, entre los meses de mayo a julio se realizan en el valle tareas de limpieza y mantenimiento anual de la red de riego, suspendiéndose la entrega de agua del río. Si bien durante estos meses las necesidades de riego son menores, estos productores deben regar sus cultivos con agua de perforación, generalmente con el doble de salinidad que la del río.

Durante la campaña 2014-2015 se realizaron talleres con productores y técnicos de la zona para discutir tecnologías que pudieran dar solución a la problemática. Así, los reservorios excavados e impermeabilizados para riego presurizado resultaron ser la propuesta más acorde para mejorar la disponibilidad, calidad y gestión del agua en sus predios.

Los reservorios de agua constituyen el espacio físico para almacenar, durante el turno de riego, un volumen de agua suficiente para regar por goteo o aspersión los días restantes de la semana o durante periodos más prolongados de tiempo, como el receso invernal.

Con apoyo de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación y en el marco del proyecto “Aumentando la resiliencia climática y mejorando el manejo sostenible de la tierra en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires”, se construyeron reservorios excavados en establecimientos ubicados en los partidos de Villarino y Patagones. De la experiencia participaron INTA¹, CORFO Río Colorado² y productores hortícolas familiares del valle bonaerense del río Co-

lorado, propietarios de la tierra y con producción hortícola a campo y bajo cubierta.

El proyecto apoyó la experiencia aportando las geomembranas para la impermeabilización de los reservorios y el instrumental para su diseño, así como los equipos de riego por goteo. Los productores involucrados se hicieron cargo del costo del excavado.

1 El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria posee una Estación Experimental (EEA) en la localidad de Hilario Ascasubi, con influencia en las 2.443.000 hectáreas que abarcan los partidos de Villarino y Patagones, estando allí emplazada el área de secano y el área de riego.

2 La Corporación de Fomento del Valle Bonaerense del Río Colorado (CORFO Río Colorado) es el ente autónomo encargado de administrar y hacer cumplir el régimen de riego en el área desde 1960.

2. DISEÑO DE UN RESERVORIO

Para obtener una estructura de almacenamiento de agua que sea funcional a los objetivos y particularidades de cada caso, es fundamental contar con un diseño previo. Para ello, es necesario considerar algunos puntos:

/ A) VOLUMEN DE AGUA NECESARIO Y TIEMPO DE RECARGA

Para estimar el volumen de agua que deberá ser capaz de almacenar el reservorio, hay que considerar la concesión de agua que posee el establecimiento y el turno en el que se encuentra, es decir, el número de horas o días que recibe agua. Si un establecimiento dispone de agua dos días a la semana, deberá almacenar un volumen suficiente para cubrir las necesidades de riego de los cinco días restantes. Será necesario definir los cultivos que se realizarán, la superficie cultivada con cada uno de ellos y la proyección para los próximos años. Luego deberá estimarse las necesidades de agua o evapotranspiración diaria de los cultivos (Allen, 2006) para el mes de máxima demanda.

Obtenida esa información, el volumen de agua a almacenar (m^3) se podrá calcular según la ecuación **(1)**.

$$Va = Etc \times p \times Sup \times 10 \times 1,15 \quad (1)$$

Donde:

Va : volumen de agua a almacenar (m^3)

Etc : evapotranspiración máxima del cultivo (mm/día)

p : periodo entre turnos de riego (días)

Sup : superficie cultivada bajo riego (hectáreas)

En la ecuación **(1)** “10” es un ajuste de unidades y “1,15” un ajuste por posibles ineficiencias, pérdidas (por evaporación, por ejemplo) o necesidades de lavado. El valor de Etc puede consultarse en el INTA Hilaro Ascasubi o el más próximo al establecimiento.

Por otro lado, el volumen de agua que almacene el reservorio deberá ser suficiente para regar los cultivos que se realicen durante el receso invernal, periodo prolongado, pero con menores demandas de agua de riego.

