



**MINISTERIO DE AGRICULTURA  
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

**ESTUDIO BÁSICO “ANÁLISIS ALTERNATIVAS PILOTO  
RECARGA ARTIFICIAL LIGUA - PETORCA, V REGIÓN”**

**RESUMEN EJECUTIVO**

**SANTIAGO, AGOSTO DE 2013**

Estudio Elaborado por:



**AQUALOGY MEDIOAMBIENTE CHILE S.A.  
LA CONCEPCIÓN 141, PISO 7. OF. 701. PROVIDENCIA – SANTIAGO  
Fono: 02-25693619 [www.aqualogy.cl](http://www.aqualogy.cl)**

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. MARCO LEGAL .....	5
3. UBICACIÓN DEL PROYECTO .....	7
3.1. SITUACIÓN GENERAL .....	7
3.2. ZONAS EVALUADAS PARA EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO .....	7
3.3. SELECCIÓN DEL SITIO .....	8
3.4. SITIO PRIVADO SELECCIONADO .....	9
4. OPERACIÓN DEL PROYECTO .....	9
4.1. TASAS DE INFILTRACIÓN .....	11
4.2. CAUDALES RECARGADOS .....	14
4.3. IMPACTO DE LA RECARGA EN EL ACUÍFERO .....	15
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	18

## 1. INTRODUCCIÓN

La Comisión Nacional de Riego tiene como misión institucional “Contribuir al desarrollo de la agricultura a través del riego y drenaje, mediante la formulación e implementación de la política, estudios, programas y proyectos que aporten con un carácter inclusivo y con equidad, al mejoramiento de la competitividad de los agricultores y las organizaciones de regantes”. Dentro de este marco, la Comisión Nacional de Riego CNR, ha encargado tres estudios en las cuencas de los ríos Ligua y Petorca, orientados a estudiar el sistema de aguas subterráneas.

El primero de ellos, desarrollado el año 2010, que se denominó “Diagnóstico de Los Recursos Subterráneos en el Sistema Hídrico de Ligua y Petorca”, cuyo objetivo general fue realizar un análisis de las potencialidades del sistema hídrico subterráneo de las cuencas hidrogeológicas de los ríos ya mencionados, y con ello determinar la sustentabilidad de la explotación de sus aguas subterráneas. Uno de los principales productos obtenidos, fue la construcción de un modelo matemático del sistema hidrogeológico, que se convierte en una herramienta fundamental de gestión.

Posteriormente, y finalizado a fines del año 2012, se desarrolló el estudio de prefactibilidad “Mejoramiento de Aguas Subterráneas para Riego Ligua y Petorca”, que toma como base la modelación realizada en el estudio mencionado en el párrafo anterior, que confluyó en la definición de cinco sectores potenciales, donde efectuar la recarga artificial mediante métodos superficiales.

Con estos antecedentes, se definió este tercer estudio, denominado “Estudio Básico Alternativas Piloto Recarga Artificial Ligua - Petorca”, cuyo objetivo general, es desarrollar un proyecto piloto para recarga artificial de los acuíferos de los Valles de La Ligua y Petorca, mediante lagunas de infiltración.

Para alcanzar este objeto principal se definieron los siguientes objetivos específicos:

- Analizar la información hidrológica, hidrogeológica y topográfica existente para los cinco (5) sitios identificados en el estudio “Mejoramiento de Aguas Subterráneas para Riego Ligua y Petorca”.
- Analizar los aspectos legales del aprovechamiento de excedentes superficiales recargados artificialmente.
- Seleccionar el sitio para el piloto entre las cinco (5) alternativas identificadas en el estudio “Mejoramiento de Aguas Subterráneas para Riego Ligua y Petorca”.
- Construir las obras necesarias para el desarrollo del piloto.
- Realizar las pruebas de recarga.
- Determinar las tasas de infiltración del sistema.
- Evaluar el impacto en los niveles de los pozos cercanos al sistema.

---

A la fecha se han cumplido todas las actividades listadas como objetivos específicos, adicionando una nueva partida, que correspondió a la evaluación de un nuevo sitio, que en definitiva se transformó en el sector seleccionado para el emplazamiento del proyecto.

## 2. MARCO LEGAL

La recarga artificial de acuíferos no tiene una regulación detallada en nuestra legislación.

El Código de Aguas, regula la materia en el inciso segundo del artículo 66, el que dispone:

*“Sin perjuicio de lo establecido en el inciso primero del artículo 67, y no siendo necesario que anteriormente se haya declarado área de restricción, previa autorización de la Dirección General de Aguas, cualquier persona podrá ejecutar obras para la recarga artificial de acuíferos, teniendo por ello la preferencia para que se le constituya un derecho de aprovechamiento provisional sobre las aguas subterráneas derivadas de tales obras y mientras ellas se mantengan”.*

Es decir, en cuanto a normas de rango legal, la única regulación es la citada precedentemente. Dicha norma menciona la posibilidad de ejecutar obras de recarga artificial de acuíferos, previa autorización de la Dirección General de Aguas, y otorga una preferencia a quien la haya ejecutado para la constitución de un derecho de aprovechamiento provisional a favor, el cual sólo subsistirá en la medida en que se mantenga la recarga.

