

INVESTIGACION Y DESARROLLO DE AREAS
SILVESTRES ZONAS ARIDAS Y SEMIARIDAS DE CHILE

CORPORACION NACIONAL FORESTAL

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION

PLAN DE DESARROLLO PARA LA CUENCA CHAPIQUÍÑA

Manuel Contreras S.

Santiago - Chile
1988

PROLOGO

Una de las muchas actividades contempladas en el Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/83/017 "Investigación y Desarrollo de Areas Silvestres en Zonas Aridas y Semiáridas, dicen relación con el recurso hídrico que es sin duda un aspecto básico y fundamental para el desarrollo de las comunidades, una forma de hacer un buen uso de este recurso dice relación con el aprovechamiento del excedente hídrico producido en la zona altiplánica y precordillerana de la I Región, las cuales se ven afectadas por el denominado Invierno Boliviano.

Bajo este concepto es que el Proyecto estableció el subcontrato N° DP/CHI/83/017-3/FODO con la Universidad de Chile, el cual dió origen a este documento titulado "Plan de Desarrollo para la Cuenca de Chapiquiña" que pretende dar las bases de el manejo a que deberían someterse las cuencas de la I Región.

El Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/83/017 agradece al investigador señor Manuel Contreras S., por la calidad del trabajo realizado.



JAIME LATORRE ALONSO
DIRECTOR

PROYECTO CONAF/PNUD/FAO-CHI/83/017

RESUMEN

El problema que origina el invierno altiplánico en las comunidades precordilleranas de la Primera Región motivó a generar un estudio, cuyos resultados permitieran un mejor aprovechamiento de los excedentes hídricos producidas por este. Como resultado de este estudio se elaboró un Plan de Desarrollo para la cuenca de Chapiquiña.

En este documento se explica la metodología usada para seleccionar la cuenca, además de toda la información y pasos a seguir necesarios para poder llegar a los programas de uso que permitirán el desarrollo. Finalmente se hace una evaluación económica privada del Plan de Desarrollo a nivel de prefactibilidad.

SUMMARY

The present study was designed to seek ways of alleviating the problems and making better use of the torrential winter rains of the high andean plateau by communities located in the pre-cordillera zone of Región I. The results of this investigation can be utilized in making better use of this periodic excessive precipitation.

The report includes a development plan for the chosen study area, the Chapiquiña Watershed. An explanation is given of the method employed to select the watershed and all the information and procedures used to prepare the development program. Finally, a brief economic evaluation of the plan is presented.

INDICE

Pág.

PROLOGO

RESUMEN

1. INTRODUCCION	1
2. SELECCION DE LA CUENCA PILOTO	4
3. DIAGNOSTICO DE LA CUENCA PILOTO	6
3.1. Uso Actual y Uso Potencial de la Cuenca	6
3.2. Conservación de Suelos y Aguas	7
3.3. Situación Socio-económica	8
4. ZONIFICACION DE LA CUENCA	10
4.1. Definición, Objetivos y Descripción de la Zona	10
4.2. Resumen de Superficies por Zonas Definidas	12
5. DISPONIBILIDAD Y OPTIMIZACION DEL USO DEL RECURSO HIDRICO	15
5.1. Disponibilidad de Agua	15
5.2. Potencialidad Actual de Uso del Agua	20
5.3. Aprovechamiento de Excedentes Hídricos	30
5.4. Estructura Optima de Cultivos	35
6. PROGRAMAS DE MANEJO DE LA TIERRA	39
6.1. Programa de Control del Esguerrimiento Superficial	39
6.2. Programa de Producción Agrícola	51
6.3. Programa de Producción Ganadera	55
6.4. Programa de Producción Energética	59
7. PROGRAMA DE EXTENSION Y COMERCIALIZACION	62
7.1. Transferencia Tecnológica	62
7.2. Comercialización	63

	Pág.
8. PROGRAMA DE INVESTIGACION	65
8.1. Suelos y Agua	65
8.2. Riego	64
8.3. Fertilización	65
8.4. Cultivos	65
8.5. Plagas y Enfermedades	66
8.6. Praderas Naturales	66
8.7. Introducción de Especies Forestales	66
8.8. Seguimiento de los Efectos de las Estructuras de Control de Escurrimientos	66
9. PROGRAMA DE OPERACIONES	67
9.1. Operación por Programas	67
9.2. Distribución de la Mano de Obra	67
9.3. Secuencia de Actividades	68
10. EVALUACION ECONOMICA DEL PLAN	69
10.1. Supuestos Económicos de Algunos Programas	69
10.2. Flujo de Caja para la Evaluación	71
10.3. Evaluación	71
10.4. Comentarios	74
ANEXOS	
1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	75
2. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA COMUNA DE PUTRE	77
3. ANTECEDENTES GENERALES DE LA CUENCA PILOTO CHAPIQUIÑA	82
4. CAUDALES MEDIOS MENSUALES	113

INDICE CUADROS

			Pág
Cuadro	4.1	Superficies por zonas de uso	13
Cuadro	5.1	Caudales medios mensuales de la cuenca de la Quebrada El Ingenio (lt/seg)	17
Cuadro	5.2	Caudales medios mensuales de la Cuenca de Quebrada Chapiquiña (lt/seg)	20
Cuadro	5.3	Relación probabilidad de excedencia estado hídrico	21
Cuadro	5.4	Pérdidas por menor superficie regada (miles de \$/ha.)	23
Cuadro	5.5	Probabilidad de ocurrencia de cada estado hídrico	23
Cuadro	5.6	Estrategia base. Superficie por estado, cultivo y suelo (ha.)	26
Cuadro	5.7	Ingreso por estado hídrico	27
Cuadro	5.8	Superficies plantadas por cultivo y estado (ha.)	27
Cuadro	5.9	Menores superficies cultivadas. Base estado 1 (ha.)	28
Cuadro	5.10	Menores ingresos. Base estado 1 (miles de pesos)	28
Cuadro	5.11	Disminución de los ingresos (miles de pesos)	29
Cuadro	5.12	Ingresos resultantes de cada combinación estado /base ocurrente (miles de pesos)	29
Cuadro	5.13	Ingreso esperado por cada estado base (miles de pesos)	29
Cuadro	5.14	Ingreso esperado de estrategia base (miles de pesos)	30
Cuadro	5.15	Excedentes hídricos Chapiquiña (m3)	31
Cuadro	5.16	Chapiquiña volúmenes por embalsar y aumento en disponibilidad de agua	31

			Pág.
Cuadro	5.17	Ingreso esperado por estrategia de embalsamiento (miles de pesos). Chapiquiña	32
Cuadro	5.18	Ingreso esperado por estrategia de embalsamiento El Ingenio (miles de pesos)	33
Cuadro	5.19	Chapiquiña. Flujos marginales actualizados (miles de pesos)	34
Cuadro	5.20	El Ingenio. Flujos marginales actualizados (miles de pesos)	34
Cuadro	5.21	Diferencial de beneficios. Chapiquiña (miles de pesos)	35
Cuadro	5.22	Diferencial de beneficios El Ingenio (miles de pesos)	35
Cuadro	5.23	Superficies plantadas por estado, cultivo y suelo para la situación con embalsamiento (ha.)	36
Cuadro	5.24	Ingreso por estado para la situación con embalses (miles de pesos)	37
Cuadro	5.25	Efecto sobre las superficies cultivadas de estrategia de embalsamiento (hectáreas)	37
Cuadro	5.26	Aumento de superficies cultivadas por cultivo (hectáreas)	38
Cuadro	5.27	Ingresos (miles de pesos)	38
Cuadro	6.1	Dimensionamiento de zanjas	42
Cuadro	6.2	Análisis bromatológico de los recursos forrajeros	56
Cuadro	6.3	Estructura del rebaño	58
Cuadro	6.4	Ingreso por venta de animales	59
Cuadro	9.1	Operación de los programas	67
Cuadro	9.2	Distribución de los requerimientos de mano de obra	68
Cuadro	9.3	Secuencia de desarrollo de actividades	68
Cuadro	10.1	Flujo de caja del plan de desarrollo	72
Cuadro	10.2	Actualización de flujos mensuales (miles de pesos)	73

	Pág.
Cuadro A-2.1	Tasa de mortalidad y desnutrición infantil 1983 78
Cuadro A-2.2	Estado de la educación. Año 1982 79
Cuadro A-2.3	Comunicación vial 80
Cuadro A-3.1	Análisis de suelo de Chaquiña 85
Cuadro A-3.2	Sectorización por características de la cuenca Chapiquiña 86
Cuadro A-3.3	Superficies aproximadas por sector de uso actual 88
Cuadro A-3.4	Murmuntane, precipitación (mm.) 93
Cuadro A-3.5	Murmuntane, temperatura media (°C) 93
Cuadro A-3.6	Murmuntane, promedio de humedades relativas 94
Cuadro A-3.7	Murmuntane, evapotranspiración observada (mm.) 94
Cuadro A-3.8	Murmuntane, insolación (horas de sol/mes) 94
Cuadro A-3.9	Murmuntane radiación solar (Langley/día) valor promedio 94
Cuadro A-3.10	Calidad química de las aguas 102
Cuadro A-3.11	Histograma Quebrada El Ingenio 105
Cuadro A-3.12	Histograma Quebrada Chapiquiña 105
Cuadro A-3.13	Población por sexo y edad 109
Cuadro A-4.1	Caudales medios mensuales (Chapiquiña)(lt/seg) 113
Cuadro A-4.2	Caudales medios mensuales (El Ingenio)(lt/seg) 113
Cuadro A-4.3	Disponibilidad de agua Chapiquiña (m3/seg) 114
Cuadro A-4.4	Disponibilidad de agua El Ingenio (m3/seg) 114
Cuadro A-4.5	Cálculo evapotranspiración de cultivos (mm) 115
Cuadro A-4.6	Cálculos tasas de riego (m3) 115

INDICE DE PLANOS

		Pág.
Plano N°1	Zonificación de uso	14
Plano N°2	Plano de obra	41

INDICE DE MAPAS

		Pág
Mapa N°1	Mapa curvas de nivel	84
Mapa N°2	Uso actual	87
Mapa N°3	Mapa de pendientes	96
Mapa N°4	Mapa de procesos erosivos	103
Mapa N°5	Mapa vegetacional	107

INDICE DE FIGURAS

		Pág
Figura 5.1	Precipitación total anual y escorrentia total anual en Quebrada Ajata	18
Figura 5.2	Precipitación total anual (Belén) y escorrentia total anual en Quebrada Ingenio y Chapiquiña	19
Figura 5.3	Arbol de posibles combinaciones de situaciones presente /ocurrente	24
Figura 6.1	Canales de absorción	40
Figura 6.2	Diques transversales para el control de los cauces	46
Figura 6.3	Estructura de almacenaje	50
Figura A3.1	Curva Hipsométrica del Valle de Chapiquiña	98
Figura A3.2	Curva Hipsométrica. Quebrada El Ingenio	99
Figura A3.3	Curva Hipsométrica. Quebrada Chapiquiña	100
Figura A3.4	Curva Hipsométrica. Quebrada Gallune	101

1.- INTRODUCCION

Una de las características climáticas de la zona altiplánica y precordillerana de la Primera Región, es lo que se ha denominado el invierno altiplánico. Este fenómeno se manifiesta con lluvias intensas durante los meses de Diciembre a Abril, lo que contrasta con la sequedad del resto del año.

Este carácter estacional de las lluvias genera excedentes hídricos que produce en ocasiones crecidas importantes de los cauces de las cuencas precordilleranas de los cursos naturales de las aguas hasta su desembocadura en el mar. La estacionalidad climática produce incertidumbre con la principal actividad de las comunidades precordilleranas, que es la agricultura, debido al desconocimiento de las disponibilidades de agua para el riego de sus cultivos. Origina además, serios problemas de conservación de suelos a causa de la torrencialidad de las precipitaciones.

El problema que origina el invierno altiplánico en las comunidades precordilleranas de la Primera Región motivó al Proyecto CHI/08/017 de " Investigación y Desarrollo de Zonas Áridas y Semi-áridas de Chile" a generar un estudio, cuyos resultados permitieran un mejor aprovechamiento de los excedentes hídricos producidos por el invierno altiplánico. En esta forma se contribuiría a mejorar las condiciones de vida de las comunidades precordilleranas y paliar los problemas ocasionados por las crecidas de los cursos de agua. (Ver el Anexo 1 para una descripción detallada de los objetivos del estudio).

El estudio fué encomendado a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile y correspondió al contrato N° DP/CHI/83/017-3/FODO, y se denominó "Aprovechamiento de los excedentes hídricos provenientes del invierno altiplánico". Participó además el Centro de Estudio del Desierto de la Universidad Arturo Prat, formándose un equipo multidisciplinario para abarcar en mejor forma las complejidades de los sistemas precordilleranos de la Primera Región.

Como resultado de la actividad de este contrato, se elaboró un Plan de Desarrollo para la Cuenca de Chapiquiña, un tributario del Río San José. Esta cuenca se eligió como piloto para una futura ampliación de las medidas que se proponen a cuencas similares componentes del sistema de la hoya hidrográfica del Río San José.

La selección de la cuenca de Chapiquiña tuvo su origen en sus características geofísicas, sociales y económicas. En ella se presenta una población local en un estado de marginalidad que amerita una preocupación preferente del Estado para ayudar a su desarrollo. Esta cuenca tiene una superficie de 3.428 ha., de las cuales son potencialmente cultivables unas 127. El resto es de uso ganadero, forestal y de vida silvestre. Su población es de aproximadamente

130 personas.

En general puede indicarse que la cuenca de Chapiquiña es representativa del resto de las cuencas que componen el sistema. Su comunidad desarrolla actividades silvoagropecuarias con bajo grado de tecnificación, lo que origina producciones destinadas al autoconsumo y prácticamente en un nivel de subsistencia. Para mejorar esta situación, el estudio propone un plan de desarrollo para cuenca.

El plan de desarrollo hace una zonificación de la cuenca de acuerdo a las potencialidades y restricciones que presenta para diferentes usos. Para ello fue necesario conocer los recursos existentes, su capacidad de uso, la disponibilidad de agua y su consumo en diferentes alternativas de cultivos.

La relación entre producción agropecuaria y disponibilidad de agua se optimizó a través de la Programación Lineal a cuyos resultados fue necesario aplicar las probabilidades de ocurrencia de los diferentes eventos pluviales. Posteriormente se evalúa la posibilidad de embalsamiento de los excedentes hídricos, basado en el criterio de que los beneficios adicionales que se producirían debían al menos cubrir los costos de construcción de los embalses. Los resultados no fueron alentadores. Posteriormente se enuncian programas generales de acción orientados a mejorar el uso de los recursos disponibles y así mejorar la situación actual de la cuenca y su comunidad. Es necesario señalar que la implementación de este plan requiere de planes operativos específicos, cuyos alcances están fuera de los objetivos de este estudio.

Los programas enunciados son de manejo de la tierra con medidas tendientes a controlar el escurrimiento superficial; programa de producción agrícola que contempla acciones tendientes a mejorar el riego y sistema de cultivos; programa de producción ganadera donde se dan normas de uso de la pradera y manejo de la carga animal que soporta el área; programa de producción energético donde se propone el manejo de la queñoa y el desarrollo de plantaciones para así satisfacer la demanda por combustibles de la comunidad.

También se presentan programas con acciones generales de apoyo a las actividades, que significan el uso de los recursos de la cuenca. Ellos son: programa de extensión y comercialización con fines de capacitación en las labores agrícolas, ganaderas, forestales y de comercialización de sus productos; programas de investigación tendientes a establecer dispositivos que permitan conocer mejor el uso de los recursos y ; programa de operaciones donde se individualizan actividades y su localización en el tiempo.

Finalmente se hace una evaluación económica privada del plan a nivel de prefactibilidad. Para la evaluación se hace una estimación de los costos y los beneficios que se obtienen. En los beneficios fue necesarios hacer valoraciones indirectas, como es el caso del control

de la erosión. En esta evaluación, no fue posible contrastar el plan propuesto con la situación actual, debido a la falta de información de producción previa a este plan.

La evaluación se hizo para un horizonte de 20 años. Se calculó el VPN con 3 tasas de interés, 0,5 y 10%. En los dos últimos casos el VPN es negativo. La TIR es de 2.6%. Estos resultados indican que el Proyecto no soporta mayores inversiones, mirado desde un punto de vista local, debido a la baja productividad del área como consecuencia de las condiciones extremas en que se encuentran.

Un proyecto de esta naturaleza genera externalidades positivas aguas abajo, que son superiores a los costos que implica su implementación. Luego este proyecto tiene una factibilidad social que debe evaluarse, de tal forma que la Región realice las inversiones necesarias para las obras propuestas, que beneficiarán mayoritariamente al Valle de Azapa y la ciudad de Arica. La comunidad local debe considerarse en esta situación como beneficiaria indirecta del proyecto.