Considerados estos puntos, es posible tener un volumen estimado de agua que deberá ser capaz de almacenar el reservorio, el cual podrá ser recuperado en cada turno de riego y el tiempo que demore esta maniobra será función del caudal de ingreso en compuerta y el volumen que almacene (ecuación **2**).

$$Tr = \frac{V \times 10}{Qc \times 36} \quad (2)$$

Donde:

Tr: tiempo de recarga (horas)

V: volumen de agua a almacenar (m³)

Qc: caudal en la compuerta (litros/segundo)

En la ecuación **(2)** “10” y “36” son ajuste de unidades.

Ejemplo 1:

Supongamos que un establecimiento posee las siguientes características:

- Turnado: martes y miércoles
- Caudal en compuerta: 30 litros/segundo
- Evapotranspiración máxima (enero): 7 mm/día
- Superficie cultivada bajo riego: 2,5 hectáreas

Entonces,

$$\text{Volumen de agua (m}^3\text{)} = 7 \frac{\text{mm}}{\text{día}} \times 5 \text{ días} \times 2,5 \text{ hectáreas} \times 10 \times 1,15$$

$$\text{Volumen de agua (m}^3\text{)} = 7 \times 5 \times 2,5 \times 10 \times 1,15 = \mathbf{1006 \text{ m}^3}$$

$$\text{Tiempo de recarga (horas)} = \frac{1006 \text{ m}^3 \times 10}{30 \text{ l/seg} \times 36} \cong \mathbf{10 \text{ horas}}$$

El volumen de agua que necesitará almacenar el reservorio será aproximadamente 1000 m³ y ocupará en recargarlo cerca de 10 horas de su turno de riego.

/ B) DIMENSIONES Y UBICACIÓN

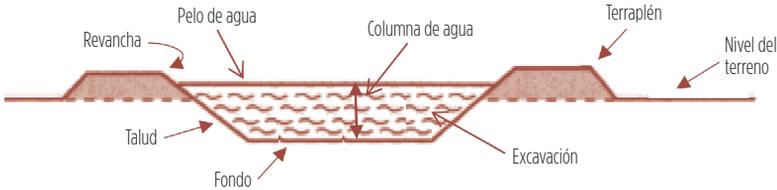


Figura 5. Esquema de un reservorio excavado.

El volumen de un reservorio con forma de tronco de pirámide está definido por la ecuación 3.

$$V_r = \frac{h (ABm + Abm + \sqrt{ABm \times Abm})}{3} \quad (3)$$

Dónde:

V_r : volumen del reservorio (m³)

ABm : área de la base mayor o longitud del reservorio multiplicada por el su ancho, a nivel del pelo de agua (m²).

Abm : área de la base menor, o longitud del fondo del reservorio multiplicada por el su ancho (m²).

h : altura del tronco de pirámide, o columna de agua almacenable (m).

Para un reservorio con las siguientes medidas de largo, ancho y columna de agua almacenable:

- A nivel del pelo de agua: 51 m x 13 m.
- De fondo: largo 48 m x 10 m
- Columna de agua almacenable: 1,85 m

$$V_r = \frac{1,85 (51 \times 13 + 48 \times 10 + \sqrt{51 \times 13 \times 48 \times 10})}{3} \cong 1053 \text{ m}^3$$

El volumen del reservorio (V_r) diseñado deberá ser igual o superior al volumen de agua que necesitamos almacenar (V_a).

Las particularidades de diseño, forma y ubicación, dependerá de los siguientes puntos:

Topografía: a diferencia de un reservorio diseñado para regar por gravedad, en los reservorios para riego presurizado, se buscará un punto bajo para poder aumentar la capacidad de almacenaje.

Es importante determinar la diferencia de altura vertical entre el pelo de agua máximo en compuerta con respecto al nivel del terreno donde se realizará la obra. Esto servirá para proyectar la altura que se le dará al reservorio sobre el suelo, maximizando su capacidad y evitando tener inconvenientes de rebalses. Para este tipo de estudio es común utilizar un nivel de anteojo (Foto 1). Se recomienda dejar en los reservorios una revancha o zona libre de agua de 20 a 30 cm en la parte superior como medida de seguridad por el oleaje en días de mucho viento.



Foto 1. Tareas de nivelación con nivel de anteojo Pentax AL -321 32x.

