

Ministerio de Industria
Secretaría de Industria y Comercio



COORDINACIÓN DE TRANSFERENCIA DE
CONOCIMIENTOS DE APROPIACIÓN COLECTIVA
CTCAC

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
Y
PROYECTO DE OBRA
DREN HORIZONTAL LA MERCED
DEPARTAMENTO SAN CARLOS
PROVINCIA DE SALTA**



**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
Y
PROYECTO DE OBRA
DREN HORIZONTAL LA MERCED
DEPARTAMENTO SAN CARLOS
PROVINCIA DE SALTA**

1. INTRODUCCION

En el marco del trabajo de extensión del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Coordinación de Transferencia de Conocimientos de Apropiación Colectiva (CTCAC), se realizó el presente estudio de factibilidad y proyecto de obra para la captación del acuífero libre existente en el Ciénago de La Merced, en el paraje del mismo nombre del Departamento San Carlos, Provincia de Salta, Argentina.

Cabe destacar que la realización del estudio ha sido posible en virtud de la cooperación interinstitucional entre la Municipalidad de San Carlos, la Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Salta, El Consorcio de Riego Los Sauces-La Dársena-El Barrial y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

2. OBJETIVOS

- 2.1. Evaluar la factibilidad técnico-económica de realizar una obra de captación de los recursos hídricos almacenados en el acuífero libre del Ciénago de La Merced.
- 2.2. Proponer un Proyecto de Obra, con el fin de solicitar a la Secretaría de Recursos Hídricos el permiso de obra de captación de agua subterránea, de acuerdo a la reglamentación vigente.

3. UBICACIÓN DEL AREA

La zona de captación se encuentra a 22 km al norte de la localidad de San Carlos, el Departamento del mismo nombre de la Provincia de Salta, en la margen derecha del río Calchaquí. Se accede a la zona por la Ruta Nacional N° 40. Ver Figura 1.

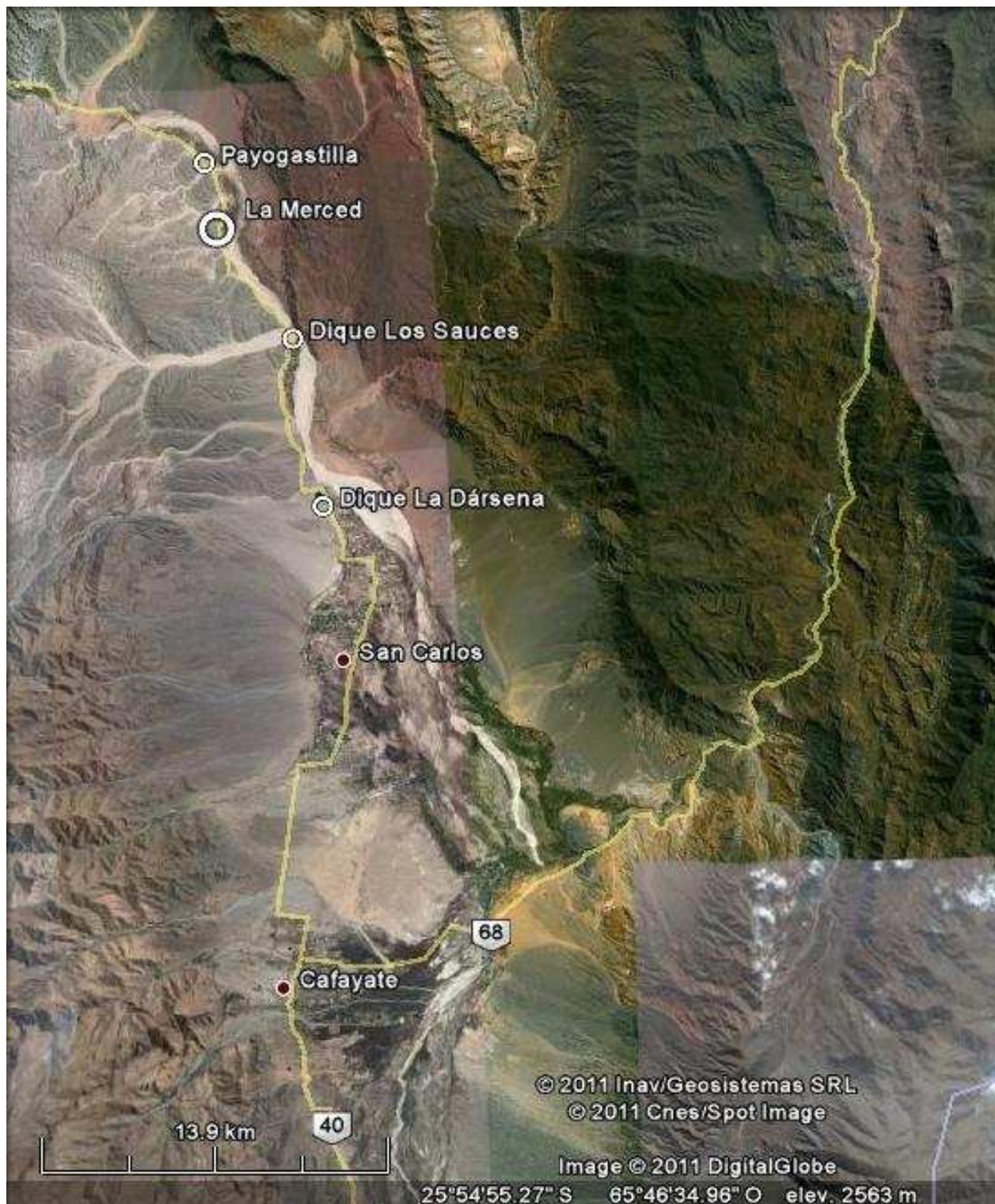


Figura 1.: Ubicación del área de estudio



4. METODOLOGÍA

Recopilación de antecedentes

Se recabaron los antecedentes de climatología, hidrología y geología e hidrogeología de la región, en especial el trabajo de Fuertes, A. (1994): Estudio de fuentes de provisión de agua para las localidades de: Pueblo Viejo, Buena Vista, El Tonco, Amblayo, La Cabaña, Payogastilla, San Rafael, San Lucas, Corralito y San Antonio. Zona Valles Calchaquíes.