Como conclusión se espera que el Estado tenga un rol más activo en su papel de subsidiario en proyectos de este tipo, en donde se logrará resolver dos grandes problemas que afectan a la Región. El primero debido a los efectos negativos del invierno altiplánico sobre la infraestructura y actividades económicas de los valles inferiores y centros urbanos importantes. El segundo, la destrucción paulatina del recurso suelo de las cuencas superiores con los problemas sociales de migración y empobrecimiento de las comunidades que allí viven.

2. SELECCION DE LA CUENCA PILOTO

La selección de la cuenca piloto de Chapiquiña se realizó luego de un recorrido de la zona precordillerana de la Primera Región. Se seleccionó la cuenca, dentro de un sistema hidrográfico mayor, de acuerdo a los siguientes criterios:

- La cuenca elegida debe ser receptora de las aguas de lluvias que generen escurrimientos que produzcan problemas en zonas económicas de cierta importancia.
- Posea una actividad agrícola que aproveche los escurrimientos de las aguas lluvias a través de un manejo intenso de las mismas.
- Exista la posibilidad de mejorar las técnicas de aprovechamiento del escurrimiento superficial para incrementar la actividad agrícola, disminuyendo los excedentes actualmente producidos.
- Exista una población que manifieste interés en participar en programas que le signifiquen un mejoramiento de su situación actual.
- Accesibilidad fácil que permita una posterior implementación de plan que se proponga. Una buena accesibilidad permitirá una fluída demostración de los resultados, y así interesar su propagación a cuencas vecinas.

En el proceso de selección de la cuenca piloto se escogieron en primera instancia tres grandes sistemas hidrográficos de características diferentes en la región. Estos sistemas son la Quebrada de Azapa en el extremo Norte; la Quebrada de Camiña en la parte intermedia; y la Quebrada de Tarapacá como último sistema hidrográfico en la parte Sur de la Región. Cada uno de estos sistemas se analizó de acuerdo a los objetivos del estudio, seleccionándose la Quebrada de Azapa en donde se identificó la cuenca piloto.

Las razones que motivaron la selección del sistema de la Quebrada de Azapa, con su curso principal el río San José son las siguientes:

- El daño causado por las crecidas del río San José durante las lluvias del invierno altiplánico son significativamente superiores a los otros dos sistemas. Existe una infraestructura valiosa que es necesario proteger y una actividad económica muy costosa de interrumpir.
- Las subcuencas ubicadas en la precordillera andina, de las cuales se produce la captación de las aguas de lluvia, tienen vegetación natural susceptibles de manejar con fines de control de escurrimiento.
- Existe en las subcuencas comunidades que desarrollan actividades agrícolas aprovechando los recursos hídricos existentes. En los otros

sistemas, la actividad agrícola se desarrolla principalmente en valles del curso principal de las quebradas.

- Hay una accesibilidad fácil desde centros urbanos de importancia, como es el caso de la ciudad de Arica.

Seleccionado este sistema, se procedió a ubicar la cuenca piloto dentro de él, donde se desarrolló el plan que permitió cumplir con los objetivos del estudio. Las subcuencas factibles de utilizar fueron Tignamar, Belén y Chapiquiña. Aunque sus características son relativamente similares se procedió a elegir la de Chapiquiña por las siguientes razones:

- Posee una incidencia significativa en la generación del problema de las crecidas del invierno altiplánico.

- Posee una actividad agrícola que aprovecha las aguas de lluvias con un manejo bastante intenso de ellas. El mejoramiento de estas técnicas de manejo permitirán un incremento de la actividad agrícola y ganadera y una disminución del escurrimiento superficial.

- La población de la cuenca, aunque inconciente del problema, a manifestado interés en participar en programas que les signifique un mejoramiento de su situación actual.

- La accesibilidad a la cuenca es buena, lo que facilita una posterior implementación del plan que se proponga.

- Su superficie es de 3.428 hectáreas, lo que concuerda con las especificaciones de las bases de la licitación.

La subcuenca seleccionada se encuentra en la comuna de Putre y es una de sus principales localidades. Con el fin de tener una mejor visión de la situación relativa de Chapiquiña, se da en el Anexo 2 una descripción general de la Comuna de Putre.

3. DIAGNOSTICO DE LA CUENCA PILOTO

La cuenca del río Chapiquiña se encuentra ubicada en la comuna de Putre, la que pertenece a la Provincia de Parinacota de la Primera Región del país. Está enmarcada aproximadamente entre los 18° 20' y 18° 25' de Latitud Sur y entre los 60° 28' y 69° 35' de Longitud Oeste. Está inserta en la parte superior de la cuenca hidrográfica del río San José. Tiene una superficie de 3.428 hectárea.

Una descripción detallada de la geología, geomorfología, suelos, uso de tierra, clima, características morfométricas, erosión, hidrología, vegetación, fauna y la población humana, su educación, salud, viviendas, uso de energía, tenencia de la tierra y actividades económicas en la cuenca se presentan en el Anexo 3.

El acceso del área de estudio se realiza a través de dos vías principales:

- Un primer camino de acceso lo constituye una vía de tierra que se desvía desde la carretera panamericana, a unos 30 km al Sur de Arica, penetrando hacia el Oriente. Se llega a Chapiquiña por la parte Sur pasando por las localidades de Tignamar y Belén.
- Por la parte Norte, el acceso al área de estudio lo constituye un camino de tierra que se desvía desde el camino internacional Arica a La Paz a la altura de Zapahuira. Este camino conecta todos los centros poblados precordilleranos que se localizan desde Zapahuira hasta Tignamar.

El diagnóstico de la situación de la cuenca se hace teniendo presente los antecedentes recopilados sobre sus recursos, tanto a nivel de terreno como de oficina. En este punto se hace un análisis del uso actual y su relación con el uso potencial del suelo; se analiza el grado de conservación de suelos y aguas y la factibilidad económica de un posible desarrollo de la cuenca. En este sentido el diagnóstico se divide en los siguientes puntos:

3.1 Uso Actual y Uso Potencial de la Cuenca

El sistema de cultivo en la cuenca se desarrolla en la forma de terrazas, cultivos en laderas y fondos de valles con escasa pendiente. Este uso calza perfectamente con el uso potencial, más aún, puede indicarse que no existe un aprovechamiento total de las áreas potencialmente agrícolas. Se observan antiguas terrazas abandonadas por razones aún poco claras. Se aduce entre los habitantes del área falta de agua, pero puede deberse también a la falta de fuerza de trabajo que permita manejar mejor los recursos hídricos y los suelos disponibles.

La potencialidad de uso definida para esta zona implica una intensa modificación de las condiciones naturales de los suelos, principalmente en lo que a topografía se refiere. Es así como en suelos de altas pendientes se han construido terrazas, modificando localmente la pendiente y con ello la potencialidad de uso. En la actualidad se observa un alto deterioro de las terrazas, lo que implica obras de mejoramiento para su uso y aún ampliación del sistema existente.

El uso que se da a gran parte de la cuenca es el ganadero. Se trata de una ganadería intensiva que ha deteriorado la cubierta vegetal existente. Esto ocurre especialmente en las áreas aledañas al poblado con las consecuencias previsibles desde el punto de vista del equilibrio hidrológico.

En general, puede indicarse que existe una coincidencia entre uso actual y uso potencial. Existen problemas de conservación de estructura destinadas al cultivo y de manejo de ganado que están generando situaciones atentatorias a la conservación de suelos y aguas.

3.2 Conservación de Suelos y Aguas

Las características del régimen de lluvias que afecta a la cuenca y el uso que se da a los suelos son los factores que inciden en los procesos erosivos presentes. Es así como las condiciones degradadas de algunos sectores, en cuanto a cobertura vegetal, de la presencia de suelos muy delgados, no permiten una infiltración de la precipitación acorde a las intensidades de la misma. Esto provoca escurrimientos violentos con importante cantidad de arrastre de materiales.

La disponibilidad de agua para el riego está concentrada entre los meses de diciembre y septiembre, existiendo al final del período muy poco escurrimiento superficial. En contraste, durante los meses de diciembre a marzo hay un exceso de escurrimiento que provoca problemas de conservación de suelos. Frente a esta situación, se ve la necesidad de regular el flujo superficial a través de un mejoramiento de la infiltración de los suelos y del almacenamiento de agua, de tal forma que permitan el riego durante los períodos de sequía.

Unos de los aspectos que atenta contra la conservación de suelos y aguas en la forma como se efectúa el riego.

El método de riego usado es de tipo tendido, es decir, dejan escurrir la lámina de agua sobre la superficie de terreno. El estado actual de la mayoría de las terrazas y lo pronunciado de las pendientes, hacen muy inconveniente e ineficiente este método de riego. Esta condición hace más crítica la situación de escasez que ocurre durante los meses del período seco (septiembre, octubre, noviembre). La inconveniencia de este método radica en la gran acción erosiva que produce, agravándose ésto por las altas pendientes de los cultivos en

laderas y por la eficiente construcción de muchas terrazas.

Por la configuración geomorfológica de la cuenca, no existe llanura de pastoreo. Lo anterior, más insuficiente disponibilidad de forraje provenientes de las plantaciones de alfalfa, obligan a que el pastoreo sea básicamente de tipo extensivo, desarrollándose éstas en las laderas y las cumbres de los cerros. Este tipo de manejo del ganado, con una carga animal y una intensidad de pastoreo superior a lo que las praderas pueden soportar, a causado creciente deterioro de la cobertura vegetal protectora de los suelos. Ello origina procesos erosivos de importancia durante la época de lluvias.

Una ampliación de las áreas susceptibles de ser sometidas a cultivos agrícolas es muy factible y depende tan sólo de la disponibilidad de agua para el riego. Una regulación del flujo superficial y un mejoramiento de las técnicas de riego por ser un uso más eficiente del recurso hídrico, permitirá incorporar a cultivos antiguas terrazas en desuso. Esto implica además condiciones socioeconómicas diferentes que hagan atractiva la actividad agrícola del lugar.

En la cuenca existen dos fuentes de aguas principales, productos del escurrimiento permanente de las quebradas "El Ingenio" y "Chapiquiña". La primera, que es la más abundante, posee aguas salobres producto de una fuente termal existente en su curso. Esta situación limita considerablemente las posibilidades de cultivos en más del 50% de áreas disponible. La posibilidad de almacenar en pequeñas estructuras, aguas provenientes de la época lluviosa, permitiría contar con recursos hídricos de una menor concentración salina. Ello permitiría mejorar las condiciones de cultivo.

3.3 Situación Socio-económica

Los usos que se da a los terrenos cultivables de la cuenca son restringidos. Ello se manifiesta en lo limitado de los cultivos existentes. Las razones que origina esta situación son múltiples y entre ellos pueden mencionarse.

- Falta de conocimiento respecto a cultivos adaptables a las condiciones locales. Lo que hoy se cultiva es prácticamente lo mismo de hace 30 o más años. No existen experiencias locales que permitan ampliar los cultivos actuales.

- No hay programa de desarrollo subvencionados por el Estado que permitan mejorar los sistemas actualmente utilizados. Las posibilidades locales son prácticamente nulas para emprender cualquier programa de mejoramiento.

- Inexistencia de programas de transferencia tecnológica que permitan mejorar los sistemas con los escasos recursos disponibles.

- Estructuras de comercialización inadecuadas que conducen a una agricultura de autoconsumo, reduciendo los cultivos al mínimo.

La situación económica en general de la comunidad es mala. La economía de autoconsumo impide inversiones que permitan mejorar el nivel de ingresos. Contribuye a ésto además el nivel cultural existente, dificultando la adopción de nuevas técnicas que pudieran aplicarse en el área. Se ve la necesidad de incentivar el desarrollo, prioritariamente con asistencia crediticia y estructuras adecuadas de comercialización para los productos que se obtengan. En otras palabras, superar la economía de subsistencia existente.

Otro aspecto que atenta contra el desarrollo de la cuenca es la alta tasa de migración. Ello se manifiesta por la ausencia de la población del estrato de edad entre 15 y 40 años. La falta de expectativas hace migrar a la población joven, agudizándose el problema entre los que quedan al no haber mano de obra para incrementar la producción. Es necesario crear posibilidades económicas que hagan volver a los emigrados. No hay que olvidar que todos tienen sus raíces en Chapiquiña y vuelven a ella a lo menos una vez al año.

Finalmente, debe mencionarse que se observa un gran interés de la comunidad para mejorar su situación. Actualmente existe amplia participación en actividades comunitarias, las que pueden canalizarse hacia programas de desarrollo a través de una mejor utilización y manejo de aguas y suelos.

4.- ZONIFICACION DE LA CUENCA

La cuenca de Chapiquiña posee áreas de diferentes potencialidades para satisfacer los requerimientos que implica mejorar la productividad actualmente existente. Un plan de desarrollo debe identificar estas áreas, de tal forma, que se delinee las posibles actividades que se puedan ejecutar en cada una de ellas. En otras palabras, la cuenca fue zonificada de acuerdo a características homogéneas que presentan potencialidades o limitaciones para diferentes usos. El plano N°6 contiene la delimitación de las zonas definidas (pág. 14)

4.1 Definición, Objetivos, y Descripción de las Zonas.

Para una mayor claridad respecto a la delimitación de las diferentes zonas en que se dividirá la cuenca se define lo que se entiende por cada zona, sus objetivos y la descripción de cada una de ellas.

4.1.1 Zona de producción agrícola

Se entiende por zona de producción agrícola todas aquellas áreas que permitan el desarrollo de actividades agrícolas, ya sea sobre terrenos naturalmente aptos o con modificación de su pendiente en terrazas o curvas de nivel. Además pueden o no contar con sistema de riego artificial.

Los objetivos de uso de esta zona son aprovechar al máximo la potencialidad agrícola con el fin de producir bienes para la comunidad y para su comercialización externa, de tal forma de propender al mejoramiento del bienestar de los habitantes de la cuenca. Para cumplir con este objetivo se deben considerar los siguientes objetivos específicos:

- Proponer las obras de mejoramiento de la actual infraestructura agrícola.
- Mejorar el actual sistema de riego artificial.
- Buscar los cultivos más apropiados para alcanzar la mejor productividad de los terrenos.
- Proponer las técnicas de cultivos adecuadas a las especies que se seleccionen.

4.1.1.1 Descripción de la zona.

La zona de producción agrícola corresponde a los sectores 1 a 13 identificados en la descripción del uso actual de la cuenca. Incluye terrenos actualmente bajo cultivo y aquellos que son cultivados cuando las condiciones de riego lo permiten. En general esta zona corresponde a las laderas y partes bajas de las quebradas de

Chapiquiña y El Ingenio. La delimitación de la zona se encuentra en el Plano N°1 de Zonificación. Abarca una superficie de 188 ha.

4.1.2 Zona de producción ganadera.

La zona de producción ganadera comprende los terrenos con praderas naturales y que no están destinados a otros usos específicos. Son usados en forma comunitaria por la población del área.

Esta zona tiene como objetivo general producir una masa ganadera aprovechando el potencial existente. La zona además de constituirse en el medio de absorción del escurrimiento superficial generado en la época de lluvias, dada su extensión y características topográficas. El logro de estos objetivos implica considerar los siguientes objetivos específicos:

- Diseñar obras para inducir la absorción de las aguas de lluvias.
- Introducir especies forrajeras aprovechando la captación de humedad en las obras de absorción de las aguas de lluvias.
- Determinar la masa ganadera que permita el uso de la pradera mejorada sin deteriorarla.

4.1.2.1 Descripción de la zona

La zona de producción ganadera corresponde al área de la cuenca más allá de los límites de la zona agrícola y hasta la línea vegetacional. Su superficie presenta mayoritariamente fuertes pendientes y vegetación herbácea de temporada. Es en esta zona donde se produce la mayor captación de las aguas lluvias y por consiguiente es la fuente de los grandes escurrimientos superficiales. La zona excluye aquellas áreas donde actualmente hay importantes masa de queñoa, principalmente en la cuenca alta de la quebrada de Chapiquiña. La delimitación de la zona se encuentra en el Plano N° 1 y su superficie abarca 2.695 ha.

4.1.3 Zona de producción energética

La zona de producción energética corresponde a las áreas que actualmente poseen existencias maderables que están siendo usadas como fuente de energía para la población. También incluye áreas aptas para generar masas forestales destinadas a la producción de leña.

El objetivo principal de esta zona es aprovechar en forma sostenida y permanente el crecimiento natural de la queñoa con el fin de ser utilizado como combustible. Además introducir especies de rápido crecimiento en áreas cercanas al poblado y que presenten condiciones para ello.

