

JICA LIBRARY



1071458[2]

18519

REPUBLICA DE CHILE
INTENDENCIA REGIONAL DE ATACAMA

EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD SOBRE EL PROYECTO
DE DESARROLLO AGRICOLA MEDIANTE APROVECHAMIENTO
DE AGUAS SUBTERRANEAS EN TOLOLO PAMPA
EN LA REGION DE ATACAMA

INFORME PRINCIPAL

NOVIEMBRE 1988

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON

国際協力事業団

18519

PROLOGO

El Gobierno del Japón, en respuesta a la solicitud del Gobierno de Chile, decidió realizar por intermedio de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón "JICA", un estudio de factibilidad sobre el proyecto de desarrollo agrícola mediante aprovechamiento de aguas subterráneas en Tololo Pampa en la Región de Atacama.

La JICA despachó a la República de Chile la misión de estudio encabezada por el Sr. Kensaku TAKEDA (Nippon Koei S.A.) desde febrero de 1987 a marzo de 1988.

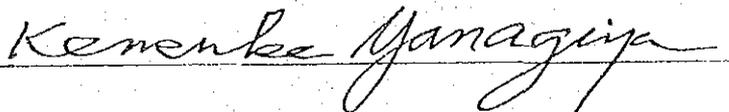
La misión intercambió opiniones con los funcionarios pertinentes del Gobierno de la República de Chile y realizó el estudio de campo en Tololo Pampa en Región de Atacama.

Después del regreso de la misión al Japón, se han realizado otros estudios y se ha elaborado el presente informe.

Espero que este informe sirva para el desarrollo del Proyecto y contribuya en la promoción de las relaciones amistosas entre ambos países.

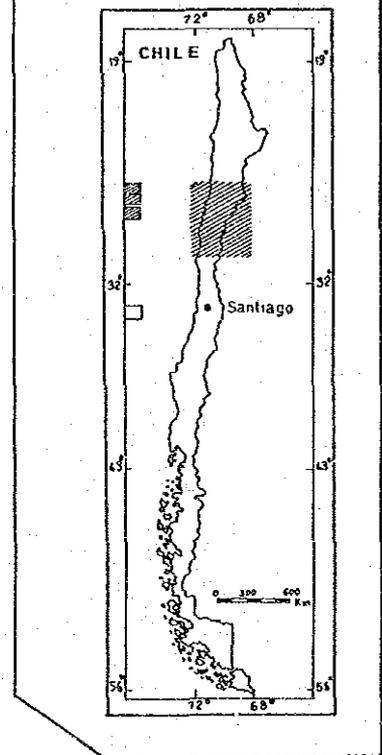
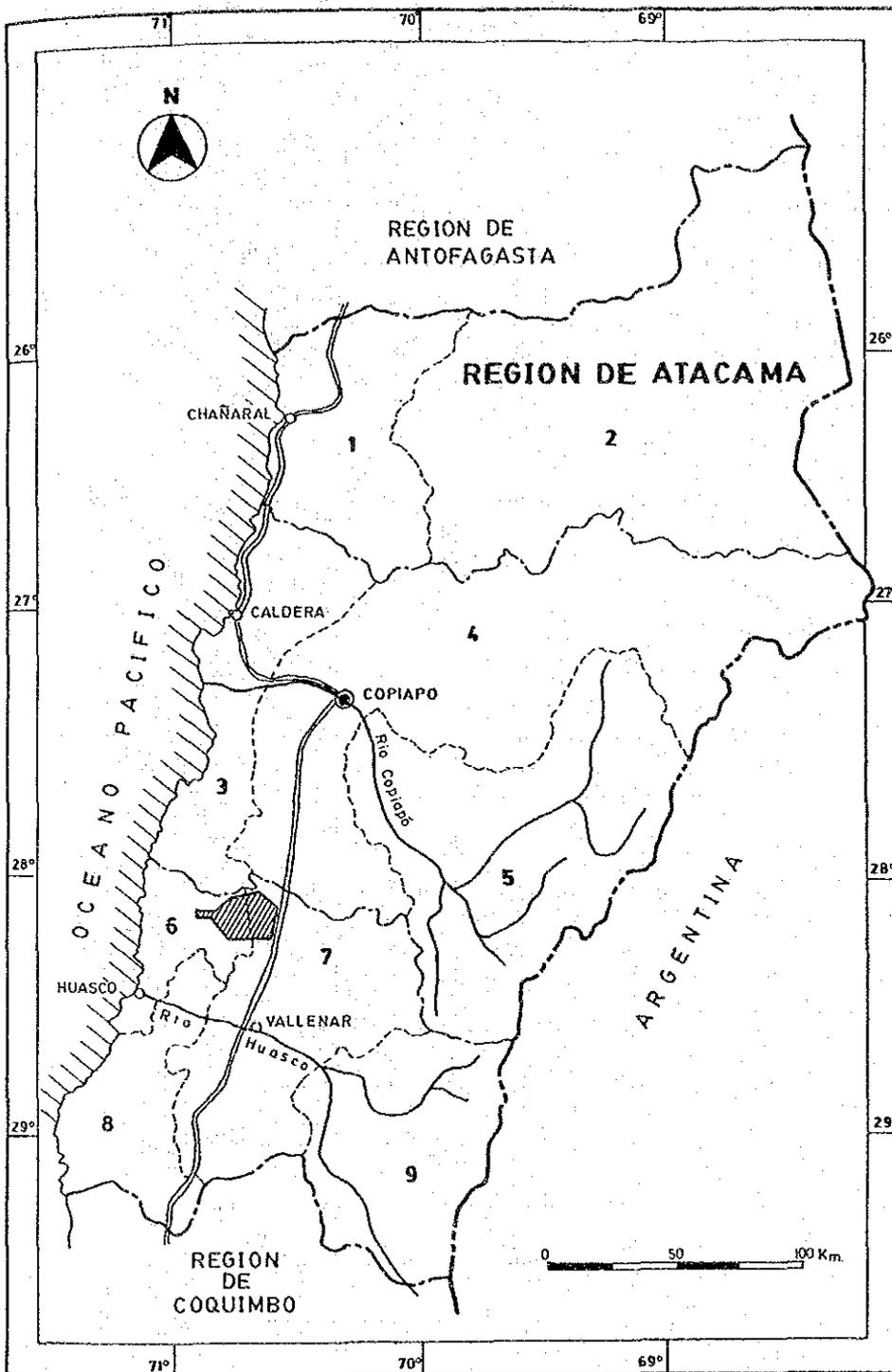
Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a las autoridades pertinentes del Gobierno de la República de Chile por la estrecha cooperación y apoyo brindado para la realización del presente estudio.

Tokio, Noviembre de 1988



Kensuke Yanagiya
Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón



SIMBOLOGIA

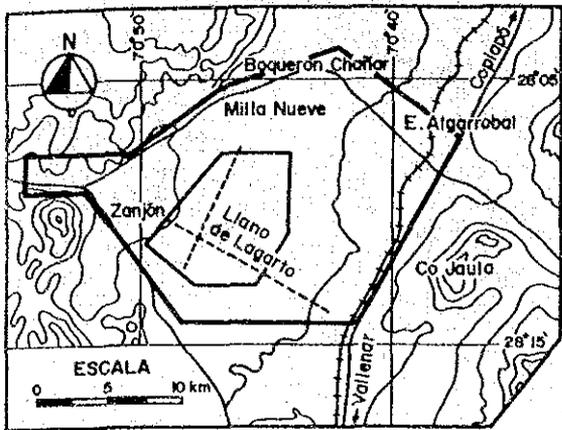
- LIMITE INTERNACIONAL
- LIMITE REGIONAL
- LIMITE PROVINCIAL
- LIMITE COMUNAL
- ==== CARRETERA PANAMERICANA
- ~ RIO
- ⊙ CAPITAL DE REGION
- CIUDADES
- ▨ AREA DE ESTUDIO

PROVINCIA	COMUNA
CHAÑARAL	1- CHANARAL
	2- DIEGO DE ALMAGRO
COPIAPO	3- CALDERA
	4- COPIAPO
	5- TIERRA AMARILLA
HUASCO	6- HUASCO
	7- VALLENAR
	8- FREIRINA
	9- ALTO DEL CARMEN

NOTA: Los numeros identifican a las comunas.

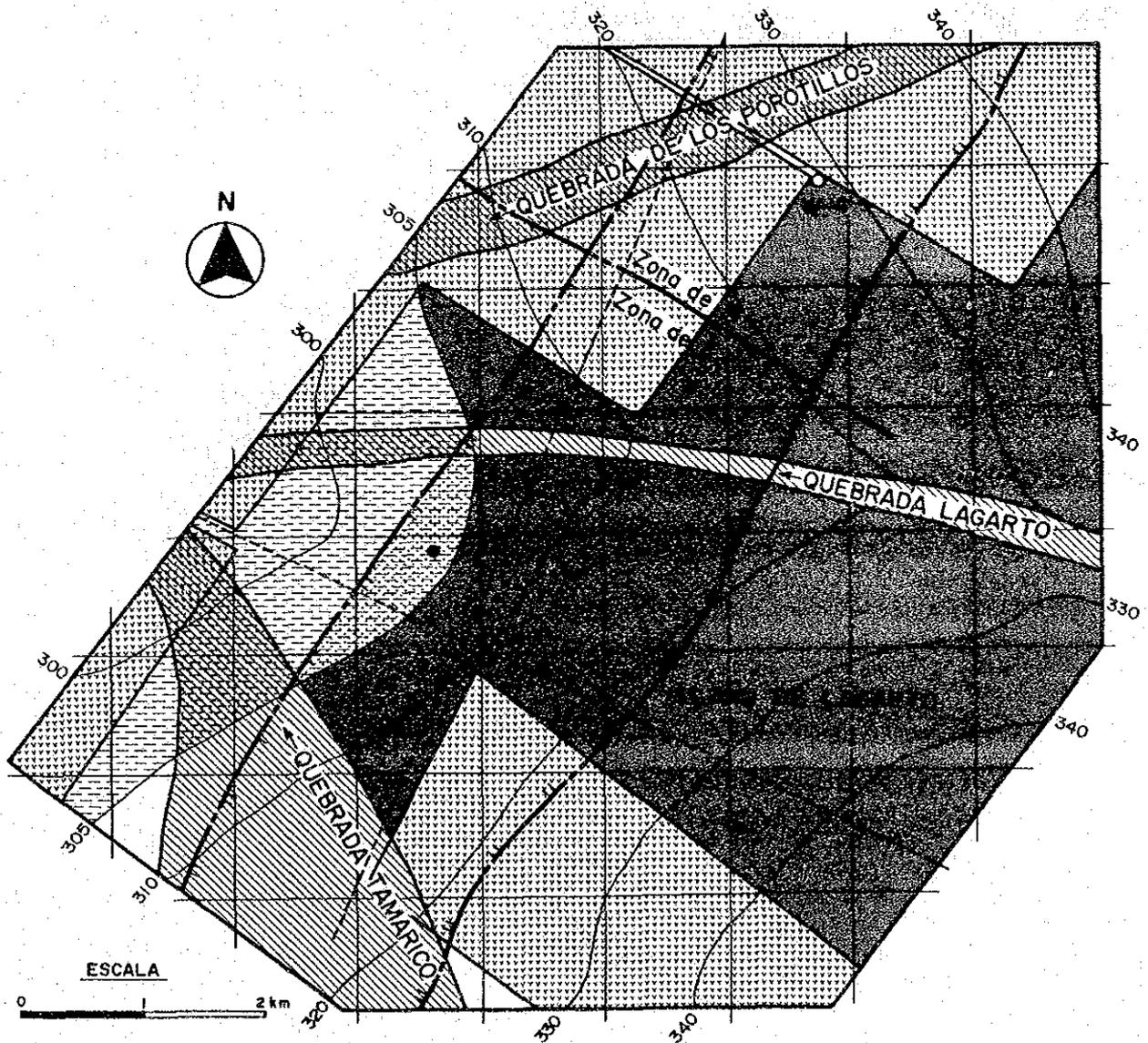
MAPA DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO

CROQUIS DE UBICACION



LEYENDA

-  — Area del Proyecto
-  W-4,9 — Pozo de prueba
-  — Pozo propuesto
-  — Camino
-  — Terreno privado
-  — Quebrada
-  305 — Parte donde Drenaje es Imperfecto
-  — Area de Explotación de Agua Subterránea



MAPA DE UBICACION DEL AREA DE PROYECTO.

RESUMEN

Naturaleza del Informe

1. Este informe es el Informe Principal del Estudio de Factibilidad sobre el Proyecto de Desarrollo Agrícola mediante Aprovechamiento de Aguas Subterráneas (el estudio) en Tololo Pampa, en la Región de Atacama, Chile.
2. El estudio consta de las siguientes fases:
 - 1) El principal propósito de la primera fase es determinar los recursos hídricos y de tierras.
 - 2) El propósito de la segunda fase es formular la planificación del desarrollo agrícola mediante el uso del agua subterránea, basado en los resultados de la primera fase del estudio. Estudiar la factibilidad de implementar el proyecto.
3. El estudio de la primera fase se realizó desde febrero a diciembre 1987 y continuó la segunda fase hasta agosto 1988. El trabajo en terreno se hizo con colaboración de la contraparte chilena.

Antecedentes Generales

4. La Región de Atacama está ubicada al norte de Chile y tiene un área de 75.570 km². La población total se estimó en 194.500 personas en 1986. Dentro de eso, el total de la fuerza de trabajo se estimó en 63.700, con una tasa de desocupación de 5,3%. El Producto Geográfico Bruto Regional (PGBR) de la región es de 6,71 billones de pesos, en 1984, lo que corresponde al 1,9% del PGB del país. La industria de la Región se especializa en el sector minero, cerca de un 50% del total del PGBR.
5. Los centros de las actividades agrícolas en la Región de Atacama, se mantienen en los Valles de Copiapó y Huasco. En 1987, la superficie cultivada en la Región, se estimó en 16.420 hás. El principal producto agrícola en la Región, es la uva (consumo fresco), lo que corresponde a un 22% del área total cultivada, ocupando 3.640 hás y 22.000 ton de producción en 1986, y ha sido exportada principalmente a los EE.UU. y países europeos, apoyándose en el favorable mercado de la exportación. Su área de cultivo ha aumentado rápidamente en la Región de Atacama, de 1.024 hás en 1981/82 a 4.300 hás en 1987. La comercialización de la uva se está efectuando enteramente por empresas privadas. Los cultivos que le siguen a la uva son el trigo y el olivo.

6. Para lograr salir de la monoeconomía y obtener un mayor desarrollo económico en la Región, el Gobierno Regional ha promovido la diversificación de la industria y como parte de esto, se pretende un mayor desarrollo del sector agrícola. Sin embargo, el crecimiento agrícola en el Valle de Copiapó está limitado desde el punto de vista del uso del suelo, por lo que se debe proyectar el desarrollo agrícola en otra área. Bajo tales circunstancias, el Gobierno Regional también está trabajando acorde a esa política.

Condiciones Actuales en el Area de Estudio

7. El área de estudio está ubicada en la zona entre Copiapó y Vallenar, con una superficie aproximada de 33.000 has que cubre de norte a sur cerca de 15 km, y de este a oeste alrededor de 20 km. El área de estudio está limitada al oeste por la cordillera de la costa y al este por la carretera Panamericana, al norte por el Llano Punta de Díaz, y al sur, por el Llano Tololo Pampa. La distancia desde Copiapó hasta la Estación Algarrobal, por la Carretera Panamericana, es de unos 90 km y 60 km desde Vallenar.
8. El área de estudio se inclina de este a oeste lo que significa un declive promedio de 1/125, y su elevación fluctúa desde 500 a 230 m. Existen algunos cerros en el área, pero la topografía es en general plana. No se observan ríos con escurrimiento de agua superficial durante el año.
9. El área de estudio pertenece a la categoría semi-árida, la precipitación anual es de 20 a 30 mm y las lluvias se concentran principalmente en el invierno (junio a agosto). Con respecto a la temperatura, la máxima promedio mensual es entre 20°C y 30°C, la mínima de 4,5°C a 14°C y la fluctuación diaria de la temperatura alcanza a 20°C. La evaporación diaria es de 2 a 7 mm, la cifra mínima se ha observado en invierno y la máxima en verano. La humedad relativa varía de 90% en la mañana y baja a unos 50% en la tarde. La velocidad del viento es 2,5 m/s promedio anual, y sopla un fuerte viento de 5 m/s en forma prolongada entre diciembre y enero.
10. La geología del área de estudio consiste en gruesos depósitos cenozoicos, que cubren la roca basal de la depresión central. Rocas de cretáceas a triásicas e intrusivas y de cretáceas sedimentarias afloran en la montaña que rodea el área.

11. Los pozos excavados y los manantiales que tienen un nivel de agua subterránea de algunos metros a 30 m bajo la superficie, se localizan principalmente al suroeste del área de estudio. El rendimiento de los cuales se estima en cerca de 200 m³/día. También, hay dos pozos de producción entubados, funcionando en Boquerón Chañar, los que fueron perforados hasta una profundidad cercana a los 70 m y tienen un rendimiento de 1 a 3 l/s. El agua subterránea fluye de este a oeste y la gradiente varía de 3/1.000 a 5/1.000. En general, no hubo una fluctuación anual notable en el nivel de agua. La conductividad eléctrica de estas aguas subterráneas fluctúa de 1.000 a 2.000 μ S/cm. Se perforaron los pozos de prueba y un pozo de observación, tres de ellos alcanzaron un rendimiento de 5 a 20 l/s, un nivel estático de 4,5 a 25,5 m y un caudal específico de 1 a 5 l/s/m.
12. Los suelos en el área de estudio se pueden clasificar en general en cinco categorías. Es decir: (1) Suelos de dunas en la parte sur y oeste. (2) Suelos delgados sobre las Gravas de Atacama en la parte oriental. (3) Suelos pedregosos en la parte norte a central. (4) Suelos de fina textura en la parte oeste y (5) Otros suelos.
13. El camino de acceso al área de estudio es la Carretera Panamericana. Los caminos dentro del área de estudio no están pavimentados y sólo se permite transitar hasta la categoría de camioneta. Con respecto a la electricidad, la línea de alta tensión de 110 KV corre a lo largo del límite este del área de estudio. En el área de estudio no hay suministro de energía, ni instalaciones de agua potable.
14. Del total del área de estudio, alrededor del 72% es terreno estatal y el restante 28% es terreno privado. La población en el área de estudio es muy escasa. En cuanto a las actividades agrícolas, existe la Hacienda Yervas Buenas y algunos agricultores de pequeña magnitud, ninguno de los cuales tiene una producción que les permita obtener ganancias.