Profundidad de la capa freática: en el valle bonaerense del río Colorado es común encontrar el nivel del plano freático entre 1,2 y 1,4 metros de profundidad (Sánchez, 1998). La profundidad del plano freático en general define la profundidad de excavación y junto a la altura del pelo de agua en la compuerta, la columna de agua que será capaz de almacenar el reservorio. Es recomendable realizar una observación previa del nivel freático con barreno. Generalmente se busca profundizar lo máximo posible, para aumentar la capacidad de almacenamiento, obtener una menor superficie expuesta y una menor evaporación. Además, será menor la incidencia de luz en el fondo, disminuyendo el desarrollo de algas.

Estructuras ya existentes: invernaderos, lotes cultivados, acequias, drenajes, caminos, alambrados, cortinas de viento, viviendas y galpones, pueden tener influencia en la obra a realizar. Es posible aprovechar acequias dentro del establecimiento, profundizarlas, y ensancharlas para convertirlas en el reservorio propiamente dicho (foto 2). En otros casos, las estructuras ya existentes definen la ubicación de los reservorios, sus límites, la forma final o el trabajo de las maquinarias. La longitud y el ancho del reservorio variarán de acuerdo al volumen de agua que se pretende almacenar, pero también del lugar disponible para hacer la obra dentro del establecimiento y las particularidades del caso bajo estudio.

Cosecha de agua de lluvia: en aquellos campos con producción bajo cubierta, cosechar el agua de lluvia no solo aumenta la disponibilidad de agua, sino también mejora su calidad y elimina inconvenientes para el tránsito de maquinaria por encharcamiento debido a las descargas de las canaletas. En estos casos, los reservorios se construyen con una altura superior al pelo de agua en compuerta, para contener el volumen estimado de agua de lluvia. El potencial de cosecha de agua de lluvia es alto cuando se cuenta con buena superficie techada, ya que 1 mm de lluvia significa 1 litro/m². Una precipitación de 20 mm sobre una superficie techada de 1 hectárea significa 200 m³ de agua de lluvia con posibilidades de ser cosechada y almacenada en el reservorio.

Dimensiones del material elegido para revestir: es importante considerar en el diseño del reservorio las dimensiones comerciales del material que se usará para revestir, para darle un uso estratégico y evitar desperdicios. Si bien es posible cortar las mantas y unir las de la manera más conveniente, es aconsejable diseñar el pozo considerando las medidas de las mantas para impermeabi-



Foto 2. a) acequia interna ensanchada, profundizada y revestida, convertida en reservorio; b) reservorio excavado rectangular próximo a los invernaderos.

lización disponibles en el mercado. Es común el uso de geomembranas de 6,4 m x 60 m ó 7 m x 100 m y mantas de silo bolsa de 12 m x 50 m.

Preferencias en la ubicación: es deseable reducir la distancia entre el reservorio, la compuerta de ingreso de agua y los lotes a regar, con el objetivo de reducir las pérdidas de agua en la conducción por acequias y pérdidas de presión en las cañerías de conducción del agua desde el cabezal de riego hasta el lote. Por otro lado, la toma de agua con la bomba de riego es recomendable que esté en el extremo opuesto a la entrada de agua al reservorio, para que no ingresen al cabezal los sedimentos que suelen acumularse en la zona de recarga.

Realizar el reservorio y excavado cerca de cortinas de plantas puede significar un inconveniente posterior por la presencia de raíces. A su vez, pueden caer ramas por el viento o durante tormentas y dañar gravemente las membranas.

Si el agua se aplicará a los cultivos mediante sistemas de riego que utilicen energía eléctrica, se debe considerar la cercanía a los tendidos eléctricos.

En chacras con producción bajo cubierta se priorizará su emplazamiento cerca de las descargas de las canaletas de los invernaderos, para facilitar el almacenamiento del agua de lluvia.

3. EJECUCIÓN DE LA OBRA

Una vez identificado el lugar, se debe hacer una limpieza de la vegetación existente, preservando los árboles de las inmediaciones que no provoquen inconvenientes en la excavación.

La ejecución de la obra consistirá de una etapa de excavado y perfilado del pozo, en la que se ocupará una cierta cantidad de horas de trabajo de maquinarias y una segunda etapa de trabajo de impermeabilización con mantas plásticas. La disponibilidad de las máquinas para la excavación comúnmente se reduce en la zona durante el receso invernal, debido a que se priorizan las tareas de mantenimiento de la red de canales y desagües.