Para alcanzar estos objetivos se consideran los siguientes objetivos específicos:

- Excluir del uso ganadero la zona de crecimiento de la queñoa para permitir su regeneración.
- Proponer normas para inducir una buena regeneración y crecimiento de la queñoa a fin de lograr el máximo aprovechamiento del sitio.
- Proponer normas para la extracción de la queñoa.
- Determinar especies susceptibles de ser introducidas con fines energéticos.
- Proponer normas para la implementación y manejo de las masas artificiales que se crearán.

4.1.3.1 Descripción de la zona

Esta zona se dividirá en dos sub-zonas determinadas por el tipo de especie que se aprovechará con fines energéticos. Estas son:

- Sub-zona Queñoa:

Corresponde al área superior de la quebrada Chapiquiña, en donde se encuentra una masa interesante de esta especie. Actualmente se presente una buena densidad y volumen maderable, permitiendo la extracción de leña por parte de los pobladores. Su superficie es de 500 ha.

- Sub-zona plantación:

Esta área se encuentra ubicada en la ladera Oeste del camino que pasa al pié del poblado y los terrenos del antiguo cementerio. En estas áreas hay actualmente ensayos de introducción de especies realizados por CONAF. La superficie de la sub-zona es de 45 ha.

La delimitación de esta zona se encuentra en el Plano N°1.

4.2 Resumen de Superficie por Zonas Definidas

El siguiente cuadro presenta las superficies destinadas a cada tipo de uso según zona.

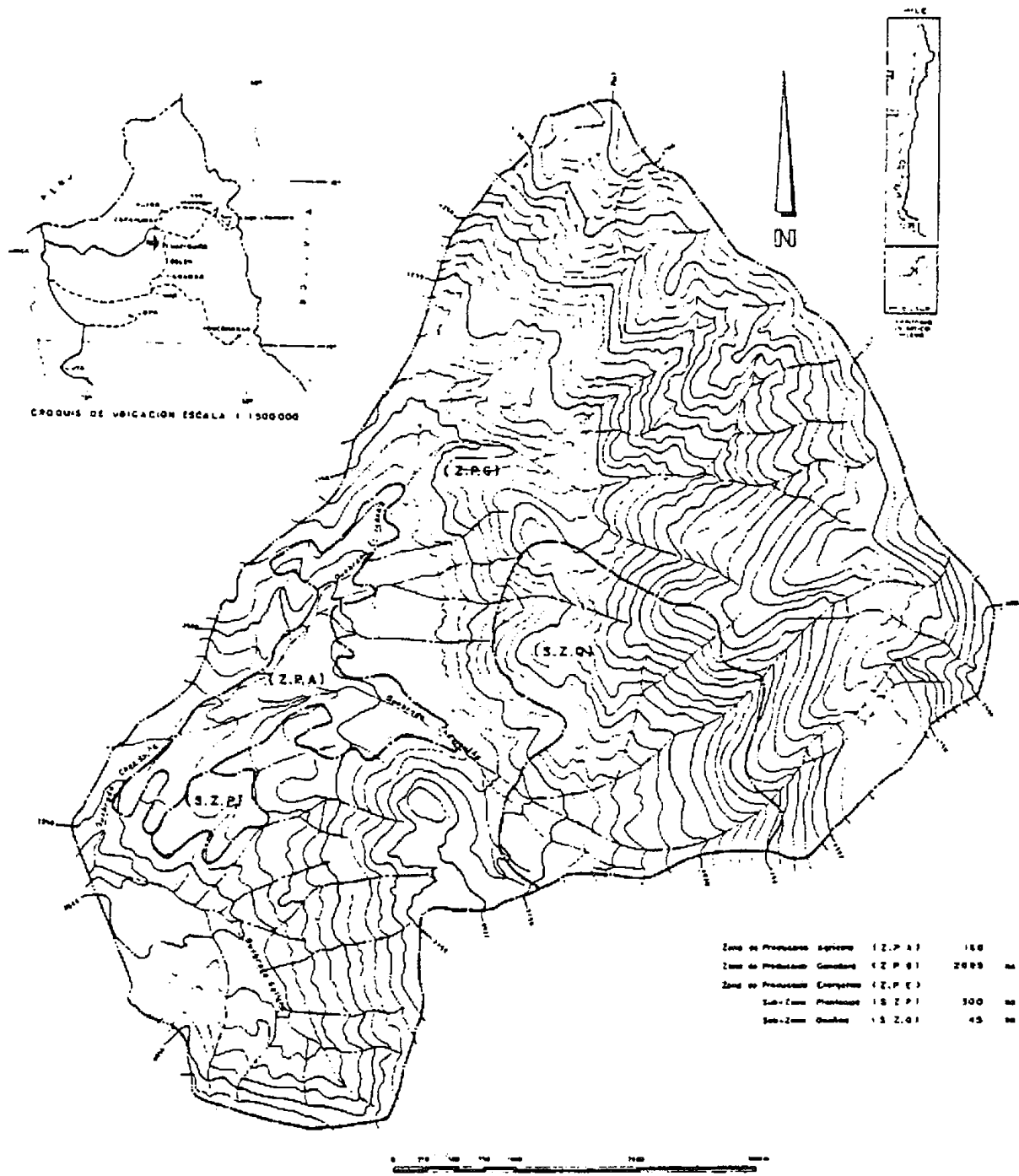
Cuadro N° 4-1: Superficies por zonas de uso

Zonas	Superficie (ha)
Agrícola	188
Ganadera	2.695
Energética - Queñoa - Plantación	500 45
Total	3.428

CONAF / PRUD / FAO / CHILE 63-17

ACTIVIDAD 1-6.1.3
APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES MÓRICOS
PROVENIENTES DEL INVIERNO ALTIPLÁNICO
PLANO DE ZONIFICACIÓN DE USO

UNIVERSIDAD DE CHILE
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
CENTRO DE ESTUDIOS DEL DESIERTO



CRONOGRAMA DE UBICACIÓN ESCALA 1:1500000

Zona de Producción Agrícola (Z.P.A)	100	ha
Zona de Producción Ganadera (Z.P.B)	2000	ha
Zona de Producción Campesina (Z.P.C)		
Sub-Zona Pastoreo (S.Z.P)	500	ha
Sub-Zona Ganadería (S.Z.Q)	45	ha

LEYENDA	SUPERFICIES	APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES MÓRICOS PROVENIENTES DEL INVIERNO ALTIPLÁNICO
Límites del Estado		CUERPO VALLE CHACABUCO
Límites de Zona		PLANO DE ZONIFICACIÓN DE USO
Cursos de Agua		
Cursos de Viento		
	Z.P.A 100 ha	
	Z.P.B 2000 ha	
	Z.P.C 945 ha	
	S.Z.P 500 ha	
	S.Z.Q 45 ha	
	S.Z.R 545 ha	
	SUPERFICIE TOTAL 3.420 ha	
		PLAN 1

5. DISPONIBILIDAD Y OPTIMIZACION DEL USO DEL RECURSO HIDRICO

Con el fin de entregar un esquema de cultivos que aproveche en la mejor forma la disponibilidad de agua, se requiere conocer en primer término su real disponibilidad. En este sentido se hace un estudio probabilístico de excedencias de determinados caudales, a los cuales se les aplica una estrategia de cultivos que producen un beneficio máximo. Posteriormente se procede a buscar una estrategia que aproveche en mejor forma los excedentes hídricos a través de un sistema de almacenaje que proporcione el máximo beneficio en base a la estructura de cultivos que se determine.

5.1. Disponibilidad de Agua

Con el propósito de planificar el desarrollo de la actividad agrícola en el área de estudio fué necesario evaluar adecuadamente los recursos hídricos existentes, lo cual se realizó para los dos subsistemas ya definidos en los estudios de crecidas: Quebrada El Ingenio y Quebrada Chapiquiña. Ambas unidades, con las consideraciones ya señaladas, son las que potencialmente están en condiciones de sostener actividad agrícola.

Es necesario señalar también que se consideraron únicamente las aguas superficiales sin tomar en cuenta el aporte termal que se incorpora a la Quebrada El Ingenio, como tampoco otros aportes menores incorporados a la Quebrada Chapiquiña, los cuales por su monto no constituyen recursos de interés.

Para la estimación de los recursos en el área de estudio, al no existir estadística de caudales medios mensuales, se debió recurrir a información existente en la Quebrada Ajata, cuya cuenca de una superficie de 525 ha. drena al Lago Chungará.

Al existir información pluviométrica tanto en Quebrada Ajata como en el área de estudio, el único supuesto que fué preciso utilizar fué considerar una misma producción específica de agua en ambos casos, aunque la producción específica en el área de Chapiquiña podría ser mayor debido a sus condiciones de relieve más abrupto. Con este supuesto se estaría subestimado los rendimientos, lo cual equivale a aumentar la seguridad en las proyecciones de la disponibilidad de agua.

5.1.1 Análisis de la información pluviométrica*

La estación más próxima a la Quebrada Ajata es Chungará la cual posee una estadística que, pese a ser corta (12 años), es muy consistente y

* Andrés Benítez G. 1975. Estudio hidrometeorológico de la cuenca del río Lauca y laguna Chungará. ENDESA.

ha sido utilizada para establecer un patrón representativo de las precipitaciones de la zona. Su relación con dicho patrón es:

$$\text{Chungará} = 0.989 \text{ patrón.}$$

En el área próxima a Chapiquiña existen dos estaciones, Murmuntane y Belén. La primera con una estadística de 9 años y la segunda con un período de 23 años. Correlaciones realizadas por ENDESA muestran a Murmuntane como magnitudes de un 25% más que Belén, considerándose una relación bastante homogénea pese a que la zona es influida por efectos locales de cierta importancia.

Con el objeto de hacer prevalecer un criterio conservador en la evaluación de los recursos hídricos se optó por utilizar la estación de Belén la cual junto con ofrecer una mayor estadística podría subestimar levemente los resultados.

El análisis de frecuencia para las estaciones de Chungará y Belén se realizó ajustando los valores anuales observados a una distribución Gumbel obteniéndose los resultados que a continuación se señalan y que aparecen en las Figuras N° 5.1 y 5.2 (Pág. 18 y 19 respectivamente)

Probabilidad de excedencia (%)	Precip.anual(mm)	
	Chungará	Belén
10	469	402
20	409	312
30	372	255
50	318	175
70	274	108
80	251	73

5.1.2 Análisis de la información pluviométrica*

La estadística de la Quebrada Ajata corresponde a una estimación de caudales medios mensuales que abarca el período 60/61 al 72/73. Esta información es solo aproximada ya que proviene de aforos esporádicos, los cuales permitieron trazar histogramas de caudales medios mensuales.

Con esa información disponible, 11 ó 12 valores por cada mes o año, se realizaron análisis de frecuencia ajustando analítica y gráficamente los valores a una distribución Gumbel.

Los recursos hídricos de las quebradas El Ingenio y Chapiquiña se estimaron transponiéndoles los caudales obtenidos en la Quebrada Ajata, suponiendo igual producción específica, lo cual se puede observar en las Figuras N° 5,1 y 5,2.

los caudales medios mensuales, como también los caudales mínimos anuales de las cuencas de Quebrada El Ingenio y Quebrada Chapiquiña, para las distintas probabilidades de excedencia se presentan en los Cuadros N° 5,1 y 5,2.

CUADRO N° 5-1: Caudales medios mensuales de la cuenca de la Quebrada El Ingenio (lt/seg)

Mes	Prob. de Excedencia (%)					
	10	20	30	50	70	80
Noviembre	18,94	13,70	10,57	6,42	3,40	2,05
Diciembre	20,54	14,99	11,67	7,22	3,92	2,42
Enero	60,65	41,68	30,67	16,66	7,27	3,58
Febrero	92,30	64,08	47,62	26,50	12,14	6,32
Marzo	80,62	56,95	43,03	24,91	12,24	6,88
Abril	49,07	35,75	27,77	17,12	9,26	5,69
Mayo	35,46	26,20	20,61	13,03	7,30	4,61
Junio	32,98	24,62	19,53	12,57	7,21	4,64
Julio	30,99	23,70	19,19	12,84	7,72	5,15
Agosto	25,56	20,06	16,57	11,51	7,22	4,95
Septiembre	25,61	19,53	15,77	10,51	6,30	4,18
Octubre	18,94	13,70	10,57	6,42	3,40	2,05
Anual Medio	36,56	27,79	22,39	14,85	8,89	5,85

* Andrés Benítez G. 1975. Estudio Hidrometeorológico de la cuenca del río Lauca y laguna Chungará. ENDESA.

FIGURA 5-1 PRECIPITACION TOTAL ANUAL Y ESCORRENTIA
TOTAL ANUAL EN QUEBRADA AJATA .

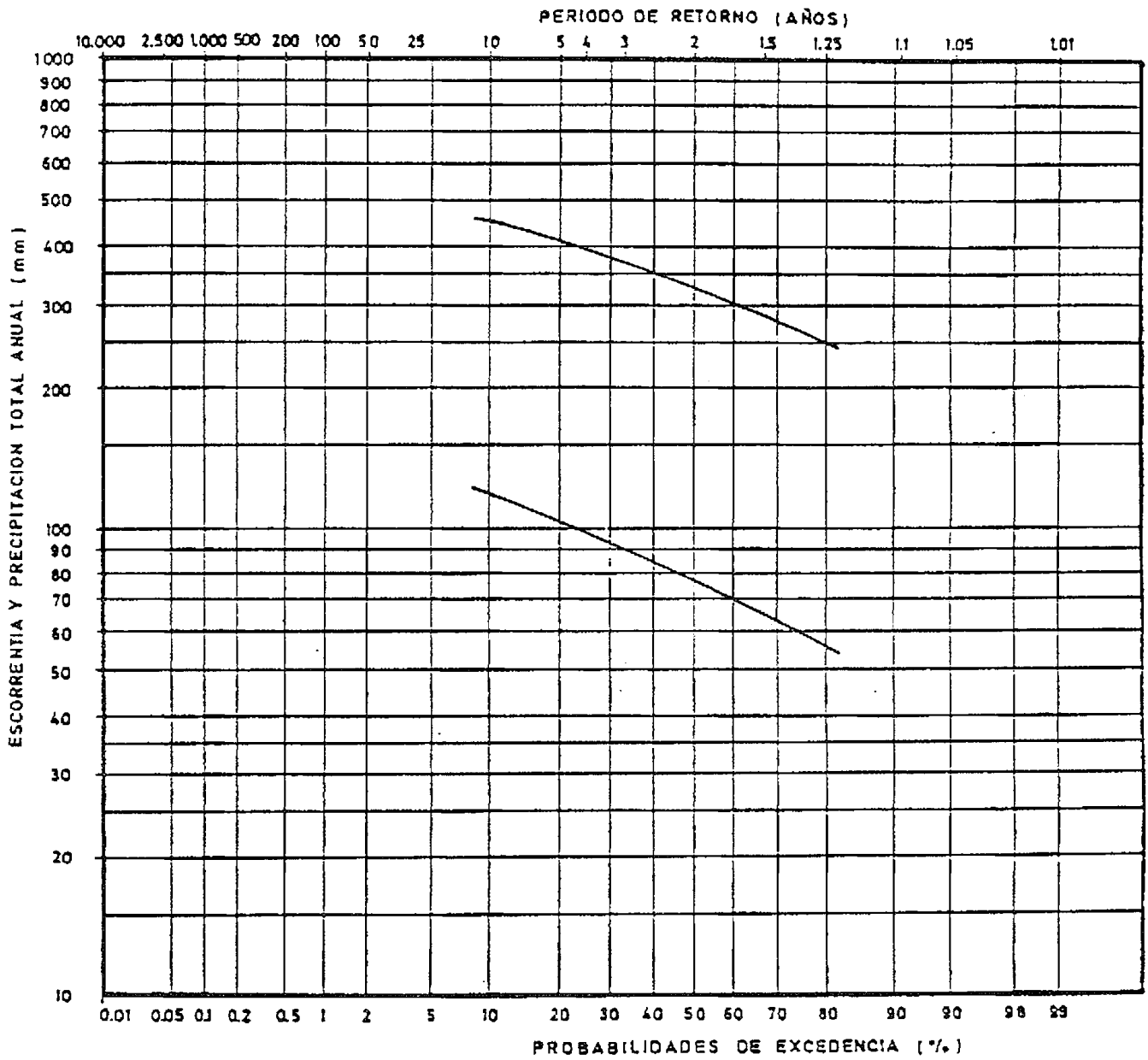
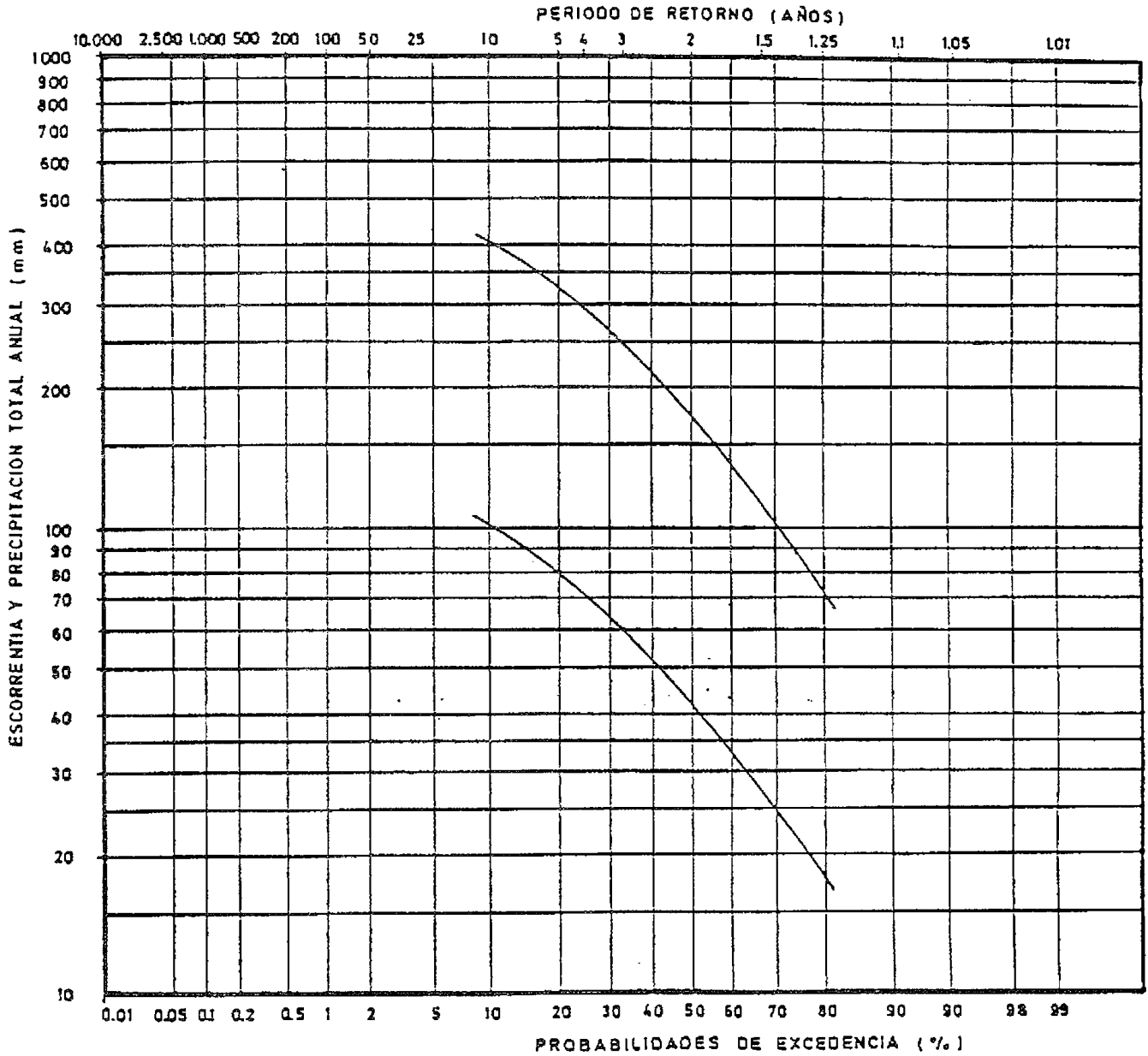