Evaluación de los Recursos de Agua Subterránea y de Suelos

15. Se ha realizado un estudio de potencial de aguas subterráneas, a través del estudio de la resistividad eléctrica y la perforación de pozos de prueba. El área de estudio se divide en siete (7) zonas de agua subterránea (Zonas de A a G), dentro de las cuales la zona A que se ubica en el centro del área se estima que tiene un mejor rendimiento potencial, de alrededor de 148 x 10⁶ m³. Los rendimientos potenciales de otras zonas son 38,6 x 10⁶ m³ en zona B que colinda a la zona A, 7,4 x 10⁶ m³ en la zona C que es cerca de Agua de Lazo y 4,7

$\times 10^6 \text{ m}^3$ en la zona G, alrededor de la Estación Algarrobal y se determina que no hay esperanza de agua subterránea fuera de estas zonas. El resultado de la medición de edad indica que se trata de agua subterráneas con una antigüedad de 4.500 años y se permite hablar de agua subterránea no renovable.

16. Se ha calculado el rendimiento potencial de explotación de aguas subterráneas en base al rendimiento potencial estimado, basándose en las siguientes condiciones: i) Mantener el caudal de bombeo constante. ii) Mantener el nivel de agua subterránea para evitar que entre agua salada de alta concentración del lado oeste. En consecuencia, los rendimientos potenciales de explotación se estimaron: $36 \times 10^6 \text{ m}^3$ en la zona A, $9 \times 10^6 \text{ m}^3$ en la zona B, $3,6 \times 10^6 \text{ m}^3$ en la zona C, y $0,6 \times 10^6 \text{ m}^3$ en la zona G.

La zona A tiene más probabilidades de explotación de aguas subterráneas, siguiéndole la zona B. Las zonas C y G, no son favorables. En cuanto a la calidad del agua de la zona A y B el pH es de 8,1 a 8,5 y la conductividad eléctrica es $1.000 \mu\text{S}/\text{cm}$, lo que permite usarla para agua de riego.

17. Como resultado del estudio de la clasificación de terreno para el uso de tierra agrícola, lo que se realizó basándose en un estudio de suelos y en un análisis topográfico, el terreno disponible para cultivo, se determinó en 8.400 hás, y se localiza en la parte central del área de estudio. Los principales factores limitantes para el uso de suelos son: la delgada capa superficial, la textura no apta, la pedregosidad, la acumulación de sal y el riesgo de erosión.

18. Según el resultado del estudio de suelos en el Valle de Copiapó, se aclaró que las condiciones de suelo en cuanto a grosor de la capa superficial, textura, inclinación y pedregosidad del lugar donde se está efectuando el cultivo de uva, con el sistema de riego por goteo, son peores que los suelos de alrededor de la zona de explotación de aguas subterráneas, mientras que la condición de drenaje es mejor. Basándose en este hecho, se piensa que el suelo alrededor de la zona de explotación de aguas subterráneas, no presentará problemas para uso agrícola en base a riego por goteo, con excepción de algunos lugares de drenaje imperfecto.

Conceptos Básicos para la Formulación del Proyecto

19. Se consideró para la selección del área del proyecto:
 - (1) Ubicar la zona de explotación de aguas subterráneas y sus alrededores.
 - (2) No incluir áreas con condiciones de suelos desfavorables para el desarrollo agrícola.
 - (3) De acuerdo a la política del Gobierno Regional, no incluir propiedad privada.
 - (4) Evitar daños de inundaciones.

20. El Gobierno Regional ha considerado promover el desarrollo agrícola con la introducción de capitales privados. De acuerdo a esta política de desarrollo, se asume que la inversión al proyecto se hará por empresas y agricultores empresariales del sector privado. También se estudia no sólo la forma de administración tipo monocultura sino también la de multicultura.

21. En cuanto a la selección de cultivos a introducir en el área del proyecto, se debe prestar atención especial a lo siguiente:
 - (1) Que se adapte al medio ambiente del área del proyecto.
 - (2) Que tenga alta rentabilidad y potencialidad en el mercado.
 - (3) Que contribuya para crear las oportunidades de empleo.
 - (4) Que sean cultivos de poco consumo de agua, debido a los escasos recursos de agua subterránea.

22. La formulación del plan de explotación y el uso del agua subterránea considerando que ésta tiene un carácter no renovable, se planteó con la siguiente política.
 - (1) Que en un determinado tiempo se agoten los recursos de agua subterránea.
 - (2) Que el caudal de bombeo se mantenga constante en un tiempo determinado, y que el nivel de agua subterránea baje con uniformidad.
 - (3) Que se decida el período de desarrollo tomando en consideración las vidas útiles de instalaciones conexas.

23. Al formular el plan de riego, se debe considerar el uso efectivo de los recursos de agua limitada, y el método de riego en el área del proyecto será el que ya está en uso en Chile. En la planificación del drenaje, se considera usar las quebradas del área del proyecto, como canales de drenaje.

24. Para las instalaciones de los predios, se considerará lo siguiente:

- (1) Que se permita aprovechar la máxima potencialidad de caudal de bombeo por cada pozo, en las instalaciones de riego.
- (2) Diseñar el canal de drenaje con perfil estandarizado, basado en caudal diseñado, para liberar a las quebradas ya existentes.
- (3) Seleccionar instalaciones de cortaviento que tengan bajo costo.
- (4) Aprovechar la red caminera existente en el área de estudio.
- (5) Elegir fuentes de energía de bajo costo, para mantener la administración del predio.

Formulación del Proyecto y Generalidades

Demarcación del Área del Proyecto

25. El área de proyecto, se ubica alrededor del área del Llano de Lagarto, al centro del área de estudio. El área de proyecto tiene una superficie de 2.365 hás.

Selección de Cultivos

26. Dentro de los 47 cultivos pre-seleccionados, se nominaron los siguientes cuatro, a saber: uva de mesa, kiwi, durazno y tuna. Basados en el estudio preliminar, el área total de cultivo por 6 pozos con 90 l/s de total potencialidad de caudal de bombeo, se estimó en 76,8 hás para kiwi con una producción de 1.470 ton, 85,8 hás para uva de mesa con 1.540 ton, 76,8 hás para durazno con 1.230 ton y 1.026 hás para tuna con 12.800 ton.

27. De estos, la uva de mesa se recomienda como cultivo apropiado ya que tiene un mercado estable, porque:

- (1) La uva de mesa chilena no tiene competencia con la de los países del hemisferio norte, ya que puede exportarse en el período de escaso o ningún abastecimiento en el país de destino.
- (2) La uva del área de proyecto puede ser embarcada en el período en que los precios de exportación son relativamente altos, en enero. El kiwi y durazno tienen una alta rentabilidad. Sin embargo, son sensibles a los daños causados por el viento. La tuna es un cultivo tipo, de bajo consumo de agua, apto para áreas semi-áridas, sin embargo, existen problemas de potencialidad de mercados.

28. Desde el punto de vista de la potencialidad del mercado y de la rentabilidad, se recomienda la forma de manejo de monocultura para uva, kiwi y tuna; y de multicultura para kiwi+tuna y uva+tuna. Considerando la estabilidad de la uva, se recomienda el monocultivo de uva.

Plan de Construcción de Pozos

29. De acuerdo al resultado de la evaluación de recursos de agua subterránea, el plan de construcción de los pozos se formuló basándose en la política básica de:

- (1) Zona con más de 40 m de espesor de acuífero
- (2) Mantener nivel de agua subterránea adecuadamente.
- (3) Evitar en lo posible las interferencias entre los pozos.
- (4) Construir en un lugar con buena condición topográfica.

En consecuencia se planifica en la zona A, siendo la potencialidad de explotación de $36 \times 10^6 \text{ m}^3$, 6 pozos con una distancia entre pozos de 1.300 m y extensión de rejilla de 30 m con una profundidad de 70 m y un diámetro de 300 mm. La potencialidad de caudal de bombeo de cada pozo es de 15 l/s. Por otro lado, se puede planificar un pozo con una potencialidad de 5 l/s en la zona B. Sin embargo se determinó que no es apto para el desarrollo ya que el nivel crítico de agua es muy corto.

30. La prolongación de explotación del agua subterránea, se calcula en base a la potencialidad de explotación dividido por el consumo de agua anual de cada cultivo, y que se estimaron en 45 años para el monocultivo de la uva, 50 años para el kiwi, 47 años para los duraznos, y 40 años para el multicultivo de uva+tuna y 37 años para kiwi+tuna.

Planificación de Riego y Drenaje

31. Para la determinación de la demanda de agua de cultivo se utilizó la fórmula empírica de Blaney-Griddle. La demanda máxima de agua diaria se produce en el mes de enero, siendo de 4,3 mm/día en uva y kiwi, 5,5 mm/día en durazno, 0,6 mm/día en tuna, y 2,9 mm/día en eucaliptos que serán plantados, para proteger el área de riego de los fuertes vientos.
32. Se hizo un estudio técnico de entre 5 métodos de riego, que son actualmente utilizados en Chile y se escogió el método de riego por goteo, dado que este tiene ventajas que se indican a continuación: (1) Se adapta bien a los cultivos propuestos. (2) Tiene la más alta eficiencia de

riego. (3) Tiene la más alta tolerancia frente a la concentración de sal del agua de riego. (4) Este sistema puede regar el terreno sin considerar efectos de los vientos.

33. La descarga de drenaje se calculó aplicando una ecuación racional y determinó la descarga de drenaje planeada, de 560 l/s en base al área de captación representativa, dentro del área del proyecto.

Planificación de Administración del Predio Agrícola

34. Las faenas de postcosecha, tales como almacenamiento, procesamiento y comercialización en cuanto a la uva, se encargan a las empresas de comercialización en Copiapó, que poseen las instalaciones necesarias. En cuanto a los otros cultivos, se aprovechan los sistemas de comercialización, trasladando los productos hasta Santiago.
35. El número de jornaleros necesarios para la administración del predio agrícola oscila entre 8.290 personas en monocultivo de kiwi y 27.520 personas en multicultivo de uva y tuna. Además se utilizan empleados en los cargos de supervisor del predio y en la sección de cultivo, de riego y de administración y el número total de ellos oscila entre 22 personas, en el caso de monocultivo de kiwi y durazno y de 38 personas en el caso de multicultivo de uva + tuna.
36. Se planificaron las instalaciones necesarias para la administración del predio, tales como: oficina, almacén, alojamientos para empleados y jornaleros, y cantina. Además dispone de tractores, pulverizadores, fumigadores y remolques, como maquinaria agrícola y vehículos. En las construcciones se instala agua potable y electricidad, y teléfonos para comunicarse con el exterior.
37. Los diseños de instalación y manutención del predios agrícolas consisten en: diseños de instalaciones de riego y drenaje, construcción y reparación de caminos, instalaciones de líneas de transmisión eléctrica, plantación de bosques cortaviento, etc.
38. La superficie regada por cada pozo (potencial de caudal de bombeo 15 l/s) según el cultivo: 14,3 hás de uva, 12,8 hás de kiwi, 12,8 hás de durazno, y 171 hás de tunas. La longitud del canal de drenaje para la tuna es de 5.820 m y para los otros cultivos va desde 1.920 m a 2.010 m.

39. Los caminos de conexión para fuera del predio se diseñaron de ripio, con un grosor de 30 cm para los caminos que se repararon y de 15 cm para los nuevos, con un ancho efectivo de 7 m para ambos casos. Los caminos dentro del predio varían de 7 a 10 m de ancho efectivo, según sea el propósito.
40. Como la fuente de energía se adoptó el suministro de electricidad, mediante la extensión de la línea de transmisión eléctrica. La línea de transmisión eléctrica se extiende 14,5 km desde Boquerón Chañar hasta el área del proyecto, con 23.000 volts y baja a 380 volts en el lugar del uso. Para las instalaciones de cortaviento se escogió al bosque, como cortaviento, plantando 3 corridas de eucaliptos con un metro de distancia entre ellos y con forma de zigzag.

Plan de Construcción y Estimación de los Costos

41. El plan de construcción, comienza con las construcciones de pozos, luego viene la agrimensura del predio y los diseños detallados. Posterior a esto, se realizan las faenas de preparación del predio, construcciones de instalaciones de riego y luego de hacer las pruebas del manejo comienza la etapa de pleno funcionamiento. El período de construcción se estimó en 13 meses. Las construcciones de instalaciones conexas tales como oficina, almacén, bosques de cortaviento, etc. Se ejecutan dentro de este mismo período.
42. Los costos del proyecto se calcularon en base al precio de noviembre de 1987, con un tipo de cambio equivalente al dólar norteamericano = \$233,83 y sin considerar impuestos (IVA). Los costos totales del proyecto, según cultivos propuesto son: monocultivo de uva (85,8 hás) - US\$1.475.800 (345 x \$10⁶), kiwi (76,8 hás) - US\$1.257.500 (294 x \$10⁶), duraznos (76,8 hás) - US\$1.260.600 (295 x \$10⁶), y multicultivo de kiwi (64 hás) + tuna (171 hás) - US\$1.940.700 - (454 x \$10⁶) y uva (71,5 hás) + tuna (171 hás) - US\$2.184.400 (511 x 10⁶).

Evaluación del Proyecto

43. Se hizo la evaluación del proyecto, basándose en estudios de evaluación económica y financiera y del efecto socio-económico. La tasa interna de retorno económica (TIRE) va desde 32% para el monocultivo de kiwi, hasta 17,6% para el de durazno, lo que indica que todas las formas de manejo recomendadas a través de este estudio son económicamente viables.

También la tasa interna de retorno financiero va desde 26,8% en el caso de monocultivo de kiwi, hasta 14,0% en el de durazno, superando el interés del crédito normal actual. Aunque hubiera un 20% más de gastos y otro 20% menos de utilidad aún sería factible realizar cualquiera de estas planificaciones. En cuanto al efecto socio-económico, se espera un aumento de la oportunidad de empleo. El número de jornaleros proyectados a emplear en los alrededores del área del proyecto, va desde 8.300 personas para el caso de monocultivo de kiwi hasta 27.500 personas para el caso de multicultivo de uva + tuna y los salarios que se pagan van desde \$7.500.000 hasta \$25.000.000 anuales, respectivamente.

Conclusión y Recomendación

Conclusión

44. El agua subterránea que se encuentra en el área de estudio, se considera un tipo no renovable, y su rendimiento potencial de explotación se estima en $36 \times 10^6 \text{ m}^3$. En cuanto a los recursos de suelo, las tierras aprovechables para la agricultura se encuentran en el centro del área de estudio con la superficie alrededor de 8.400 hás.
45. Aprovechando estos recursos racionalmente, se han formulado cinco tipos de manejo, en base a riego por goteo, como plan de desarrollo agrícola técnicamente factible. De estas alternativas, se recomienda el cultivo de uva, tomando en consideración la estabilidad de la administración.
46. Como los resultados de evaluación económica y financiera, la tasa interna de retorno económico (TIRE) de cada tipo de manejo está en el rango de 17,6 a 32,0%, y la tasa interna de retorno financiero (TIRF) se encuentra en el rango de 14,6 a 27,0%, los cuales indican que son económicamente viables.

Recomendación

47. Para la ejecución del proyecto, se recomiendan los siguientes:
 - (1) Con el propósito de realizar una explotación de agua subterránea adecuada, se debe medir y registrar la el volumen de agua extraída, la calidad del agua y el nivel del agua subterránea de los pozos de producción y utilizar los pozos de pruebas y

observación construidos en este estudio, como pozos de observación del nivel de agua, a largo plazo.

- (2) Se debe confirmar los puntos de pozos de producción a través de la inspección como prospecciones eléctricas, basado en los puntos propuestos por este estudio.
- (3) A fin de obtener antecedentes básicos para el adecuado manejo de los cultivos introducidos, continuar las mediciones climáticas en el área del proyecto.
- (4) Realizar cultivos experimentales sobre la resistencia, a los daños eólicos de los kiwis y los duraznos.

GENERALIDAD DEL PROYECTO

Items	ALTERNATIVAS				
	I uva	II kiwi	III durazno	IV kiwi+tuna	V uva+tuna
Rendimiento Potencial de Explotación de					
Agua Subterránea (m ³)	36 x 10 ⁶	36 x 10 ⁶			
Numero de Pozos	6	6	6	5 + 1	5 + 1
Caudal de Bombeo (l/s/pozo)	15	15	15	15	15
Superficie de Predio(hás)	85,8	76,8	76,8	235,0 (64,0+171,0)	242,5 (71,5+171,0)
Periodo de Desarrollo (año)	45	50	47	40	37
Densidad de Plantas(m x m)	3,5 x 3,5	5 x 5	5 x 5	5x5 4x4	3,5x3,5 4x4
Rendimiento (plena producción, ton/há)	18,0	19,2	16,0	19,2 12,5	18,0 12,5
Producción (plena producción, ton)	1.540	1.470	1.230	1.230 2.140	1.290 2.140
Numero de Planta (personas)	27	22	22	28	38
Mano de Obra(persona-días/año)	17.850	8.290	9.830	19.560	27.520
Instalaciones para Manejo de Predio (m ²)					
- Oficina	50	50	50	50	50
- Almacén	200	120	160	280	320
- Alojamiento para Planta	440	320	380	450	570
- Alojamiento para Peones y Cantina	640	420	480	730	1.370
Maquinaria Agrícola y Vehículos (número)					
- Tractor (Clase 60 Hp)	7	4	3	7	11
- Pulverizador (2.000 lts.)	3	2	3	2	3
- Azufradora (200 kgs.)	3	-	-	-	3
- Pulverizador (20 lts.)	5	5	4	4	4
- Remolques (2 ton)	9	5	4	8	13
- Camioneta (doble-tracción)	3	3	3	3	3
Instalaciones de Riego (por goteo)					
- Altura de elevación total (por predio, m)					
Bomba sumergible	78	76	76	76 72	78 72
Bomba de reelevación	-	-	-	- 50	- 50
- Diámetro de tubería aducción (mm)	140	140	140	140	140
- Tubería lateral (tipo lineal, diámetro 16mm)					
Descarga de gotero(l/h)	2	4	4	4	2, 4
Distancia de gotero (m)	0,8	1	1	1	0,8 1
Dist. de tub. lateral (m)	3,5	5	5	5 4	3,5 4
Instalaciones de Dren					
- Longitud de dren (m)	2.010	1.920	1.920	1.920 5.820	2.010 5.820
Camino afuera de Predio (ancho efectivo de 7m)					
- Camino a reparar (km)	11	11	11	11	11
- Caminos nuevos (km)	4,5	4,5	4,5	3,75 1	3,75 1
Camino dentro de Predio (ancho de 7-10m)					
- Camino para faenas (km)	22,68	20,4	20,4	17 32,9	18,9 32,9
- Camino para comunicación(km)	22,74	21,3	21,3	17,75 -	18,95 -
Longitud de línea alta tensión (km)	18,1	18,1	18,1	17,5 1,7	17,5 1,7
Costo de Proyecto (\$10 ⁶)	345	294	205	454	511
Rendimiento Neto (plena producción, \$10 ⁶)	141	345	84,4	342	168
TIRE (%) ^{*1}	22,1	32,0	17,6	26,8	19,8
TIRF (%) ^{*2}	17,2	26,8	14,0	22,0	14,6

Nota: *1 Tasa interna de retorno economico.