En conjunto con el Ing. Roberto Vásquez (Intendente del Municipio de San Carlos) y el Sr. Roberto Ríos, Presidente del Consorcio de Riego Los Sauces-La Dársena-El Barrial, se realizó una visita a la zona y se obtuvo información en relación al sistema de riego, su historia y la situación actual de la captación existente en la zona.

Permeabilidad

La estimación de la permeabilidad se realizó mediante el análisis granométrico de una muestra proveniente de una profundidad de 1,8 m bajo la superficie del terreno.

Caudal de producción – Dimensionamiento de la obra

La estimación del caudal de producción para el dimensionamiento de la obra se realizó en forma directa, mediante la excavación de una zanja de 200 m de longitud y profundidad de aproximadamente 0,8 m por debajo del nivel freático (1,8 m por debajo de la superficie en la zona más profunda).

Con los datos obtenidos se utilizó la fórmula de Schneebeli (Custodio y Llamas, 1996), con la que se calcularon las dimensiones del dren horizontal.

Cálculo de abertura de filtro y tamaño de prefiltro

Mediante el análisis granométrico de la muestra de acuífero se realizó el cálculo de la abertura del filtro y tamaño de prefiltro mediante el método de Nold (Custodio y Llamas, 1996)

Calidad físico-química para riego

Para la evaluación de la calidad físico-química del agua producida, se extrajo una muestra el día 6 de febrero de 2011, que fue analizada por el Laboratorio de la Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Salta.

Se utilizó el método RAS, del US Salinity Laboratory Staff (en Custodio y Llamas 1996). Este método clasifica la calidad del agua en 16 categorías, en función de la conductividad eléctrica del agua (CE) y la concentración relativa del sodio con respecto al calcio y magnesio, denominada Razón de Absorción de Sodio (RAS):

$$RAS = \frac{rNa}{(rCa + rMg)0,5}$$

$$r = meq/l$$

2

La conductividad eléctrica es aproximadamente proporcional al contenido de sales y a mayores valores, se incrementa el peligro de salinización de los suelos. La proporción de sodio en relación al calcio y al magnesio es directamente proporcional al riesgo de alcalinización de los suelos, un proceso que implica la pérdida de la estructura edáfica y la toxicidad para las plantas por exceso de sodio.

5. RESULTADOS

5.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA

La zona de estudio se encuentra en la porción norte de los Valles Calchaquíes, donde las precipitaciones no superan los 200 mm anuales y se concentran en los meses de verano. Los datos de la estación pluviométrica más cercana, dique Los Sauces, son del período 1943-1956 (figura 2.) y reflejan la escasez de lluvias (138 mm/a promedio) y su irregular distribución (Bianchi y Yañez, 1992).

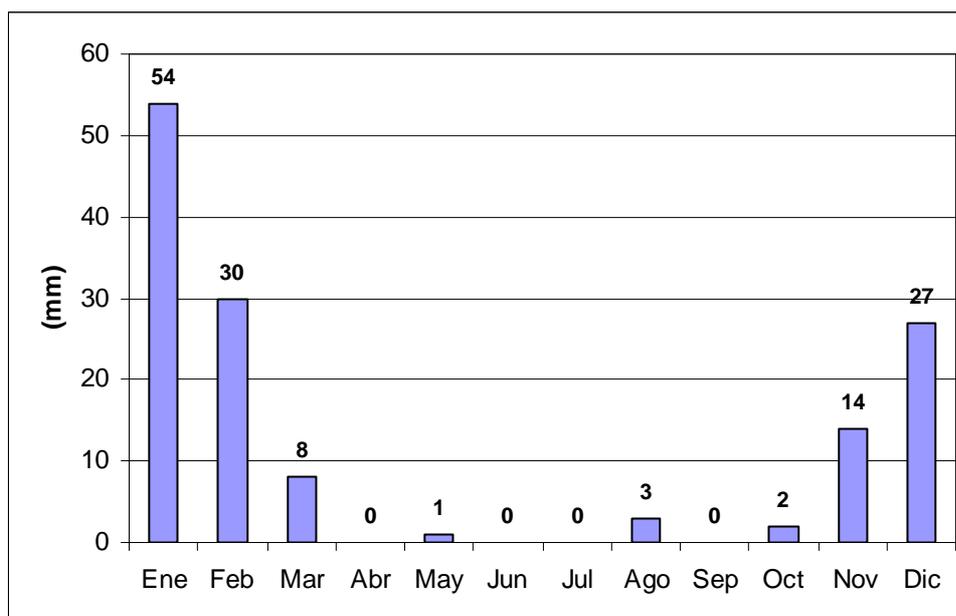


Figura 2.: Precipitaciones medias anuales estación Dique Los Sauces, período 1943-1956 (Bianchi y Yañez, 1992)

El clima es semidesértico (Bianchi y Cravero, 2010) con régimen continental, caracterizado por una gran amplitud térmica, tanto entre el día y la noche como entre el verano y el invierno. Las temperaturas máximas en el verano alcanzan los 40 °C y las mínimas invernales llegan a 10 °C bajo cero.

Los cultivos principales se realizan bajo riego y son especialmente la vid y el pimiento para pimentón. En menor medida se cultivan frutas y hortalizas.

La limitante principal para el desarrollo agrícola es la escasez en la disponibilidad de agua para riego.

5.2. SISTEMA DE CAPTACIÓN ACTUAL

El sistema de riego es administrado por el Consorcio de Riego Los Sauces-La Dársena-El Barrial, que cuenta con aproximadamente 200 socios y es presidido por el Sr. Roberto Ríos.

Posee un conjunto de captaciones de agua superficial y subterránea, conducidos por canales en parte revestidos, con el objeto de dotar de riego a una superficie de aproximadamente 1.800 Hectáreas.

Las tomas de agua superficial se realizan sobre el río Calchaquí, que posee un régimen no permanente, ya que entre los meses de septiembre y diciembre su caudal disminuye en forma sustancial.

Aguas arriba de la zona de estudio numerosos sistemas de riego utilizan el caudal del río Calchaquí como fuente de aprovisionamiento, por lo que el sistema de riego Los Sauces-La Dársena-El Barrial, en períodos de escasas precipitaciones, sufre una reducción sustancial de la dotación de agua.