FIGURA 5-2 PRECIPITACION TOTAL ANUAL (BELEN) Y ESCORRENTIA TOTAL ANUAL
 EN QUEBRADA INGENIO Y CHAPIQUINA .



CUADRO Nº 5-2: Caudales medios mensuales de la cuenca de la Quebrada Chapiquiña (lt/seg)

Mes	Prob. de Excedencia (%)					
	10	20	30	50	70	80
Noviembre	11,43	8,27	6,38	3,37	2,05	1,24
Diciembre	12,40	9,05	7,04	4,36	2,37	1,46
Enero	36,61	25,15	18,51	10,05	4,39	2,16
Febrero	55,72	38,67	28,74	15,99	7,32	3,82
Marzo	48,66	34,37	25,96	15,03	7,38	4,15
Abril	29,62	21,57	16,76	10,33	5,58	3,43
Mayo	21,40	15,81	12,43	7,86	4,40	2,78
Junio	19,91	14,86	11,78	7,58	4,34	2,80
Julio	18,71	14,30	11,58	7,75	4,65	3,11
Agosto	15,43	12,10	10,00	6,95	4,35	2,99
Septiembre	15,46	11,79	9,52	6,34	3,80	2,52
Octubre	11,43	8,27	6,38	3,87	2,05	1,24
Anual Medio	22,07	16,77	13,51	8,96	5,36	3,53

5.2 Potencialidad Actual de Uso del Agua

En este punto se trata de optimizar el destino de las áreas cultivables de acuerdo a la disponibilidad de agua existente. Para ello se buscan los cultivos y la superficie que deben cubrir para lograr el máximo ingreso.

En el proceso de optimización se utilizó un modelo de programación lineal en que se trata de maximizar la utilidad de un programa de cultivos. La restricción del modelo está determinada por los requerimientos de agua de los cultivos y la disponibilidad de ella en el período vegetativo.

Para el cálculo de la utilidad de cada cultivo se tuvo en consideración los 13 tipos de suelos definidos en la cuenca, los que están condicionado los rendimientos de los diferentes cultivos. No se consideraron los suelos especificados con los números 5 y 6 por ser riego eventual y estar abandonados.

La disponibilidad potencial de agua es la máxima cantidad de agua que mensualmente se dispone para regar según una cierta probabilidad de excedencia. Se calcula a partir de los caudales medios mensuales de cada una de las subcuencas (Chapiquiña y El Ingenio) que componen la cuenca (ver Anexo 4, cuadros Nºs 4.1 y 4.2).

Con el fin de considerar la variabilidad en la disponibilidad hídrica que puede ocurrir entre un año y otro, los caudales se han agrupados según su propia probabilidad de excedencia. Esto queda expresado en el Cuadro N° 5-3.

CUADRO N° 5-3: Relación probabilidad de excedencia - estado hídrico.

Probabilidad de excedencia (%)	Estado
10	1
20	2
30	3
50	4
70	5
80	6

Para cada estado hídrico, el modelo de programación lineal calcula el esquema de cultivos que harán máximo el ingreso, dada una determinada disponibilidad hídrica, definida por el estado hídrico ocurrente. Los valores de disponibilidad hídrica, por mes y por estado están contenidos en los cuadros N° 4.3 (Chapiquiña) y N° 4.4 (El Ingenio) ambos del Anexo 4.

5.2.1 Requerimientos hídricos de los cultivos

Los requerimientos hídricos de los cultivos equivalen a las tasas de riego de cada uno de ellos. Estas se calcularon a partir de los valores de evapotranspiración correspondientes a la zona para cada uno de ellos (Cuadro N° 4.5 del Anexo 4). Las tasas de riego se expresan en metro cúbico para cada mes del año (Cuadro N° 4.6 del Anexo 4). La eficiencia de riego para el lugar se estimó en una 60%, calculándose a partir de este coeficiente las tasas reales de riego.

5.2.2 Optimización del uso del agua

Antes de proceder a la optimización del sistema, se le hicieron dos modificaciones a los datos del problema:

a. Disminución de las tasas de riego

Partiendo del supuesto que el agua disponible es insuficiente para regar toda la superficie cultivable, se consideró disminuir las tasas de riego óptimas de los cultivos, buscando con esto aumentar la superficie posible de ser regada. Lo anterior implica que bajan los rendimientos, pero éstas son compensadas con las mayores superficies

cultivadas, lo cual permitió una mejor solución para el problema.

b. Superficies mínimas

Para asegurar una mejor distribución del agua en los distintos suelos de la cuenca, se definió una superficie mínima a ser cultivada por cada tipo de suelo. Se hicieron dos restricciones específicas, una para los estados 1 al 5 y otra para el estado hídrico 6 (el más seco) con el fin de considerar la menor disponibilidad hídrica existente.

5.2.3 Utilidad global del sistema productivo

El modelo de programación lineal, calcula, para cada estado hídrico, una estrategia óptima de cultivos, obteniéndose así, seis valores de ingresos, uno por cada estado. Estos valores deben ser llevados a uno que englobe a todos los estados y refleje el resultado total del sistema.

Antes de calcular el valor anterior, hubo que enfrentar la decisión sobre qué cultivos sembrar se hace durante Septiembre-Octubre de un año, ya que sólo durante el mes de Enero-Febrero se sabe el estado hídrico, es decir se toma una decisión sin saber realmente que ocurrirá. Lo anterior puede producir dos tipos de situaciones:

- Que ocurra un estado hídrico con la misma disponibilidad de agua o una mayor. En ambos casos no habrá mayores problemas. Es más, en el segundo de los casos, podrán sembrarse cultivos de período vegetativo corto.

- Que ocurra un estado hídrico más seco que el presente, lo cual producirá dos consecuencias:

- Habrá una menor superficie regada, perdiéndose los insumos usados.

- Habrá menores ingresos por combinaciones de cultivos no considerados por el estado hídrico actual.

Los montos gastados hasta Diciembre y que serán perdidos en caso que no se rieguen esas superficies son los siguientes:

CUADRO Nº 5-4: Pérdidas por menor superficie regada (miles de \$/ha)

Cultivo	Pérdida
Alfalfa	19
Orégano	28
Papa	81
Maíz	55

De lo anterior se desarrolla una matriz de ingresos que considera las distintas combinaciones posibles, cuando ocurre un estado diferente al que se tomó la decisión.

Dada que la ocurrencia de cada estado tiene una determinada probabilidad, esta debe ser considerada para calcular el ingreso esperado de cada estado hídrico.

CUADRO Nº 5-5: Probabilidad de ocurrencia de cada estado hídrico

Estado hídrico	Probabilidad de ocurrencia (%)
1	10
2	10
3	10
4	20
5	20
6	30

La probabilidad de ocurrencia de cada estado, contenida en el Cuadro Nº 5.3, se calcula a partir de la probabilidad de excedencia del Cuadro Nº 5.3. Así, el estado 1, tiene un 10% de probabilidad que ocurran situaciones con caudales mayores o iguales a los definidos, por lo tanto, este estado discreto tiene un 10% de probabilidad de ocurrencia.

El estado 2 tiene un 20% de probabilidad de excedencia, pero este considera el 10% de excedencia del estado 1. Por consiguiente, la probabilidad de ocurrencia de este estado sólo es de un 10%. El estado 4 tiene 50% de probabilidad de excedencia pero contempla los estados 1, 2 y 3 de 10% de ocurrencia de cada una, por consiguiente éste tendrá probabilidad de ocurrencia de 20%. Lo mismo ocurre para los demás casos.

La situación anterior puede captarse en mejor forma a partir de la Figura 5.3

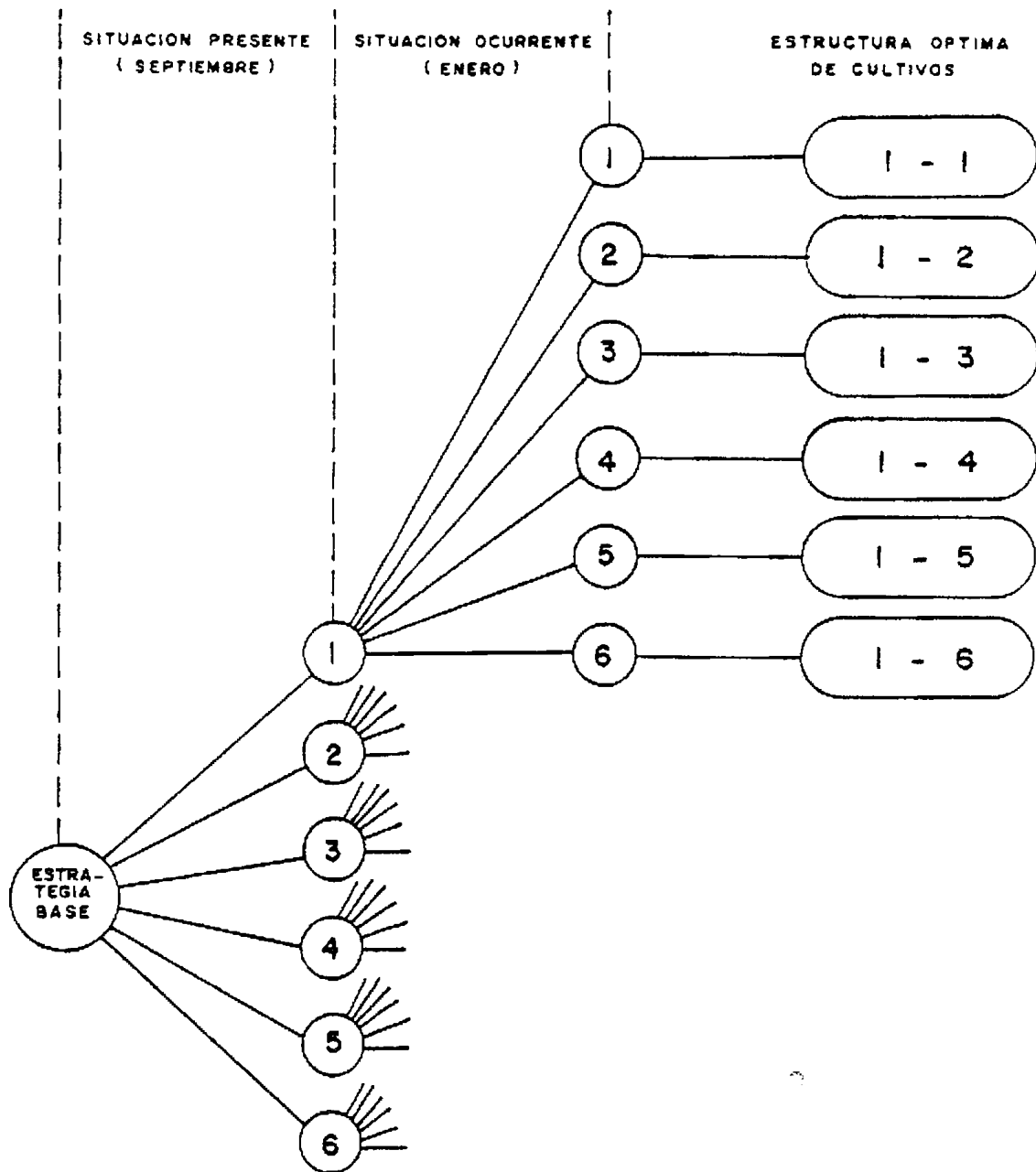


FIGURA 5-3 : Arbol de posibles combinaciones de situaciones presente/ocurrente.

Durante el mes de Septiembre, y dependiendo de los caudales existentes, que son consecuencia de las lluvias ocurridas durante enero-marzo, se tomará la decisión sobre qué, cuánto y dónde sembrar, existiendo 6 situaciones posibles, cada una dependiendo del estado hídrico presente. Durante enero, cuando ya los cultivos han sido sembrados, recién se sabrá cual es el estado ocurrente, siendo estos 6 los posibles. De la relación estado hídrico presente/ocurrente será la decisión óptima a seguir por el agricultor.

5.2.4 Uso óptimo actual del agua (condiciones de preinversión)

El uso óptimo actual es el uso más económico del agua para la situación en la cual no ha sido construída ninguna obra de regulación. Esta es llamada situación actual o estrategia base.

El uso más económico del agua está determinado por aquella combinación de cultivos sembrados, a través de la cuenca, que hará máximo el retorno económico generado por el empleo de una determinada cantidad de agua, cantidad que, a su vez, está en función del estado hídrico.

En el Cuadro N° 5.6 se presentan cuales son las superficies, por estado, cultivo y suelo que harán un uso más económico del agua para la estrategia.

CUADRO N° 5-6: Estrategia base. Superficie por estado, cultivo y suelo (ha.)