*2 Tasa interna de retorno financiero.

REPUBLICA DE CHILE
 EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD SOBRE EL PROYECTO
 DE DESARROLLO AGRICOLA MEDIANTE APROVECHAMIENTO
 DE AGUAS SUBTERRANEAS EN TOLOLO PAMPA
 EN LA REGION DE ATACAMA

INFORME PRINCIPAL

I N D I C E

	<u>Página</u>
MAPA DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO	
MAPA DEL AREA DE ESTUDIO	
MAPA DE UBICACION DEL AREA DE PROYECTO	
RESUMEN	
CAPITULO 1. INTRODUCCION	1
1.1 Texto y Naturaleza del Informe	1
1.2 Antecedentes del Estudio	1
1.3 Objetivos del Estudio y Resumen de Alcance de Trabajo	2
1.3.1 Objetivos del estudio	2
1.3.2 Resumen del alcance de trabajo	2
1.4 Actividades del Estudio	3
1.4.1 Primera fase del estudio	3
1.4.2 Segunda fase del estudio	5
CAPITULO 2. ANTECEDENTES GENERALES	6
2.1 Socio-Economía Nacional	6
2.1.1 Población y mano de obra	6
2.1.2 Economía nacional	6
2.1.3 Agricultura	6
2.2 Plan de Desarrollo Rural	7
2.3 Actualidad de la Socio-Economía y Agricultura Regional	8
2.3.1 Ubicación y población	8
2.3.2 Economía regional	8
2.3.3 Agricultura	8
CAPITULO 3. CONDICIONES ACTUALES DEL AREA DE ESTUDIO ..	16
3.1 Ubicación del Area de Estudio	16
3.2 Topografía y Ríos	16
3.3 Clima	16
3.4 Geología	17
3.5 Hidrogeología	18
3.5.1 Uso actual del agua subterránea	18
3.5.2 Estructura hidrogeológica	19
3.5.3 Constante hidráulica	20
3.5.4 Nivel de agua subterránea	21
3.5.5 Carga y descarga de agua subterránea	22
3.5.6 Tiempo de retención y velocidad de circulación de agua subterránea	23

3.5.7	Calidad del agua	23
3.6	Suelos	24
3.7	Infraestructura	26
3.8	Agricultura y Agro-Economía	26
CAPITULO 4. EVALUACION DE LOS RECURSOS DE AGUA SUBTERRANEA Y DE SUELOS		28
4.1	Evaluación de los Recursos de Agua Subterránea ...	28
4.1.1	Zonas de agua subterránea	28
4.1.2	Rendimiento potencial de explotación y área propuesta para explotación	30
4.1.3	Evaluación de la calidad de agua según las normas de USDA y FAO	34
4.2	Evaluación de los Recursos de Suelos	34
4.2.1	Generalidades	34
4.2.2	Clasificación de los suelos	35
4.2.3	Clasificación de la familia de los suelos según la clasificación de "Taxonomía del Suelo"	36
4.2.4	Clasificaciones interpretativas de los suelos	36
4.2.5	Características físico-químicas de los suelos	41
4.2.6	El estudio comparativo de suelos en el valle de Copiapó	43
CAPITULO 5. PLAN DE DESARROLLO AGRICOLA		45
5.1	Conceptos Básicos de Desarrollo	45
5.1.1	Generalidades	45
5.1.2	Conceptos básicos para el proyecto de desarrollo agrícola	46
5.2	Demarcación del Area del Proyecto	48
5.3	Planificación de Cultivos	49
5.3.1	Selección de cultivos a introducir	49
5.3.2	Formas de manejo	57
5.3.3	Generalidad de cultivos	59
5.3.4	Rendimiento y producción	62
5.4	Planificación de Explotación y de Uso de Agua Subterránea	63
5.4.1	Estandarización de pozos de producción ...	63
5.4.2	Selección del lugar de los pozos y área de explotación	64
5.4.3	Plan de explotación y plazo	65
5.4.4	Planificación de administración de agua subterránea	65
5.5	Planificación de Riego	66
5.5.1	Generalidades	66
5.5.2	Cálculo de la demanda de agua del cultivo ..	67
5.5.3	Determinación del método de riego	68
5.5.4	Cálculo de volumen de agua de riego	70
5.6	Planificación de Drenaje	71
5.6.1	Generalidades	71
5.6.2	Estimación de la descarga de drenaje	73

CAPITULO 6.	PLAN DE ADMINISTRACION DEL PREDIO	
	AGRICOLA	74
6.1	Generalidades	74
6.2	Almacenaje de Productos, Procesamiento y	
	Comercialización	74
6.3	Insumos y Mano de Obra Requeridos	75
6.4	Organización de manejo y Plan de Implementación ..	75
6.5	Instalaciones de Administración y Equipos	77
6.6	Sistemas de Apoyo Agrícola Relacionados con la	
	Ejecución y Administración Agrícola	78
CAPITULO 7.	DISEÑO DE INSTALACION DEL PREDIO	
	AGRICOLA E INSTALACIONES CONEXAS	79
7.1	Política Básica de Diseño	79
7.2	Instalación de Riego	80
7.3	Instalación de Drenaje	84
7.4	Caminos y Otras Instalaciones	84
CAPITULO 8.	PLAN DE CONSTRUCCION Y ESTIMACION DE LOS	
	COSTOS DEL PROYECTO	87
8.1	Plan de Construcción	87
8.2	Estimación del Costo del Proyecto	88
8.3	Costos de Reposición	89
CAPITULO 9.	EVALUACION DEL PROYECTO	90
9.1	Generalidades	90
9.2	Evaluación Económica	91
	9.2.1 Costos económicos	91
	9.2.2 Beneficios económicos	91
	9.2.3 Tasa interna de retorno económico, B/C y	
	B-C y análisis de sensibilidad	92
9.3	Evaluación Financiera	93
	9.3.1 Costos financieros	93
	9.3.2 Beneficios financieros	93
	9.3.3 Tasa interna de retorno financiero	94
	9.3.4 Análisis financiero	94
9.4	Efectos Socio-Económicos	96
CAPITULO 10.	CONCLUSION Y RECOMENDACION	97
10.1	Conclusión	97
10.2	Recomendación	97

LISTA DE CUADROS

		<u>Página</u>
Cuadro 1.	LISTA DE CONTRAPARTE CHILENA, MISION ASESOR Y EQUIPO DEL ESTUDIO DE JICA	99
Cuadro 2.	LISTA DE DATOS RECOPIADOS (1/3 - 3/3)	100
Cuadro 3.	INDICADORES SOCIO-ECONOMICOS - CHILE Y REGION DE ATACAMA -	103
Cuadro 4.	PRINCIPALES RUBROS AGRICOLAS - CHILE - (VOLUMEN DE PRODUCCION)	104
Cuadro 5.	EMBARQUES DE EXPORTACION	105
Cuadro 6.	EXPORTACION DE PRODUCTOS AGRICOLAS	106
Cuadro 7.	EXPORTACION ACUMULADA DE FRUTAS Y HORTALIZAS SEGUN REGION DE DESTINO (1 DE SETIEMBRE DE 1986 AL 31 DE AGOSTO DE 1987) ..	107
Cuadro 8.	DESTINO DE EXPORTACION DE LAS SEMILLAS DE HORTALIZAS - TEMPORADA 1986 -	108
Cuadro 9.	ESPECIES DE SEMILLAS DE HORTALIZAS EXPORTADAS - TEMPORADA 1986 -	108
Cuadro 10.	PRINCIPALES RUBROS DE LA PRODUCCION AGRICOLA - REGION DE ATACAMA -	109
Cuadro 11.	LOS PRECIOS DE INSUMOS Y PRODUCTOS, S/IVA (1/3 - 3/3) (PRECIO EN NOVIEMBRE DE 1987)	110
Cuadro 12.	PRECIOS DE EXPORTACION DE UVA CHILENA (1/2 - 2/2) - TEMPORADA 1987/1988 - (EX-MUELLE PHILADELPHIA, EE.UU.) ..	113
Cuadro 13.	CATASTRO AGROINDUSTRIAS POR UVA - REGION DE ATACAMA -	115
Cuadro 14.	RESULTADOS DE PRUEBA DE BOMBEO	116
Cuadro 15.	RESULTADOS DE ANALISIS DE DATOS DE PRUEBAS DE BOMBEO	117
Cuadro 16.	RESULTADOS DE ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA (1/3 - 3/3)	118
Cuadro 17.	SELECCION DE CULTIVOS POSIBLES A INTRODUCIR	121
Cuadro 18.	ANALISIS DE RENTABILIDAD	122
Cuadro 19.	NECESIDADES ANUALES DE MANO DE OBRA	123
Cuadro 20.	ANALISIS DE EXPLOTACION DE MULTICULTURA	124
Cuadro 21.	PRACTICAS AGRICOLAS PROPUESTAS SEGUN CADA TIPO DE MANEJO (1/2 - 2/2)	125
Cuadro 22.	COSTOS DE CONSTRUCCION (1/3 - 3/3)	127
Cuadro 23.	COSTO DE INVERSION INICIAL DE EQUIPOS E INSTALACIONES CONEXAS, S/IVA (1/2 - 2/2)	130
Cuadro 24.	COSTOS DE ADQUISICION DE TERRENOS	132
Cuadro 25.	FACTORES NORMALIZADOS DE CONVERSION	132
Cuadro 26.	COSTOS ECONOMICOS Y FINANCIEROS	133
Cuadro 27.	COSTOS DE REPOSICION (S/IVA)	134
Cuadro 28.	BENEFICIOS ECONOMICOS ANUALES (1/5 - 5/5)	135
Cuadro 29.	TASA INTERNA DE RETORNO ECONOMICO	140
Cuadro 30.	BENEFICIOS FINANCIEROS ANUALES (1/5 - 5/5)	141
Cuadro 31.	FLUJO DE CAJA - CON SUBSIDIO GUBERNAMENTAL - (1/5-5/5) ...	146
Cuadro 32.	BALANCE DE PERDIDAS Y GANANCIAS - CON SUBSIDIO GUBERNAMENTAL - (1/5 - 5/5)	151

LISTA DE FIGURAS

	<u>Página</u>
Fig. 1. Estructura de Mercado de la Uva en la Región de Atacama	156
Fig. 2. Precios de Exportación de Uva de Mesa (Ex Muelle Philadelphia, EE.UU.) Temporada 1985/1986	157
Fig. 3. Precio de Exportación de Uva Chilena	158
Fig. 4. Sistema de Cuarentena de las Plantas para Exportación	159
Fig. 5. Mapa Hidrogeológico	160
Fig. 6. Curvas de Isoespesor del Acuífero	161
Fig. 7. Análisis de Rendimientos Específicos por Método Semilogarítmico de Neuman	162
Fig. 8. Fluctuación del Nivel de Agua de los Pozos de Observación y Precipitación en Canto del Agua (Marzo de 1987 al Julio de 1988)	163
Fig. 9. Fluctuación del Nivel de Agua de los Pozos de Prueba y Observación (Octubre de 1987 al Julio de 1988)	164
Fig. 10. Ubicación de las Estaciones Meteorológicas, las curvas de Isoprecipitación y Hoya de Captación	165
Fig. 11. Mapa de los Lugares de Muestreo de Agua y Hexadiagrama	166
Fig. 12. Clasificación de la Calidad del Agua por Diagrama Trilinear	167
Fig. 13. Diagrama para la Clasificación de Aguas para Regadío	168
Fig. 14. Condición de Suelo Superficial en el Area de Estudio	169
Fig. 15. Posesión de Terrenos en el Area de Estudio	170
Fig. 16. Mapa de las Zonas de Agua Subterránea	171
Fig. 17. Capacidad del Acuífero y Rendimiento Potencial	172
Fig. 18. Plano de los Suelos	173
Fig. 19. Capacidad de Uso de los Suelos	174
Fig. 20. Categorías de Riego de los Suelos	175
Fig. 21. Clases de Drenaje de los Suelos	176
Fig. 22. Aptitud Frutal de los Suelos	177
Fig. 23. Ubicación de los puntos de Suelos Representativos en la Cercanía de la Zona A	178
Fig. 24. Practicas Agrícolas de la Uva de Mesa	179
Fig. 25. Disposición de Pozos Posibles de Producción en las Zonas A y B	180
Fig. 26. Gráfica de Tiempo-Abatimiento Estimado	181
Fig. 27. Diseño de Pozo Estándar de Producción	182
Fig. 28. Evapotranspiración Potencial	183
Fig. 29. Plano de Riego por Goteo para Parronales	184
Fig. 30. La Red de Tubería para Parronales	185
Fig. 31. La Red de Tubería para Eucaliptos de Parronales	186
Fig. 32. Disposición de los Predios para Kiwi, Durazno o Parronal	187
Fig. 33. Plan de Construcción	188

ABREVIATURAS

SERPLAC	: Secretaria Regional de Planificación y Coordinación (Regional Planning and Coordination Office)
ODEPLAN	: Oficina de Planificación Nacional de la Presidencia de la República (National Planning Office)
ODEPA	: Oficina de Planificación Agrícola, Ministerio de Agricultura (Agriculture Planning Office, Ministry of Agriculture)
CONAF	: Corporación Nacional Forestal (National Forestry Corporation)
SAG	: Servicio Agrícola y Ganadero (Agricultural and Livestock Service)
INIA	: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (National Institute of Agricultural and Livestock Investigation)
INDAP	: Instituto de Desarrollo Agropecuario (Institute of Agriculture and Livestock Development)
SENDOS	: Servicio Nacional de Obras Sanitarias (National Water Supply and Sewerage Service)
CIMM	: Centro de Investigación Minero y Metalúrgico (Mining and Metallurgical Investigation Center)
CORFO	: Corporación de Fomento de la Producción (Development Corporation)
CIREN-CORFO	: Centro de Información de Recursos Naturales (Information Center of Natural Resources)
INE	: Instituto Nacional de Estadísticas (National Institute of statistics)
PROCHILE	: Dirección de Promoción de Exportaciones, Ministerio de Relaciones Exteriores (Chilean Trade Promotion Bureau, Ministry of Foreign Affairs)
CICA	: Comunidad de Ingenieros Consultores Asociados
SAACOL	: Saavedra y Cobo Sociedad Constructora Limitada
CMP	: Compañía Minera del Pacífico S.A.
JICA	: Agencia de Cooperación Internacional del Japón (Japan International Cooperation Agency)

ABREVIACION DE MEDIDA

Longitud

mm = milímetro
cm = centímetro
m = metro
km = kilómetro

Superficie

cm² = centímetro cuadrado
m² = metro cuadrado
km² = kilómetro cuadrado
há (hás) = hectárea

Volumen

m³ = metro cúbico
l = litro

Peso

mg = milígramo
g = gramo
kg = kilógramo

Tiempo

s = segundo
h = horas

Eléctrico

V = volt
Ω = ohm
μS = microsiemens
mS = milisiemens

Otros medidas

% = por ciento
°C = grado centígrado
10³ = mil
10⁶ = millón

Medidas derivadas

m³/día = metro cúbico por día
m³/año = metro cúbico por año
l/s = litro por segundo
cm/s = centímetro por segundo
l/s/m = litro por segundo por metro
mg/l = milígramo por litro
μS/cm = microsiemens por centímetro
Ωm = ohmetro
mm/día = milímetro por día
m³/s = metro cúbico por segundo
m/s = metro por segundo
l/hora = litro por hora
m²/día = metro cuadrado por día

Dinero

\$ = peso chileno
US\$ = dolar de los Estados Unidos

CAPITULO 1. INTRODUCCION

1.1 Texto y Naturaleza del Informe

El presente informe, el Informe Principal, se ha preparado de acuerdo con el "Plan de Operaciones del Estudio de Factibilidad sobre el Proyecto de Desarrollo Agrícola mediante Aprovechamiento de Aguas Subterráneas en Tololo Pampa en la Región de Atacama (en adelante designado el "estudio") acordado entre el Gobierno de la Región de Atacama y el equipo de estudio organizado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), el 24 de febrero de 1987, en Copiapó, Región de Atacama, Chile.

Este informe resume los resultados de los trabajos en terreno, el análisis y estudio de los mismos en Japón, realizados por el equipo de estudio de JICA durante los dos periodos que van desde febrero de 1987, hasta agosto de 1988. Los trabajos en terreno fueron realizados con la colaboración de la contraparte designada por el Gobierno de la Región de Atacama. La lista de personas que conforman el equipo de estudio de JICA y de la contraparte se indican en el Cuadro 1.

El informe describe como resultado de los estudios en terreno; condición actual del área de estudio, evaluaciones de los recursos del agua subterránea y del suelo, concepto básico de desarrollo, plan de desarrollo y sus alternativas, y sus evaluaciones económicas y financieras. Los antecedentes que han sido referidos durante la investigación se indican en el Cuadro 2.

En el informe principal se describen los contenidos básicos, siendo indicados los detalles de ellos en los Anexos.

1.2 Antecedentes del Estudio

El Gobierno de la República de Chile ha contemplado el desarrollo agrícola del área de Tololo Pampa en la Región de Atacama mediante el uso de agua subterránea, para lo cual solicitó cooperación técnica al Gobierno de Japón, a fin de dirigir un estudio de factibilidad sobre el plan de desarrollo agrícola mediante el uso de aguas subterráneas en el referido lugar.

En respuesta a esta solicitud, el Gobierno de Japón decidió emprender el estudio y enviar un equipo de estudio preliminar a Chile en Marzo de 1986, a través de JICA, para confirmar y discutir el proyecto con las autoridades chilenas pertinentes. El Alcance de Trabajo para el estudio fue firmado, entre el Gobierno de la Región de Atacama y el equipo de JICA, el 12 de mayo de 1986.

De acuerdo con este Alcance de Trabajo, JICA envió a Chile un equipo de estudio en febrero de 1987. En la primera fase, al comienzo del primer trabajo en terreno, este equipo de estudio presentó el plan de operación, con el objeto de discutir las materias relacionadas con el trabajo en terreno y se comenzó el estudio, que consiste en dos fases.

1.3 Objetivos del Estudio y Resumen de los Alcance de Trabajo

1.3.1 Objetivos del estudio

Los objetivos del presente estudio son:

- Investigar y Evaluar los recursos de aguas subterráneas y de suelos para el desarrollo agrícola en las áreas de Tololo Pampa y llanos adyacentes.
- Formular un proyecto de desarrollo agrícola mediante la explotación de recursos de aguas subterráneas, y
- Evaluar la factibilidad económica y técnica del proyecto de desarrollo agrícola.