Sin perjuicio de esta regulación específica, existe una mención adicional, contenida en el artículo 64 del Código de Aguas, el que permite alzar una declaración de zona de prohibición de un determinado acuífero como consecuencia del resultado de nuevas investigaciones o producto de la recarga artificial de acuíferos. Lo mismo ocurre respecto de la declaración de área de restricción, tal como lo ordena el inciso tercero del artículo 65 del Código de Aguas.

Además de dicha escasa regulación legal, existen normas de carácter administrativo que se refieren a la recarga artificial de acuíferos.

La Resolución DGA N° 425, de 2007, dictada como consecuencia del mandato del artículo 59 del Código de Aguas, regula el tema en su artículo 34:

*“Para los efectos de lo dispuesto en los artículos 66 inciso segundo y 67 inciso primero parte final, ambos del Código de Aguas, quienes deseen ejecutar obras de recarga artificial de acuíferos, deberán entregar una memoria técnica que contenga, a lo menos, lo siguiente:*

- a) Descripción del sistema de recarga artificial.*
- b) Descripción de la naturaleza física y situación jurídica del agua a utilizar en la recarga artificial.*
- c) Descripción del sitio de recarga.*
- d) Características geológicas e hidrogeológicas del sector.*
- e) Características de la zona no saturada.*
- f) Características de acuífero.*

- g) Velocidad y dirección del flujo.*
- h) Comportamiento histórico de los niveles de agua en el sector.*
- i) Calidad del agua.*
- j) Impactos asociados a la obra de recarga artificial, área de influencia de la recarga artificial, impactos calculados, análisis de domos e impacto sobre la calidad del agua.*
- k) Plan de monitoreo, que contemple al menos:*
  - 1. Monitoreo del nivel de las aguas.*
  - 2. Monitoreo de la calidad de las aguas.*
  - 3. Control del caudal de recarga.*
  - 4. Control de extracciones.*
- l) Plan de contingencia, que contemple al menos:*
  - 1. Medidas de protección del acuífero.*
  - 2. Planes de alerta ante impactos no deseados”.*

Esta misma norma administrativa, al establecer los deberes y atribuciones de las directivas de las comunidades de aguas subterráneas, señala que les corresponde “*estudiar e implementar técnicas que permitan la recarga artificial de la fuente subterránea*” (Artículo 38 letra h) de la Resolución DGA 425 de 2007)

Finalmente, el artículo 41 de la Resolución DGA 425 dispone que los titulares de derechos provisionales de aguas subterráneas derivadas de obras de recarga artificial de acuíferos formarán parte de la comunidad de aguas que se origine, en tanto su derecho se encuentre vigente y mantengan operativas las obras.

Se debe tener presente que el análisis legal recién expuesto se refiere a la legislación actualmente vigente, la que en su aspecto reglamentario está en proceso de ser cambiada por un nuevo régimen en esta materia.

### 3. UBICACIÓN DEL PROYECTO

#### 3.1. SITUACIÓN GENERAL

El área del estudio, se ubica en la zona norte de la Región de Valparaíso (ver **Figura 4-1**). La cuenca del río Petorca limita con la Región de Coquimbo y la del río Ligua, contigua a la anterior, limita por el sur con la cuenca hidrográfica del río Aconcagua.



**Figura 4- 1: Situación Geográfica V Región de Valparaíso**

La Provincia de Petorca, administrativamente, comprende cinco (5) comunas: La Ligua, Petorca, Cabildo, Zapallar y Papudo. Los valles de los ríos Ligua y Petorca, se desarrollan en dicha provincia.

#### 3.2. ZONAS EVALUADAS PARA EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO

El objetivo principal de este proyecto fue ejecutar un Plan Piloto de recarga artificial, de manera de rescatar indicadores y resultados que sirvan para extrapolar la experiencia conseguida, tanto en futuros proyectos pilotos en otras zonas del país, como en proyectos a mayor escala. Es así que a partir de cinco sitios preseleccionados anteriormente en otra consultoría encargada por la Comisión Nacional de Riego, se efectuó una evaluación para identificar el mejor sitio. A medida que se desarrolló esta actividad, fueron surgiendo otras alternativas, en particular el sitio privado, al que se le denominó Sitio Privado Bartolillo (SPB) donde en definitiva se construyó el proyecto.

Los sitios evaluados fueron:

En La Ligua:

- A4-L3 (Sector Bartolillo)
- A3-L3 (Sector La Vega)
- A3-L6 (Sector Cabildo)
- SPB (Sector Bartolillo)

En Petorca:

- A1-P5 (Sector Hierro Viejo)
- A2-P9 (Sector La Canela).

### 3.3. SELECCIÓN DEL SITIO

Los cinco emplazamientos de la propuesta original, presentaron características muy similares y, en principio, muy apropiadas para operaciones de recarga. En todos se dispuso de la cantidad suficiente de terreno y en las cercanías del río, el sustrato presentó elevadas permeabilidades, se encuentran en zona de recarga del acuífero, los permisos similares y los usuarios con los que se tomó contacto se mostraron favorables al proyecto.

No obstante a lo dicho, hubo una serie de factores excluyentes cuya presencia hizo inviable la operación de recarga en el sitio y otros factores condicionantes, que son los que la limitan o la dificultan y, en definitiva, son los que clarifican la viabilidad de la recarga.