Cultivo	Estado Hídrico					
	1	2	3	4	5	6
ALF 1	1,93	1,93	--	0,2	--	--
ORE 1	--	--	0,2	--	--	--
PAP 1	--	--	--	--	0,70	--
MAI 1	--	--	--	--	--	0,2
ALF 2	8,63	6,13	--	1,1	--	0,67
ORE 2	1,03	4,88	2,55	--	2,11	--
PAP 2	2,03	0,70	--	--	--	--
MAI 2	--	--	0,45	1,9	0,89	1,33
ALF 3	--	--	--	1,0	--	--
ORE 3	10,82	10,82	--	--	--	--
PAP 3	--	--	--	--	--	0,53
MAI 3	3,0	3,0	2,13	--	1,0	0,47
ALF 4	14,37	4,0	4,0	4,0	4,0	--
ALF 7	--	--	--	--	--	0,50
ORE 7	2,39	2,39	2,39	--	--	--
PAP 7	--	--	--	1,29	--	--
MAI 7	--	--	--	1,10	1,0	--
ALF 8	--	--	--	2,32	1,89	1,0
ORE 8	16,03	14,73	13,6	--	--	--
PAP 8	--	1,30	2,0	0,49	--	--
MAI 8	--	--	0,43	--	0,11	--
ALF 9	2,67	2,67	2,67	1,0	1,0	--
ALF 10	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	--
ALF 11	--	--	6,35	2,38	--	2,0
ORE 11	24,33	10,7	17,98	11,85	2,89	--
PAP 11	--	--	--	--	0,11	--
ORE 12	19,07	19,07	19,07	18,85	5,97	4,89
PAP 12	--	--	--	0,22	1,19	0,47
ALF 13	16,82	11,85	2,84	1,0	1,0	--
Total	123,63	94,66	77,16	49,21	24,36	12,06

Las distintas combinaciones de cultivos consideradas en el Cuadro N° 5-6, generan distintos montos de ingresos, los cuales están en relación a la cantidad de agua disponible para el riego.

En el Cuadro N° 5-7, se muestran cuales son los ingresos que genera cada combinación de cultivo, en otras palabras, los ingresos generados durante cada estado hídrico.

CUADRO N° 5-7: Ingresos por estado hídrico.

Estado hídrico	Ingreso \$
1	24.214.700
2	19.502.100
3	16.565.700
4	10.139.900
5	4.440.550
6	2.223.450

Los valores de ingresos contenidos en el Cuadro N° 5-7, corresponden a aquellos que ocurren cuando el estado hídrico ocuriente a partir de enero del año siguiente, posee una cantidad de agua mayor o igual que la existente durante el período en el cual se toma la decisión. Cuando ocurre un estado hídrico con menor disponibilidad hídrica que el estado base, se producirá una merma en los ingresos por dos causas: una, debido a las menores superficies que podrán ser regadas, con la consecuente pérdida de semillas, fertilizantes y otros insumos usados hasta el momento; la otra razón, es que durante el estado hídrico ocuriente pueden darse combinaciones de cultivos no consideradas en el estado base, produciéndose una pérdida por menor ingreso.

En el Cuadro N° 5-8, y a partir del Cuadro N° 5-6 se muestran cuales son las superficies plantadas por cultivo y estado.

CUADRO N° 5-8: Superficies plantadas por cultivos y estado (ha.)

Cultivo	Estado Hídrico					
	1	2	3	4	5	6
Alfalfa	44,92	27,08	16,36	13,5	8,39	4,17
Orégano	73,67	62,58	55,79	30,7	10,97	4,89
Papa	2,03	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0
Maíz	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0
Total	123,63	94,66	77,16	49,21	24,36	12,06

Basándose en la Figura 5-3, se aprecia que son 36 las posibles combinaciones estado base/estado ocurrente, pero para el análisis sólo son relevantes aquellas combinaciones en las cuales el estado ocurrente presenta menos agua disponible que el estado base.

El Cuadro N°5-9, desarrollado a partir del cuadro N°5-8, se define cual es la superficie que debiera dejar de regarse de cada cultivo cuando el estado base es el 1 y ocurre en estados hídricos de menos disponibilidad (2,3,4,5,6).

CUADRO N°5-9: Menores superficies cultivadas. Base estado 1 (ha)

Cultivo	Estado ocurrente				
	2	3	4	5	6
Alfalfa	17,8	28,56	31,42	36,53	40,75
Orégano	8,08	17,9	43,6	62,7	68,78
Papa	0,03	0,03	0,03	0,03	1,03
Maíz	---	---	---	---	1,0

En el Cuadro N° 5-4 se incluye la pérdida por menor superficie regada. El Cuadro N° 5-10 se obtiene de multiplicar los valores del Cuadro 5-4 por sus equivalentes del Cuadro N°5-9.

CUADRO N° 5-10 : Menores ingresos. Base estado 1 (miles de pesos)

Cultivo	Estado ocurrente				
	2	3	4	5	6
Alfalfa	339	543	597	694	774
Orégano	226	501	1.221	1.756	1.926
Papa	2	2	2	2	57
Maíz	---	---	---	---	81
Total	567	1.046	1.820	2.452	2.838

Una metodología similar a la empleada para el estado base 1, se sigue para los otros estados, cuando estos son base y ocurre un estado de menor disponibilidad hídrica que la usada para la toma de decisiones.

En el Cuadro N° 5-11 se resumen los valores de menores ingresos derivados de las distintas combinaciones estado base/ocurrente.

CUADRO Nº 5-11 : Disminución de los ingresos (miles de pesos)

Estado ocurrente	Estado Base				
	1	2	3	4	5
2	557	0	0	0	0
3	1.046	478	0	0	0
4	1.820	1.253	774	0	0
5	2.452	1.384	1.406	632	0
6	2.838	2.271	1.793	1.018	386

A partir de los valores contenidos en el Cuadro Nº 5.11 se calcularon los valores de ingresos para cada combinación estado base/ocurrente. Los resultados se presentan en el Cuadro Nº 5-12.

CUADRO Nº 5-12 : Ingresos resultantes de cada combinación estado base/ocurrente (miles de pesos).

Estado ocurrente	Estado Base					
	1	2	3	4	5	6
1	24.214,7	19.502,1	16.565,7	10.139,9	4.440,6	2.223,5
2	18.935,1	19.502,1	16.565,7	10.139,9	4.440,6	2.223,5
3	15.519,7	16.087,7	16.565,7	10.139,9	4.440,6	2.223,5
4	8.319,9	8.886,9	9.365,7	10.139,9	4.440,6	2.223,5
5	1.988,6	2.556,6	3.034,6	3.808,6	4.440,6	2.223,5
6	(614,5)	(47,5)	430,5	1.205,5	1.837,5	2.223,5

Por último, para conocer cual es el valor de ingreso esperado de la estrategia base, se calculó el ingreso esperado de cada estado base, y a partir de estos valores, se calculó el ingreso esperado de la estrategia.

CUADRO Nº 5-13: Ingreso esperado por cada estado base (miles de pesos)

Estado ocurrente	Estado Base					
	1	2	3	4	5	6
1	2.421,5	1.950,2	1.656,6	1.014,0	444,1	222,4
2	1.893,5	1.950,2	1.656,6	1.014,0	444,1	222,4
3	1.552,0	1.608,8	1.656,6	1.014,0	444,1	222,4
4	1.664,0	1.777,4	1.873,2	2.028,0	888,2	444,6
5	397,8	511,3	606,9	761,7	888,2	444,6
6	(184,5)	(14,3)	129,2	361,7	551,3	667,1
INESP	7.744,2	7.783,6	7.579,1	6.193,4	3.660,0	2.223,5

El ingreso esperado estrategia equivale a la sumatoria de los ingresos esperados de cada estado base por la probabilidad de ocurrencia del estado mismo.

CUADRO N° 5-14 : Ingreso esperado de estrategia base (miles de pesos)

Estado base	INESP	INESP x P0
1	7.744,3	774,4
2	7.783,6	778,4
3	7.579,1	757,9
4	6.193,4	1.238,7
5	3.660,0	732,0
6	2.223,5	667,1
INGESP		4.948,5

5.3 Aprovechamiento de Excedentes Hídricos.

El aprovechamiento de los excedentes hídricos producidos en la actual situación de cultivos, se puede efectuar por medio de obras de almacenamiento, lo que permitirá ampliar las superficies actuales bajo cultivo. En este sentido se procede a determinar el volumen óptimo de almacenaje basado en que la inversión necesaria sea cubierta por los ingresos adicionales que produce la obra.

5.3.1 Cálculo de almacenaje óptimo

Dado que la cuenca de Chapiquiña está constituida por dos subcuencas, Chapiquiña y El Ingenio, las cuales no interactúan entre sí, se hizo un análisis por separado de cada una de ellas.

Los excedentes hídricos son las cantidades de agua disponibles que exceden las demandas generadas por la estrategia base. Para el caso de la subcuenca Chapiquiña, los excedentes son el resultante de restar a las disponibilidades hídricas, las demandas hídricas que tiene esta subcuenca en la estrategia base. En el Cuadro N° 5-15 están contenidos por mes y estado, los excedentes hídricos de esta subcuenca.

DOCUMENTO DE TRABAJO N°11. 1987.

R.Schlatter, R. Murúa, J. Oltremari: Diagnóstico de la situación actual en la fauna silvestre (Aves y Mamíferos) más característica que habita entre la II y VII Región Administrativa de Chile.

DOCUMENTO DE TRABAJO N°12. 1987.

R.Schlatter, R. Murúa, J. Oltremari: Bibliografía seleccionada de aves y mamíferos silvestres que habitan entre la II y la VII Región de Chile.

DOCUMENTO DE TRABAJO N°13. 1988.

Manuel Contreras S.,: Plan de desarrollo para la cuenca Chapiquiña.

CUADRO Nº 5-15 : Excedentes Hídricos Chapiquiña (m3)

Mes	Estado hídrico					
	1	2	3	4	5	6
ENE	25.512	14.322	8.446	1.958	-	-
FEB	65.384	42.779	30.060	14.145	7.459	2.489
MAR	52.238	41.987	30.477	15.805	9.697	3.751
ABR	9.225	5.043	3.169	1.551	5.278	2.260
MAY	--	--	--	416	6.078	3.384
JUN	13.169	10.178	8.257	6.013	7.177	4.982
JUL	22.948	18.297	15.292	11.207	9.477	6.904
AGO	7.068	7.225	6.987	6.524	7.997	6.049
SEP	4.745	4.359	4.363	3.218	4.860	1.166
OCT	762	299	262	--	-	75
NOV	299	--	--	--	151	661
DIC	--	--	--	660	635	2.495

Se tomó como antecedente de excedente para almacenar a los existentes durante los meses de enero a abril. Los excedentes almacenados serán usados durante los meses de mayo a diciembre. Esta mayor disponibilidad de agua implicará que se podrá incrementar en un determinado porcentaje la superficie bajo riego y, por lo tanto la demanda de agua. Lo anterior hace que los excedentes disponibles sean, para el caso de la subcuenca Chapiquiña, menores que los contenidos en el Cuadro Nº 5-15 debido al mayor consumo o demanda de agua derivada de la mayor superficie cultivada durante los meses de almacenamiento, es decir, de enero a abril.

En el Cuadro Nº 5-16 se expresa por estado, el mayor volumen posible de ser embalsado por estado hídrico.

CUADRO Nº 5-16 : Chapiquiña. Volúmenes por embalsar y aumento en disponibilidad de agua.

Estado hídrico	Volumen por embalsar (m ³)	Aumento de disponibilidad (%)
1	79.606	36,5
2	52.722	31,6
3	37.933	28,8
4	18.754	22,8
5	10.512	40,1
6	2.799	27,4

A partir del cuadro anterior, para la subcuenca Chapiquiña se definen 6 estrategias. Cada estrategia consiste en almacenar una cantidad de agua determinada por el máximo volumen posible de ser embalsado durante cada estado. Cada estrategia de embalsamiento genera un determinado ingreso esperado. De comparar los ingresos esperados anteriores con el equivalente de la estrategia base, se podrá saber el efecto en el medio que tiene en llevar a cabo una determinada obra de riego.

5.3.1.1 Estrategia de almacenamiento. Quebrada Chapiquiña

Tal como se dijo anteriormente, se definieron 6 estrategias de almacenamiento de agua, cada una de ellas está en función al mayor volumen posible de ser almacenado durante cada estado hídrico (ver Cuadro N° 5-16).

Las estrategias se denominaron de la siguiente forma: E1, E2, E3, E4, E5 y E6.

Dado que el 100% de los suelos disponibles pueden ser regados durante el estado hídrico 1 con el agua embalsada durante el estado hídrico 2, se define una estrategia E1/E2 que consiste en embalsar la cantidad definida durante el estado hídrico 2 (52.722 m³). En otras palabras, si se embalsará una cantidad mayor que 52.722 m³, no podrá generarse durante el estado hídrico 1, un aumento en el ingreso vía aumento de las superficies bajo cultivo.

Para el cálculo del ingreso esperado de cada una de las estrategias de almacenamiento (E1/E2, E3, E4, E5 y E6) se siguió la misma metodología definida para el cálculo del ingreso esperado de la estrategia base (ver punto 5.2.4.).

En el Cuadro N° 5-17 se muestran cuales son los ingresos esperados de cada una de las estrategias de embalsamiento.

CUADRO 5-17: Ingreso esperado por estrategia de embalsamiento (miles de pesos). Chapiquiña

Estrategia	INGESP
E1/E2	5.872,4
E3	5.812,4
E4	5.775,0
E5	5.715,4
E6	5.517,6

5.3.1.2. Estrategia de almacenamiento. Quebrada El Ingenio

Siguiendo la misma metodología definida anteriormente (ver el punto 5.2.4), para la obtención del ingreso esperado de la estrategia base, se obtienen los valores de ingreso esperado para cada una de las estrategias de embalsamiento en la Quebrada El Ingenio.

En el Cuadro 5-18 están contenidos los valores de ingresos esperado para cada una de las estrategias de almacenamiento en El Ingenio.

CUADRO N° 5-18: Ingreso esperado por estrategia de embalsamiento. El Ingenio (miles de pesos).

Estrategia	INGESP
E1/E2	6.053,5
E3	6.040,6
E4	6.026,2
E5	5.838,5
E6	5.542,2

5.3.2. Costos de embalsamiento

Para el cálculo de los costos de embalsamiento se definió una función de costos de una estructura de las siguientes características:

- Forma: Polígono regular inscrito a una circunsferencia.
- Muros: 2,5 m de altura para entregar una altura útil de 1,8 m.
- Volumen de obra: cada metro lineal equivale a 3,2 m³ de obra.
- Costo: \$ 7.700 por m³ de obra.

La función de costos utilizada, da el costo total de embalsar un determinado volumen de agua. Ella es:

$$CAT = 49.280 \times K \times \sqrt{VA}$$

Donde:

K = Coeficiente que depende del número de lados del polígono y la altura efectiva de embalse.

VA = Volúmen de agua embalsado en metros cúbicos.

5.3.3 Beneficios marginales actualizados

Este concepto expresa el aumento de los ingresos esperados derivados de la realización de una determinada obra, en comparación con la situación sin obra. El flujo de beneficios se actualiza a una tasa de descuento de 10% y a un horizonte de trabajo por 20 años.

Los valores para cada una de las cuencas son los siguientes:

CUADRO N° 5-19: Chapiquiña. Flujos marginales actualizados (miles de \$)

Estrategia	Vol. embalsado (m ³)	Ingreso esperado	Ingreso est. base	Aporte marginal	Flujo actualizado
1-2	52.722	5.872,4	4.984,5	923,9	7.866.000
3	37.933	5.812,8	4.948,5	864,3	7.358.000
4	18.754	5.775,0	4.948,5	826,5	7.037.000
5	10.512	5.715,4	4.984,5	766,9	6.530.000
6	2.799	5.517,6	4.948,5	569,1	4.845.000

CUADRO N° 5-20: El Ingenio. Flujos marginales actualizados (miles de \$)

Estrategia	Vol. embalsado (m ³)	Ingreso esperado	Ingreso est. base	Aporte marginal	Flujo actualizado
1-2	91.071	6.053,5	4.948,5	1.105	9.408.000
3	62.669	6.040,4	4.948,5	1.091,9	9.297.000
4	29.616	6.026,2	4.948,5	1.077,7	9.175.000
5	9.931	5.838,5	4.948,5	890	7.576.000
6	5.642	5.642,2	4.948,5	693,7	6.008.000

5.3.4. Dimensionamiento del almacenaje

Para el análisis de los volúmenes óptimos a embalsar, se consideraron 2 plantas tipo para las obras, una de 4 lados y otra de 8 lados.

Como la función de costos de embalsamiento indica un menor costo con

el aumento del número de lados, se presenta aquí el cálculo para el embalse de ocho lados.

CUADRO N° 5-21: Diferencial de beneficios. Chapiquiña (miles de \$)

Volumen (m ³)	Flujos (1) actualizados	Costo embalsamiento	Diferencial
52.722	7.866	15.352	- 7.486
37.933	7.358	13.023	- 5.665
18.754	7.037	9.157	- 2.120
10.512	6.530	6.855	- 325
5.000	6.167	4.728	1.439
4.000	5.827	4.229	1.598
3.000	5.389	3.662	1.727
2.799	4.845	3.537	1.308
1.000	2.645	2.114	531

(1) Montos máximos a ser invertidos.

Del cuadro se concluye que almacenando 3.000 m³ se logra el mayor beneficio de la construcción de obras.