Por otro lado, los periodos de lluvia pueden resultar un inconveniente para el trabajo de las máquinas, al igual que el viento para el revestimiento. Por tal motivo, la construcción debe efectuarse en el menor tiempo posible, sin altas velocidades de viento y de ser posible evitar periodos de lluvia.

/ 3.1 EXCAVADO Y PERFILADO

El trabajo de excavado y perfilado puede realizarse con maquinarias de CORFO Río Colorado o contratar privados. Las horas máquina que demande la obra dependerá del diseño propuesto y el volumen de tierra a mover, de los impedimentos físicos para el tránsito y trabajo con las máquinas y de la experiencia del operario, entre otras variables.

La profundidad de excavación dependerá de la maquinaria que se utilice, de las capas más impermeables del suelo y de la proximidad del nivel freático. Los equipos de tractor-pala trabajan de manera eficiente y prolífica. Sin embargo, el nivel freático condiciona el trabajo de este tipo de máquinas (foto 3). En ese caso se deben emplear retroexcavadoras hidráulicas de giro completo, que trabajan desde el borde del reservorio.

Para los reservorios realizados en la zona se ocuparon las siguientes máquinas excavadoras: Komatsu PC 140; Komatsu PC130, Hyundai 140, Hyundai 210, Samsung SE 130 (oruga) y la Doosan DX140W



Foto 3. Plano freático visible y a escasa profundidad luego de la excavación.



Foto 4. Trabajo de excavación y perfilado del talud con excavadoras.

(neumáticos). No fue posible realizar el trabajo de excavado con palas hidráulicas por la presencia del plano freático a escasa profundidad, por lo que tanto para el excavado como el perfilado se utilizaron retroexcavadoras (foto 4).

El talud debe considerar la textura del suelo, asegurando la estabilidad y evitando el desmoronamiento. Con el perfilado luego de la excavación se disminuye el grado de la pendiente y se mejora su estabilidad. En la zona es común construir taludes con una pendiente de 1:1, es decir, 1 metro en horizontal por 1 metro en vertical.

Según el diseño resultante habrá o no excedentes de tierra. Los terraplenes se construyen con la tierra extraída, si así todo existieran excedentes se deberá tener en cuenta su destino final, para evitar montículos de tierra dispersos y acarreo innecesarios. En cuanto al tamaño de los terraplenes, estos deberán ser de al menos el ancho de la maquinaria que hará las tareas de perfilado, ya que probablemente necesite trabajar sobre ellos. Por otro lado, tendrán así buena resistencia al empuje del agua contenida.

/ 3.2 REVESTIMIENTO

A la hora de revestir es importante analizar las opciones disponibles en el mercado. Las geomembranas tienen un costo superior a las mantas de silo bolsa, pero tienen mayor vida útil y menores riesgos de roturas.

Los reservorios realizados en esta experiencia fueron revestidos con geomembranas de 500 micrones de espesor con tratamiento UV, en paños de 6,40 m de ancho por 60 m de largo o 7 m de ancho por 100 m de largo, según la disponibilidad en el mercado al momento de la ejecución de la obra (Foto 6).

Un reservorio realizado posteriormente fue revestido con manta de silo bolsa de 150 micrones y en paños de 12 m x 50 m (foto 7).

Para calcular la superficie a revestir y las medidas que deberá tener el paño de polietileno, además de las medidas de fondo del pozo, se deberá sumar la longitud del talud perfilado, y al menos 50 cm sobranes para anclar el material al suelo en todo su perímetro. También la termofusión quitará algunos centímetros de manta.



Foto 6. Revestimiento de reservorio con mantas de geomembrana de 500 micrones.