Los principales factores diferenciadores fueron:

- ✓ Factores excluyentes: el sitio A3-L6 presentó una baja disponibilidad de recurso. En los estudios previos se asignaron unos caudales medios circulantes por el río de cierta entidad, pero con bajas probabilidades, lo que se traduce en su no disponibilidad en los periodos de sequía.
- ✓ Factores en riesgo de exclusión: en el sitio A3-L3 se determinó la presencia de un pozo y galería, que puede drenar del acuífero los recursos que se pudieran infiltrar. En el caso que se demostrase que esta galería está colapsada, o que se puede regular, este factor excluyente dejaría de tener efecto.
- ✓ Factores condicionantes:
  - Para alimentar el sitio A4-L6 B, se debe trazar una tubería que atraviese una parcela privada, mediante tubería enterrada de cerca de 300 m de longitud, que excede el alcance de un piloto.
  - Aguas abajo del sitio A4-L6 A, a unos 200 m, se encuentra un dren que atraviesa transversalmente el acuífero, que condicionaría los volúmenes de admisión, ya que actuaría como barrera de drenaje y extraería del acuífero parte de los recursos infiltrados.
  - En los sitios A4-L6 A y A4-L6 B la napa se encuentra muy próxima a superficie lo que limita los volúmenes posibles a regular.



Descartados las parcelas con factores excluyentes, y evaluados los condicionantes, sólo quedó como sitio favorable para realizar el piloto el sitio A4- L3.

El sitio privado (SPB), cumplió con todos los atributos establecidos para el sitio A4-L3, aunque la red de control piezométrico es de menor cuantía.

Pero el sitio SPB presentó varias otras singularidades que favorecieron su selección, como emplazamiento óptimo para la construcción del plan piloto:

- ✓ Sitio particular con autorización del dueño del predio, que a su vez es el presidente de la asociación de canalistas del Canal Alicahue, señor José Luis Oyanedel.
- ✓ Disponibilidad del recurso hídrico en el interior del predio, a través de un canal que descarga en un tranque, que además aporta la gran ventaja y variable de decisión, por su regulación.
- ✓ Pozos de control piezométrico, aguas abajo de la zona y aguas arriba deL ahora ya materializado emplazamiento.

### 3.4. SITIO PRIVADO SELECCIONADO

El sitio privado se encuentra en la localidad de Bartolillo, que se encuentra en el valle de Alicahue.

Tabla 3.4- 1: Coordenadas UTM de entrada al predio SPB

Norte (m)	Este (m)
6.415.038	325.185

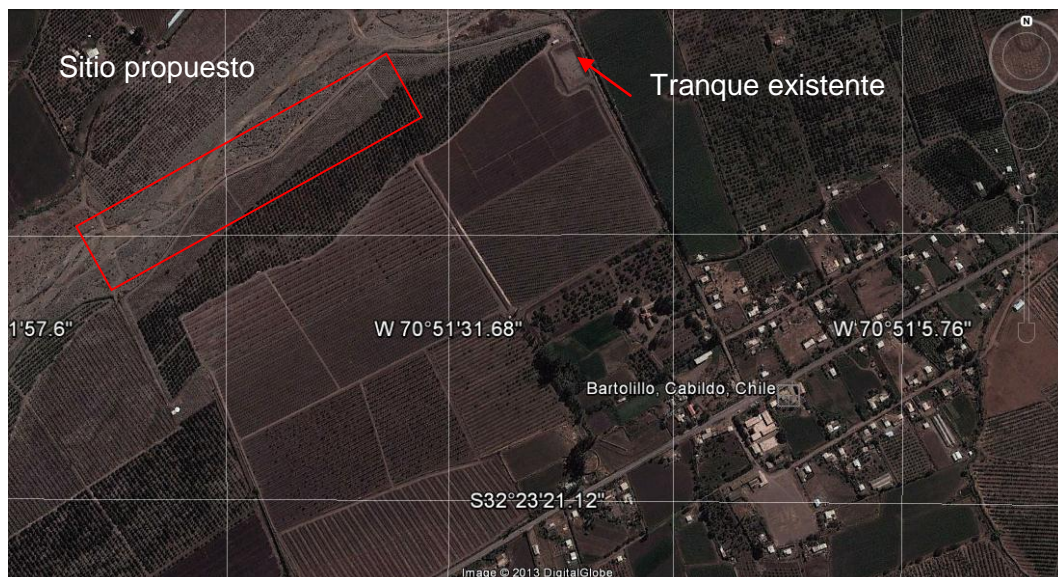


Figura 3.4- 1: Emplazamiento del sitio privado (SPB)

## 4. OPERACIÓN DEL PROYECTO

La estimación original de poder disponer de la totalidad de las aguas del Canal Alicahue, durante los meses de junio a septiembre, no fue tal, producto de la climatología y la

demanda del recurso de los agricultores, lo que reforzó la decisión de seleccionar este sitio privado, ya que por el período de junio y julio se dispuso de los caudales de cargo del dueño del predio, bajo turnos con frecuencia de ocho días, embalsados en el tranque de su propiedad, y que en definitiva permitió regular los caudales de alimentación a la obra de recarga.

La disponibilidad de agua para la operación del sistema de recarga artificial, se encontró condicionada al recurso discontinuo recibido en el tranque de acumulación, producto del sistema de turnos de riego, junto con las necesidades del consumo propio de los cultivos en el predio donde se emplaza el proyecto.