CUADRO N° 5-22: Diferencial de beneficios. El Ingenio (miles de \$)

Volumen (m ³)	Flujos actualizados	Costos embalsamiento	Diferencial
91.071	9.408	20.178	-10.770
62.669	9.297	16.738	- 7.441
29.616	9.175	11.507	- 2.332
9.931	7.576	6.663	913
5.642	6.008	5.022	986
4.000	5.487	4.229	1.258
3.000	5.068	3.662	1.406
2.000	4.272	2.990	1.282

En este caso, también el volumen por almacenar que producirá la mayor diferencial de beneficios será de 3.000 m³.

4. Estructura Optima de Cultivos

En el punto anterior se determinó que el volumen de almacenamiento que generaba el mayor retorno por m³ de agua embalsada era de 3.000 m³, siendo este mismo volumen tanto para la subcuenca de Chapiquiña como para la subcuenca de El Ingenio.

En el Cuadro N° 5-23 se muestran cuales son las superficies plantadas por estado, cultivo y suelo que permiten el uso más económico del agua.

CUADRO Nº5-23: Superficies plantadas por estado, cultivo y suelo para la situación con embalsamiento (hectáreas).

Cultivo	ESTADO					
	1	2	3	4	5	6
ALF1*	1,93	1,93	-	-	-	-
ORE 1	--	-	0,2	-	1,38	0,2
MAI 1	--	-	-	0,2	-	-
ALF 2	8,35	6,27	-	-	-	-
ORE 2	1,35	4,28	3,0	11,7	3,0	2,0
PAP 2	2,0	0,75	-	-	-	-
ORE 3	11,59	10,82	0,18	-	-	1,0
PAP 3	--	-	-	-	1,17	-
MAI 3	2,23	3,0	2,63	1,63	-	-
ALF 4	15,88	4,0	4,0	4,0	4,0	-
ALF 7	--	-	-	-	-	0,5
ORE 7	1,62	2,39	2,39	-	-	-
PAP 7	--	-	-	1,18	-	-
MAI 7	0,77	-	-	1,22	1,0	-
ALF 8	--	-	-	2,51	1,81	1,0
ORE 8	16,03	14,78	13,56	0,25	-	-
PAP 8	--	1,25	2,0	0,78	-	-
MAI 8	--	-	0,37	-	0,19	-
ALF 9	2,67	2,67	2,67	1,0	1,0	-
ALF10	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	-
ALF11	--	-	6,5	5,1	-	0,85
ORE11	24,33	11,37	17,83	0,63	1,19	1,15
MAI11	--	-	-	-	1,81	-
ORE12	19,07	19,07	19,07	19,07	6,92	6,93
PAP12	--	-	-	-	0,83	-
ALF13	16,82	12,5	3,8	1,0	1,0	-
Total	125,14	95,98	78,8	50,77	25,8	13,63

* Número indica tipo de suelo definido.

Los ingresos derivados de las superficies anteriores están expresados en el cuadro siguiente.

CUADRO N°5-24: Ingresos por estado para la situación con embalses
(miles de \$)

Estado	Ingreso
1	24.398,9
2	19.728,3
3	16.780,1
4	10.448,2
5	4.829,9
6	3.215,0

Siguiendo la metodología antes definidas, se determinó que el ingreso esperado es de \$ 5.613.400.

En el Cuadro N° 5-25 se hace una comparación de las superficies cultivadas antes y después de las obras y el incremento porcentual que estas experimentan.

CUADRO N° 5-25: Efecto sobre las superficies cultivadas de estrategia de embalsamiento (hectáreas)

Estado hídrico	Superficies cultivadas		Incremento	
	Est. base	Est. embalses	Total	%
1	123,63	125,14	1,51	1,22
2	94,66	95,98	1,32	1,39
3	77,16	78,80	1,64	2,12
4	49,21	50,77	1,56	3,17
5	24,36	25,80	1,44	5,91
6	12,06	13,63	1,57	13,02

Si se desagrega el aumento definido en la columna 4 del cuadro anterior, se tiene:

CUADRO N° 5-26: Aumento de superficies cultivadas por cultivo (hectáreas)

Cultivo	Estado Hídrico					
	1	2	3	4	5	6
Alfalfa	1,24	0,79	1,11	0,61	(0,08)	(1,82)
Orégano	0,24	0,53	0,53	0,95	1,52	6,39
Papa	0,03	--	--	--	--	(1)
Maíz	--	--	--	--	--	(2)
Total	1,51	1,32	1,64	1,56	1,44	1,57

En el cuadro anterior se observa que los 6.000 m³ embalsados (3.000 m³ en Chapiquiña y 3.000 m³ en El Ingenio) si incrementa el cultivo de alfalfa en 1,24 ha durante el estado hídrico más húmedo (estado 1). Si se considera que la alfalfa demanda 19.795 m³/ha al año, 6.000 m³ adicionales no podrían poder satisfacer la demanda de 1,24 ha. Las explicación radica en que el agua embalsada cubre las demandas no satisfechas por el excedente hídrico durante el período crítico, de mayo a diciembre.

En lo que respecta al incremento de los ingresos, éstos pueden apreciarse en siguiente cuadro.

CUADRO N°5-27: Ingresos (miles de pesos)

Estado hídrico	Ingresos/estrategia		Incremento	
	Base	Embalse	Total	%
1	24.214,7	24.398,9	184,2	0,76
2	19.502,1	19.728,3	226,2	1,15
3	16.565,7	16.780,1	214,4	1,30
4	10.139,9	10.448,2	308,2	3,04
5	4.440,6	4.829,9	389,3	8,76
6	2.223,5	3.215,1	991,6	44,6

6. PROGRAMAS DE MANEJO DE LA TIERRA

En la zonificación se han planteado las actividades que son factibles, en líneas generales, en cada zona definida. En los programas se expone la elección de actividades ha desarrollar de acuerdo a los objetivos definidos para cada zona. Además, contemplan programas de actividades generales a todas las zonas como es el caso de administración, inversiones, etc.

En el caso del plan de uso de los suelos de la cuenca piloto, se han definido programas para cada zona: Programa de Producción Agrícola; Programa de Producción Ganadera; Programa de Producción Energética. Los programas generales definidos son: Programa de Control del Escurrimiento Superficial; Programa de Investigación; Programa de Extensión y Comercialización; Programa de Operaciones.

6.1. Programa de Control del Escurrimiento Superficial

El programa de control del escurrimiento superficial tiene como objetivo evitar las crecidas violentas de los caudales de las quebradas a causa de las precipitaciones. Al mismo tiempo provocar el almacenamiento del exceso de escurrimiento con el fin de incrementar las tasas de riego en la temporada seca. Ello se puede lograr tomando medidas como inducción de infiltración a través de estructuras e implantación de vegetación; controlar el estado de los cauces con obras civiles; construcción de estructuras de almacenamiento de excedentes hídricos.

6.1.1 Medidas para inducir infiltración

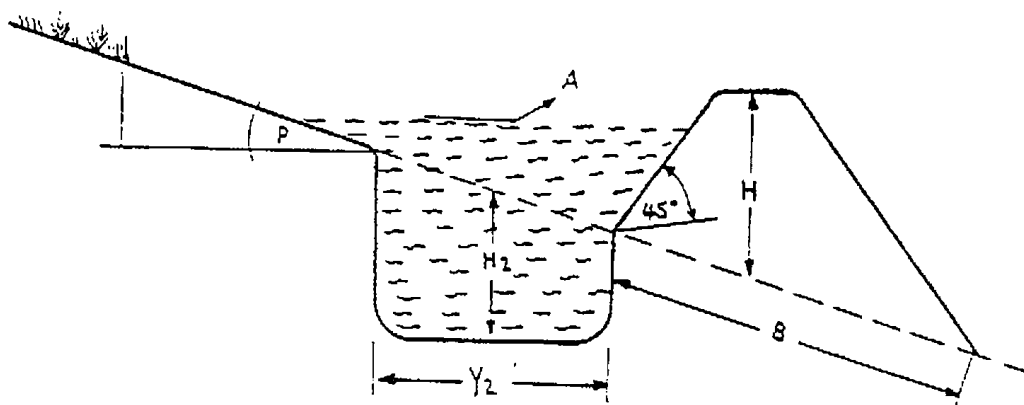
La medida principal para inducir infiltración en el área es la construcción de zanjaz de absorción. Una zanja de absorción es un canal de sección trapezoidal o recta, sin pendiente y tabicados a intervalos regulares. Tiene como fin recolectar el agua de lluvia y el escurrimiento proveniente de la ladera. Con ello además se disminuye la erosión provocada por las lluvias en las laderas. Permite además mantener la humedad en el suelo favoreciendo un programa de forestación.

6.1.1.1 Canales de absorción

La construcción de canales de absorción se hará en las áreas indicadas en el Plano 2. Su diseño se hará para una lluvia de 30 mm/día de intensidad, que corresponde a 10 años de retorno.

- Normas de diseño

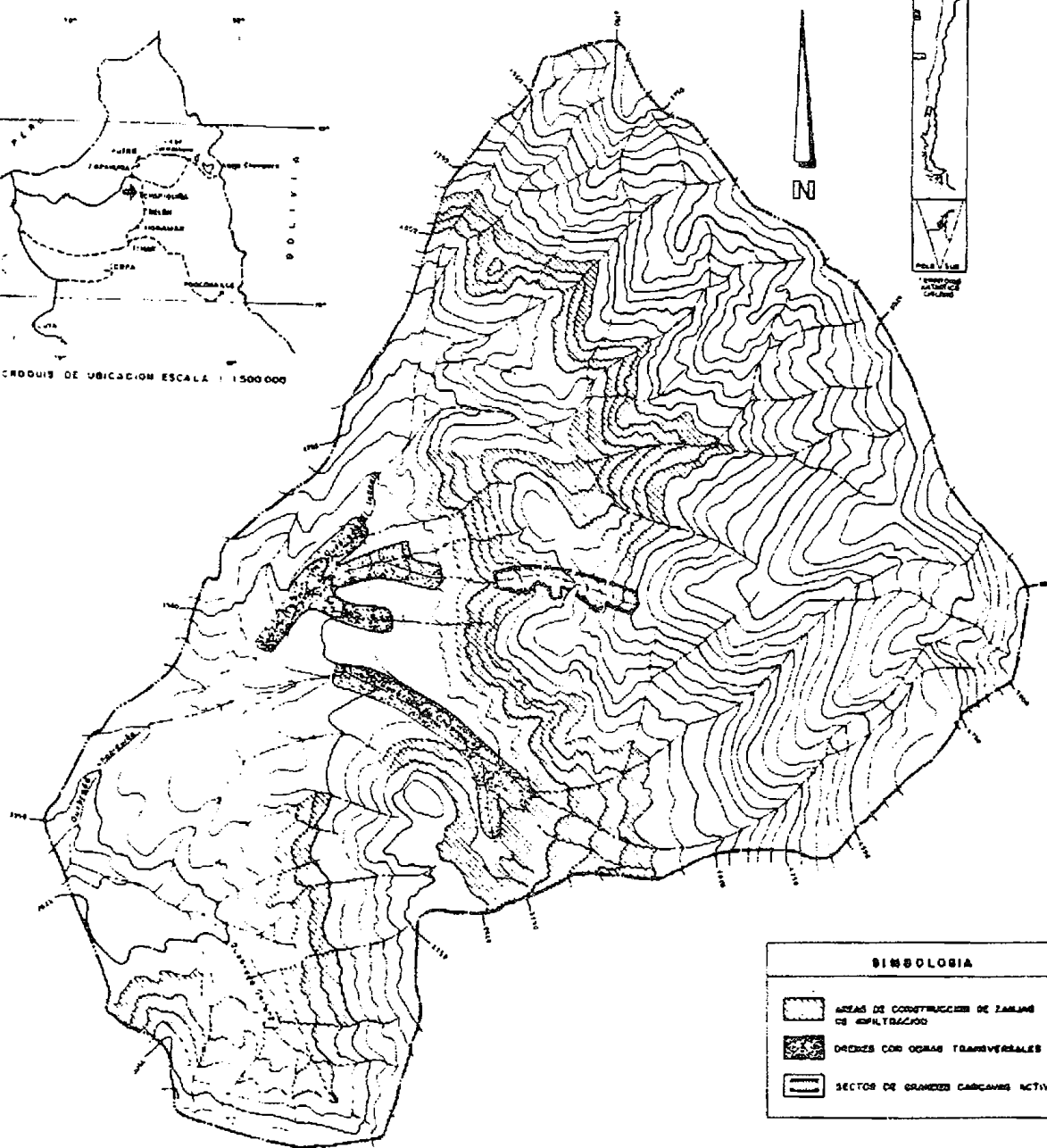
Los canales de absorción son canales contruidos a nivel en pendientes mayores de un 15%; con precipitaciones menores a 1.000 mm/año; pocos meses lluviosos; y suelos endurecidos con poca capacidad de infiltración. Un diseño tipo y sus medidas, es el siguiente*:



- Y_2 = ancho de corte
- H_2 = profundidad de corte
- H = altura del aterramiento
- B = ancho del aterramiento
- P = pendiente del terreno
- A = capacidad de almacenamiento

El dimensionamiento del sistema de zanjas contempla la sección, altura del terraplén pendiente abajo y espaciamiento. En el Cuadro N° 6-1 se presentan los dimensionamientos para diferentes tipos de pendiente.

* Colegio de Postgrado. 1977. Manual de Conservación de Suelos y Aguas. Chapingo, México.



```

graph TD
    A[SINBOLOGIA] --> B[ASLAS DE CONSTRUCCION DE FAMILIAS DE ENTRENAMIENTO]
    A --> C[DISEÑOS CON OBRAS TRANSVERSALES]
    A --> D[SECTORES DE GRANDES CARBONES ACTIVAS]
  
```

[illegible]

CUADRO Nº 6-1: Dimensionamiento de zanjas

Pendiente (%)	H (cm)	H ₂ (cm)	Y ₂ (cm)	Capacidad de almacen. (m ³)	Espaciamiento (m)
5	20	30	18	0,6	22,4
10	24	30	25	0,5	16,2
15	27	30	33	0,5	14,2
20	27	30	33	0,4	13,2
25	22	30	35	0,4	12,5
30	30	35	35	0,4	12,2
35	30	35	35	0,35	11,9
40	30	35	35	0,35	11,6

H = altura del terraplén

H₂ = profundidad de la zanja

Y₂ = ancho de la zanja

- Insumos requeridos

Las zanjas de infiltración se construirán tan solo con mano de obra no requiriéndose materiales adicionales, exceptos palas y picotas. Por consiguiente la cantidad de trabajo dependerá de los rendimientos en excavación y los volúmenes de tierra a remover. En este sentido se tiene lo siguiente:

- Volumen promedio por metro lineal de zanja excavado 0.10 m³
- Rendimiento de mano de obra 4 m³/jornada.

- Localización y ejecución

Dada la magnitud de la cuenca, se propone construir zanjas de infiltración en la subcuenca de la quebrada Chapiquiña. Los efectos que se espera de estas obras tendrán una incidencia más beneficiosa, por tratarse de un sistema de agua dulce. Con posterioridad puede extenderse hacia la subcuenca de El Ingenio y al último la subcuenca Gallune.

La construcción de zanjas de infiltración es una obra de gran magnitud, por consiguiente debe programarse en el largo plazo estructurando un programa de actividades en el tiempo.

Si se considera que la ejecución de las obras se hará sobre una pendiente promedio de un 25%, lo que implica una separación entre zanjas de 13 m, en una superficie de 2.500 metros por 700 m, se deben construir 135.000 m de zanjas. Considerando un rendimiento de 4 m³/jornada de zanja implica la construcción de 40 m lineales de zanja por jornada. Esta obra que abarca 175 ha puede ser construida por 23 hombres durante 150 días (mayo a septiembre).

- Costos de la obra

Por tratarse de una obra lenta y de alta participación de mano de obra, se ha considerado la ejecución en varias temporadas, cubriendo 175 ha en cada una. La ocupación de mano de obra es la siguiente:

Metros de zanja a construir en la temporada	135.000
Rendimiento/jornada	4 m3
Movimiento de tierra/m lineal	0,1 m3
Rendimiento/jornada/m lineal	40
Número de jornadas necesarias	3.375
Costo/jornada (\$ 400)	1.350.000
Materiales	437.000
Costo total de la obra	\$ 1.787.500

6.1.1.2 Programa de forestación

La construcción de zanjas de infiltración permite efectuar una plantación de especies arbóreas o arbustivas sobre el aterramiento actual. En esta forma se aprovechará el almacenamiento del agua producido durante las lluvias y la retención posterior de humedad. De preferencia debe tratarse de introducir especies forrajeras que se adapten a las condiciones climáticas del área.