En el año 2010, esta situación ha sido grave, ya que el río Calchaquí disminuyó su caudal hasta desaparecer en la zona de estudio, con la consecuente reducción de las posibilidades de producción agrícola.

De acuerdo a la disponibilidad de agua en el río Calchaquí, se utilizan diferentes tomas superficiales. La primera toma se denomina Palo Pintado y se ubica en la localidad de Payogastilla, aproximadamente a 30 km al norte de las zonas de cultivo. La conducción está parcialmente revestida con hormigón.

El caudal de esta toma se complementa con otra toma del río Calchaquí en el dique Los Sauces, que es utilizada cuando existe escurrimiento superficial.

El dique La Dársena también forma parte del sistema. Esta represa fuera de cauce permite almacenar excedentes de agua del río Calchaquí en época de lluvias. Presenta actualmente una colmatación por sedimentos, que ha reducido su capacidad de embalse de manera sustancial, razón por la cual no alcanza a satisfacer la demanda.

En el dique Los Sauces existen dos perforaciones de aproximadamente 100 m de profundidad, que fueron utilizados para completar la dotación de agua durante varias décadas. De acuerdo a las referencias verbales recabadas, en conjunto aportaban un caudal de entre 100 y 200 litros por segundo. Actualmente se encuentran fuera de servicio.

Cuando disminuye el caudal del río, ingresa al canal principal únicamente el aporte de las vertientes del denominado Ciénago de La Merced.

El canal principal de riego, de 1,40 m de ancho y 1,20 m de profundidad, está revestido con hormigón y conduce el agua captada a través de un sifón (Sifón No. 1) a la margen izquierda del río Calchaquí.

La base del canal revestido se encuentra prácticamente a la misma cota que el nivel freático.

En la época de stress hídrico, durante la primavera y comienzo del verano, el caudal captado actualmente no supera los 50 L/s y es insuficiente para las necesidades del sistema de riego.



Figura 3.: Fotografía del canal principal revestido, con ingreso de agua desde las vertientes

5.3. HIDROGEOLOGIA

Los estudios de fuentes realizados con anterioridad en la zona (Fuentes, 1994) y las tareas de prospección efectuadas para la formulación de este proyecto (excavación de una zanja drenante, aforo del caudal de drenaje y análisis de muestras litológicas del acuífero) permiten reconocer la existencia de un importante acuífero libre en el subálveo del río Calchaquí.

Este acuífero aflora en el denominado “Ciénago de la Merced”, en una extensión de aproximadamente 40 hectáreas y se estima, de acuerdo a observaciones directas en excavaciones, que su espesor alcanza no menos de 6 metros en la zona de estudio.

Se estima que la recarga del acuífero depende del río Calchaquí y se produce principalmente en la época de crecientes. De esta manera el acuífero actúa como un embalse regulador subterráneo de los excedentes de agua superficial.

En la zona propuesta para la captación, el nivel freático posee una relativa estabilidad a lo largo del ciclo hidrológico, razón por la cual se considera un lugar apropiado para el emplazamiento de la obra.

El acuífero está constituido por arena mediana a gruesa, uniforme (Coeficiente de Uniformidad $CU = 2$), con clastos de grava muy fina. La permeabilidad del acuífero libre se estimó en forma indirecta mediante la fórmula de Hazen y el método de Breddin (Custodio y Llamas, 1992), sobre la base de un análisis granométrico de una muestra de acuífero extraída de una profundidad de 1,8 m. (figura 4.).

De acuerdo a los dos métodos empleados, la permeabilidad puede estimarse en un valor de 38 a 43 metros/día respectivamente. Para el dimensionamiento del dren horizontal se utilizó, por precaución, el valor menor.

ESTIMACION DE LA PERMEABILIDAD - METODO DE BREDDIN

mediante ensayos granulométricos (unidades en metros/día)