Así, la operación de estas balsas se desarrolló según la correspondiente disponibilidad de agua en el tranque mencionado. Originalmente, de acuerdo a estimaciones del agricultor propietario del predio del proyecto, el Consultor dispondría de la totalidad de los recursos en el tranque, desde junio hasta el mes de agosto.

A partir de estas predicciones, se fueron desarrollando ciclos de recarga, los que fueron informados al Mandante, según fueran realizados.

La disponibilidad de recursos estimada, se vio afectada antes de lo previsto, por los requerimientos propios de riego, con un efecto inmediato de caudales menores de llenado, producto de la merma en el tranque. Finalmente, ya no se dispuso del recurso.

A pesar de esta limitación del elemento base para el desarrollo de la operación del proyecto de recarga, con todos los ciclos de operación ejecutados, se dispuso de la información suficiente, para atender el objetivo principal de este proyecto, que fue estimar tasas de infiltración, asociadas por cierto a cargas de agua en las balsas, y a volúmenes aportados.

Se destaca que la variable volumen no presenta mayor utilidad en sí misma, si no va asociada a la unidad de tiempo en que opera, es decir, interesa la variable caudal por sobre el volumen.

Respecto a la variación de los niveles en la balsa de recarga, se dan tres posibilidades, que son la de llenado, estabilización y descarga.

- ✓ En el proceso de llenado, una tasa de variación de niveles decreciente, orienta en cuanto a que se está logrando el nivel de estabilización. Al proyectar estas tasas buscando el valor nulo, se hace posible estimar el nivel de estabilización.
- ✓ La estabilización es una condición relativa, ya que la fuente de alimentación obedece a una curva de descarga, caudal función del nivel en el tranque, por lo tanto, una vez estabilizado el nivel en la balsa, éste empezaría a descender en la misma proporción que el caudal de entrada.
- ✓ La descarga definida a partir de la detención de la alimentación a la balsa, reporta las tasas de infiltración según la altura de agua en la balsa. También se puede dar un descenso en el nivel de la balsa cuando el caudal se reduce en demasía, pero esta situación se intentó evitar.

El tranque del predio donde se emplaza el proyecto, recibe un caudal en turnos nocturnos, cada ocho (8) días. Lo anterior impone un flujo discontinuo (pulsos), de entrega a las balsas.

Se definieron los siguientes ciclos de recarga:

- ✓ Operación diaria de una hora de duración, con válvulas completamente abiertas. El caudal entregado es aproximadamente 110 l/s (430 m<sup>3</sup>).
- ✓ El segundo ciclo consideró la regulación del caudal de entrada a la balsa 1, estabilizando el nivel, de tal forma que no se produjera el trasvase a la segunda balsa. Consiguiendo entrar en régimen, se mantuvo la operación hasta utilizar todo el volumen disponible.
- ✓ El tercer ciclo contempló, lograr la estabilización del nivel en las balsas 1 y 2, sin trasvase a la balsa N° 3. Sólo fue posible estabilizar la balsa 1.

Atendiendo a estos ciclos de recarga y a la disponibilidad de agua, se ejecutaron las siguientes cinco etapas de operaciones:

- ✓ Ciclo 1: Operaciones diarias entre el 11 y 19 de Junio
- ✓ Ciclo 2: Operación única el día 20 de junio
- ✓ Ciclo 3: Operación única el día 1 de julio
- ✓ Ciclo 4: Operación única el día 2 de julio
- ✓ Ciclo 5: Operaciones diarias entre el 12 y 13 de julio

## 4.1. TASAS DE INFILTRACIÓN

La tasa de infiltración y el impacto en los niveles de los pozos cercanos al sistema, fueron los principales objetivos a verificar durante la operación.

La tasa de infiltración se obtuvo directamente del proceso de recesión.

En la **Tabla 4.1 – 1** se presenta el consolidado de curvas de recesión generadas durante la operación del Piloto.

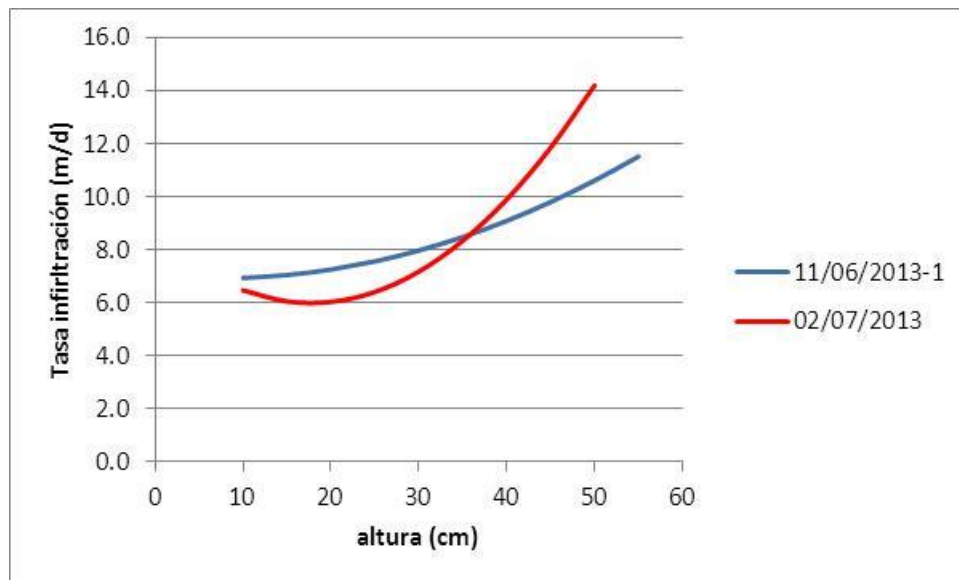
**Tabla 4.1 - 1: Consolidado de curvas de recesión (m/d)**