Si se trabaja con relaciones de talud 1 (h): 1 (v), la longitud del talud podrá calcularse en función de la altura total que tendrá desde el fondo, considerando la altura de columna de agua más el borde libre o revancha:

$$\text{Longitud de talud} = \sqrt{2} \times \text{altura total}$$



Foto 7. *Revestimiento de reservorio con mantas de silo bolsa de 150 micrones.*

Y las medidas de la superficie a revestir podrán calcularse cómo:

$$\text{Largo} = \text{largo del fondo del pozo} + 2 \times (\text{longitud del talud} + \text{anclaje})$$

$$\text{Ancho} = \text{ancho del fondo del pozo} + 2 \times (\text{longitud del talud} + \text{anclaje})$$

Ejemplo.

Para un reservorio con las siguientes medidas:

- Fondo: 52 m x 11,5 m
- Columna de agua: 1,85
- Revancha: 0,25 m
- Relación de talud 1 (v) : 1 (h)
- Anclaje: 0,5 m

La superficie a revestir tendrá las siguientes medidas:

Largo:

$$52 \text{ m} + 2 \times (\sqrt{2} \times (1,85 \text{ m} + 0,25 \text{ m}) + 0,50 \text{ m}) \cong 59 \text{ m}$$

Ancho:

$$11,5 \text{ m} + 2 \times (\sqrt{2} \times (1,85 \text{ m} + 0,25 \text{ m}) + 0,50 \text{ m}) \cong 18,5 \text{ m}$$

Para revestir el reservorio del ejemplo anterior, podrían emplearse 3 mantas de geomembrana en paños de 6,40 m por 60 m y unir las por su largo mediante termofusión, obteniendo una sola manta de aproximadamente 19 m x 60 m.

En general se busca aprovechar al máximo el material para impermeabilizar, debido a su costo. Sin embargo, si diseñamos con medidas muy justas se corre el riesgo de que las mantas queden cortas y haya problemas a la hora de anclar el polietileno al suelo. El trabajo de las máquinas puede no resultar ser exactamente lo planificado. Por eso, terminadas las tareas de excavado y perfilado se deberán chequear las medidas finales a revestir con cinta métrica

Si luego del excavado el plano freático queda en superficie, la unión y sellado de las mantas no se podrá realizar dentro del pozo. Será necesario trabajar fuera y luego trasladar la manta. Para tal operación, es necesario definir un lugar en el establecimiento donde poder desplegar la manta y trabajar cómodamente. Es preferible que el lugar sea cerca del pozo, debido al peso de las geomembranas y al potencial daño por arrastre sobre el suelo (foto 8).

La unión de las mantas de geomembrana se realizó con una selladora de silo bolsa TSSB50 Bresco Pack (foto 9). Antes de comenzar el trabajo, se puede ajustar la temperatura correcta de termofusión con un trozo del mismo polietileno que se utilizará para revestir.



Foto 8. Transporte, despliegue y preparación de las mantas para su unión por termofusión.



Foto 8. Transporte, despliegue y preparación de las mantas para su unión por termofusión.



Foto 9. Sellado de mantas de geomembrana con selladora de silo bolsa TSSB50 Breso Pack.



Foto 9. Sellado de mantas de geomembrana con selladora de silo bolsa TSSB50 Bresopack.

Antes de colocar la manta ya lista en el pozo, el terreno debe estar preparado para que la maniobra de despliegado del plástico sea rápida y precisa. Se debe alisar la superficie, extrayendo cualquier elemento que pueda deteriorar la película de polietileno. En los pozos con presencia en superficie del plano freático, se coloca la manta deslizándola sobre el agua (foto 10).



Foto 10. *Tareas de revestimiento de reservorios en presencia del plano freático.*

Para fijar la manta al suelo, se hará una zanja en todo el perímetro del reservorio y sobre el terraplén, de un ancho de pala y unos 30 cm de profundidad, lo más cercana al borde interno, donde será anclada la manta (foto 11).



Foto 11. *Fijación de la membrana de polietileno al suelo sobre el terraplén del reservorio.*

Con respecto al ingreso de agua al reservorio, se sugiere la colocación de un caño de PVC entubado, como indica la foto 12.



Foto 12. *Instalación de tubo de PVC para el ingreso de agua al reservorio.*

Una vez revestido, se debe cargar con agua lo antes posible, para que el viento no arranque ni mueva el polietileno (foto 13). Por eso, se debe revestir cuando se disponga agua en el establecimiento, evitando que quede vacío por períodos prolongados de tiempo. Por otro lado, si el reservorio se encuentra vacío, cualquier elemento que caiga dentro probablemente dañe la membrana. Si hay cortinas de árboles demasiado cerca, la caída de una rama dentro del reservorio sin agua con seguridad generará un daño en la membrana.