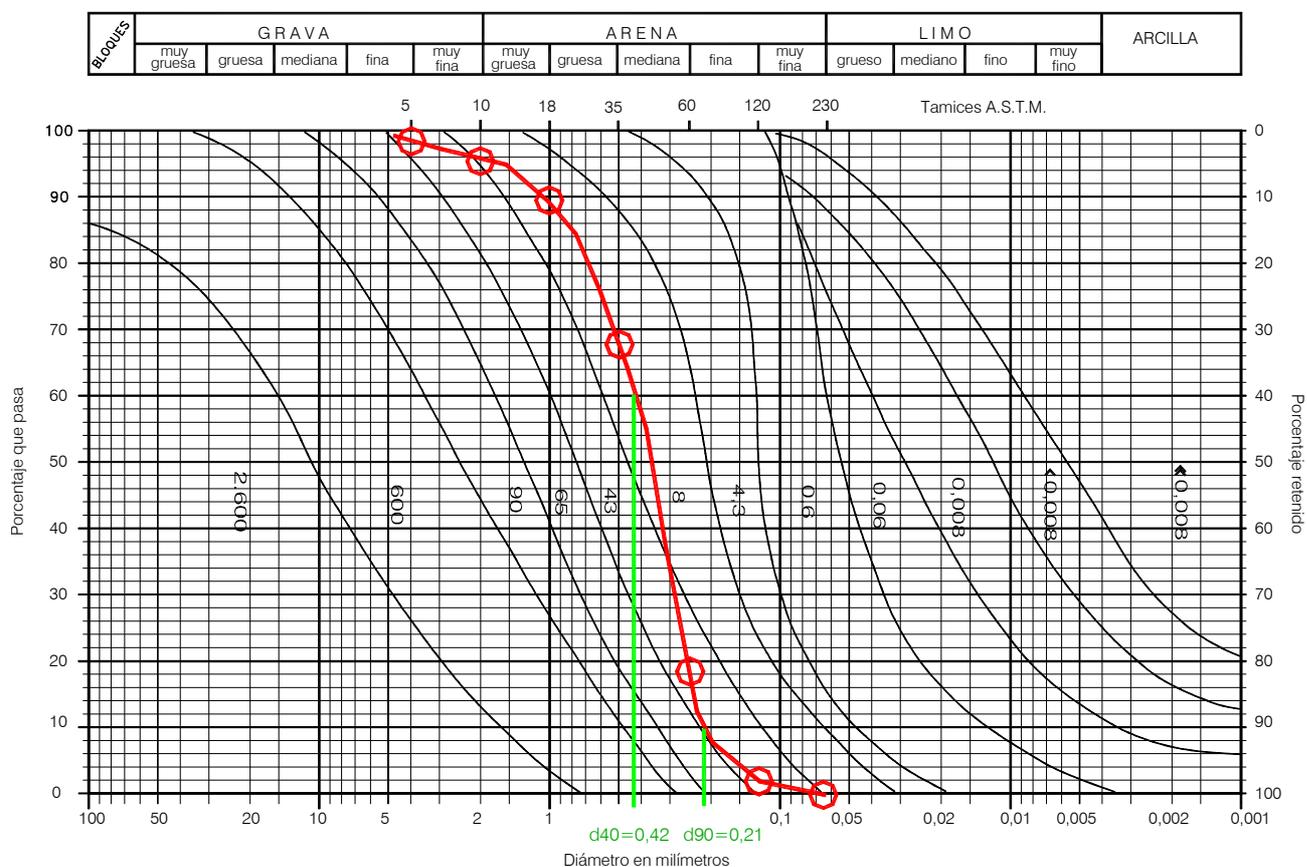


Figura 4.: Curva granométrica acumulativa, estimación de permeabilidad ($CU = d_{40}/d_{90} = 2$).

5.4. ANALISIS DE FACTIBILIDAD

Aspectos técnicos

Desde el punto de vista técnico se considera factible el aprovechamiento del agua subterránea freática, debido a:

- Estabilidad del nivel freático en la zona propuesta para el emplazamiento
- Adecuada permeabilidad del acuífero
- Calidad del agua extraída

Aspectos económicos

El análisis de los aspectos económicos permite recomendar la construcción de la obra por los siguientes conceptos

- Inversión inicial razonable (ver Proyecto de Obra)
- Costo de mantenimiento reducido: se restringe a los gastos de personal para la operación de la válvula esclusa de purga en forma periódica.
- Costo operativo reducido: la producción es totalmente por gravedad, no requiere bombeo, por lo que solo se requiere cubrir los gastos de personal para la apertura y cierre de la válvula esclusa para regulación del caudal.

De acuerdo a las características generales del área, la actual situación del sistema de riego, las particularidades hidrogeológicas del emplazamiento, los costos de excavación y de adquisición y emplazamiento de materiales y al análisis de la relación costo/ beneficio, se considera que la construcción de una obra del tipo dren horizontal, para la captación del acuífero libre es altamente beneficiosa para complementar la dotación de agua en el sistema de riego del Consorcio de Riego Los Sauces-La Dársena-El Barrial.

6. PROYECTO DE OBRA DE CAPTACION: DREN HORIZONTAL

6.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA OBRA

La captación propuesta utiliza los mismos recursos hídricos subterráneos que hasta la construcción del canal revestido (año 2005) se aprovechaban para complementar el sistema de riego del Consorcio Los Sauces-La Dársena-El Barrial en épocas de sequía.

Antes de realizar el revestimiento del canal, los usuarios y/o la Administración General de Aguas de Salta efectuaban una limpieza y canalización de las vertientes ubicadas en el Ciénago de La Merced y las conducían al canal principal.

Actualmente estos recursos no se pueden aprovechar convenientemente, porque el piso del canal revestido se encuentra a igual altitud que el nivel freático.

Por esta razón, se propone utilizar la diferencia de altura que existe entre el nivel freático de la zona y el nivel que alcanza el agua en el ingreso al Sifón N° 1, para permitir recuperar para el sistema el caudal de agua subterránea, que de otra manera no se aprovecha.

La obra de captación propuesta es un dren horizontal, que consiste en una cañería filtrante, rodeada de un prefiltro de grava seleccionada, dispuesta 3 m por debajo de la superficie freática, con el fin de extraer y conducir por gravedad el agua subterránea del acuífero libre del subálvo del río Calchaquí.

El agua producida puede sumarse al canal principal del sistema, en el ingreso al Sifón N° 1.

Tanto durante la construcción como para la producción de agua, no se requerirá sistema de bombeo, ya que la obra está diseñada para funcionar por gravedad.

El diseño de filtros y prefiltro, calculados en base a la granimetría del acuífero, permite la producción de agua sin sólidos en suspensión luego de un adecuado procedimiento de limpieza y desarrollo una vez concluida la construcción.

6.2. UBICACIÓN

La obra de captación propuesta posee, en su desembocadura al Sifón N° 1 del canal principal del sistema de riego del Consorcio Los Sauces-La Dársena-El Barrial, las siguientes coordenadas geográficas

Latitud: 25°44'36" S
Longitud: 65°59'11" O

6.3. CAUDAL ESTIMADO

De acuerdo al dimensionamiento consensuado con el Sr. Intendente de San Carlos, en función de la factibilidad económica de la obra, el caudal de producción promedio estimado es de 100 litros/segundo (360.000 litros/hora)

6.4. LONGITUD

La longitud propuesta para la obra es de 200 m.