h Diver (cm)	11/6/13-1	11/6/13-2	12/06/13	13/06/13	14/06/13	17/06/13	01/07/13	02/07/13
10	6,9	6,6	6,5	6,4	6,7	7,3	6,7	7,3
15	7,1	6,4	6,7	6,6	7,0	7,5	6,9	6,5
20	7,3	6,4	7,0	6,9	7,3	7,7	7,2	6,1
25	7,6	6,6	7,3	7,2	7,6	7,9	7,7	6,0
30	8,0	7,0	7,8	7,5	7,9	8,1	8,4	6,4
35	8,5	7,6	8,4	7,9	8,2	8,3	9,2	7,2
40	9,1	8,3	9,0	8,4	8,5	8,4	10,2	8,3
45	9,8	9,2	9,7	8,9	8,8	8,6	11,3	9,9

h Diver (cm)	11/6/13-1	11/6/13-2	12/06/13	13/06/13	14/06/13	17/06/13	01/07/13	02/07/13
50	10,6	10,3	10,6	9,4	9,1	8,7	12,6	11,9
55	11,5	11,5	11,5	9,9	9,4	8,8	14,0	14,2

Se analizó la evolución en el tiempo de las curvas de recesión, intentando identificar efectos sobre ellas de la humedad o colmatación del suelo.

Para evaluar el posible efecto de colmatación, se confrontó la curva de recesión inicial (11/06/2013), con la curva final (02/07/2013). En el **Gráfico Nº 4.1- 1**, se observó que no existe una manifiesta y persistente baja de la tasa de infiltración, que es el efecto de la colmatación, es más, se observó un aumento de la tasa, a partir de cargas incluso inferiores a 40 cm.



**Gráfico 4.1- 1: Curvas de recesión inicial y final**

El efecto de humedad implica que los poros se saturan, pudiendo con ello reducirse la tasa de infiltración. En el **Gráfico Nº 4.1- 2**, se presenta la operación de cuatro días consecutivos. Para tasas altas, éstas se reducen con el correr de los días, pero todas las curvas de recesión convergen a 6 m/d al acercarse al límite de detección del sensor.

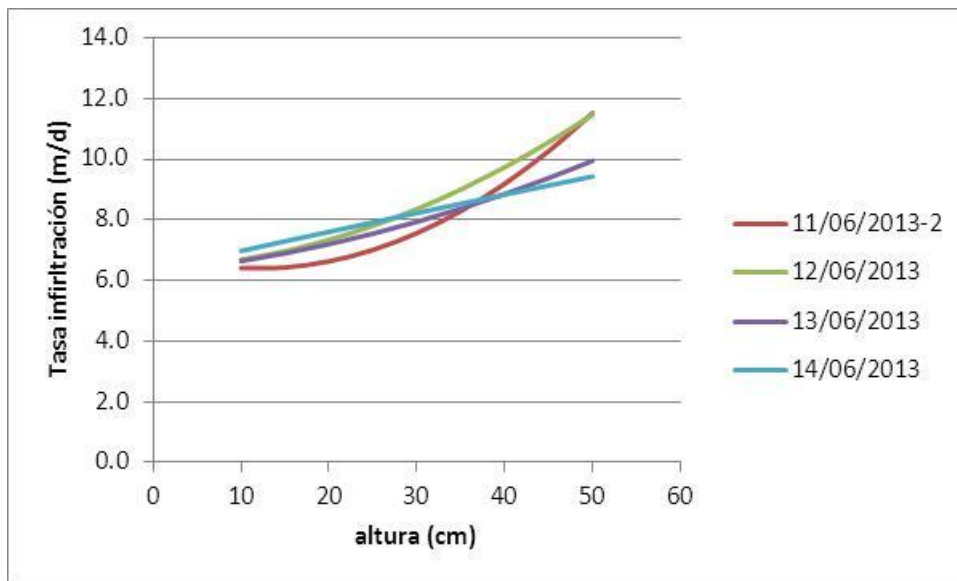


Gráfico 4.1- 2: Curvas de recesión inicial y final

En las dos operaciones finales, realizadas más de diez (10) días después del tren inicial de recarga, vale decir, un terreno con baja humedad, se pudo observar que las tasas de infiltración altas aumentan, lo que corrobora la idea de la influencia de la humedad en la velocidad de infiltración (ver **Gráfico N° 4.1- 3**).