6.1.2. Medidas de control en los cauces

El control del escurrimiento en la red de drenaje superficial tiene como propósito fundamental neutralizar la dinámica de los procesos erosivos en la referida red. Esta dinámica, producto de la interacción de una serie de factores, será abordada a través de acciones que apunten tanto al control del caudal líquido como asimismo al control del caudal sólido. De esta manera, se pretende alcanzar una reducción de la erosión de fondos y la erosión lateral de los cauces; se persigue además, lograr retener en los cauces la mayor cantidad posible de material sólido, estableciendo una pendiente más estable que al mismo tiempo mejore la base de sustentación de los taludes, asegurándoles una mayor estabilidad e impidiendo la ocurrencia de deslizamientos. Finalmente, se desea alcanzar una retardación de la onda de las crecidas reduciendo la velocidad de flujo, como efecto de una menor pendiente, disminuyendo así la capacidad erosiva de la corriente.

6.1.2.1. Situación espacial de los problemas a controlar

Si bien, las características de relieve y de precipitación en el área, configuran una situación general de alta torrencialidad, la erosión en la red de drenaje se ha acentuado principalmente en la zona intermedia donde se produce una mayor concentración de flujo la cual se ha visto incrementada por la pérdida de la capacidad reguladora en las cuencas receptoras debido a un deterioro de la cubierta arbustiva y herbácea existente. Esto último ha provocado una disminución de la capacidad de infiltración de los suelos incrementando el escurrimiento superficial facilitado por la presencia de fuertes pendientes.

Casi a la misma altura que se produce la concentración del flujo comienzan las alteraciones al drenaje superficial natural a través de un sistema de riego de características muy rústicas, deterioradas además por un mantenimiento inexistente.

Resulta difícil separar el problema que origina el sistema de riego y las actividades del manejo del suelo y el agua, de los procesos erosivos que se producen en la red de drenaje superficial debido a su directa interrelación.

Si bien la quebrada El Ingenio presenta una cuenca de mayor extensión y por ende tiene una ocurrencia de mayores caudales, es la quebrada de Chapiquiña la que presenta un mayor deterioro en la red de drenaje. La razón aparente estaría en una mayor actividad antrópica en el sector Chapiquiña la cual presenta, además de una mayor accesibilidad, un recurso hídrico de mejor calidad, todo lo cual permite un uso más intensivo. La quebrada de El Ingenio, por el contrario, presenta un recurso hídrico con abundante sales provenientes de una fuente termal, lo cual limitan su uso en la agricultura dando origen a un uso más extensivo.

Se puede observar en el Plano 2 que los problemas torrenciales se centran principalmente en sectores bajos de la quebrada de Chapiquiña. También es necesario destacar la cuenca receptora de una quebrada afluente a la quebrada El Ingenio, la cual presenta procesos erosivos bastante extremos los cuales aparecen señalados en el plano referido como Grandes Cárcavas Activas. Esta zona de inestabilidad se estima existe en una longitud de cauce de 6 km aproximadamente.

6.1.2.2. Diseño y especificaciones generales de las medidas

Las medidas que se proponen para el control del escurrimiento en la red de drenaje superficial son diques transversales de consolidación y, en algunos puntos bien específicos con amplia capacidad para la sedimentación de materiales, diques de retención.

Ciertamente que todos los diseños definitivos se deben realizar con una completa información topográfica de los sitios de emplazamientos de obras que el presente proyecto no contempla. Lo que se plantea a continuación es un análisis respecto al diseño general más conveniente, con una cuantificación aproximada de las obras, el volumen de fábrica requeridos y especificaciones generales del sistema de control y su implementación.

6.1.2.2.1 Elección del diseño

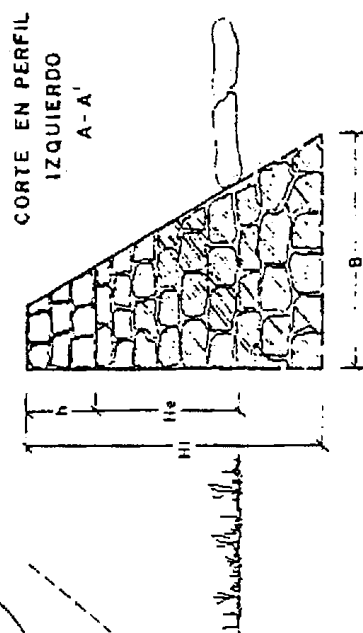
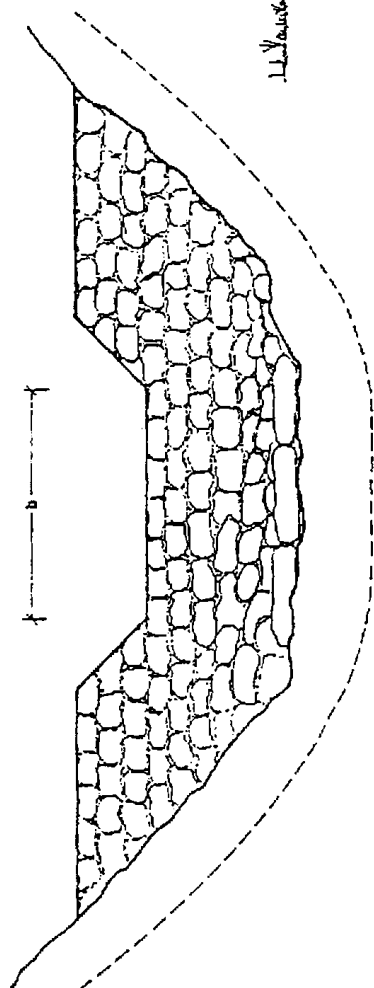
Para mayor simpleza en el diseño y en la ejecución de las faenas, se propone una estructura recta de gravedad con perfil trapezoidal de pasamento aguas arriba vertical y paramento aguas abajo inclinados.

Considerando la existencia de abundante piedra careada y la disponibilidad de mano de obra adiestrada en el manejo de tales elementos se propone la construcción de obras de mampostería hidráulica con una cierta preparación previa de la piedra a objeto de definir más homogéneamente sus caras y aristas y así reducir el volumen de mezcla a utilizar. De esta manera, junto con reducir el empleo de hormigón, se aumenta el peso específico del material de fábrica favoreciendo su estabilidad.

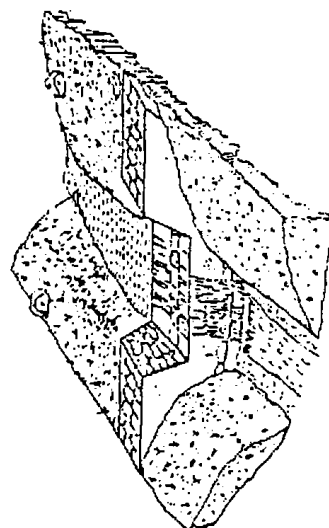
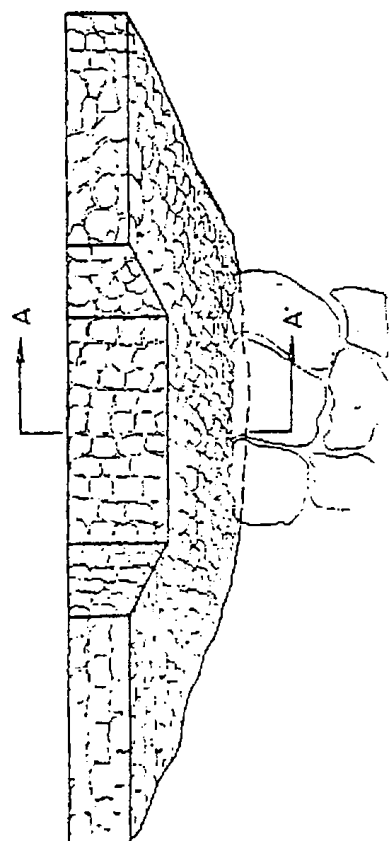
El definir un diseño único tiene como propósito fundamental simplificar al máximo la implementación de las medidas de control, sobretodo teniendo presente la magnitud del plan. Así, el personal se puede adiestrar en los comienzos de ejecución del plan, alcanzándose una gran eficiencia a medida que se avanza en la construcción de los trabajos.

FIGURA 6-2 DIQUES TRANSVERSALES PARA EL CONTROL DE CAUCES

ELEVACION



PLANTA



6.1.2.2.2 Consideraciones generales en el cálculo de las estructuras

La información básica para el diseño de los vertederos de diques transversales es el escurrimiento máximo esperado, para la sección del cauce. En este caso se ha estimado un caudal "Q" correspondiente a un período de retorno de 20 años, que corresponde a los siguientes parámetros:

	Quebrada El Ingenio	Quebrada Chapiquiña
Q_{20} (m^3/seg)	13,46	7,77
Area (Km^2)	11,25	6,79
Q_{20}/km^2 (m^2/seg)	1,20	1,14

Así, considerando la superficie que drena a determinados sitio de emplazamiento de obra se define los respectivos caudales de diseño para el cálculo de los vertederos de caída libre con un umbral plano, una altura de cubeta (h) y una sección trapezoidal para facilitar la aducción de aire bajo la lámina. Los taludes pueden ser con pendientes 1/1, y centrados de manera tal que no se produzcan vertidos sobre los taludes aguas abajo (Fig. 6-2).

La altura efectiva (H_e) de cada estructura será en función de los objetivos, las restricciones que imponga cada sitio de emplazamiento, y la correcta estimación de una pendiente de equilibrio que adoptarán los aterramientos.

Como espesor de coronación a utilizar se propone utilizar un $e = 0,70$ m adicionándole un 10% de la altura útil en cada caso.

En cuanto al espesor de la base (B), ésta queda definida en función de las condiciones de la estabilidad dadas por el método de cálculo implementado o bien por aproximaciones sucesivas y su correspondiente análisis contra volcamiento, asentamiento y deslizamiento horizontal.

6.1.2.2.3 Estimación del volumen de obra e insumos requeridos

Se señaló anteriormente que la longitud aproximada de dren en la cual es necesaria una acción efectiva de control a través de diques transversales se estima en 6.000 m. Indudablemente que a lo largo de estos drenes existen distintas pendientes y obviamente también existirán diferentes pendientes de compensación en los futuros aterramientos. Estos últimos quedan definidos por el resto de las características hidráulicas de los cauces que se vayan formando.

Para hacer una estimación de volumen de obra se hizo una generalización que contemple los siguientes aspectos:

- Una longitud de dren en donde deben construirse las obras de aproximadamente 6.000 m.
- Una pendiente inestable promedio de 12% y una pendiente de equilibrio promedio de 8%.
- Una diferencia altitudinal de 240 m que es necesario escalonar a través de diques transversales.
- Una sección promedio de 12 m y diques de 3 m de altura, con un volumen aproximado de obra de 48 m³.

Con estos antecedentes se requieren 80 estructuras con un total de 3.840 m³ de obra, lo que equivale a una necesidad de 384 m³ de construcción anual dentro de un plan de 10 año.

El diseño definitivo de la obra a ejecutar debe realizarse con información topográfica reciente que represente fielmente las características de la sección del cauce del momento.

Anualmente, la construcción de 8 diques transversales implican un volumen de obra de 384 m³ en los cuales participan los siguientes insumos y mano de obra:

<u>Material</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Costo Unitario</u> (\$)	<u>Totales</u> (\$)
Piedra	1.920 m ³	-----	-----
Cemento	19.200 sacos	850	15.801.600
Arena	2.324,2 m ³	950	2.208.000
Otros materiales		----	806.400

Material			18.816.000
Mano de obra	26.880 jorn.	400	10.752.000

		Totales	29.568.000

La inversión referida se realizaría con una programación inicial de aproximadamente un 10% anual, lo cual equivale a una fuente de empleo de prácticamente 90 meses hombre al año.

6.1.3 Estructuras de almacenaje

Según lo establecido por el programa de desarrollo agrícola, es necesario la instalación de dos reservorios de 3.000 m³ de capacidad

cada uno. Uno en el sector de la quebrada Chapiquiña y el otro en la quebrada El Ingenio.

La posibilidad de un almacenaje en el cauce propiamente tal fue descartada luego de un primer análisis. Por un lado estaba el asunto de los arrastres, los cuales serían un permanente problema en una eventual presa con fines de acumulación de agua. No obstante, el argumento principal que determinó descartar tal alternativa fue que, dado la estrechez de los cauces y la elevada pendiente longitudinal, la relación del volumen embalsado con el volumen de la presa resultaría muy pequeña, por lo cual económicamente resulta infactible.

6.1.3.1 Tipo y ubicación de las estructuras

Se consideró la instalación de reservorios situados fuera del cauce pero ubicados lo suficientemente cercanos al cauce como para no encarecer los costos y las pérdidas por aducción, y además, lo suficientemente próximos a las áreas que se desea regar, a objeto de reducir los costos y las pérdidas por distribución.

La localización de los reservorios estará condicionada por los siguientes aspectos:

- Situado inmediatamente sobre la cota de las áreas dedicadas al uso agrícola.
- Superficie de aproximadamente 0,25 ha con la menor pendiente posible con el propósito de reducir al máximo el movimiento de tierras.

El diseño en planta más eficiente para este tipo de estructura sería un reservorio circular que logra la mayor relación entre la capacidad almacenada y el volumen de obra construido. No obstante, a objeto de simplificar fundamentalmente la ejecución de los trabajos, se ha creído conveniente reemplazar el diseño en planta de círculo por un polígono de un cierto número de lados como el que presenta la Figura 6-3 en este caso un octógono.

6.1.3.2 Consideraciones generales de diseño y cálculo.

El dispositivo presenta un dique marginal de mampostería hidráulica como perfil trapezoidal de una altura total (H_t) y una altura útil (H_u), con un coronamiento de piedras de alrededor de 0,5 m de altura. Este último tiene como función disminuir la acción del viento sobre la superficie de agua libre.

Con respecto a las posibles filtraciones en el fondo del reservorio, se considera una impermeabilización con algún elemento bituminoso ante la eventual ausencia de material arcilloso.

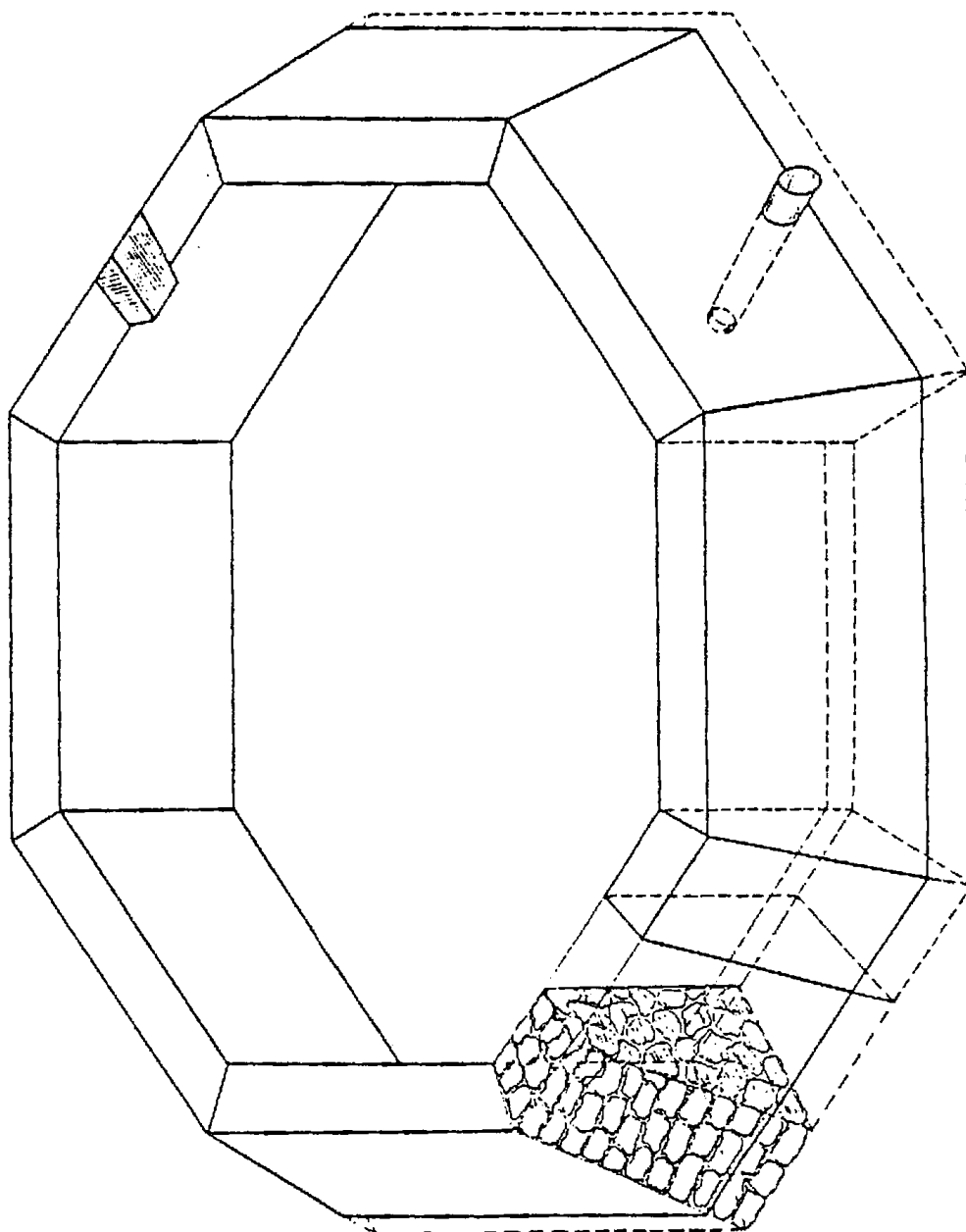
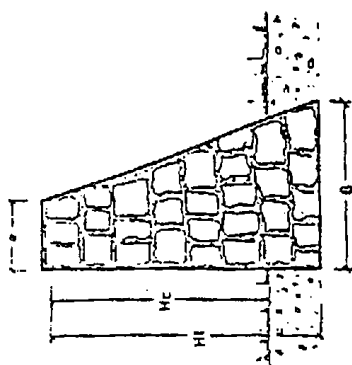


FIGURA . 6-3 : ESTRUCTURAS DE ALMACENAJE

Este mismo elemento bituminoso deberá ser empleado en la juntas de contracción ya que en este caso el dique marginal supera varias decenas de metros de longitud y es necesario evitar que se produzcan grietas. Esto es preciso a objeto de poder absorber por un lado posibles variaciones de volumen como consecuencia de oscilaciones térmicas, pero principalmente, poder absorber asentamientos diferenciales que se pueden producir al estar la estructura cimentada sobre materiales de distinta naturaleza.