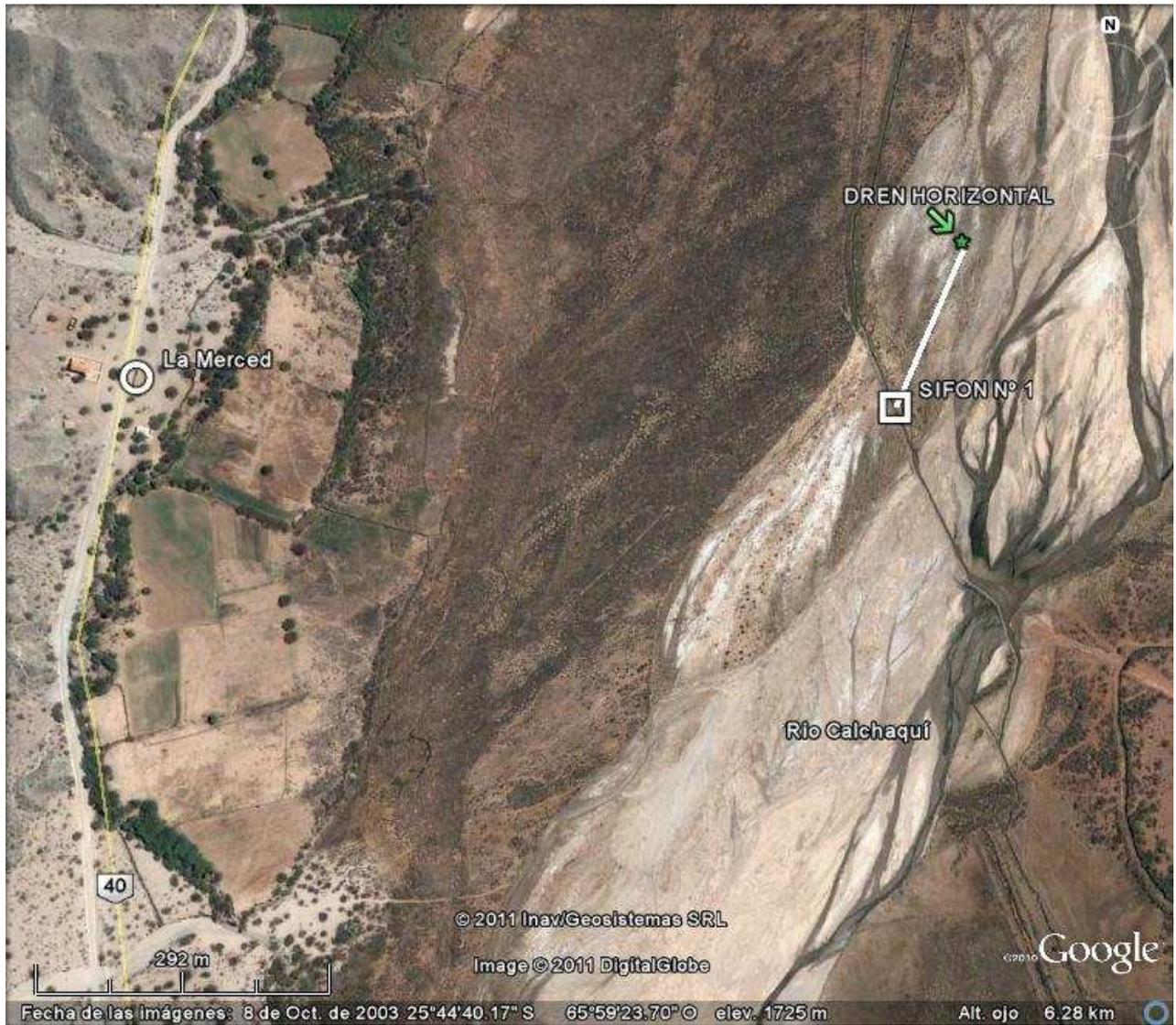


Figura 5.: Ubicación del área de estudio

6.5. EXCAVACIÓN

Se propone realizar la excavación, para albergar la cañería filtrante, el prefiltro y la cañería de conducción, de acuerdo a la figura 6., con un ancho máximo de 12 m en el extremo noreste y de 6 m aproximadamente en el extremo suroeste.