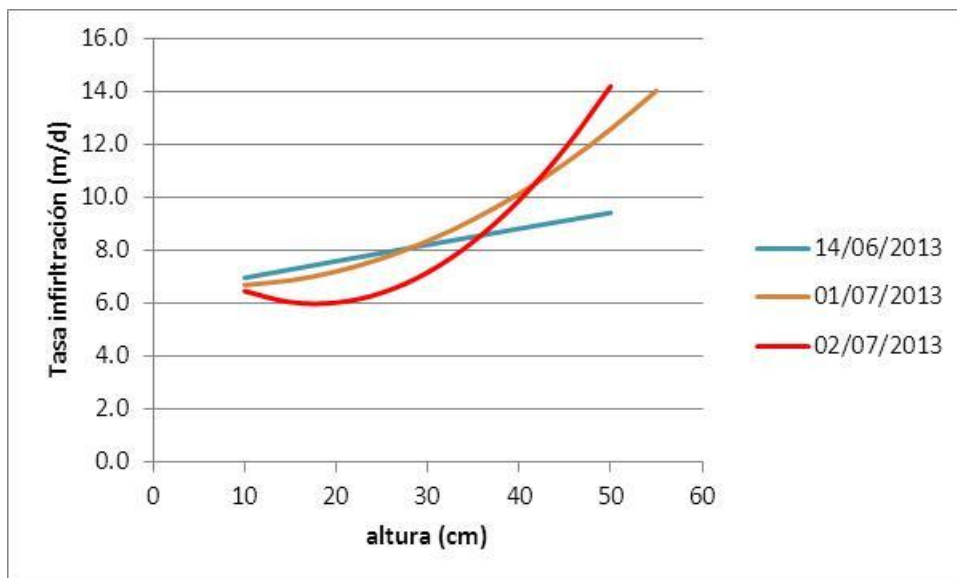


Gráfico 4.1- 3: Curvas de recesión desfasadas en más de diez días

Se seleccionó la última curva de recesión del ciclo continuo, esto es, la curva generada en la operación del día 14/06/2013.

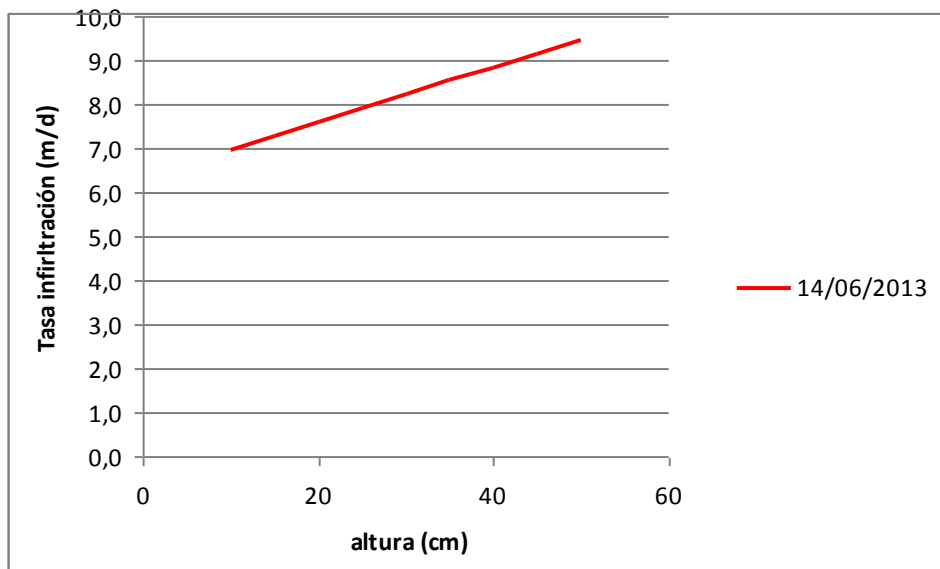


Gráfico 4.1- 4: Curva de recesión seleccionada

## 4.2. CAUDALES RECARGADOS

Se integró la información de la curva Hipsométrica y las curvas de recesión, anteriormente expuestas, para estimar caudales de recarga, según se presenta en la **Tabla 4.2-1**.

Tabla 4.2-1: Consolidado de caudales posibles de recargar (l/s)

h Diver (cm)	Base sup. (m <sup>2</sup> )	11/6/13-1	11/6/13-2	12/06/13	13/06/13	14/06/13	17/06/13	01/07/13	02/07/13
18	265	22	20	21	21	22	23	22	19
23	266	23	20	22	22	23	24	23	18
28	268	24	21	24	23	24	25	25	19
33	269	26	23	25	24	25	25	28	21
38	270	28	25	27	26	26	26	30	24
43	271	30	28	30	27	27	27	34	29
48	272	32	31	32	29	28	27	38	35
53	273	35	35	35	31	29	28	42	42
58	275	39	39	38	33	31	28	48	50
63	276	42	44	42	35	32	29	53	60
68	277	46	50	46	37	33	29	60	71
73	278	50	56	50	40	34	30	66	83
78	279	55	63	54	42	35	30	74	97

En particular, si se recarga continuamente la balsa 1, manteniendo por ejemplo el nivel del agua en 28 cm, resultará en:

$$Q_{\text{recargado}} \text{ (l/s)} = 7,8 \text{ m/d} \times 268 \text{ m}^2 = 24 \text{ l/s}$$

La extrapolación es directa, en cuanto a aumentar el área de la alguna Piloto a otras dimensiones. Es decir, una laguna de 3000 m<sup>2</sup>, supondrá para el nivel de agua mencionado, una recarga de 271 l/s.

En la Tabla siguiente, se presentan los volúmenes infiltrados en cada ciclo, y el total de todo el proceso, que alcanzó a 12,055 m<sup>3</sup>.