1.3.2 Resumen del alcance de trabajo

La presente investigación se ha realizado en dos fases, basándose en el Alcance de Trabajo.

Primera Fase:

Estudiar las posibilidades de desarrollo de los recursos de aguas subterráneas y de suelos para formular un plan básico de desarrollo agrícola.

Segunda Fase:

Estudiar un plan de realización relacionado con el proyecto de desarrollo agrícola mediante el uso de aguas subterráneas basado en los resultados de la primera fase del estudio. (Estudio de Factibilidad)

El detalle del "Alcance de Trabajo" se adjunta como antecedente en este informe.

1.4 Actividades del Estudio

1.4.1 Primera fase del estudio

(1) Estudio de la primera etapa en terreno (17 de febrero a 17 de abril de 1987)

- Prospecciones geoelectricas con una profundidad de sondaje de aproximadamente 200 m en 35 puntos dentro y fuera del área de estudio.
- Estudio geológico del estrato superior.
- Confirmación de la ubicación de pozos existentes (norias, pozos entubados, fosas, manantiales).
- Selección de 5 pozos para la observación del nivel freático por periodos largos.
- Selección de las ubicaciones propuestas para los pozos de prueba y los pozos de observación que se construirán durante la segunda fase del estudio.
- Estudio del suelo superficial (espesor y textura) en 167 puntos, en el área de estudio, breve estudio de vegetación, y medición de la reacción del suelo (pH) y conductividad eléctrica (CE) en 91 puntos.
- Selección del área de estudio de suelo a nivel semidetallado correspondiente a la segunda fase del estudio en terreno.
- Estudio sobre las condiciones actuales en la agricultura (el área de estudio, la cuenca del Río Huasco y la cuenca del Río Copiapó).
- Fijación de las líneas fundamentales para la determinación de las coordenadas de los principales puntos de estudio.

Los resultados de estos estudios se han resumido en el Informe de Terreno (1), presentado el 9 de abril de 1987, ante el Gobierno de la Región de Atacama, en Copiapó.

(2) Estudio de la segunda etapa en terreno (21 de junio a 18 de octubre de 1987)

- Estudio meteorológico dentro del área de estudio (según los datos de las estaciones meteorológicas de Boquerón Chañar y Canto del Agua).
- Perforación de 6 pozos de prueba y 1 pozo de observación (con una profundidad total de 690 m).

- Muestreo de agua (20 puntos) y análisis químico (Por CIMM de Santiago).
- Muestreo de agua (5 puntos) para la datación (análisis de isótopos) que se realizó en Japón.
- Instalación de dos medidores automáticos de nivel de agua.
- Monitoreo del nivel de agua estática en los cinco pozos existentes.
- Medición de la calidad del agua en los pozos existentes (pH, CE y temperatura del agua).
- Recopilación de datos relacionados con el costo de construcción de pozos.
- Estudio del suelo a nivel semi-detallado en el área de estudio, aproximadamente de 10.000 hás, el cual fue seleccionado en el estudio de la primera etapa del estudio en terreno (calicatas en un total de 182 puntos, con una densidad de estudio de 1/56,25 hás).
- Muestreo del suelo (52 muestras de 12 puntos) y análisis (por INIA de Santiago).
- Estudio de la agricultura dentro y fuera del área de estudio (en torno a los cultivos invernales).
- Agrimensura de las coordenadas de los principales puntos de estudio sobre la base de las líneas básicas establecidas en la primera etapa del estudio en terreno.

Los resultados de estos estudios se han resumido en el Informe de Terreno (2), y presentados el 8 de octubre de 1987, ante el Gobierno de la Región de Atacama en Copiapó.

(3) Trabajos de análisis en Japón
(19 de octubre a 17 de diciembre de 1987)

Para determinar el potencial de los recursos de agua subterránea y los recursos de suelos del área de estudio, se realizaron los siguientes trabajos sobre la base de los resultados antes mencionados, de los dos estudios efectuados en terreno.

- Análisis hidrogeológicos (incluyendo la datación del agua subterránea).
- Evaluación de los recursos de tierra.
- Selección de los cultivos de posible introducción.

- Formulación del concepto básico del plan de desarrollo agrícola mediante aprovechamiento de agua subterránea en el área de estudio.

Los resultados de estos estudios en Japón, se han resumido en el Informe de Avance y fueron presentados al Gobierno de la Región de Atacama el 12 de diciembre de 1987, en Copiapó.

1.4.2 La segunda fase del estudio

(1) Estudio de la tercera etapa en terreno (18 de diciembre 1987 al 24 de marzo de 1988)

- Revisión y formulación sobre los conceptos básicos de desarrollo.
- Revisión del recurso de aguas subterráneas.
- Revisión del plan agrícola.
- Revisión sobre agro-economía.
- Revisión del plan de infraestructuras.
- Revisión del plan de los sistemas de riego y drenaje.

Los resultados de estos trabajos se resumieron en el Informe Interino y se sometió al Gobierno de la Región de Atacama el día 15 de marzo de 1988, en Copiapó.

(2) Los trabajos del análisis en Japón y la preparación del borrador del Informe Final (23 de mayo 1988 a 5 de agosto 1988)

- Resumen de todas las investigaciones realizadas.
- Determinación del área del proyecto.
- Formulación del plan de cultivo.
- Formulación de planes de riego y drenaje.
- Formulación del plan de manejo del predio agrícola.
- Diseño de las infraestructuras coherentes y campos de cultivo.
- Estimación del plan de construcción y costos de proyecto.
- Evaluación del proyecto.
- Formulación del plan de administración del agua subterránea.

CAPITULO 2. ANTECEDENTES GENERALES

2.1 Socio-Economía Nacional

2.1.1 Población y mano de obra

Los indicadores de la socio-economía nacional se indican en el Cuadro 3. En 1987, la población total del país era alrededor de 12,3 millones, la que ha aumentado en un promedio de crecimiento de 1,6% durante el período 1981 a 1986. La fuerza laboral total anual en el país se estimó en alrededor de 4,3 millones en 1986. Las condiciones de empleo han mejorado gradualmente y la tasa de desempleo ha disminuido de 19,6% en 1982 a 8,8% en 1986. La estructura de la fuerza laboral, según el área de actividad, se distribuye en un 31,7% en servicios sociales, un 20,6% en agricultura, un 16,7% en comercio y un 13,6% en industrias.

2.1.2 Economía nacional

En 1986, el Producto Geográfico Bruto (PGB) en Chile fue de \$3.090 billones (precio real), equivalente a US\$16,0 billones (indica en el Cuadro 3) Durante ese mismo año el PGB por cápita fue alrededor de \$251.000 o US\$1.300. Entre los años 1982 y 1986 la tasa de crecimiento real del sector industrial, fue de 20,8% seguido por un 16,7% del sector comercio. El sector agrícola sólo corresponde un 9,9%.

El saldo de la balanza de pago comercial de Chile en 1982 registró un superávit de US\$63 millones. Esto se debe a que a pesar de que la exportación del año anterior fue US\$130 millones (3,4%) menos, la total suma de la importación declinó fuertemente por causa de la disminución de los bienes de capital y bienes intermedios. Sin embargo, la balanza de pagos internacional en 1982 registra un déficit de US\$1.165 millones por el aumento en la amortización de los créditos. En 1984 esta balanza de pagos quedó con superávit, pero en 1986 cayó nuevamente en déficit y desde entonces se encuentra estancada.

2.1.3 Agricultura

Aunque el sector agrícola ocupa sólo un 9,9% del PGB del país (1986), este sector ocupa cerca del 21% de la población laboral, por lo que tiene real importancia en la socio-economía nacional. La composición de la estructura de exportación del rubro agrícola es un 86% ocupada por cultivos, un 6% ganadería, un 5% forestal y 3% pesca.

Los principales cultivos del país son: trigo, maíz, papas y remolacha (ver Cuadro 4). Las producciones anuales son:

1.260.000 ton de trigo, 738.000 ton de maíz, 912.000 ton de papas y 2.319.000 ton de remolacha, como promedio desde 1984 a 1986. Siguiendo a estos cultivos, en cuanto a la producción, están: manzanas y uvas de mesa, las cuales tienen unas producciones anuales de 497.000 ton y 317.000 ton, respectivamente, como promedio de 1984 a 1986. Estas producciones se han incrementado ampliamente junto con el mejoramiento de las exportaciones. En 1986 registraron un aumento de un 60% y un 130% respectivamente en comparación con el año 1981.

Las exportaciones de productos agrícolas ocupan un 31,8% del total, sin considerar los productos mineros y un 13,2% dentro del total de las exportaciones (ver Cuadro 5). Las frutas frescas tales como uvas, manzanas y peras son los cultivos de mayor principales de exportación. Estos cultivos han sido exportados a los países de norteamericano, Europa, etc., y el valor total de la exportación de frutas ascendió a cerca de US\$477 millones en 1986 (ver Cuadro 6). Cerca de un 50% de la exportación se envió a los mercados norteamericanos (ver Cuadro 7). Dentro de la exportación de frutas, la uva de mesa juega un importante rol en la economía chilena. En 1986, el valor de exportación de la uva se estimó en \$249 millones, lo que corresponde a un 52% de la exportación de fruta o a un 45% del total de la exportación agrícola (ver Cuadro 6). Actualmente la exportación de uva ha aumentado rápidamente de US\$76 millones (FOB) en 1981 a US\$249 millones (FOB) en 1986.

Aparte de los productos de exportación antes mencionados, se puede mencionar la exportación de semillas. El volumen de exportación de semillas alcanza a 780 ton/año como promedio de 1984 a 1986 con un monto (FOB) de US\$88 millones en 1986. Los principales destinos de esta exportación son: EE.UU., Francia y Brasil y entre los tres, ocupan el 90% (ver Cuadro 8) del total exportado. La exportación de semillas es principalmente de hortalizas, especialmente de tomate, melón y lechuga, los que ocupan un 72% del total exportado (ver Cuadro 9).

2.2 Plan de Desarrollo Rural

El Gobierno de Chile formuló el Plan Nacional de Desarrollo Rural en 1986. Los principales objetivos del plan son:

- i) Mejoramiento del nivel de vida rural.
- ii) Ajuste de diferencia entre áreas urbana y rural, y
- iii) Rectificación de la concentración de la población urbana.

Los Gobiernos Regionales están procediendo al plan de desarrollo rural, teniendo presente estas metas principales.

En la Región de Atacama, también se están aplicando variados planes de desarrollo para lograr estos objetivos, en especial, mejoramiento de la base social, tales como: caminos, comunicación, educación, electricidad, agua potable y alcantarillados, vivienda y salud. Además, con tal de fomentar estos desarrollos, el Gobierno Regional tiene planes de mejoramiento del Puerto de Caldera, desarrollo de los cultivos marinos, desarrollo del turismo y variación del aprovechamiento de los recursos mineros mediante la introducción de nuevas tecnologías.

2.3 Actualidad de la Socio-Economía y Agricultura Regional

2.3.1 Ubicación y población

La Región de Atacama se encuentra ubicada en la parte norte de Chile y tiene una superficie de 75.750 km². Administrativamente, la Región de Atacama está formada por tres provincias; Chañaral, Copiapó y Huasco. El total de la población en 1986 se estimó en alrededor de 194.500 personas, con un crecimiento poblacional de un 1% como promedio entre 1983 y 1986. La densidad de la población estimada es de 2,6 habitantes/km². El total de la población laboral en la región se estimó en 63.700 personas en 1986. La población agrícola es de 11.600 personas. Durante este mismo año la tasa de desocupación se estimó en 5,3%, lo que es menor que la tasa promedio de todo el país 7,7%.

2.3.2 Economía regional

El Producto Geográfico Bruto (PGB) en la Región de Atacama se estimó en \$6,71 billones en 1984, lo que corresponde a un 1,9% del PGB Regional (PGBR) de todo el país en el mismo año (ver Cuadro 3). En 1984, un 48,6% del PGBR de esta región, derivó del sector minero, seguido por 18,6% del sector comercial. La tasa de crecimiento económico desde 1982 a 1984 se estimó en un promedio anual real de 4%. El PGBR por cápita (a precios constantes en 1987), se estimó en \$32.100 como promedio entre 1982 y 1984, y es un poco superior a los 28.700 del monto promedio nacional en el mismo período.

2.3.3 Agricultura

Las actividades agrícolas en la Región de Atacama, que se caracteriza por su clima semi-árido, se concentran en los Valles de Copiapó y Vallenar. Las actuales condiciones de la agricultura en la Región se describen a continuación:

(1) Uso actual de la tierra

El total de la superficie de cultivo en la Región de Atacama es de 16.420 hás aproximadamente, esto corresponde a un 0,2% del total de la superficie de la región (75.570 km²). Los detalles de superficies de cultivo son como sigue:

(Unidad: hás)

	Valle de Copiapó	Valle de Huasco	Región de Atacama
Parronales (existentes)	4.040 (3.640)	260 (240)	4.300 (3.880)
Nuevas plantaciones de uva de mesa	(400)	(20)	(420)
Viñas viníferas y pisqueras	184	570	754
Frutales y olivos	400	1.750	2.150
Hortalizas	880	1.340	2.220
Cereales	350	2.000	2.350
Pastizales	1.150	3.000	4.550
Plantaciones Forestales	20	80	100
Total	7.424	9.000	16.424

Fuente: Algunas cifras preliminares del sector silvoagropecuario en la Región de Atacama, Secretaría Regional Ministerial de Agricultura, 1987.

(2) Tenencia de tierras

El número de agricultores en la Región de Atacama se estimó en cerca de 3.070, (en 1987); de estos, los que tienen menos de 2 hás son el 80% y los de mediana a gran escala, más de 12 hás, ocupan un 6%. En general, en el Valle de Huasco se encuentran muchos pequeños agricultores y en el Valle de Copiapó, de medianos a grandes.

(3) Producción agrícola

El área cultivada y el rendimiento de la producción de los cultivos principales de la Región de Atacama se indican en el Cuadro 10. El cultivo principal de la región es la uva. El área cultivada y la producción de la uva se estiman en 3.640 hás y en 22.000 ton (en 1986). Después de la uva, el trigo es el segundo cultivo, y su superficie y total de cultivo se estima en 2.200 hás y 5.960 ton (1986). Además el olivo es ampliamente cultivado en el área, aguas abajo del Río Huasco.

Ultimamente el área cultivada de uva se ha expandido rápidamente a la par con el aumento de la exportación de uva.

En 1981/82, el área total era de 1.024 hás y la alcanzada en 1987 es de 4.300 hás. Las tendencias del área y volumen de exportaciones anteriores se indican a continuación:

Año	Area (hás)	Volumen Exportación (ton)
1981/82	1.024	624
1982/83	1.203	2.173
1983/84	1.387	4.670
1984/85	1.900	7.075
1985/86	2.878	11.808
1986/87	3.958	16.400
1987/88	4.300	-

Fuente: Visión de Atacama N.14 SERPLAC, marzo 1987.

La mayor parte de la uva de mesa ha sido cultivada a gran escala por empresas y agricultores empresariales. La producción promedio de uva de mesa en 1986/87 es de 6 ton/há, ya que por ser parronales nuevos, no se encuentran en plena producción. Las principales variedades son Thompson Seedless (sultanina), Flame Seedless, Ribier y Black Seedless. El tratamiento con ácido giberélico para producir uva sin pepa es práctica común en la Región. También el cultivo sin injertar es práctica común en todo Chile. Según INIA, las uvas en Chile no tienen Phylloxera (Phylloxera Vastarix Planchon). Los daños ocasionados por insectos y pestes no son serios y el SAG ha informado que no se registran daños por la mosca de la fruta mediterránea.

El sistema generalizado de riego en el Valle de Copiapó es por goteo y en el Valle de Huasco por surco. La crianza de ganado se concentra en los Valles de Copiapó y Huasco al igual que la agricultura. La cantidad de ganado en 1987 en la Región de Atacama es:

- Vacunos	7.200
- Cerdos	4.400
- Caprinos	23.700
- Ovinos	8.100
- Equinos	3.600

Además se crían gallinas y conejos. La pastura de ganado a gran escala, tales como vacunos, cerdos, caprinos y ovinos es común en la Región de Atacama. El área total de pastura se estima en 4.550 hás y la mayor parte del suelo dedicado al pastoreo es de regadío. Es común el cultivo de alfalfa entre los ganaderos.

(4) Comercialización de productos agrícolas

Con excepción de la uva de mesa, los productos agrícolas tales como producto pecuario, cereales, vegetales y frutas en la Región de Atacama, son para el consumo doméstico. La Región de Atacama es la base del suministro alimenticio para las I y II Regiones, ya que éstas no tienen actividades agrícolas. Estos productos no sólo se consumen en la Región de Atacama, sino que también son transportados a dichas regiones.

El canal de comercialización de uva en la Región de Atacama se presenta en la Fig. 1. Existen dos canales de ventas. Uno es el mercado de la uva para el procesamiento (pisco) y el otro es el de la uva de mesa. La mayoría de la uva de mesa que se produce en la Región se exporta, mientras que la pisquera se consume dentro del país. La exportación de uva de mesa es efectuada por compañías comerciales privadas tales como David del Curto S.A., UTC, Standard Trading Company, Unifrutti, etc. El principal puerto de exportación de la Región de Atacama es el puerto de Coquimbo en la IV Región.

El canal de comercialización para la exportación de semillas en Chile, es el siguiente:

Empresa Importadora en el Extranjero

----- Contrato de Exportación

Empresa Exportadora en Chile

----- Contrato de Consignación

Empresa Reproductora de Semillas
y Agricultor Especializada

La Empresa Exportadora en Chile, firma el contrato sobre la cantidad según la variedad y el cultivo, con la Empresa Importadora en el Extranjero. La Empresa Exportadora a la vez, consigna la producción de estas semillas a la empresa reproductora o al agricultor especializada. Existen alrededor de 30 exportadoras de semillas en el país, la mayoría de las cuales está concentrada desde la V Región a la VIII Región. No existe canal de comercialización para la exportación de semillas en la Región de Atacama.

(5) Precios de productos agrícolas y precios de insumos

Los precios de los productos agrícolas y sus insumos a noviembre de 1987 se indican en el Cuadro 11. El precio del

trigo es controlado por el Gobierno, mientras que otros cultivos no están sometidos a este control.

Los precios de exportación de la fruta fluctúan significativamente durante el período en que éstas son embarcadas a sus países de destino. En el caso del precio de exportación de la uva, la fluctuación llegó hasta US\$22 (FOB)/caja (8,2 kg.) en 1985/86 (ver Fig. 2). La uva de la Región de Atacama es exportada en los meses de diciembre y enero, período de precio alto, mientras en la zona sur, en Regiones tales como la IV, V, VI, VII, la exportación se realiza en el período de febrero a marzo, fecha en que los precios bajan. En el Cuadro 12 y en la Fig. 3 se indican los precios de exportaciones de enero y febrero 1988.