Foto 13. *Ingreso de agua a al reservorio una vez revestido.*

4. MANTENIMIENTO

En general los reservorios no demandan de un gran mantenimiento, pero para aumentar su vida útil son recomendables algunas prácticas: mantener el reservorio lleno el mayor tiempo posible, tener cuidado con la caída de ramas si hay árboles cerca, impedir el ingreso y el tránsito de animales cerca de la obra y estar atentos a roedores, peludos o cualquier animal que puedan dañar la obra.

Si el reservorio no es delimitado con tejido puede ingresar o caer algún animal silvestre y dañar el revestimiento. Incluso animales domésticos como perros pueden caer y rasgar la membrana al intentar salir. También se sugiere delimitarlo adecuadamente para prevenir accidentes y colocar sogas en puntos estratégicos que faciliten la salida en caso de una caída accidental o de estar trabajando dentro. Cuidado con los niños. Debe estar cercado si hay menores en el predio.

Para controlar el desarrollo de algas es recomendable introducir peces. Las carpas que se encuentran en los canales o desagües de la zona han dado buenos resultados. También existen experiencias con sulfato de cobre para el control de algas. Si existen malezas que hayan arraigado dentro, se deben eliminar cuando el reservorio esté vacío. También deben revisarse las uniones del plástico en busca de fugas, cortes y otros daños en el revestimiento. En caso de encontrar roturas es posible realizar parches con pedazos del mismo polietileno y pegarlos con cemento de contacto.

Si en el fondo se depositara una importante cantidad de sedimentos, deberán retirarse de forma manual, con una pala ancha revestida en sus bordes con una manguera para no dañar el plástico. Si se trata de geomembranas no debería existir inconvenientes en el tránsito de personal dentro, pero si se utilizan mantas de silo se deberá transitar con cuidado y con calzados de suela blanda.

5. OBRAS REALIZADAS

Los reservorios realizados en el valle bonaerense del río Colorado fueron finalizados correctamente y puestos en funcionamiento para riego por goteo (foto 14).



Foto 14. Reservorios terminados y en funcionamiento.



Foto 14. *Reservorios terminados y en funcionamiento.*

En la tabla 1 se detalla la capacidad de los reservorios en m³, las dimensiones (largo y ancho en metros), altura de columna de agua almacenable y altura total considerando la revancha o zona libre de agua más la altura extra para la cosecha de agua de lluvia.

Productor	Capacidad (m ³)	Largo (L) x Ancho (A); Altura (P) de columna de agua - total (m)	Máquina utilizada
1. Juan Carlos Varas	1052	L 48 - 51 x A 10-13; P 1,60 - 2,10	Dossan 140 W con ruedas
2. Clemente Castro	638	L 32 - 36 x A 10,5 - 14,5; P 1,3 - 1,8	Hyundai 210 oruga, Dossan 140 W con ruedas
3. Justo Anze	449	L 32 - 36 x A 10 - 14; P 1 - 1,4	Hyundai 210 oruga, Dossan 140 W con ruedas
4. Ramón Carrazana	187	L 24 - 26 x A 5 - 7; P 1,25 - 1,45	Dossan 140 W con ruedas
5. Diego Martínez	1188	L 102 - 106 x A 5 - 9; P 1,50 - 1,85	Komatsu 130 oruga
6. Ricardo Cruz	421	L 90 - 93 x A 1,5 - 4,5; P 1,60 - 1,90	Hyundai 140 oruga
7. Miguel Castro	205	L 93 - 95 x A 0,5 - 4; P 1,10 - 1,30	Komatsu 130 oruga
8. Jaime Arce	483	L 112 - 114 x A 1 - 4,8; P 1,55 - 1,75	Hyundai 140 oruga
9. Damián Arce	553	L 43 - 47 x A 4,3 - 9; P 1,80 - 2,10	Komatsu 130 oruga
Promedio	575

Tabla 1. Capacidad (m³), largo y ancho del fondo y de la superficie (m), altura de la columna de agua almacenable y altura total (m) y maquinaria utilizada.