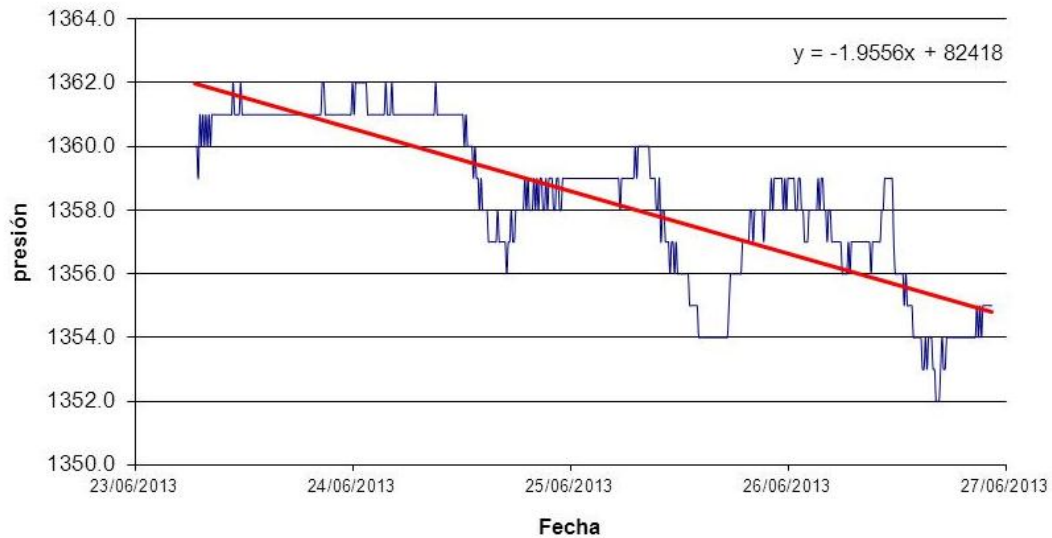
**Tabla 4.2- 2: Consolidado de volúmenes recargados durante los ciclos de operación**

Fecha	Lectura Inicial (m <sup>3</sup> )	Lectura Final (m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
10/06/2013	0	790	790
11/06/2013	790	1,215	425
11/06/2013	1215	1,650	435
12/06/2013	1650	2,080	430
13/06/2013	2080	2,380	300
14/06/2013	2380	2,880	500
17/06/2013	2880	3,220	340
19/06/2013	3220	3,715	495
01//07/2013	3715	4,966	1251
02//07/2013	4966	5,396	430
12/07/2013	5396	8,141	2745
13/07/2013	8141	12,055	3914
		Total (m <sup>3</sup> ):	12,055

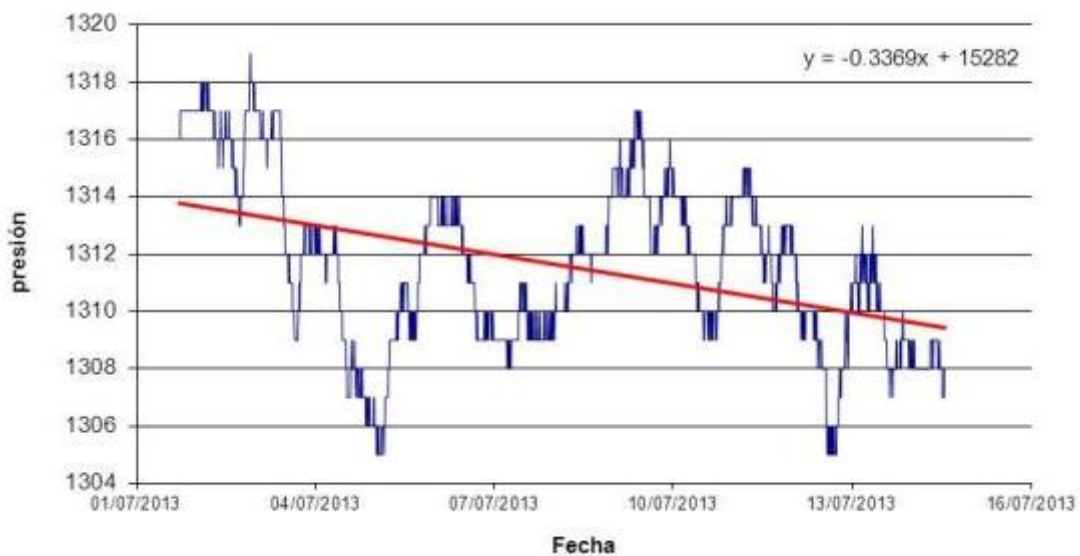
### 4.3. IMPACTO DE LA RECARGA EN EL ACUÍFERO

Para evaluar el impacto en acuífero, se instalaron data logger en pozos cercanos a la zona de recarga para medir variaciones de nivel en nivel freático de los mismos, y se construyó la curva de tendencia a partir de los registros almacenados obtenidos. Se menciona que el pozo 1 (aguas arriba de la zona de recarga), a la fecha se mantiene seco.

El sensor acusó un tramo de cuatro días sin registrar, motivo por el cual se presentan dos gráficos con la variación de presión en el pozo de control.