(6) Instalaciones para el procesamiento y almacenaje

La comercialización de la uva de mesa está siendo manejada por comerciantes privados. Las uvas han sido exportadas mediante el siguiente proceso: tratamiento de preservación de descomposición, selección, pesaje, embalaje, pre-enfriamiento, fumigación, almacenaje en cámara fría y transporte a puerto. Para la fumigación se usa bromuro de metilo. Estos procesos son efectuados por los empresarios en sus propias instalaciones. En el Cuadro 13 se indican las plantas procesadoras de las empresas de comercialización. La capacidad de procesamiento del proceso de pre-enfriamiento y fumigación es de 57.400 cajas/día y 23.800 cajas/día respectivamente. Las empresas del rubro poseen las mismas instalaciones en el Puerto de Coquimbo, que es el puerto principal para la uva de mesa de la Región de Atacama. En algunas empresas, existen planes de ampliación de las plantas frente al incremento de la producción de uva.

En cuanto a la uva para pisco, existen 6 plantas pisqueras en la Región cuya capacidad total de procesamiento es de 13.000 toneladas anuales.

(7) Servicios de asistencia agrícola

Los principales servicios de asistencia agrícola son trabajos de investigación, transferencia de conocimientos, créditos agrícolas, subsidios gubernamentales y cuarentena. Estos servicios se detallan a continuación:

1) Trabajos de investigación

Se puede señalar al INIA del Ministerio de Agricultura como la institución más representativa del estudio agrícola en Chile. INIA tiene 5 estaciones de investigación: la Platina (Santiago) Quilamapu (VIII Región), Carillanca (IX Región), Remehue (IX Región) y Kampenaike (X Región). En la Región de Atacama, en el fundo Las Ventanas, en Vallenar, existe una planta

experimental de árboles frutales. En ésta se han efectuado experimentos sobre cultivos tales como kiwi, caqui, manzana, mandarina, higo, guayaba, lúcuma y chirimoya.

ii) Transferencia tecnológica

Hay dos tipos de sistemas de transferencias tecnológicas del Gobierno; una es para los pequeños agricultores que tienen una superficie de cultivo de 12 hás o menos (hectáreas de riego básico: (HRB)) y la otra, para los agricultores de mediana escala que tienen más de 12 hás. Para la primera, la transferencia tecnológica la realiza INDAP y para la otra, el INIA.

En la Región de Atacama hay dos oficinas de extensión de INDAP, en Copiapó y Vallenar, las que disponen sólo de diez personas, tres encargados en extensión y siete administrativos. La extensión tecnológica de INDAP consiste en dos tipos, uno; Transferencia Tecnológica Integral y otra; Programa de Información Técnica Directa. La primera se realiza a través de la empresa privada especializada, con subsidio del Gobierno e INDAP administra y maneja. Esta transferencia tecnológica consiste en que cada encargado debe efectuar 11 charlas en los sitios designados y dar 3 asistencias técnicas a los agricultores cercanos. Cada encargado se ocupa de 48 agricultores y la transferencia tecnológica se efectúa durante 6 años. El segundo tipo de transferencia tecnológica lo efectúa la persona encargada de INDAP directamente a los agricultores.

El INIA debe realizar transferencia de tecnología a los medianos agricultores que tienen más de 12 hás (HRB), los que se organizan en grupos de transferencia tecnológica (GTT). Los agricultores grandes, emplean a Ingenieros Consultores privados.

iii) Servicio de créditos

En cuanto al financiamiento agrícola para las actividades financieras agrícolas, existen 120 líneas de crédito por Instituciones privadas y públicas (CORFO/ INDAP). Estos líneas de crédito son aplicables, no sólo para los agricultores, sino también para las empresas de comercialización. Las líneas de crédito se dividen: para la inversión inicial y capital de trabajo. Las condiciones de los préstamos varían según el tipo de crédito. El interés anual de los créditos es entre 8 y 9%, y para todos los tipos de préstamos se requiere de garantía.

iv) Subsidios gubernamentales

Para fomentar la difusión de instalaciones de riego, el Gobierno ha establecido un subsidio de hasta 75% para la construcción de estas instalaciones por los agricultores o empresarios. Este subsidio lo otorga la Comisión Nacional de Riego de Santiago a través de la Dirección Regional de Riego. Durante 1986 y 1987, cerca de un 50% del monto solicitado en la Región de Atacama fue subsidiado por el Gobierno.

v) Cuarentena de plantas

El SAG efectúa la cuarentena de las plantas, que cubre tanto los productos agrícolas importados como los exportados. Estos métodos se indican en Fig. 4. Las frutas chilenas han sido exportadas de acuerdo a las siguientes reglas fitosanitarias de los países de destino.

a) Mercado de los EE.UU.

Las siguientes variedades de frutas y hortalizas, antes de su exportación, deben someterse al chequeo de los EE.UU. acerca del país de origen.

Manzanas	Peras	Melones	Guindas
Frambuesas	Kiwi	Fresas	Tunas
Espárragos	Paltas	Ajos	Cebollas

Además, la fumigación es obligatoria para la uva de mesa, duraznos, nectarinos, ciruelas, damascos y limones. El USDA declaró a Chile como un país libre de Medfly (Mosca del Mediterráneo), a excepción de la Región I.

b) Mercado común europeo

La exportación de manzanas y peras al mercado Común Europeo, se debe someter a inspección, de acuerdo con sus normas fitosanitarias. (Quadraspidiotus perniciosus).

c) Otros mercados

Para los mercados de los países arabes, America Latina y el Lejano Oriente, los inspectores del SAG emiten un certificado fitosanitario de acuerdo con la Convención Internacional de Protección de Plantas de la FAO.

La cuarentena de las plantas se realiza por un sistema de inspección en conjunto con el país de destino. En el caso del mercado norteamericano, el

SAG envía dos inspectores por cada instalación de fumigación del exportador. Además, para asegurar inspecciones de cuarentenas, el SAG envía un inspector regional para supervisar cinco recintos de fumigación. La cuarentena de plantas se realiza por estos inspectores del SAG y es verificado por los inspectores del USDA. Para el Mercado Común Europeo, un inspector alemán permanece en Chile durante el período de exportación.

CAPITULO 3. CONDICIONES ACTUALES DEL AREA DE ESTUDIO

3.1 Ubicación del Area de Estudio

El área de estudio se extiende a una distancia cerca de 90 km al sur de Copiapó, capital de la Región de Atacama. El área tiene una superficie de 33.000 has inclinándose suavemente de este a oeste con altitudes de 500m a 230 m. En el lado oeste se encuentra la cordillera de la costa de 800 m de altitud y por el este la Carretera Panamericana. La Carretera se construyó al pie de las montañas que es una parte de la pre-cordillera andina. El área de estudio se encuentra entre las latitudes 28°03' y 28°15' y entre las longitudes 70°56' y 70°37'.

3.2 Topografía y Ríos

El área de estudio se ubica entre el río Huasco y el río Copiapó. Se caracteriza por el relieve topográfico relativamente plano con pendiente promedio de terreno de un 1%. No hay ríos con agua superficial permanente.

3.3 Clima

El área de estudio se caracteriza por su clima semi-árido. Para esclarecer las características climáticas, se recolectaron los datos climáticos (pluviométricos, temperatura, dirección del viento, etc.) en las 9 estaciones meteorológicas que se encuentran ubicadas en y alrededor del área de estudio.

La precipitación promedio anual está registrada en menos de 30 mm en el área de estudio. En la precordillera se eleva a más de 60 mm. Ya que no existe estación pluviométrica en el área de estudio, al observar los datos meteorológicos mensuales de Vallenar, que es la más cerca, no se registran precipitaciones entre noviembre y febrero. Entre marzo y octubre se registran escasas lluvias. Durante los 3 meses de junio a agosto se concentra mas del 70% orden de 20 mm de la precipitación anual. En cuanto a la temperatura la estación meteorológica de Boquerón Chañar, tiene antecedentes de las temperaturas que se registran en el área de estudio. La temperatura promedio anual es de 16,5°C, y la temperatura promedio máxima es de 19,7°C, que se registra en enero y la temperatura promedio mínima de 4,5°C, en julio. Hay un periodo de ocho meses sin heladas, a contar de noviembre.

La humedad relativa promedio anual es de un 70%, permaneciendo casi constante durante todo el año, pero la humedad relativa diaria fluctúa desde más de 90% a las 8 horas de la mañana, a menos de 50% a las 5 de la tarde.

La evaporación no se había medido en el área de estudio ni a su alrededor, antes de 1987. A principios de 1987, se instaló un evaporómetro en Canto del Agua. Aunque es un resultado preliminar la evaporación mínima diaria es de cerca de 2 mm en julio y la máxima diaria de 7,7 mm en enero.

El promedio anual de la velocidad de los vientos es de 2,5 m/s. El valor máximo de la velocidad es de 3,2 m/s, observado en enero y el valor mínimo es de 1,5 m/s, registrado en julio. Sin embargo, tal como se detalla en el Anexo I, entre diciembre y enero soplan los vientos más fuertes de 5 m/s, durante varias horas del día (12 a 13 horas/día).

3.4 Geología

(1) Geología general

El área de estudio se ubica en la depresión central y está formado en gran parte, por un espeso depósito sedimentario del período Cenozoico, que descansa sobre la roca basal. La roca basal esta formada por rocas estratificadas del cretácico inferior y las rocas intrusivas de diorita del período Mesozoico. Afloramientos de estas rocas se observan en la parte este de la cordillera de la costa y en los cerros con un ancho de mas de 10 km al este del área de estudio (Cerro jaula y otros) y además en los cerros de rocas intrusivas (inserberg) que se encuentran dispersos dentro del área de estudio. Todas estas rocas se encuentran bajo todas las etapas del proceso de erosión.

La parte oeste de la cordillera de la costa que se encuentra al lado del Océano Pacífico, está formada por rocas metamórficas del período Paleozoico. Por otro lado, la Cordillera de los Andes que se encuentra río arriba de la Quebrada Algarrobal, está formada por granodioritas del Terciario y rocas volcánicas del período Plioceno. Como características del area de estudio, se observan algunas fallas que supuestamente se han producido en el período medio de la era Terciaria. Las fallas desarrolladas en dirección norte-sur, se encuentran a lo largo de la Carretera en el lado este de la depresión central, como si atravesaran las rocas estratificadas de formación marina. También se encuentran más de dos grupos de fallas a lo largo del lado este de la cordillera de la costa. El área de estudio sufrió el hundimiento provocado por los movimientos de estas fallas y se fue cubriendo con arena, grava, limo, arcilla, etc. provenientes de la cordillera.

(2) Formación de los estratos

La formación de los estratos del área de estudio es la siguiente (ver Fig. 5).

Rocas estratificadas	Período Cenozoico	Cuaternario	Sedimentos de río recientes. Depósitos eólicos. Depósitos aluviales.
		Terciario Plioceno	Gravas de Atacama de terraza baja Gravas de Atacama de terraza alta
Rocas intrusivas	Período Mesozoico	Cretácico superior	Grupo Chañarillo. Grupo Bandurrias.
		Cretácico inferior	Triásico superior. Diorita, granodiorita. Tonalita. Andesita intrusiva.

3.5 Hidrogeología

3.5.1 Uso actual del agua subterránea

(1) Inventario de agua subterránea

En el área de estudio el agua subterránea se utiliza para el consumo doméstico, riego y en la minería, por medio de pozos excavados, vertientes y pozos entubados.

Las norias se encuentran ubicadas principalmente en la parte suroeste del área de estudio y cerca de la Estación Algarrobal, según se indica en la Fig. 5. El nivel de agua estática está alrededor de 2 a 5 m bajo la superficie en la parte suroeste, sin embargo, en otros lugares es más profunda; el nivel estático más profundo es de 36,85 m. Además se encontraron muchas norias secas, una de las cuales tiene 57 m de profundidad, en la parte sureste y llega hasta la rocas basal. El total potencial de extracción de estos pozos, se estima en 200 m³/día. Los niveles de agua de estas norias son 0,3 a 4,0 m la mayoría se vacían con el bombeo de 1 a 2 horas y no se recupera rápidamente.

Los pozos entubados tienen una profundidad de 35 a 90 m y el nivel estático oscilan entre 22 y 33 m. Actualmente sólo dos pozos de producción están en servicio para riego y uso doméstico en Boquerón Chañar. La cantidad de descarga varía de 1 1/s a 3 1/s y su transmisividad es de 1,8 y 5,5 m²/día respectivamente. El potencial de extracción de los pozos se estimó de 100 a 200 m³/día.

Hay doce manantiales alrededor del área del Zanjón y Canto del Agua, según se indica en la Fig. 5. El agua de

estos manantiales emerge, como el tipo de filtración, desde estratos de limo arenoso o vegas.

3.5.2 Estructura hidrogeológica

(1) Estratigrafía hidrogeológica

La estratigrafía hidrogeológica del área de estudio se ha clasificado (ver Fig. 5) según los resultados de la prospección eléctrica, los registros eléctricos, los pozos de prueba y tomando como referencia los datos hidrogeológicos existentes.

Capa A (Estrato permeable no acuifero):

Estrato de grava permeable que no está saturado de agua. Se encuentra en la parte superior del nivel de agua subterránea, no se convierte a acuifero. El valor de prospección eléctrica es alto, entre 70 y 25.500 Ωm . El valor de resistividad de prospección eléctrica del pozo de observación H-1 indica 45 a 120 Ωm .

Capa B (Acuifero):

Estrato de grava permeable saturada con agua y estratos que en ciertos lugares contienen arcilla. Es el mejor estrato acuifero del área de estudio, la parte superior es nivel de agua, y el fondo es la parte superior del estrato "C". Los valores de resistividad varían entre 25 y 50 Ωm . Los valores son 20 a 30 Ωm en los pozos de prueba de W-3 y W-4, y en el pozo de prueba W-9, 30 a 45 Ωm . La distribución del estrato acuifero se observa en la parte central del área de estudio, el espesor alcanza 40-60m que es mejor mientras más al sur.

Capa C (Estrato de baja permeabilidad):

Este estrato se encuentra en la parte inferior del estrato B, y se divide entre el estrato de limo arenoso o arcilla arenosa que indica el valor de la resistividad del registro eléctrico y la prospección eléctrica entre 10 y 20 Ωm y el otro, de estrato de arcilla o limo que prácticamente no le permite extraer agua subterránea y tiene un valor de resistividad de registro y prospección eléctrica bajo de 5 y 10 Ωm . El primero se observa en la parte sur del área de estudio y el último desde el centro hasta el norte del área. Se estima entre 100 y 200 Ωm de espesor, según el análisis de la prospección eléctrica. Se considera que la parte inferior de este estrato colinda con la roca basal.

Capa D (Estrato meteorizado):

Estrato meteorizado de limo arenoso impermeable. Aunque el valor de la resistividad se encuentra entre 25 y 50 Ωm , se trata del estrato impermeable que indica el

valor de la resistividad entre 5 y 10 Ωm . Se distribuye sólo en la Quebrada Algarrobal.

Capa E (Roca Basal):

Roca basal impermeable se distribuye alrededor del área de estudio. El valor de la resistividad se encuentra entre 24 y 300 Ωm , pero no se ha podido hallar con el pozo de prueba.

(2) Acuífero

Se han elaborado las curvas del fondo del acuífero de la Fig. 5 basándose en el límite inferior de la capa B de los perfiles indicados anteriormente como fondo del acuífero. Según la Fig. 5, la estructura del acuífero tiene la forma de un valle largo, angosto y cerrado en dirección noreste a sudoeste que unen los pozos de prueba W-4 y W-9. El fondo del valle más profundo tiene una altura de aproximadamente 240 m. Otro valle de menor profundidad se extiende desde Agua de Lazo hacia Zanjón a lo largo de la cordillera de la costa. En el lado este de la Estación Algarrobal, la estratificación de la base se agudiza.

De acuerdo con el horizonte y el nivel del agua subterránea, el acuífero del área estudio se considera freático o se trata de un acuífero semipresionado o sin presión. Por esta razón, se ha elaborado las curvas de isoespesor del acuífero de la Fig. 6 tomando como espesor del acuífero desde la superficie del agua subterránea hasta el límite inferior de la capa B. Según estos datos, el estrato más grueso está a 4 km hacia el norte del pozo de prueba W-4, que tiene un espesor de aproximadamente 60 m. En torno a este punto, se extiende la curva de espesor aproximadamente 40 m en dirección al pozo de prueba W-9. Asimismo, en los alrededores de la Estación Algarrobal existe una curva muy angosta de 40 m. Por fuera de la curva de 40 m, corre paralela la cota de 20 m, la cual se expande ampliamente en dirección hacia Agua de Lazo. La parte en que el espesor del acuífero es inferior a 20 m, queda fuera del objeto de explotación, por ser excesivamente delgado. El mejor coeficiente de transmisividad equivalente (T) del acuífero corresponde al pozo de prueba W-9, que se encuentra entre 450 y 3.192 $\text{m}^2/\text{día}$. Asimismo, en el pozo de prueba W-3, el valor de (T) es de 119 a 515 $\text{m}^2/\text{día}$, y en el pozo de prueba W-4, (T) es de 82 a 243 $\text{m}^2/\text{día}$.

3.5.3 Constante hidráulica

Se ha calculado la Constante Hidráulica (ver Cuadro 15) a base de los resultados de la prueba de bombeo de los seis pozos de prueba (ver Cuadro 14).

(1) Coeficiente de transmisividad y permeabilidad

La transmisividad del acuífero en la formación de grava arenosa indica valores en el rango de medianos a muy altos ($T=82-3.192 \text{ m}^2/\text{día}$) en los pozos de prueba W-3, W-4 y W-9. El rango de fluctuación del coeficiente de permeabilidad es $3,25 \times 10^{-3}$ a $7,69 \times 10^{-2} \text{ cm/seg}$. El acuífero del pozo de prueba W-9 indica la mayor permeabilidad en el área de estudio. Por otra parte, la transmisividad de la formación limo arenoso de los pozos de prueba W-1, W-2 y W-6 varía en un rango de 1,1 a $11,5 \text{ m}^2/\text{día}$. El rango de coeficiente de permeabilidad va desde $1,07 \times 10^{-4}$ a $1,48 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$.

(2) Rendimientos específicos

El acuífero del área de estudio, se considera que es un acuífero no presionado, de acuerdo a las características de la formación geológica y del nivel del agua subterránea. El coeficiente de almacenamiento en un acuífero no presionado es igual al rendimiento específico. El rendimiento específico de W-4 se calculó a partir de los datos de abatimiento en pozo de observación H-1. El valor obtenido fue analizado usando el método semi-logarítmico de Neuman (ver Fig. 7). Esta cifra es de 0,032. Los rendimientos específicos de los pozos de prueba W-3 y W-9 se estimaron mediante la capacidad específica, valor de resistividad aparente y tamaño del grano. Sus valores son de 0,04 y 0,142 respectivamente.