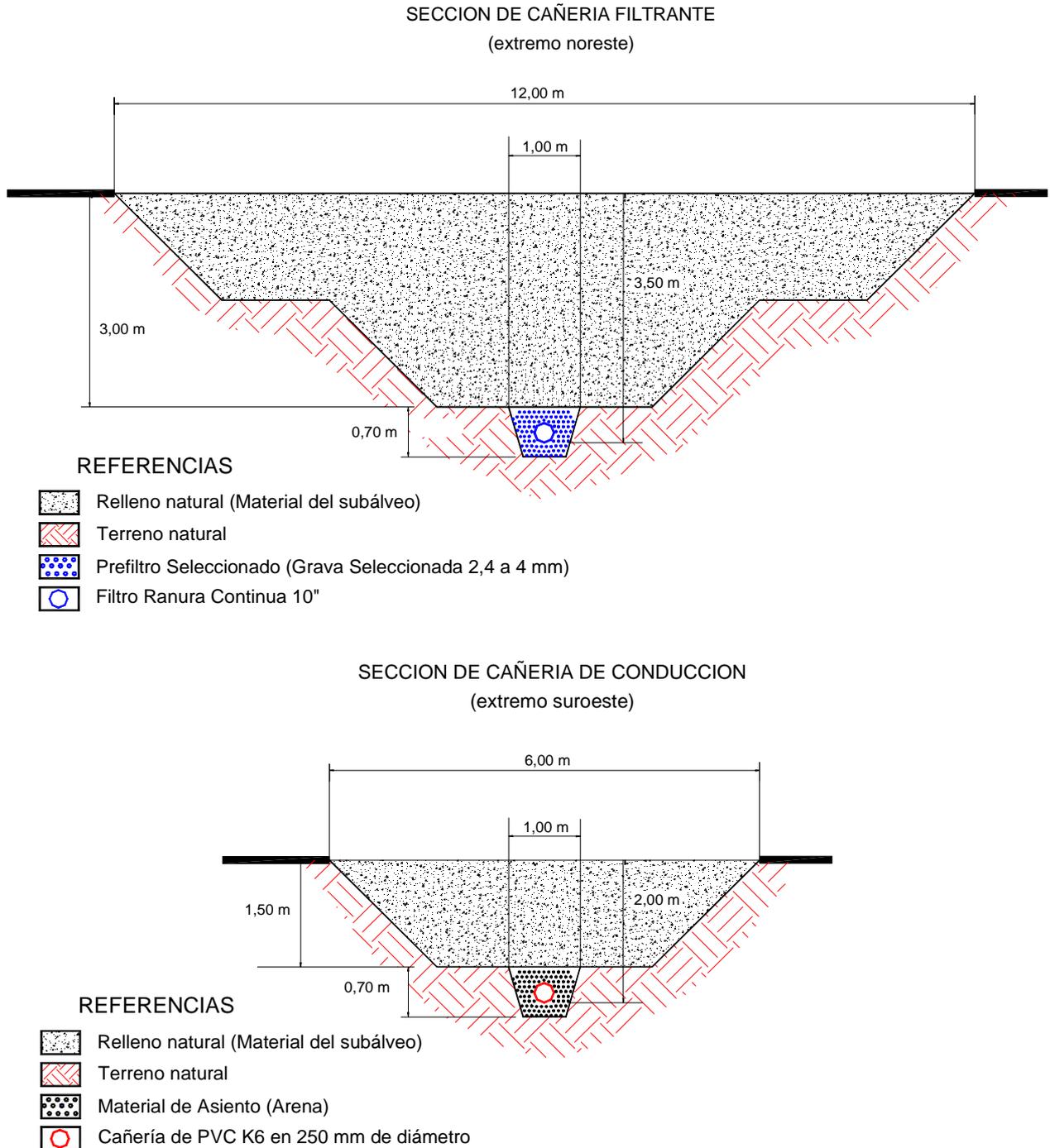


Figura 6.: Perfiles transversales de la excavación y relleno de la obra

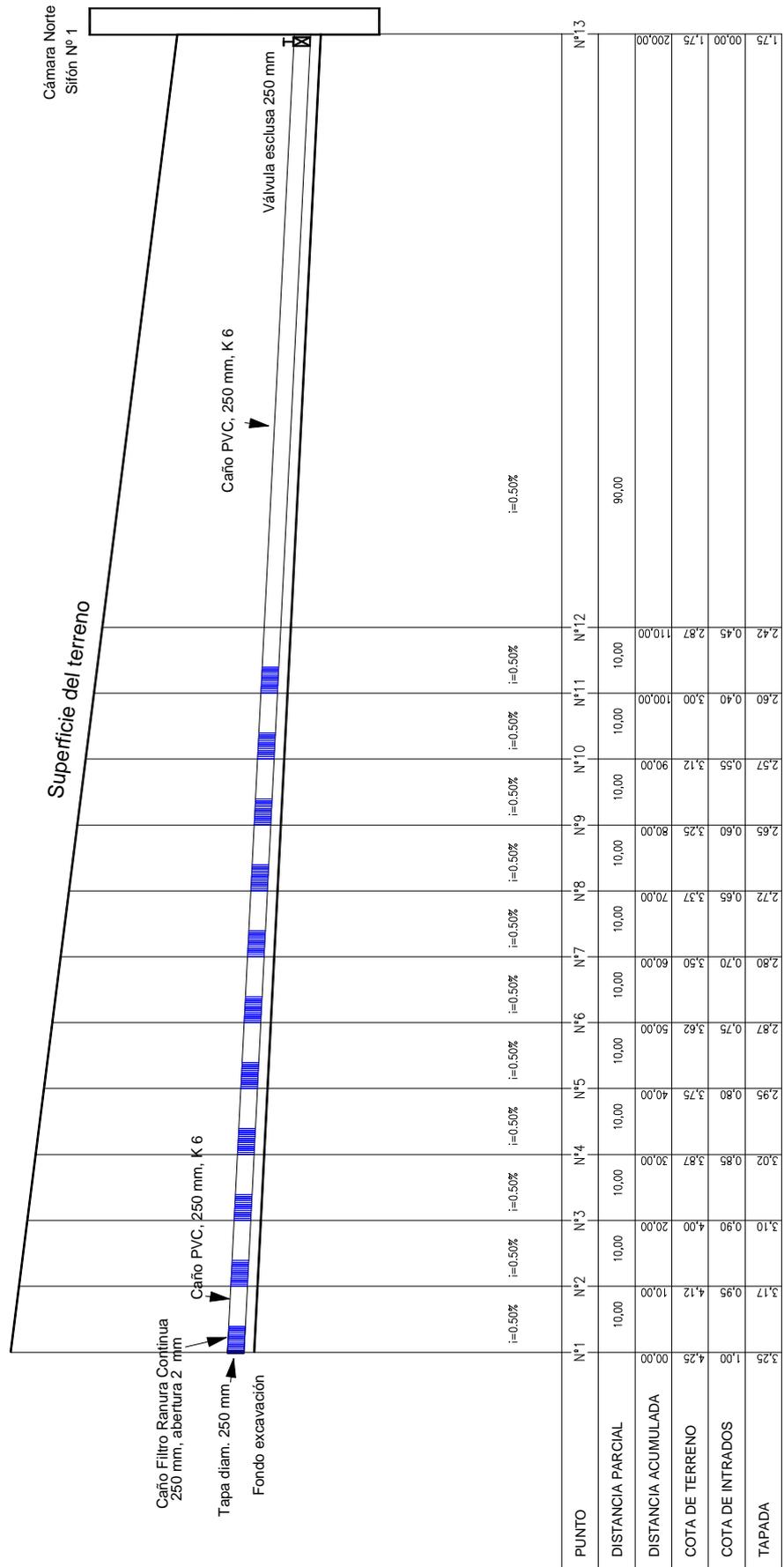


Figura 7.: Perfil longitudinal

6.6. PROFUNDIDAD

La cañería filtrante estará fundada a una profundidad de 3,5 m en el extremo noreste y a 1,5 m en el suroeste.

6.7. DIÁMETRO DE FILTROS

En función del caudal de producción estimado, el diámetro más conveniente para los filtros es de 250 mm (10 pulgadas).

6.8. LONGITUD DE FILTROS

Para que la velocidad de ingreso del agua al dren no supere el límite crítico y en función del diámetro propuesto, la longitud de los filtros no debe ser inferior a los 44 m.

6.9. GRANOMETRÍA DE PREFILTRO

El análisis granométrico adjunto indica que el 60 % de los granos posee un diámetro menor a 1 (un) milímetro, por lo que se requiere la colocación de un prefiltro de grava seleccionada, a bien permitir la instalación de un filtro de abertura conveniente.