**Gráfico 4.3- 1.- Variaciones de carga en pozo de control N° 2, control junio 2013**

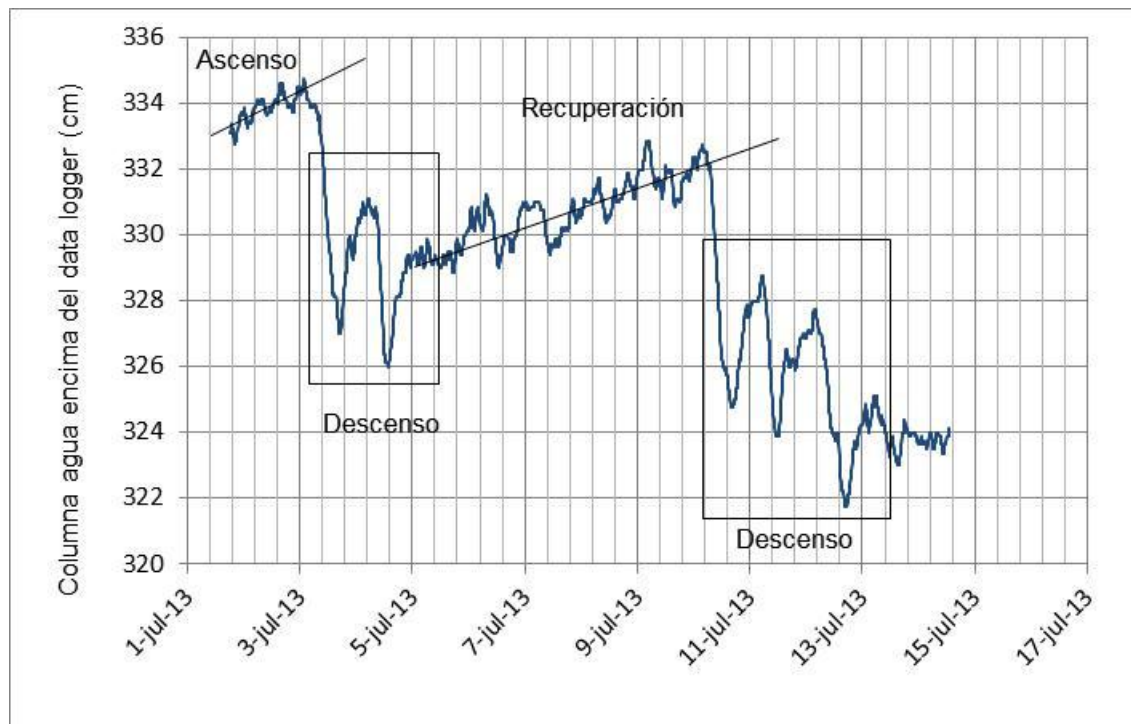


**Gráfico 4.3- 2.- Variaciones de carga en pozo de control N° 2, control primera quincena de julio 2013**

En términos generales se observó una tendencia de descenso del nivel en el pozo, pero la tasa de descenso se reduce al comparar los dos tramos monitoreados: la pendiente de descenso disminuye entre el control de junio 2013 (-1,9556) y la primera quincena de julio (-0,3369).

Por otro lado, los niveles detectados los primeros quince días de julio, a pesar de que no exhiben recuperación detectable, muestran periodos de recuperación y periodos de descenso tal y como se muestra a continuación:





**Gráfico 4.3-3.- Variaciones de carga en pozo de control N° 2, primera quincena de julio**

Debido al carácter puntual y aislado de los descensos observados en la gráfica anterior, se cree que pueden ser debidos a la afección de pozos de bombeo cercanos al punto de observación. Por tanto, si no se tienen en cuenta dichos descensos se observa una atenuación al descenso piezométrico inicial, con leves recuperaciones.

Se concluye que el sensor instalado en el pozo 2 ha recibido una fuente de recarga que atenuó la tendencia general de descenso.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una de las conclusiones fundamentales de este proyecto, que puede ser presentada como una principal recomendación, es que para garantizar el éxito en cuanto a logro de objetivos, es poder integrar a la comunidad potencialmente beneficiada por las obras de recarga. Este proyecto particular, pudo desarrollarse y operar, gracias a la buena disposición del señor José Oyanedel, Presidente de la Asociación de Canalistas del Canal Alicahue, y dueño del predio donde se materializó el Plan Piloto.

Como la regulación de un acuífero, es tema de balance, el efecto de una recarga artificial lo modificará, entonces se recomienda que para otras experiencias, el control piezométrico, se inicie con antelación a la operación de recarga. De esta forma se determina la regulación antes y durante la operación del proyecto, una variación en la regulación del sistema, implica por supuesto un impacto de la recarga en los niveles piezométricos.

Como recomendaciones técnicas para futuros proyectos pilotos se mencionan las siguientes:

- ✓ Establecer una línea base con bastante antelación a la entrada en operación del proyecto.
- ✓ En el dimensionamiento de las balsas, se deberá privilegiar la profundidad por sobre el área, ya que queda establecido que la tasa de infiltración depende de la carga, y son directamente proporcionales.
- ✓ Si no se dispone de fuentes de control, se debe contemplar la construcción de piezómetros
- ✓ Como ya se mencionó, se debe privilegiar la profundidad sobre el área, con lo cual las unidades podrían construirse más pequeñas, y considerar una de ellas con carpetas impermeables que sirva de almacenamiento para las pruebas.
- ✓ Ya que interesa el caudal por sobre los volúmenes, es totalmente recomendable, que la alimentación del Piloto, también posea un mecanismo de registro continuo de caudales.

Santiago de Chile, agosto de 2013

Leonel Barra O.  
Eduardo Lupiani Moreno  
Alberto Barrera García  
Begoña Alonso Mateo  
Rodrigo Vicuña de la Cruz  
Roberto Trivelli