3.5.4 Nivel del agua subterránea

El nivel de agua subterránea en el área de estudio varió desde menos de 1 a 37 m bajo la superficie, en febrero de 1988. El descenso del nivel de agua subterránea en los pozos entubados ha sido alrededor de 10 m, durante los últimos 18 años en Boquerón Chañar. De acuerdo al informe elaborado por Taylor (1947)¹, en esa época (hace 40 años), había observado vertientes aún en Milla Nueve, Tabalí y Agua de Lazo. El nivel de agua subterránea también ha disminuido en 4 m en el pozo N-30 en la Estación Algarrobal, durante estos últimos 40 años. Por otro lado, según los registros de nivel de agua subterránea, sobre las norias y manantiales existente, éstos indican que, el nivel de agua permanece mas bajo en verano que en invierno en el sector Zanjón, cerca de la Cordillera de la Costa.

En las Figs. 8 y 9 se indican los datos del nivel de agua subterránea en los doce (12) pozos de observación, entre marzo 1987 y julio de 1988, y los registros de las precipitaciones. Durante este período, con excepción del pozo

¹ George C. Taylor: 1947 Ground Water Studies, Province of Atacama, Chile (CORFO).

N-22 en Canto del Agua no hubo variación anual del nivel de agua subterránea.

3.5.5 Carga y descarga de agua subterránea

La carga del acuífero en el área de estudio, se considera principalmente por el flujo lateral proveniente de la Quebrada Algarrobal, de acuerdo con la estructura hidrogeológica y cota de agua subterránea. Se piensa que la infiltración al acuífero dentro del área de estudio es nula, debido a la poca cantidad de precipitaciones y a la alta evaporación (1.400 mm/año). Generalmente hay pocas precipitaciones (ver Cuadro 10) y tiende a caer intensamente en un corto tiempo en el área de captación, en la cuenca de la Quebrada Algarrobal. Por esta razón, no existe agua superficial durante el año. Además, la filtración de agua en el sector río arriba es poca ya que esta área de captación de agua está formada sobre la roca basal que es impermeable la mayoría se junta en el área del río, Quebrada de Algarrobal y luego de almacenarse en la superficie desaparece por la evaporación.

El nivel de agua subterránea del pozo en Donkey, 25 km río arriba de Estación Algarrobal, subió un metro después de las fuertes lluvias de julio de 1987. La corriente (arroyo) producida por el derretimiento de nieve llegó al Donkey a fines de septiembre de 1987. Sin embargo, el arroyo aún no alcanzó al área de estudio, y el nivel del agua subterránea de todos los pozos de esta área no ha subido en forma notable. Debido a la pared subterránea impermeable río abajo de la Quebrada Algarrobal, se limita el flujo lateral de agua subterránea. Más aún, tal como referimos en el acápite 3.5.6. la datación de las aguas subterráneas indica que corresponde de 2.000 a 4.500 años, y no contiene nada de agua de lluvias recientes (20-30 años atrás).

El cálculo del volumen de recarga del agua subterránea en el área de estudio, en el corte de línea de la Carretera Panamericana en Algarrobal, es 68,4 m³/día. (25.000 m³/día) Por otro lado, la precipitación anual en el área de recarga es 114,1 x 10⁶ m³/año., como se indica en el Cuadro 10. Por lo tanto, el volumen de recarga calculado es apenas 0,02% del total de las precipitaciones en el área en que se juntan las aguas.

El agua subterránea en el área de estudio, se descarga fuera del área, principalmente desde Canto del Agua y una parte desde Boquerón Chañar. Fuera de esto, existe evaporación de agua de los manantiales y las vegas. Con estos datos se ha logrado obtener el volumen de descarga en las dos líneas establecidas, el cual es de 120 m³/día. Se estimó el posible volumen de evaporación diario en 10.900 m³ en la vega. El volumen de evaporación varía mucho según la estación del año, por lo que se piensa que esto causa las variaciones de

nivel del agua subterránea en el sector de Zanjón. Adicionalmente, se calculó que las descargas desde los pozos entubados, norias y manantiales es de 300 m³/día aproximadamente. Por consiguiente, la pérdida en el área de estudio, se estimó aproximadamente en 11.320 m³/día.

Si se compara el volumen de la carga en Algarrobal y el total perdido, el volumen del agua subterránea almacenada, está en vías de disminución. Esto indica que la balanza de aguas subterráneas es deficiente, por lo que tiende a disminuir. El resultado de la baja del nivel de agua a largo plazo también ha sido confirmado en el área del estudio (ver el acápite 3.5.4.).

3.5.6 Tiempo de retención y velocidad de circulación de agua subterránea

Para conocer la renovación del agua subterránea, se midió el tritio (³H), que es el isótopo ambiental radioactivo y el carbono radioactivo (¹⁴C) en los pozos de prueba W-3, W-4 y W-9. El resultado de las pruebas determinó que la datación de agua subterránea del pozo W-3 se estimará de aproximadamente 2.000 años y la edad del agua subterránea del W-4 y W-9 en aproximadamente 4.500 años sin contener nada de las precipitaciones recientes. De esto se deduce, que las aguas subterráneas de Tololo Pampa son aguas fósiles estancadas.

3.5.7 Calidad del agua

Los valores de conductividad eléctrica (CE) en los pozos, norias y manantiales existentes en el mes de febrero 1988 es 930 a 9.800 µS/cm. Generalmente, el valor de CE es bajo en el área oriente del área de estudio y se incrementa lentamente hacia la dirección sudoeste (ver Fig. 5). La temperatura del agua oscila entre 13 a 24°C. y el pH normalmente entre 7,0 y 8,3. Los valores de CE en los seis (6) pozos varían entre 980 y 1.600 µS/cm y son mejores que en cualquiera de los pozos existentes. El resultado de la medición de la temperatura del agua está en el rango de 22 a 24°C. en cuanto al valor pH, indicó entre 7,76 y 8,50 con débil alcalinidad.

En el centro de investigación minera y metalúrgica (CIMM) de Santiago se realizaron los análisis químicos de 20 muestras. Los puntos de muestreo se indican en los Fig. 11 y los resultados de los análisis se detallan en los Cuadros 16 (1/3 a 3/3). El valor del ión cloro (Cl) es muy irregular, encontrándose entre 79 y 4.610 mg/l. Los valores de medición de los pozos de prueba son altos en el pozo W-3 con 310 mg/l y el resto está bajo, entre 79 y 170 mg/l. El valor de sólidos disueltos totales (SDT) es alto en general, incluso el valor mínimo que es de 605 mg/l para el N.2 (N-31). Con respecto a los pozos de prueba, es algo alto en el pozo W-3 que tiene

1.007 mg/l, pero es bajo comparado con los otros pozos existentes.

De acuerdo con los resultados de la clasificación de la calidad del agua mediante Diagrama Trilinear (Fig. 12), la mayoría de las muestras se han clasificado como tipo de agua dura sin carbonato (CaSO_4 o CaCl_2) que generalmente se observa en las minas y zonas volcánicas. Estas características corresponden al tipo retenida. En la Fig. 13 se describe el cuadro de clasificación de la calidad del agua según el Laboratorio de Sales de USDA sobre la base de la razón ajustada de la adsorción de sodio (RAS ajustado) y el valor CE. Según esta clasificación, salvo el agua del pozo de prueba W-6 que pertenece al grupo de alta salinidad con mediano sodio (C3-S2), los demás, en general, pertenecen al grupo de salinidad con bajo sodio (C3-S1). En cambio, la muestra N.8 (A-7) de la zona de Zanjón, en Canto del Agua, pertenece al grupo de alta salinidad y alto sodio (C3-S3) y la N.9 (N-19) pertenece al grupo de extrema salinidad de sodio (C4-S3).

Se muestra en la Fig. 11 la concentración de iones de agua subterránea con el hexadiagrama en los varios puntos del área de estudio. De este diagrama, cabe decir que el agua subterránea dentro del área de estudio, corre hacia oeste, porque la concentración de iones tiende a subir hacia la parte oeste.

3.6 Suelos

Los suelos en el área de estudio, se extienden principalmente sobre depósitos aluviales acarreados por el agua de Quebrada Algarrobal, Quebrada los Porotillos, Quebrada los Tamaricos y una gran quebrada sin nombre que cruza el centro del área de estudio de este a oeste (por conveniencia denominada Quebrada Lagartos de aquí en adelante). Los suelos en la parte oriental se extienden sobre las Gravas de Atacama. También se acumulan depósitos eólicos en algunas otras partes.

Los suelos en el área de estudio se pueden clasificar, en general, en cinco categorías; según la característica de la tierra superficial.

1. Suelos de dunas en la parte sur y oeste.
2. Suelos delgados sobre las Gravas de Atacama.
3. Suelos pedregosos en las partes norte y hacia la parte central.
4. Suelos finos en la parte oeste.
5. Otros suelos.

Se indica en la Fig. 14 la distribución aproximada de estos suelos. Se explican a continuación las características de cada uno de ellos.

(1) Suelos de dunas en la parte sur y oeste

Los depósitos eólicos se acumulan en profundidad, no apreciándose estratos caracterizados. La condición de drenaje es buena. Estos suelos son susceptibles a la erosión por agua y viento. En efecto, la fuerte lluvia, que causó serios daños a la Región de Atacama en julio de 1987, eliminó bastante suelo superficial hacia el oeste, a lo largo de la Quebrada Tamarico.

(2) Suelos delgados sobre las Gravas de Atacama

Los suelos se extienden sobre las Gravas de Atacama, la cual se formó en el periodo Terciario, siendo éstos muy delgados. Los suelos superficiales contienen mucha grava, y son generalmente de menos de 30 cm de profundidad. El subsuelo contiene guijarros muy angulares y piedras, y contienen también mucho sal. A causa de esto, las condiciones de drenaje son pobres.

(3) Suelos pedregosos en las partes Norte y hacia la parte central

Los suelos en la parte norte contienen mucha grava y piedras traídas y depositadas por inundaciones ocasionales a lo largo de las Quebradas Algarrobal y Boquerón. En la parte central también están depositados bolones, traídos a través de la Quebrada Portillos, que es un desvío de la Quebrada Algarrobal. La textura del suelo es muy gruesa en el norte y más fina al oeste y hacia la parte central. La acumulación de carbonato de calcio y otras sales, y la dureza del suelo, tiende a aumentar hacia el oeste y hacia la parte central.

(4) Suelos finos en la parte oeste

Los suelos que se desarrollan en la parte baja de la Quebrada los Porotillos, se caracterizan por sus partículas de tierra fina. La gradiente de inclinación es casi plana y la mayoría de las partículas limosas y arcillosas, se depositan ampliamente desde esta parte, hacia Canto del Agua. La acumulación de muchas sales se puede observar en esta área. Los subsuelos son a menudo muy duros, además el nivel de agua subterránea aumentan hacia oeste. Debido a esto, las condiciones de drenaje son muy malas.

(5) Otros suelos

Otros suelos que no presentan características notables, se observan en el sur de Quebrada Lagartos. Los suelos superficiales son moderadamente profundos, tienen poca grava y no contienen exceso de sales.

3.7 Infraestructura

El área de estudio tiene acceso por la Carretera Panamericana (ancho efectivo de 7 m), revestida de asfalto y distante 90 km de la ciudad de Copiapó, paralelamente con la cual corre una vía férrea de trocha angosta. Esta vía férrea se construyó para llevar los minerales que se producían en las minas dispersas hasta la fundición Paipote, situada a una distancia de 9 km de Copiapó en dirección sur-este. Una de las estaciones de la vía férrea, Algarrobal, se encuentra ubicada en la extremidad noreste del área de estudio. Ramificándose de la Carretera Panamericana, dos caminos, (de 5 a 7 m de ancho, sin pavimentar). Uno de ellos corre a lo largo de la Quebrada Boquerón, por una distancia de 11 km en dirección noroeste, y se desvía hacia el sur-oeste al pie de la Sierra Chañar. Después de extenderse sobre la Quebrada Carrizal por una distancia de 15 km, alcanza el Canto del Agua. El otro corre en dirección noroeste al lado de la Sierra del Nicho, y también llega al Canto del Agua, distante unos 25 km de la Carretera Panamericana.

Dentro del área de estudio, se encuentran dos caminos sin avimentar; uno se ramifica de la Carretera Panamericana, tiene unos 15 km de largo y 5 m de ancho y corre recto en dirección noroeste, y el otro tiene 12,5 km de largo y 5 m de ancho, construido en dirección noroeste en línea recta. Estos dos caminos se cruzan al oeste del Llano del Lagarto, que se extiende en el centro del área de estudio.

Hay un camino pavimentado de 11 km de largo con 7 m de ancho efectivo, que conecta la Carretera Panamericana con Boquerón Chañar, pasando por la Estación Algarrobal.

Para el suministro eléctrico, dos líneas eléctricas de alta tensión corren paralelas a la Carretera Panamericana las que pertenecen a ENDESA. La que va al lado este de la carretera tiene una tensión de 220.000 V., La que corre al lado oeste de la carretera tiene una tensión de 110.000 V., y conecta Copiapó con Maitencillo.

Dentro del área de estudio no hay hospitales, ni correo, ni escuela, ni red de comunicación telefónica, ni red de agua potable.

3.8 Agricultura y Agro-Economía

El área de estudio se ubica en la parte central de la Región de Atacama, casi a 90 km al sur de Copiapó (capital de la Región de Atacama). Administrativamente el área de estudio le corresponde a la comuna de Vallenar, Provincia de Huasco. El total del área de estudio es de 33.000 hás. Cerca de un 72% de ella es terreno fiscal, y el 28% restante es terreno particular (ver Fig. 15).

El área de estudio es un sector poco poblado y casi no se encuentra actividad agrícola, a excepción de algunos agricultores individuales y una hacienda (Hacienda Yerbas Buenas).

En la Hacienda Yerbas Buenas, se plantaron alrededor de 50 hás de higuera en 1985; pero muchas de ellas sufrieron grandes daños, por el viento y la arena. En la actualidad el área plantada es menor de 3 hás. Una de las causas, que se podría señalar es que no se efectuó la plantación de un bosque contra viento. La fuente de abastecimiento de agua de esta Hacienda es subterránea y utiliza el sistema de riego por goteo. En cuanto a los agricultores individuales son 8, incluyendo 5 arrendatarios, ubicados, a lo largo del camino entre Estación Algarrobal y Canto del Agua. Cultivos tales como: durazno, damasco, pera, uva, cebollas, papas y tomate han sido cultivados tradicionalmente por ellos. El riego por surcos, usando el agua subterránea es lo común para estos cultivos.

Por otra parte, se estudiaron las actividades agrícolas del distrito de Totoral y Hacienda Castilla, ubicadas alrededor del área de estudio, para considerarlas como referencia en la formulación del Plan de desarrollo agrícola. Totoral se ubica a más o menos 40 km al noroeste del área de estudio, y la población total se estimó en 155 habitantes en 1982. En esta aldea se cultivan: duraznos, damascos, peras, higos, maíz, tomate, cebolla, etc. Estos se riegan con el sistema tradicional, cual es el riego por surco con agua de vertientes. La Hacienda Castilla está ubicada cerca de 30 km al norte del área de estudio y se fundó en 1960. Su superficie total era de 440 hás en sus inicios, pero actualmente se estima que su área de cultivo es inferior a 70 hás. Sus principales cultivos son: limones, naranjas, sandías, tomates, y melones, los que son cultivados bajo el sistema de riego por surco y bombeo de agua subterránea.

CAPITULO 4. EVALUACION DE LOS RECURSOS DE AGUA SUBTERRANEA Y DE SUELOS

4.1 Evaluación de los Recursos de Agua Subterránea

4.1.1 Zonas de agua subterránea

El área investigada se divide en siete zonas según estructura hidrogeológica, la permeabilidad, la calidad del agua etc. como se describe en la Fig. 16. A continuación se relatan las características de cada zona de agua subterránea.

(1) Zona de Quebrada Tamarico (Zona A)

Esta zona está ubicada al sur del área de estudio, en la ladera derecha del Llano de Lagarto. El espesor del estrato acuífero es de aproximadamente 50 m en W-9, el límite inferior es de 70 m de profundidad, el nivel de agua estática es de aproximadamente 20 m. El coeficiente de transmisividad (T) equivale a 450 a 3.200 m²/día. Esta zona se divide en: Zona A que tiene suficiente espesor de estrato y Zona A' que tiene un estrato delgado, de los cuales la Zona A tiene la máxima potencialidad de explotación de agua subterránea en toda el área de estudio. El resultado de la prueba de bombeo arrojó una capacidad específica de 4 a 5 l/s/m. Por lo tanto, es posible extraer 15 a 20 l/s de agua por cada pozo con un abatimiento del nivel de agua de 3 a 5 m. Por otro lado, la calidad del agua indica una débil alcalinidad con pH 8,14. La conductividad eléctrica es de 1.000 µS/cm, la cual es mejor que la del río Copiapó. Sin embargo, se trata de agua subterránea estancada por un dique subterráneo natural cuyo lado Oeste está en la zona de Zanjón y según la medición de la edad, esta agua data aproximadamente de 4.500 años.

(2) Zona de Quebrada de los Porotillos (Zona B)

Esta zona está ubicada según las indicaciones B y B' en la Fig. 16, y su ubicación colinda al norte de la Quebrada El Lagarto, en torno a W-4. El sector B se separó del sector A, según el coeficiente de transmisividad y los valores de resistividad de la prospección eléctrica. El valor de (T) representado por el pozo W-4 es de 82 a 243 m²/día. El sector B tiene mayor grosor del acuífero que la zona A, sin embargo la potencialidad de extracción es menor debido a la menor capacidad específica. Este sector tiene gran potencialidad después de la zona A, sin embargo la capacidad específica es pequeña (1 l/s/m) y se calcula la potencialidad de extracción en 4 a 5 l/s por pozo. La profundidad de desarrollo es menos de 80 m, el nivel de agua estático es de aproximadamente 25 m. La calidad del agua con pH 8,5. La conductividad eléctrica es de 990 µS/cm, lo que es bueno.

(3) Zona de Agua de Lazo (Zona C)

Esta zona está representada por el pozo W-3. Tiene un acuífero delgado, el nivel de agua subterránea es alto y se ubica en las partes angostas, entre los cerros erosionados y las terrazas. El coeficiente de transmisividad es de 119 a 515 m²/día, el cual es mejor que W-4. La potencialidad de extracción es alrededor de 4 a 8 l/s por pozo y la capacidad específica se calcula en 1 l/s/m. Pero la calidad del agua es inferior comparada con A y B, ya que la conductividad eléctrica es de 1.600 µS/cm. Según los resultados de la medición de antigüedad, el agua de esta zona data de 2.000 años menos que las zonas A y B. Esto se considera, por la cota de agua subterránea, que el flujo natural del agua subterránea es mejor que la zona A.