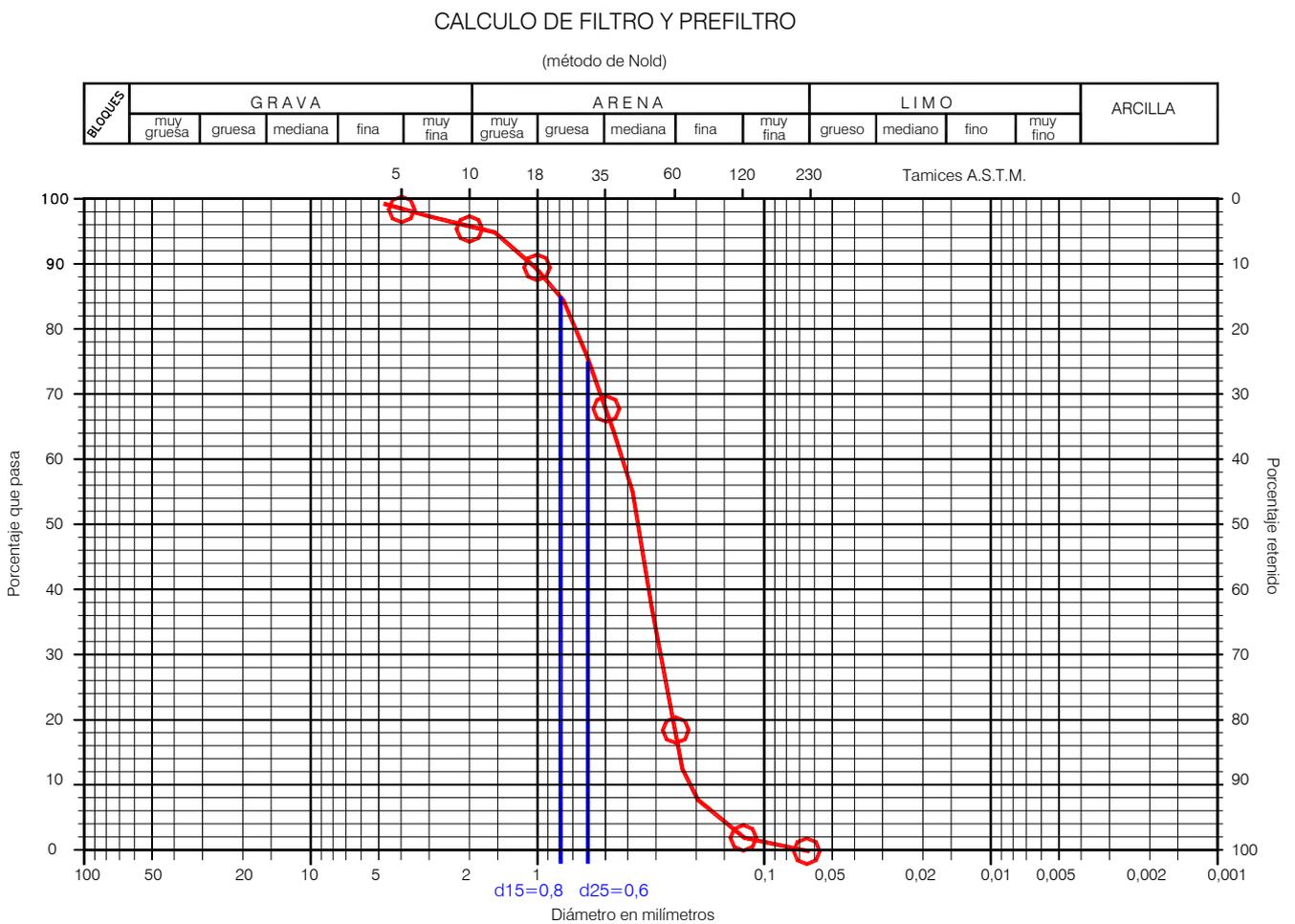


Figura 7.: Curva granométrica acumulativa, cálculo de filtro y prefiltro

Siguiendo el método de Nold y dado que el coeficiente de uniformidad es menor que 3:

Tamaño máximo: $d_{15} * 5 = 0,8 \text{ mm} * 5 = \mathbf{4,0 \text{ mm}}$
Tamaño mínimo: $d_{25} * 4 = 0,6 \text{ mm} * 4 = \mathbf{2,4 \text{ mm}}$

La granometría del prefiltro será de 2,4 a 4 mm, el material granular deberá ser grava natural limpia, los clastos deben poseer un alto grado de redondeamiento, con menos del 10% de granos planares u oblongos, y menos del 5 % de granos calcáreos o terrosos.

6.10. ABERTURA Y TIPO DE FILTROS

La instalación del prefiltro de grava seleccionada permite optar por un filtro con aberturas de 2 mm. Para garantizar la producción de agua sin sólidos en suspensión, el filtro deberá ser de ranura continua autolimpiante y preferentemente de acero inoxidable, con el fin de asegurar la vida útil de la obra.

7. COMPUTO METRICO

	UNIDAD	DIMENSION	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
EXCAVACION				
Excavación de zanja con maquinaria	m ³	3.000	\$ 20	\$ 60.000
Excavación de zanja a mano para cañería filtrante	m ³	44	\$ 30	\$ 1.320
Tapado y apisonado a mano de zanja en zona filtrante	m ³	44	\$ 20	\$ 880
Excavación de zanja a mano para cañería de conducción	m ³	136	\$ 30	\$ 4.080
Tapado y apisonado a mano de zanja en conducción	m ³	136	\$ 20	\$ 2.720
Tapado de zanja completa con equipo volcador	m ³	3.000	\$ 10	\$ 30.000
SUBTOTAL				\$ 99.000
MANO DE OBRA ESPECIALIZADA				
Colocación de Cañería Filtrante de 10"	gl	1	\$ 1.000	\$ 1.000
Colocación de cañería de PVC K6 de 250 mm de diámetro	gl	1	\$ 600	\$ 600
Colocación de material prefiltrante (grava seleccionada)	gl	1	\$ 600	\$ 600
Colocación de material de asiento (arena lavada)	gl	1	\$ 1.000	\$ 1.000
Colocación de madera en tablestaqueado cada 6 metros	gl	1	\$ 400	\$ 400
Colocación de Reducciones, Juntas y Válvulas	gl	1	\$ 1.200	\$ 1.200
SUBTOTAL				\$ 4.800
MATERIALES				
Caño Filtro de acero inoxidable 10" abertura 2 mm	m	44	\$ 1.600	\$ 70.400
Caño de PVC - 250 mm	m	136	\$ 240	\$ 32.640
Derivación Y - 250 mm	gl	1	\$ 500	\$ 500
Válvula esclusa bridada 250 mm	gl	2	\$ 3.000	\$ 6.000
Juntas Gibault 250 mm	gl	12	\$ 250	\$ 3.000
Piezas esp. (bridas, bulones, etc.)	gl	1	\$ 2.000	\$ 2.000
Grava seleccionada	m3	24	\$ 600	\$ 14.400
SUBTOTAL				\$ 128.940

8. CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA PARA RIEGO

De acuerdo al análisis físico-químico adjunto en la Figura 8, utilizando el método de Wilcox, el agua posee una Razón de Adsorción de Sodio de 3 unidades, por lo que desde el punto de vista del riesgo de alcalinidad, puede usarse en la mayoría de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable. Los cultivos sensibles, como los frutales de carozo, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

El contenido total de sales es relativamente alto (TSD = 721 mg/L) por lo que posee limitaciones para su utilización en riego, por su conductividad. Debe utilizarse con precaución y no puede usarse en suelos de drenaje deficiente. Solo pueden cultivarse plantas muy tolerantes a las sales. Requiere control de la salinidad del suelo y drenaje adecuado.