La capacidad de almacenamiento promedio fue de 575 m³, con valores que van desde los 1188 a los 187 m³ de agua. Las dimensiones y la maquinaria utilizada dependieron de las particularidades de cada caso.

6. COSTOS

La tabla 2 detalla las horas máquinas empleadas en cada caso para el excavado y perfilado y su costo total y por metro cúbico de agua almacenada para cada obra realizada. Las horas máquina promedio empleadas resultaron ser 7 horas, con un costo de USD 637. El costo promedio de excavado y perfilado por metro cúbico de agua almacenada fue de 1,19 USD.

Tabla 2. Horas máquinas empleadas y su costo para las tareas de excavado y perfilado de los reservorios y su costo por metro cúbico de agua almacenada.

Productor	Horas máquina	Costo excavado y perfilado (USD)*	USD/(m ³)
1. Juan Carlos Varas	14	1400	1,33
2. Clemente Castro	7	675	1,06
3. Justo Anze	8	743	1,66
4. Ramón Carrazana	3	300	1,60
5. Diego Martinez	10	871	0,73
6. Ricardo Cruz	4	348	0,83
7. Miguel Castro	3	261	1,27
8. Jaime Arce	8	697	1,44
9. Damián Arce	5	436	0,79
Promedio	7	637	1,19

*Según costo de hora máquina al 10/04/2019 y dólar de referencia Banco Nación 42,92 \$.

La tabla 3 detalla para cada obra realizada el tipo de revestimiento utilizado, el costo total del material y por metro cúbico de agua almacenada. El costo promedio para la impermeabilización fue de USD 1916 y en relación a la capacidad de almacenaje y su vida útil, fue de 0,42 USD/m³/año. La mano de obra para las restantes tareas fue puesta por los integrantes de la familia productora.

El costo total dependió de las particularidades de cada caso. Si bien el costo de la geomembrana de 500 micrones es de 2,60 USD/m² y el de la manta de silo bolsa de 150 micrones es 0,75 USD/m² hay

que tener en cuenta su potencial vida útil en el análisis del costo. El reservorio revestido con manta de silo bolsa presentó el primer año varias roturas con importante pérdida de agua. El arreglo de heridas o roturas en la manta es una tarea posible pero no sencilla, en la que deberán emplear horas de trabajo la familia productora. A su vez, durante la reparación, el establecimiento no contará con agua de riego almacenada.

Tabla 3. Tipo de revestimiento, costo general, anual y por metro cúbico de agua almacenada.

Productor	Tipo de revestimiento	Costo revestimiento (USD)	Costo anual* (USD)	USD/m ³ /año
1. Juan Carlos Varas	Geomembrana 6,4 x 60 500 micrones (3)	2796	280	0,27
2. Clemente Castro	Geomembrana 6,4 x 60 500 micrones (2)	1864	186	0,29
3. Justo Anze	Geomembrana 6,4 x 60 500 micrones (2)	1864	186	0,42
4. Ramón Carrazana	Geomembrana 6,4 x 60 500 micrones (1)	932	93	0,50
5. Diego Martínez	Geomembrana 6,4 x 60 (2) + 7 x 100 (1)	3728	373	0,31
6. Ricardo Cruz	Geomembrana 7 x 100 500 micrones (1)	1864	186	0,44
7. Miguel Castro	Geomembrana 6,4 x 60 500 micrones (2)	1864	186	0,91
8. Jaime Arce	Geomembrana 6,4 x 60 500 micrones (2)	1864	186	0,39
9. Damián Arce	Manta de silo bolsa 12 x 50 150 micrones (1)	466	155	0,28
Promedio	1916	210	0,42

* Para el costo anual del revestimiento se considera una vida útil media de 3 años para la manta de silo bolsa de 150 micrones y de 10 años para la geomembrana de 500 micrones.