(4) Zona de Quebrada Boquerón (Zona D)

Esta zona tiene un acuífero muy delgado y casi no tiene potencialidad de explotación. El coeficiente de transmisividad (T) en W-2 es muy pequeño de 1,1 a 1,4 m²/día y el valor (T) de los pozos ya existentes en Boquerón Chañar es 1 a 5 m²/día, aproximadamente. El caudal específico de W-2 es 0,1 l/s/m. La calidad del agua está en el rango de pH 7,90 a 8,50, y CE, 1.200 a 1.500 µS/cm.

(5) Zona de Zanjón (Zona E)

Esta zona tiene un nivel de agua subterránea muy alto, y existen numerosas vegas, manantiales y norias. Por esta razón la evaporación es acelerada, la calidad del agua es mala, y se encuentra en el rango CE, 3.000 a 7.000 µS/cm y pH 7,7 por lo tanto no se presta para la explotación del agua subterránea. Según el resultado de las prospecciones eléctricas existe un depósito grueso del estrato de baja permeabilidad, la roca basal tiene escasa profundidad y esto hace el efecto de represa subterránea hacia la zona A, por lo tanto no es apta para el explotación de aguas subterráneas.

(6) Zona de Llano de la Jaula (Zona F)

Esta zona tiene la roca basal a escasa profundidad, y existen algunas rocas intrusivas. El nivel de agua es muy profundo y no tiene acuífero. Por lo tanto, no tiene ninguna potencialidad de explotación.

(7) Zona de Estación Algarrobal (Zona G)

Esta zona se ubica en el fondo de la Quebrada Boquerón y existen algunas norias. El nivel de agua es de 20 m, lo que es relativamente poco profundo y la calidad del agua es buena, es decir; pH es de 7,6 y CE, de 990 a 1.000 µS/cm pero según el resultado de la prospección eléctrica, el área de

distribución del agua subterránea es muy limitada, por lo que la potencialidad de explotación es muy pequeña.

4.1.2 Rendimiento potencial de explotación y área propuesta para explotación

(1) Conceptos generales

Si se considera el agua subterránea como recurso renovable, para lograr mantener este recurso constantemente, el rendimiento puede ser limitado a un caudal inferior al monto neto del agua suministrada a la cuenca. Esto se denomina rendimiento sostenido. Pero en el área de estudio, no se puede aplicar este concepto, porque el agua subterránea de esta área por su estructura hidrogeológica, no tiene esperanza de recarga ni abastecimiento forzoso. La edad del agua se estima aproximadamente en 2.000 a 4.500 años.

Por lo tanto, el agua subterránea que está almacenada en el área de estudio, se reconoció como recurso natural no renovable y el rendimiento potencial de agua del área de estudio, reconocido como rendimiento abatible, esto es similar a una explotación minera, es decir, el volumen del agua de extracción es solamente la que está almacenada en el acuífero.

(2) Rendimiento potencial

Los acuíferos principales de esta área son de condiciones no confinados. El rendimiento potencial de los acuíferos no confinados, es el monto total del agua que es liberada por la fuerza de gravedad, desde las porosidades del acuífero. El volumen de agua que es expulsada por la fuerza de gravedad, por determinada superficie, se llama rendimiento específico. Por eso, se calculó rendimiento potencial en cada zona de agua subterránea, multiplicando volumen acuífero por rendimiento específico. El resultado se demuestra a continuación (ver Fig. 17).

Zona de Agua Subterránea	Volumen Acuífero (m ³)	Rendimiento Específico	Rendimiento Potencial (m ³)
A	1.056x10 ⁶	0,14	148,0x10 ⁶
B	1.207x10 ⁶	0,032	38,6x10 ⁶
C	185x10 ⁶	0,04	7,4x10 ⁶
G	157x10 ⁶	0,03	4,7x10 ⁶

(3) Nivel de agua crítico

Con el propósito de mantener la calidad y cantidad del agua del pozo de producción, es necesario definir el nivel de agua crítico. Según el resultado de los registros de caudal y de la prospección eléctrica, la permeabilidad del acuífero mostró un valor mayor a medida que se acercaba a la superficie. Por lo tanto, es necesario mantener el nivel de bombeo levemente más alto que la parte superior de la rejilla, insertada al pozo.

El agua subterránea del lado oeste del área de estudio contiene un alto porcentaje de sal (CE = 3.000 a 8.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y si esta agua salada se traspasa al otro sector, el acuífero de ese sector aumentará el grado de salinidad. Por esta razón es necesario mantener sobre 280 m s.n.m. el nivel que se observó cerca del Zanjón.

En consecuencia los niveles de agua críticos son:

Nivel de Agua	Zona de Agua Subterránea			
	A	B	C	G
Nivel de agua estático (m)	19	26	5	23
Nivel de agua a 280 s.n.m. (m)	31	47	25	134
Límite superior de rejilla (m)	37	36	20	30
Nivel crítico del agua (m)	31	36	20	30
Abatimiento crítico (m)(*)	12	10	15	7

(*) El abatimiento crítico es la diferencia entre el nivel estático y el nivel crítico del agua.

(4) Rendimiento potencial de explotación

El volumen total del rendimiento potencial, es la cantidad de agua suministrada al bajar totalmente el nivel de agua del acuífero. El rendimiento potencial está limitado por el nivel crítico del agua, que ya fue mencionado anteriormente. Las relaciones que existen entre el rendimiento potencial y el abatimiento crítico se muestran en Fig. 17.

Este rendimiento potencial, es un rendimiento potencial de explotación aparente, porque está basado en la hipótesis de que todos los niveles del acuífero en el área involucrada, disminuyen por el bombeo en forma pareja sin que se reabastezca. El nivel de agua del pozo de extracción es inferior a cualquier parte del acuífero y el nivel de abatimiento es menor mientras más se aleja del pozo. Se asemeja a una forma cónica.

Además, para poder mantener el rendimiento potencial de explotación seguro, durante ciertos periodos, se consideran dos factores, es decir: la variación del nivel del agua subterránea y una evapotranspiración. Según el resultado de la observación de nivel de agua, entre septiembre de 1987 y febrero de 1988, el nivel de agua de los pozos de prueba es en la mayoría estable, menos en W-3 que fue interferido por los pozos poco profundos ya existentes, sin embargo los niveles de algunas norias y manantiales existentes, han bajado el nivel de agua comparativamente con el de hace 18 a 40 años. Según las consideraciones de carga y descarga en el acápite 3.5.5. se deduce que hay un alto grado de evapotranspiración en la zona E del Zanjón. En consideración a los factores mencionados, el rendimiento potencial de explotación, puede limitarse a una cantidad menor al rendimiento potencial, en proporción al abatimiento crítico.

Por consiguiente, el rendimiento potencial de explotación se estima en un 60% del rendimiento potencial, que se calcula por abatimiento crítico. Basado en lo anterior, el rendimiento potencial de explotación de cada zona de agua subterránea, es el siguiente:

Zona de Agua Subterránea	Rendimiento Potencial (m ³)	Rendimiento Potencial en Abatimiento Crítico (m ³)	Rendimiento Potencial de Explotación (m ³)
A	148x10 ⁶	60x10 ⁶	36x10 ⁶
B	38,6x10 ⁶	15x10 ⁶	9x10 ⁶
C	7,4x10 ⁶	6x10 ⁶	3,6x10 ⁶
G	4,7x10 ⁶	1x10 ⁶	0,6x10 ⁶

(5) Area propuesta para explotación de agua subterránea

Por todo lo anterior, la potencialidad de explotación de las zonas mostrados en la Fig. 16 de agua subterránea es evaluada en el siguiente cuadro.

Zona de Agua Subterránea	Rendimiento Potencial de Explotación (m ³)	Conductividad Eléctrica (μS/cm)	Efectividad de agua Subterránea
A. Zona de Quebrada de Tamarico	36x10 ⁶	1.000-1.100	Moderada-Alta
B. Zona de Quebrada Los Porotillos	9x10 ⁶	900-980	Moderada
C. Zona Agua de Lazo	3,6x10 ⁶	1.500-2.000	Moderada
D. Zona Quebrada Boquerón	-	1.000-2.000	Baja-Nula
E. Zona Zanjón	-	3.000-7.000	Nula
F. Zona Llano de la Jaula	-	-	Nula
G. Zona Estación Algarrobal	0,6x10 ⁶	980-1.000	Baja

La efectividad del agua subterránea se define de la siguiente manera:

Moderada-Alta:

Cuando se puede obtener aproximadamente 15 litros por segundo con el abatimiento del nivel de agua razonable.

Moderada:

Cuando se pueden obtener menos de 5 litros de agua por segundo con el abatimiento del nivel de agua razonable.

Baja: Cuando se pueden obtener menos de 1 litro de agua por segundo con el abatimiento del nivel de agua razonable.

Nula: Cuando se puede obtener un volumen de agua de menos de 0,1 l/seg. dentro de un período de bombeo muy corto, con un nivel de abatimiento más allá de lo permisible. No existe acuífero.

Según el resultado de la evaluación de cada zona, el área que cuenta con mayor posibilidad de explotación del agua subterránea es la zona A (Quebrada de Tamarico). También se puede recomendar la zona B (Quebrada de Los Porotillos). Pero no se recomiendan las demás zonas porque no son aptos ya que el rendimiento potencial es muy pequeño o la capacidad del acuífero insuficiente. En la práctica, estas zonas se pueden dividir en dos, según lo indica la línea de Isoespesor de 40 m que se muestra en la Fig. 6. Por lo tanto, el grosor del acuífero en los distintos exteriores es menos de 40 m lo que es muy delgado para perforar pozos de producción, con el fin de explotación desarrollo sistemático. Por lo tanto, A' y B' también se marginan del área de explotación del agua subterránea.

4.1.3 Evaluación de la calidad del agua según las normas de USDA y FAO

Se aplican las muestras del agua de los pozos de prueba a las normas de agua de regadío establecidas por USDA (Departamento de Agricultura de los EE.UU.) sobre las sales y sodio. Los valores de CE entre 990 y 1.709 $\mu\text{S}/\text{cm}$, SDT entre 720 y 1.007 mg/l y Cl entre 79 y 310 mg/l; W-3 de la zona C pertenece al grupo de aguas de alta salinidad. En los otros pozos únicamente el Cl pertenece al grupo de mediana salinidad. Por lo tanto, para usar con el agua subterránea de los sectores en cuestión, es necesario preocuparse de: un efectivo drenaje, control de la salinidad permanente, y selección de cultivos resistentes a la salinidad. En cuanto al sodio los seis pozos indican un valor menor a 10 de la indicación RAS (Razón de Adsorción de Sodio) ajustada, es decir, pertenecen al grupo de aguas de bajo sodio y se puede utilizar hasta el nivel que no perjudique por el exceso de sodio.

Si se observa el agua del área de estudio con las normas de regadío de FAO, no hay mucho problema desde el punto de vista RAS ajustada, a excepción del agua en el pozo de prueba W-6 (Zona D) que mostró el valor de RAS ajustada de 9,04, que es levemente superior al valor 9,0, como el límite para los cultivos sensibles. El Boro igualmente tiene poco efecto perjudicial, y el pH está dentro de lo normal.

4.2 Evaluación de los Recursos de Suelos

4.2.1 Generalidades

El estudio de suelos para la evaluación del recurso de suelos fue efectuado en dos etapas: i) El estudio global de la topografía y del suelo superficial del área de estudio y la elección del terreno que tiene posibilidad, para el desarrollo agrícola, y ii) El estudio de suelos mediante calicata al área que tiene mayor posibilidad, y el análisis físico-químico de muestras de suelos extraídos.

Según el resultado del estudio global y del análisis del suelo superficial y de topografía, queda en evidencia que existen varios factores, que limitan la posibilidad de llevar a la práctica la agricultura, tales como: ondulación del terreno, alta concentración de salinidad, riesgo de erosión y de inundación. Por esta razón se efectuó calicata sobre más o menos 10.000 hás de terreno, excluyendo las áreas que evidentemente no son aptas para la práctica agrícola, por lo tanto, la extensión a que está expuesta la evaluación de los recursos del suelo, es de 10.000 hás

En este documento se describe en forma simplificada, la

evaluación de los recursos del suelo. Más detalles de este tema se han hecho en el Anexo II "ESTUDIO DE SUELOS" adjunto.

4.2.2 Clasificación de los suelos

El plano del suelo se indica en la Fig. 18, estos se clasifican en 20 familias según "Taxonomía del suelo" de USDA. Se pueden clasificar geográficamente los suelos del área de estudio de la siguiente manera:

(1) Suelos aluviales, recientemente formados sobre los abanicos aluviales de la Quebrada Algarrobal

Se trata de suelos que cubren la parte principal del área de estudio, donde se encuentran depositadas en profundidad la tierra y arena, transportada por la Quebrada Algarrobal. No se observan evoluciones de horizontes. La textura del suelo, es gruesa en la parte noreste, con abundante existencia de gravas en las capas superficiales y dentro de los perfiles (Typic Torrifuvent), y a medida que se desplaza aguas abajo de la Quebrada Porotillos, adquiere una textura fina, (Typic Torripsamment, Typic Calciorthid) desapareciendo las gravas. Los aspectos problemáticos de estos suelos son: i) La textura generalmente gruesa y el contenido de grava en la parte superior de las quebradas, ii) La dureza del suelo en la parte donde se reconocen capas de carbonato de calcio, y iii) El drenaje y acumulación de sales en la zona de tierra fina y río abajo.

(2) Suelos existentes sobre las Gravas de Atacama

Los suelos de la parte éste de esta área, se extienden sobre las Gravas de Atacama, tienen una textura mediana, pero la capa es muy delgada. Además, el subsuelo se compone en gran parte de gravas y piedras que están cementadas y tienen una alta acumulación de sal (Typic Calciorthid). Estos suelos son problemáticos debido a la delgada capa de suelo, la alta salinidad y la cantidad de grava que contienen.

(3) Suelos de depósitos eólicos en la parte sur

Se trata de los suelos de arena transportada por el fuerte viento oeste y que se ha depositado profundamente (Typic Torripsamment), donde no se observa absolutamente ninguna evolución de horizontes. La tierra tiene una textura gruesa sin grava. El drenaje es bueno. Sin embargo, se observa erosión debido al viento. En la zona de la Quebrada Tamarico, también se tiene el problema de erosión por la corriente superficial que se produce una vez cada varios años.

4.2.3 Clasificación de la familia de los suelos según la clasificación de "Taxonomía del Suelo"

Familia	Sub-grupo	Orden
Arenoso esquelético mixto térmico (Ea-mt)	Typic torrifuvent	Entisol
Arenoso esquelético sobre francoso, mixto, térmico (Eaf-mt)	Typic torrifuvent	Entisol
Arcilloso sobre arenoso esquelético, mixto térmico (AEa-mt)	Typic torrifuvent	Entisol
Arcilloso fragmentario mixto, térmico (AF-mt)	Typic torrifuvent	Entisol
Francoso grueso, mixto (calcáreo), térmico (fg(ca)-mt)	Typic torrifuvent	Entisol
Francoso esquelético, mixto, térmico (Ef-mt)	Typic torrifuvent	Entisol
Arenoso esquelético, mixto (calcáreo), térmico (Ea(ca)-mt)	Typic torrifuvent	Entisol
Arenoso sobre francoso esquelético, mixto, térmico (aEf-mt)	Typic torrifuvent	Entisol
Francoso fino, mixto térmico (ff-mt)	Typic torrifuvent	Entisol
Francoso mixto térmico (f-mt)	Typic torrifuvent	Entisol
Arenoso fino, mixto térmico (af-mt)	Typic torrifuvent	Entisol
Arenoso mixto, térmico (a-mt)	Typic torrifuvent	Entisol
Arenoso mixto, (calcáreo) térmico (f(Ca)-mt)	Typic torrifuvent	Entisol
Arcilloso, mixto, térmico (A-mt)	Typic torrifuvent	Entisol
Francoso fino sobre fragmentario, mixto térmico (fff-mt)	Typic torrifuvent	Entisol
Mixto, térmico (mt)	Typic torripsamment	Entisol
Francoso fino, mixto, térmico (ff-mt)	Typic calciorthid	Aridisol
Arenoso mixto, térmico (a-mt)	Typic calciorthid	Aridisol
Arenoso esquelético, mixto térmico (Ea-mt)	Typic calciorthid	Aridisol
Arenoso esquelético sobre francoso, mixto térmico (Eaf-mt)	Typic calciorthid	Aridisol

Nota: Los símbolos en paréntesis corresponden a los en la Fig. 18.

4.2.4 Clasificaciones interpretativas de suelos

A continuación se muestran los grados de clasificación conforme a la evaluación de los recursos de suelos realizada.

(1) Capacidad de uso

La agrupación de los suelos en Clases de Capacidad de uso, consiste en establecer el orden para definir las aptitudes para los cultivos y además los riesgos y las dificultades que puedan presentarse para el uso de los suelos existentes. Esta clasificación indica las limitaciones naturales del suelo y sirven como base de la productividad de la tierra.

Las clases para definir Capacidad de Uso, son ocho, que se designan con números I al VIII, ordenadas según sus crecientes limitaciones y riesgos en el uso.

Suelos Aptos para el Cultivo

- Clase I : El suelo Clase I no tiene prácticamente factores restrictivos para su uso.
- Clase II : El suelo Clase II tiene pequeñas limitaciones, requiere ciertas prácticas para su conservación y selección de los cultivos.
- Clase III : El suelo Clase III se adapta según los cultivos, pero restringe la elección de ellos existiendo algunas limitaciones para su uso. Este tipo de suelo requiere una adecuada conservación y manejo.
- Clase IV : El suelo Clase IV ofrece severas limitaciones para su uso y al mismo tiempo restringe la elección de cultivos.

Suelos No Aptos para el Cultivo

- Clase V : El suelo Clase V casi no tiene absolutamente ningún riesgo de erosión, pero es imposible el cultivo normal por otros factores restrictivos.
- Clase VI : El suelo Clase VI es un suelo inadecuado para el cultivo. Debido a que el suelo tiene limitaciones continuas, es imposible corregir esos factores.
- Clase VII : El suelo Clase VII no se presta para el cultivo debido a los severos factores restrictivos.
- Clase VIII : El suelo Clase VIII no tiene valor para la agricultura, ganadería o forestación.

Sub-clase de la Clasificación de los Suelos

Los grupos que se hayan clasificado por un tipo de factor restrictivo, que se agrupe en un nivel dentro de una clase, se expresan con los siguientes símbolos.