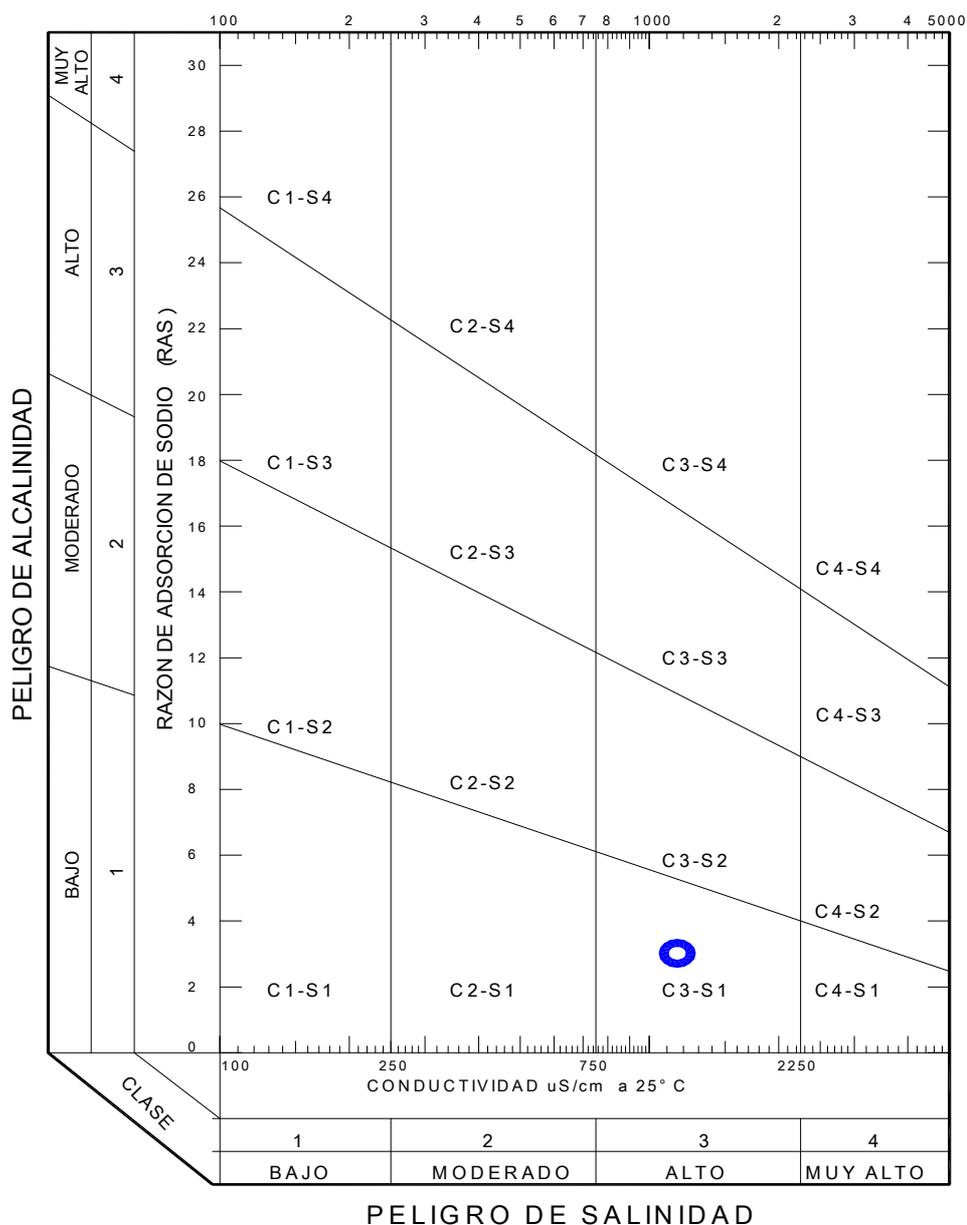


Figura 8.: Diagrama de Wilcox para determinar el peligro de alcalinidad y salinidad del suelo.

El agua del Ciénago de la Merced posee un contenido de boro (1,87 mg/L) que es limitante para el cultivo de especies sensibles, no así para especies semitolerantes.

En función de la sensibilidad a la presencia de boro en el agua de riego, puede establecerse la siguiente clasificación:

- a) Cultivos sensibles (recomendable < 0,3 ppm B, máximo 1,3):
limón, uva, naranja, ciruela manzana, pera, alcaucil, durazno, cereza, níspero, nuez.
- b) Cultivos semitolerantes (recomendable < 0,7 ppm B, máximo 2,5):
porotos, pimienta, maíz, trigo, cebada, avena, aceituna, tomate, algodón, calabaza, rábano, girasol.
- c) Cultivos tolerantes (recomendable < 1,0 ppm B, máximo 3,8):
zanahoria, lechuga, col, nabo, cebolla, alfalfa, remolacha, remolacha azucarera, dátil, espárrago.

9. BIBLIOGRAFÍA

BIANCHI, A. y YAÑEZ, C.E. (1992). Las precipitaciones en el Noroeste Argentino. INTA-EERA. Salta.

BIANCHI, A.R. y CRAVERO, A.S.C. (2010). Atlas climático de la República Argentina. Ed. INTA. Buenos Aires.

CUSTODIO E y LAMAS, M.R. (1996). Hidrología Subterránea. Tomos I y II. Segunda Edición Corregida. Editorial Omega S.A. Barcelona.

FUERTES, A. (1994). Estudio de fuentes de provisión de agua para las localidades de: Pueblo Viejo, Buena Vista, El Tonco, Amblayo, La Cabaña, Payogastilla, San Rafael, San Lucas, Corralito y San Antonio. Zona Valles Calchaquíes.