7. CONSIDERACIONES FINALES

Los reservorios de agua se consolidan en el valle bonaerense del río Colorado como una nueva herramienta tecnológica para la gestión y uso eficiente del agua de riego. Especialmente, en establecimientos hortícolas con producción bajo cubierta y riego por goteo que se encuentran bajo turnados. Esta tecnología, además de permitir a estos productores continuar o aumentar la superficie bajo riego en el marco de la crisis hídrica, redujo conflictos vinculados al agua entre regantes de un mismo consorcio y redujo los reclamos en las intendencias de riego.

El vínculo de confianza entre los productores y los técnicos del INTA e instituciones locales, permitió trabajar con éxito en estas experiencias y realizar capacitaciones en sus establecimientos. Hoy, distintos productores se acercan a INTA y a CORFO y avanzan en la ejecución de nuevas obras de almacenamiento, teniendo como base las experiencias locales. El proyecto ejecutado por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación resultó fundamental en el desarrollo de las experiencias y adaptación de la tecnología.

Como limitante, se indica la tenencia de la tierra y como debilidad el costo de inversión. Sin embargo, con un adecuado mantenimiento, estas estructuras de almacenamiento de agua revestidas con mantas de geomembranas, no deberían presentar inconvenientes por roturas o daños por varios años. A la hora de decidir qué material se utilizará para impermeabilizar los reservorios se deberá considerar el costo, la vida útil y la adaptación según las particularidades de cada caso. Si bien las mantas de silo son significativamente más económicas que las geomembranas, se trata de un material más delicado. Se espera que estas experiencias sirvan para poder determinar con mejor precisión la vida útil y dificultades en cada caso.

Por otro lado, con el objetivo de facilitar el acceso a la tecnología para los pequeños y medianos productores, INTA, CORFO río Colorado, el Consorcio Hidráulico del valle bonaerense del río Colorado³ y

3 El Consorcio Hidráulico del Valle Bonaerense del río Colorado es una entidad pública, no estatal, integrada por la totalidad de los usuarios del sistema de riego, con el objetivo de prestar los servicios relativos a la construcción, mantenimiento y administración de las obras de riego y drenaje necesarias para el uso sustentable del agua en la región.

el proyecto mencionado de la Secretaría de Ambiente de la Nación, trabajan en la creación de un Fondo Rotatorio para la adquisición de geomembranas. El mismo permitirá a los productores adquirir el material para impermeabilizar y pagarlo a valor producto en cuotas junto con el canon de riego al cabo de tres años.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R. G. (2006). Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (Vol. 56). Food & Agriculture Org.
- Anze, R., Bongiovanni M. (2018) Reservorios excavados de agua para riego en producciones familiares hortícolas del valle bonaerense del río Colorado. I Jornadas Patagónicas de Acceso y Gestión del Agua en la Agricultura Familiar, Plottier, Neuquén.
- Basán Nickisch, M. (2007). Manejo de los recursos hídricos en zonas áridas y semiáridas para áreas de secano. Inst. Nac. Tecnol. Agropecu., Buenos Aires.
- Besano Alejandro, Baumgartner Facundo (2018). Construcción de reservorios de agua para riego. Informe técnico. Corfo río Colorado.
- Bongiovanni, M.; Anze, R. (2018). Cambios en la gestión y uso del agua de riego en sistemas productivos hortícolas del valle bonaerense del río Colorado: trabajo participativo para la transformación tecnológica. XIX Jornadas nacionales de Extensión Rural y XI del Mercosur, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo.
- Fondo de adaptación: aumento de la resiliencia climática y mejora del manejo sustentable de la tierra en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, 149 p.
- Sánchez RM, Pezzola N, Cepeda J (1998) Caracterización edafo-climática del área de influencia de la. INTA EEA Hilario Ascasubi. Partidos de Villarino y Patagones, provincia de Buenos Aires. Boletín de divulgación N°18. Servicio Meteorológico Nacional. S/f. Estación Sinóptica Faro El Rincón, Periodo 1941- 1990.
- Sánchez, R. M. 2013. Estimación de los requerimientos hídricos de los principales cultivos en el valle bonaerense del río Colorado. INTA Hilario Ascasubi. Informe Técnico 40.

/ INSTITUCIONES PARTICIPANTES





Secretaría de Ambiente
y Desarrollo Sustentable
Presidencia de la Nación