- s - Según el suelo.
- w - Contenido de agua, drenaje o inundación.
- e - Riesgo de erosión o antecedentes de erosión en el pasado.
- cl - Clima

Estas clasificaciones se describen en la Fig. 19. Las superficies por zona según la clasificación de las clases establecidas anteriormente, son las siguientes.

Clases y Sub-clases	Superficie (hás)
I	48
II	1.221
IIsw	711
IIIIs	3.912
IIIst	62
IIIsw	418
IV	2.094
V	666
VI	868
Total	10.000

Clase	Superficie (hás)
I	48
II	1.932
III	4.39
IV	2.094
V	666
VI	868
Total	10.000

(2) Categorías de suelos para regadío

Las categorías de los suelos para regadío, consisten en la clasificación del suelo según los factores restrictivos para el regadío. A continuación se describen brevemente las bases de las 6 categorías:

Categoría 1: Muy bien adaptada.

Categoría 2: Bien adaptada.

- Categoría 3: Pobrementemente adaptada.
 Categoría 4: Muy pobrementemente adaptada.
 Categoría 5: Esta categoría pertenece a suelos de una característica especial. El que entre en la categoría 5 no satisface las exigencias mínimas de las categoría 1 a 4. Es apta para ciertos cultivos bajo condiciones climáticas favorables, teniendo especial cuidado en la manutención del suelo.
 Categoría 6: No apta.

Sub-categorías para Regadío

En los suelos considerados inferiores a la categoría 1, dentro de las respectivas categorías, es necesario que se indiquen los factores de drenaje, los cuales se han indicado respectivamente con los símbolos "s", "t", y "w". A continuación se detallan las superficies por categoría según la clasificación anterior. Asimismo, el plano de la categoría se describe en la Fig. 20.

Sub-Categorías	Superficie (hás)
1	1.784
2s	1.477
2sw	711
3s	2.788
3st	62
3sw	418
4s	2.094
5s	666
Total	10.000

Categoría	Superficie (hás)
1	1.784
2	2.188
3	3.268
4	2.094
5	666
Total	10.000

(3) Clases de drenaje

Tal como se define en el "Soil Survey Manual" de USDA, el drenaje interno del suelo es la cualidad determinada por el desplazamiento del agua hacia abajo. El drenaje se clasifica en las siguientes 6 categorías:

1. Muy pobremente drenado
2. Pobremente drenado
3. Imperfecto
4. Moderadamente bueno
5. Bueno
6. Drenaje excesivo

A continuación se detallan las superficies por clase. Asimismo, la clasificación de los suelos, se describe en la Fig. 21.

Clase	Superficie (hás)
1	0
2	0
3	596
4	2.550
5	6.854
6	0
Total	10.000

(4) Situación actual de erosión

(i) Erosión por el agua

En el área de estudio de suelo existen 3 grandes quebradas. Son la Quebrada Porotillos, Quebrada Tamarico y la Quebrada Lagartos. Además, desde estas quebradas se reconocen rastros de pequeñas corrientes.

La Quebrada Porotillos tiene como fondo la Quebrada Algarrobal, tiene una amplia zona de captación (superficie de captación 2.453 km²), pero actualmente está interrumpida por la Carretera que se dirige a Boquerón Chañar y la afluencia durante las lluvias es muy escasa. La Quebrada Lagartos capta la precipitación del Cerro Jaula que fluye dentro de la zona. La erosión del suelo en estas quebradas es escasa.

En cambio, la Quebrada Tamarico tiene una superficie de captación pequeña, de 613 km², pero debido a que se trata de un lugar donde prácticamente no hay vida vegetal, el agua de las grandes precipitaciones que se producen eventualmente, fluye súbitamente desde el área de captación. Durante la lluvia a fines de julio de 1987, torrentes de agua cortaron la carretera en varios puntos y ocasionaron inundaciones en el sector. El suelo a lo largo de esta quebrada, sufre una considerable erosión en

cada precipitación. Por esta razón, la zona que colinda con la Quebrada Tamarico no se presta para la agricultura.

(ii) Erosión por el viento

En el área de estudio, el viento fuerte corre predominantemente desde el oeste especialmente en verano transportando materias erosionadas de la cordillera de la costa. Las materias erosionadas son arenas de grano fino, las cuales se depositan en toda la parte sur, del área de estudio, del suelo. Estos depósitos eólicos se desplazan nuevamente por los efectos del fuerte viento. Por lo tanto, se requiere tomar algunas medidas de cortaviento y corta-arenas, para desarrollar la agricultura.

(5) Aptitud frutal de los suelos

La clasificación del suelo con respecto a las aptitudes para los frutales, se dividen en las siguientes cinco clases.

- A. Suelos sin limitaciones.
- B. Suelos con ligeras limitaciones.
- C. Suelos con moderadas limitaciones.
- D. Suelos con severas limitaciones.
- E. Suelos no aptos para frutales.

El plano de clasificación de las aptitudes para frutales, se describe en la Fig. 22. Las superficies, según las clases indicadas son las siguientes:

Clasificación	Superficie (hás)
A	0
B	239
C	5.613
D	4.418
E	0
Total	10.000

4.2.5 Características físico-químicas de los suelos

(1) Propiedades físicas del suelo, (textura, humedad aprovechable)

El suelo, a lo largo de la Quebrada Porotillos, (Typic Torrifuvent, Typic Torrripsamment) es arenoso en la parte noreste de la zona (río arriba) y la textura se torna fina a medida que se dirige hacia el sudoeste, alejándose del curso

principal de la quebrada (de franco arenoso a areno francoso), y río abajo es del tipo franco arcillo arenoso a franco arcillo. El contenido de humedad aprovechable, se refleja en la textura y en general en la tierra arenosa río arriba, es de 1 a 3% y aumenta a medida que la textura se hace mas fina. El suelo sobre las Gravas de Atacama, en la parte oriental de la zona, es areno francoso y el estrato subyacente es franco arcilloso arenoso. La humedad aprovechable de la capa superficial es de 1 a 4% mientras que en la capa inferior tiene cerca de 10%. El suelo de la zona sur es principalmente arenoso, y tiene muy poca capacidad de retención de agua. El contenido de humedad aprovechable es de 1 a 2%.

(2) Materias orgánicas

Debido a que la zona es un lugar que prácticamente no tiene vida vegetal, reflejando este hecho, el contenido de material orgánico en los lugares donde el suelo tiene mayor cantidad, es menor a 0,5% y en lugares de escaso contenido no tiene más que alrededor de 0,2%.

(3) Propiedades químicas del suelo

A continuación se describe el resumen de los resultados de los análisis.

- Carbono orgánico: En todos los puntos de extracción de muestras, es escaso el contenido de carbono en estado orgánico. Se encuentra corrientemente entre menos de 0,1% a aproximadamente 0,2%.
- Carbono como carbonato de calcio: En los estratos subyacentes de Typic Calciorthid existen gran cantidad de carbonatos, alrededor de 33%. En los demás suelos, aunque no llegan a este nivel, existen aquellos que contienen más de 10% de carbonatos en distintos horizontes.
- pH: La reacción del suelo es alcalina, en un rango entre 8,0 a 9,6, que va desde alcalinidad mediana a alcalinidad muy fuerte.
- CE: Al clasificar los suelos tomando como base 4 mS/cm el resultado es el siguiente:
 - a) Suelos Salinos: Typic Calciorthid y Typic Torripsamment del oeste y una parte Typic Torrifluent.
 - b) Suelos No Salinos: Typic Torrifluent y Typic Torripsamment.
- Cationes básicos de intercambio: Debido a que todas las muestras de suelo contenían algo de carbonato, los

cationes medidos son el potasio y el sodio. Dentro de estos, Typic Calciorthid pertenece a suelo alcalino. Un suelo como éste puede tener el riesgo de exceso de sodio. En general el suelo del sector contiene un alto porcentaje de Calcio y Magnesio, en cambio contiene bajo nivel de Potasio y puede tener el riesgo de carencia.

- Capacidad de intercambio catiónico (CIC): En todos los suelos sometidos al análisis, el CIC es de menos de 10 meq/100g. con excepción de algunos horizontes. Este valor es relativamente bajo, debido a que tiene gran cantidad de suelos arenosos.
- Cationes básicos solubles: El suelo salino contiene alto nivel de sales, tales como: Calcio, Magnesio, Sodio, etc. Mientras que los suelos no salinos contienen poca cantidad de sales.

4.2.6 El estudio comparativo de suelos en el Valle de Copiapó

De acuerdo al resultado anterior, los suelos dentro del área de estudio tienen algunas limitaciones para el cultivo, incluyendo frutales.

Por otra parte, los parronales de uva de mesa que se cultivan en el Valle de Copiapó, hasta el momento crecen muy bien, bajo el sistema de riego por goteo, a pesar de que gran parte de los suelos en que se plantan las vides, según informes de investigaciones anteriores, son de condiciones excepcionalmente malas. Esto significa que las normas de evaluación de recursos de suelos que se aplican generalmente en Chile, sugieren que algunas de las normas no son adecuadas para las plantaciones de riego por goteo.

En este proyecto, si se considera el recurso hídrico limitado y el clima árido, es necesario introducir riego por goteo para el desarrollo agrícola. Por lo tanto, se requiere tener conocimiento de la diferencia de condiciones de suelo entre el área de estudio y el Valle de Copiapó.

Con todos estos antecedentes, se hizo el estudio de suelos mediante calicatas, en nueve puntos de los cuatro sectores del Valle de Copiapó. Los resultados, fueron comparados con los datos obtenidos en las cercanías de la zona A (ver Fig. 23), que se ha considerado como la mejor zona para la explotación de aguas subterráneas. Dicha comparación entregó lo siguiente:

Sector	Espesor de Suelo Superficial	Textura	Drenaje	Pedregosidad	Pendiente
Valle de Copiapó					
- Pabellón	VI	II a IV	I	I a IV	II
- Buenos Aires	VI	II	I	VI	II
- Amolanas	II a III	I	I	II a III	II
Cercanías de Zona de Agua Subterránea A					
- a	IV	I	III	I	I
- b	I	III	I	I	I
- c	I	I a III	I	I	I

Nota: Las letras romanas indican tipo de clasificación de uso del suelo de cada factor.

Los suelos en el Valle de Copiapó son de inferior calidad respecto de los de la zona A., en los aspectos de espesor de suelo superficial, pedregosidad y pendiente. Por otra parte, en el caso de los suelos de la zona A., hay un factor inferior, que es la condición de drenaje en la parte oeste.

El sistema de riego por goteo, tiene la característica de poder regular artificialmente el volumen de riego y la aplicación del fertilizante. Además, el riego por goteo se puede usar en los terrenos con cierta inclinación, variando la presión del agua de riego, mediante cambios de los tipos de goteros. Por todo esto, para los suelos con problemas, tales como: espesor del suelo, textura, pedregosidad y pendiente, se puede introducir el sistema de riego por goteo. Por otro lado, este sistema es arriesgado si se usa como sistema de riego normal, en los suelos de drenaje imperfecto.

De los resultados obtenidos, cabe decir que se puede desarrollar la agricultura en la zona A., en base a riego por goteo, exceptuando los lugares del lado oeste, donde tiene problemas de drenaje.

CAPITULO 5. PLAN DE DESARROLLO AGRICOLA

5.1 Conceptos Básicos de Desarrollo

5.1.1 Generalidades

La industria en la Región de Atacama se especializa en el sector minero, el que alcanza cerca del 50% del Producto Geográfico Bruto de la Región (PGBR), no habiendo otra actividad industrial de importancia. Para salir de esta monoeconomía y lograr un mayor desarrollo económico, el Gobierno Regional ha promovido la diversificación de la industria por lo cual, espera el desarrollo agrícola.

Las actividades agrícolas de la Región de Atacama se concentran en los Valles de Huasco y Copiapó, donde el agua de riego es de fácil obtención. Por otro lado, fuera de estos dos valles casi no hay actividad agrícola en terrenos áridos. Recientemente la agricultura en el Valle de Copiapó se ha desarrollado rápidamente. En particular el crecimiento del cultivo de la uva ha sido notable habiendo aumentado el área plantada, de 480 hárs en 1980, a 4.200 hárs en 1987. Para lograr un mayor desarrollo del valle, el Gobierno ha planteado un proyecto de desarrollo. Una vez puesto en práctica este proyecto, la agricultura del Valle del Huasco progresará notablemente.

Aunque estas actividades agrícolas en los valles mencionados anteriormente, contribuirán al desarrollo económico regional, se requiere un crecimiento aún mayor para lograr una economía equilibrada en la Región. Sin embargo, el desarrollo de la agricultura está limitado, por el recurso de suelos del Valle. No queda mucha potencialidad para nuevos desarrollos. En tales condiciones el Gobierno Regional aspira al desarrollo agrícola de las zonas áridas.

El Gobierno Regional ha realizado esfuerzos tendientes a lograr el desarrollo de las zonas áridas. Uno de éstos es el estudio sobre la utilización de la camanchaca por CONAF, actualmente en etapa experimental. Por otro lado, el sector privado también ha iniciado el desarrollo de las zonas áridas desde un punto de vista independiente. Un ejemplo de ello es el cultivo de la higuera, que está dentro del área de estudio. Actualmente esta hacienda está paralizada debido a daños del viento.

Con tales antecedentes en la Región, se espera que este Proyecto juegue un importante rol como proyecto piloto para el desarrollo agrícola en las zonas áridas.

5.1.2 Conceptos básicos para el proyecto de desarrollo agrícola

Considerando los antecedentes agrícolas de la Región de Atacama según lo expuesto en la sección anterior, los conceptos básicos para el desarrollo de la agricultura se establecen como sigue:

(1) Selección del área del proyecto

Para seleccionar el área del proyecto se consideraron los siguientes factores básicos:

- Debe ubicarse en zonas de desarrollo potencial de aguas subterráneas y sus alrededores.
- Que no incluya áreas que tengan condiciones de suelos desfavorables para el desarrollo agrícola.
- Que la Política del Gobierno Regional sea de exclusión de la propiedad privada dentro del área del proyecto.
- Que no incluya el cauce de la quebrada para evitar daños por inundaciones.

(2) Administración de predios

El Gobierno Regional pretende promover el desarrollo agrícola mediante el ingreso de capitales privados. De acuerdo a esta política, se asume que la inversión al proyecto será efectuada por el sector privado. También se supone que la inversión y la administración del predio, se lleva a cabo por alguna empresa o por algún agricultor tipo empresa, que cuenta con el capital, ya que se requiere disponer de bastantes fondos para la realización de este proyecto. Por otra parte, se supuso que parte de la inversión inicial para las instalaciones de riego, será subsidiada por el Estado.

(3) Selección de cultivos a introducir

La selección de cultivos a introducir en el área del proyecto, es uno de los factores claves para el éxito del desarrollo agrícola. Para seleccionar estos cultivos deben atenderse cuidadosamente los aspectos, tales como: Adaptabilidad al medio ambiente, Rentabilidad, Mercado, y Sociabilidad (creación de oportunidad de empleo). Desde el punto de vista del uso efectivo de los limitados recursos de agua, se seleccionan aquellos cultivos que requieren poca demanda de agua.

(4) Forma de administración

Para definir la forma de administración se estudia no sólo el manejo de monoeconomía en base a un cultivo óptimo, sino también la administración compleja. Asimismo, se sugieren algunas formas de administración que el inversionista pueda seleccionar.

(5) Plan de explotación y utilización de agua subterránea

Se formula la planificación del uso del agua subterránea de acuerdo a las siguientes políticas básicas, considerando que el recurso es limitado y no renovable.

- a) Terminar de consumir el recurso de agua subterránea en un período determinado.
- b) Establecer que el volumen de extracción del pozo de producción sea constante en el tiempo.
- c) Se planifica la ubicación de los pozos de producción por:
 - 1) Dejar una distancia tal entre los pozos que no afecte mutuamente el nivel de agua subterránea al efectuar extracción.
 - 2) Elegir un lugar de fácil extracción de agua.
 - 3) Que sea pareja la declinación del nivel

(6) Planificación de riego

- a) Planifica el uso efectivo del agua a los limitados recursos.
- b) El método de riego se escoge entre los que son actualmente aplicados en Chile.
- c) El diseño del sistema de riego se realiza tomando en cuenta las condiciones limitadas (especialmente clima).

(7) Planificación de drenaje

- a) El plan de drenaje será elaborado en base a los datos técnicos obtenidos por la investigación en terreno considerando proyectos similares.
- b) Las quebradas existentes, se aprovecharán como canales de drenaje dentro del área.

(8) Preparación de instalaciones de predios y otros

- a) Las instalaciones de riego, deben aprovechar la potencialidad máxima de caudal de los pozos que se van a plantear.
- b) En cuanto al canal de drenaje, se cuenta con las quebradas existentes para descargar.
- c) Elegir las instalaciones de cortaviento de más bajo costo.
- d) La red de caminos se establece aprovechando los caminos existentes.
- e) Como fuente de energía para el manejo de predio se elige la que suministra energía constantemente y es de costo menor.

5.2 Demarcación del Area del Proyecto

En la sección 4.1 "Evaluación de Recursos de Agua Subterránea" fueron seleccionadas las zonas de agua subterránea A y B, que superan 40 m de espesor de acuífero como el área de explotación de agua subterránea. Ambas zonas han sido propuestas como áreas potenciales de explotación de aguas subterráneas. La zona A es un área de 1.700 has que está evaluada como la zona de mayor potencial, y la zona B que está evaluada como la segunda zona de buen potencial.

Por otro lado, tal como mencionamos en la sección 4.2 "Evaluación de los Recursos de Suelos" el área de estudio tiene algunos factores restrictivos para usos agrícolas, por sus condiciones de suelo y de topografía. Especialmente el área de severas restricciones no es apta para la agricultura, por lo que se estimó que la potencial superficie aprovechable para la agricultura es aproximadamente 8.400 ha. Las condiciones de los suelos alrededor del área de explotación del agua subterránea, que se mencionó en la sección anterior, tienen principalmente los siguientes factores restrictivos: concentración de sales y condiciones de drenaje en el terreno bajo (menos de 305 m s.n.m.) en el lado oeste y delgado suelo superficial, gruesa textura y mucha grava en el lado este. Sin embargo, se ha aclarado, al comparar estos suelos con los del Valle de Copiapó, donde actualmente se está realizando desarrollo agrícola mediante riego por goteo, que no hay impedimentos para el desarrollo agrícola, con excepción de las zonas que presentan condiciones de drenaje imperfectos.

Dentro de estos sectores, el 55% de la zona de agua subterránea A y el 90% de la zona de agua subterránea B, están ocupadas por terrenos privados (ver Figs. 15 y 16). La zona de aguas subterráneas A, atraviesa de este a oeste en la