6.1.3.3 Requerimientos de materiales y mano de obra

Si bien, no se considera plantear un diseño definitivo ya que éste dependerá del sitio seleccionado para el emplazamiento de las estructuras, se ha realizado una cuantificación aproximada del volumen de obra necesaria para almacenar los 3.000 m³ de agua requerida, con un diseño en planta de un octógono y una altura efectiva (He) de 1,8m. En tal caso los requerimientos de un reservorio se pueden resumir de la siguiente manera:

<u>Materiales</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio unitario</u> ($\$$)	<u>Costo total</u> ($\$$)
Piedra	238 m ³	-----	-----
Cemento	2.302 bolsas	850	1.957.030
Arena	288 m ³	950	273.461
Otros material.	-----	-----	99.873
Mano de obra	3.329 jorn.	400	1.331.636
Costo total			----- 3.662.000

6.2. Programa de Producción Agrícola

El modelo de programación líneal definió una estructura de cultivo por cada estado hídrico. Cada estructura de cultivo está compuesta por una combinación de cultivos que hace más económico el uso del agua (Ver Cuadro N° 5-24).

La siguiente es la forma de usar la información contenida en el cuadro antes citado:

- Identificar el estado hídrico presente.
- Elegir la estructura de cultivos óptimas para ese estado.
- En caso que el estado hídrico ocurrente a partir de enero tenga menor disponibilidad hídrica que el base, estructurar los cultivos de acuerdo al estado hídrico correspondiente.

No es posible cuantificar, en este caso, el mejoramiento producido en los ingresos de la actividad agrícola, debido a la inexistencia de registros que cuantifiquen los cultivos ni superficies previos a la

aplicación del plan. El modelo aplicado entrega solamente la estructura de cultivos que produce un óptimo económico en el futuro.

6.2.1. Mejoramiento de Cultivos

Para que el modelo pueda proporcionar los beneficios que presenta es necesario proceder a mejorar el estado actual de los cultivos. Esto puede lograrse a través de las siguientes áreas de trabajo:

- Mejoramiento e introducción de especies y/o variedades.
- Tecnologías aplicadas.
- Mejoramiento del sistema de riego.

6.2.1.1 Mejoramiento e introducción de especies y/o variedades

La práctica común de la zona es usar semillas y estacas (orégano) de plantas provenientes del mismo cultivo. Lo anterior presenta ventajas y desventajas.

La ventaja radica en que si se hace una selección adecuada (por características específicas), a la larga se logra un ecotipo adaptado a las condiciones locales. Además, se impide, o al menos, se dificulta, la entrada y propagación de plagas y enfermedades.

Entre las desventajas se puede nombrar a la disminución de los recursos genéticos del medio (banco natural de germoplasma), limitándose la variabilidad de este recurso para enfrentar nuevas plagas y enfermedades. Además, se impide el incremento potencial productivo de las plantas. Por otro lado, una selección errada puede llevar a la creación de ecotipos menos productivos, degradándose la capacidad productiva del cultivo.

En este sentido, el plan de acción debe ir dirigido hacia tres líneas principales de acción:

- Mejorar las variedades actualmente existentes mediante la incorporación de características genéticas específicas que enfrenten problemas productivos específicos.
- Incorporar al sistema productivo, nuevas variedades y/o ecotipos de las especies actualmente usadas.
- Introducción a la zona de nuevas especies.

6.2.1.2 Tecnologías aplicadas

Sin considerar al riego, tecnología tratada más adelante, las más relevantes de ser consideradas son:

a. Fertilización

Hoy en día, en la zona, la única incorporación de nutrientes al suelo es por medio de la adición de guano de oveja, medida necesaria pero no suficiente para elevar los rendimientos de los cultivos. De lo anterior se desprende la necesidad de aplicar fertilizantes.

Dada la inexistencia de investigación específica al respecto, no es posible definir planes de fertilización por suelo y cultivo. Es necesario el desarrollo de investigaciones relacionales al problema de la fertilidad de los suelos.

b. Control de plagas y enfermedades

El sector se caracteriza por la existencia de plagas y enfermedades en los cultivos, no empleo de pesticidas y desconocimiento del efecto de este problema en los rendimientos.

Independiente del grado de ataque que hoy en día sufren los cultivos, en caso de que estas se agraven, se hará más intenso el daño producido por las plagas y enfermedades. Es por lo tanto necesario el diseño y desarrollo de estas estrategias de control integrado para plagas y enfermedades, de tal manera de ocasionar el menor impacto destructivo y de equilibrio en el medio.

c. Uso de plásticos

Mediante el uso de invernaderos, túneles, mulch y otros, se pueden controlar algunas variables ambientales que pueden ser limitantes, tal como pueden ser las bajas temperaturas. Además, permiten un mejor uso del recurso agua y disminuyendo los procesos de evapotranspiración.

6.2.1.3 Mejoramiento del sistema de riego

Este problema debe abordarse desde diferentes enfoques:

a. Distribución, canalización y conducción del agua de riego

El sistema existente de toma y canalización del agua para su distribución tiene características que lo hacen poco eficiente:

- En sectores, los caudales conducidos no son los adecuados para el diseño que los canales tienen. Se presentan pendientes excesivas, taludes deficientes o inexistentes.

- Las tomas y derivaciones existentes en los cauces no son las adecuadas para una buena distribución del agua para el riego.

Como acciones inmediatas a emprender se debe mejorar las tomas para regular la cantidad de agua que entra al sistema. Además, se debe mejorar el sistema de derivaciones de tal manera de cuantificar en forma más acertada la cantidad de agua asignada a cada agricultor. Una segunda acción importante es rediseñar los canales de conducción de agua, de acuerdo a las características del sector. En esta forma se logrará llegar con los volúmenes de agua hasta donde se requiera y con las menores pérdidas posibles. También se logrará controlar las pérdidas de suelo debido al escurrimiento incontrolado de las aguas conducidas.

b. Uso predial

Los cultivos se realizan en sistemas de terrazas y simplemente en laderas de baja pendiente. En ambos casos se presentan los siguientes problemas:

- Terrazas:

Estos son suelos artificiales hechos por el hombre, los cuales se ubican en zonas con altas pendientes y en donde se ha tratado de lograr suelos con pendiente nula.

Debido al continuo uso de estas terrazas y al poco o nulo trabajo destinado para su conservación, las terrazas presentan un proceso de deterioro notable y creciente. Lo anterior, además de producir un proceso de erosión de las mismas, disminuyen las eficiencias de riego.

Dada las características físicas y culturales de la zona, las terrazas son un buen sistema de riego y cultivo, siempre y cuando estén en buenas condiciones.

Las acciones inmediatas a ser emprendidas son:

. Mejorar el sistema de conducción de agua entre las terrazas. En la actualidad se producen muchas pérdidas y mermas dada la deficiente construcción de ellos.

. Reforzar las paredes y soportes de las terrazas, con esto se logran dos resultados. Se disminuye el proceso erosivo y degradativo que hoy sufren las terrazas, y a la vez, permite que se produzcan depositaciones, las cuales, a la larga, volverán a la terraza a su forma y funcionalidad original.

- Cultivos en laderas:

En la práctica, esta forma de regar consiste en dejar escurrir el agua libremente por el suelo, el cual posee altas pendientes y con cultivos que presentan baja densidad. Al final de la ladera el paso del agua es cortado por unas pircas de piedra, que solo disminuyen en un pequeño porcentaje las pendientes existentes. Lo anterior erosiona grandemente el terreno y hace que el riego alcance bajísimos niveles de eficiencia.

Medidas recomendadas para este tipo de sistema de riego son:

. Regular caudales de entrada al sistema en base a características de los suelos, de los cultivos y de las pendientes existentes.

. Conducir el agua por surcos con pendiente controlada de tal manera de disminuir el efecto erosivo del agua al fluir por la pendiente.

6.3. Programa de Producción Ganadera

El programa de producción ganadera está destinada a orientar el uso de las praderas naturales y a la complementación que proporcionan al ganado las empastadas de alfalfa. En este sentido es importante conocer el uso actual de la pradera, la potencialidad que posee para una determinada carga animal y la forma como debe manejarse el pastoreo.

6.3.1 Uso actual de la pradera

La nutrición del ganado que utiliza las praderas precordilleranas como única fuente de alimentación está limitada por la disponibilidad de forraje en determinada época del año, preferentemente en los meses invernales.

Durante el período de escasez de forraje en el altiplano, se produce un proceso de transhumancia del ganado y personas hacia los valles con mayor disponibilidad de pasto. Esto causa un aumento en la carga animal por superficie y una mayor intensidad de pastoreo, más allá de lo que la pradera es capaz de soportar, afectando fuertemente la recuperación de los pastizales, degradándolos e influyendo sobre la erosión de las laderas.

En menor grado, influyen sobre la recuperación de la pradera natural precordillerana la presencia de especies domésticas no tradicionales como son los ovinos y mulares, lo que por su forma de coger el forraje y por el daño mecánico de sus pezuñas causan deterioro en la pradera.

Como consecuencia de lo anterior el ganado ovino y camélido, utiliza la pradera por largos períodos, para poder satisfacer sus requerimientos básicos. La mala nutrición conlleva a una serie de efectos adversos en los animales, como son: bajo peso al encaste, reducción de la fertilidad, crías de bajo peso corporal, lo que aumenta la mortalidad al nacimiento y al destete.

6.3.2 Composición de la pradera natural

La formación florística de las praderas de la cuenca corresponde a la conocida como Toral o Jaral, que es un matorral bajo y ralo, en donde dominan los géneros Parostrephia y Baccharis de poco valor forrajero.

Las especies que se utilizan para pastoreo son algunas de los géneros Senecio, Adesmia y Acantholippia que poseen un mayor valor nutricional.

Además, después del período estival de lluvias aparecen plantas efímeras y gramíneas perennes. Las principales especies presentes son: Nassella pubiflora, Erodium cicutarium, Festuca dolichophylla.

Cuando la disponibilidad de forraje disminuye, el ganado utiliza Baccharis tola, cuya calidad como forraje es muy mala, por cuanto presenta una palatibilidad y digestibilidad muy baja. Se observó además que, los brotes de los renuevos de Polylepis sp. (Queñoa) son consumidos por el ganado de la zona.

En el Cuadro N° 6-2 se presentan algunos antecedentes nutricionales de las plantas comunmente utilizadas como forraje.

CUADRO N° 6-2 : Análisis bromatológico de los recursos forrajeros.

Nombre científico	Palatibi- lidad a- parente	Materia seca (%)	Cenizas (%)	Digestibi- lidad in vitro (%)	Energía Kcal/gr	Proteína total (%)
<u>Bacchris tola</u> Phil.	Baja	98,2	10,8	61,0	5,7	6,2
<u>Senecio graveolens</u>	Media	96,7	8,6	61,4	5,7	8,8
<u>Adesmia</u> sp.	Media	94,0	6,9	44,0	4,7	14,0
<u>Acantholippia de-</u> <u>serticola</u>	Baja	91,3	12,8	57,7	4,8	9,3

FUENTE: Análisis de los ecosistemas de la I Región. Corporación de Fomento de la Producción. 1982.

6.3.3 Proposición de manejo de la pradera natural

En la cuenca, no existen llanuras para pastoreo. Esta acción se realiza en las laderas de los cerros con pendientes superiores al 60%. Someter estas praderas a una sobrecarga animal y una mayor intensidad de pastoreo, destruye la frágil cubierta vegetal originándose procesos erosivos durante la época de lluvias.

Al desconocerse la capacidad de sustentación que tiene la pradera y para no degradarla por el sobrepastoreo, se propone un pastoreo rotativo de las zonas dedicadas a este fin, lo cual sería complementado por la pradera artificial de alfalfa.

Para ello se deberá fijar la máxima capacidad que puede soportar la superficie dedicada al talajeo. Es así como existen 2.695 ha disponibles como praderas naturales. Se estima que esta pradera es capaz de sustentar 0,2 ovinos por hectáreas al año ó 1,0 ovino cada 5 hectáreas, lo que significa 1.078 ovinos en el área por un período de 6 meses.

Esto implica el aprovechamiento de la pradera natural durante los meses de noviembre a marzo, época de mayor crecimiento de la pradera natural.

Durante este período se produce el mayor desarrollo en la pradera artificial, por lo que este forraje debe ser conservado como heno, para ser utilizado en el período de escasez de alimentación, lo que ocurre entre los meses de julio a octubre.

La producción potencial en la zona alcanza a 30 toneladas de materia seca, la cual debe ser castigada en un 30% por los déficit en el riego que se producen durante el período de escasez. Esto permite alcanzar una producción de 21 toneladas por ha.

Como la limitante es la pradera natural y ésta soportaría 1.078 ovinos durante 6 meses, los meses restantes deben ser suplementados con alfalfa. La capacidad de producción de la pradera actual es de 1.125 ton/año, consumiendo los 1.078 ovinos sólo 770 ton., quedando un excedente de 370 ton. de heno que puede ser utilizado para suplementar la alimentación que reciben de la pradera natural durante los períodos críticos, como es el último tercio de gestación y lactancia.

El mal manejo del ganado ha ocasionado un creciente deterioro de los sectores de pastoreo, lo cual ha hecho más intensos los procesos de erosión y destrucción de la cubierta vegetal, elementos determinantes en el incremento del potencial destructivo de las avenidas.

Para poder diseñar un plan de manejo de los sectores de pastoreo, se requiere información inexistente para la zona precordillerana y especialmente para la cuenca. En este sentido se recomienda tomar las siguientes medidas:

- Estudio detallado de la flora local. Esto permitirá conocer y cuantificar de manera más exacta cual es la carga animal que puede soportar la pradera y cual es el manejo más adecuado que se le debe dar al ganado en función al comportamiento de la pradera.
- Introducción de nuevas forrajeras. Hacer ensayos conducentes a establecer praderas más productivas y que permitan el establecimiento de una mayor carga animal.
- Resembrar praderas. Establecer factibilidad de resembrar praderas ya establecidas de tal manera de aumentar su productividad.
- Diseño de un manejo de pastoreo, en función del tipo de ganado y al tipo de praderas.
- Definir zonas aptas para pastoreo. Identificar zonas de exclusión total y con potencial de pastoreo. Especificar cuál es la intensidad de pastoreo que pueden soportar las últimas.
- Introducción de nuevas razas de ovinos que utilicen en forma más eficiente la pradera.

6.3.4 Proposición de manejo del ganado

Dada la información disponible no es posible conocer el real rendimiento de la masa ganadera existente. Factores tales como, mala nutrición, falta de atención sanitaria, falta de control en la época de encaste, gestación y parición, así como una estructuración inadecuada del rebaño, hace suponer que los rendimientos sean muy inferiores al óptimo.

A pesar de lo anterior se propone el manejo de la masa ganadera como una meta a alcanzar a través del tiempo. A partir de la masa ganadera óptima que puede manejarse en el sector, 1.078 cabezas, se determinó una estructura del rebaño, la cual está contenida en el cuadro siguiente.

CUADRO 6-3 : Estructura del rebaño

Tipo	Número
Ovejas	600
Borregas	120
Corderos	30
Corderillos	6
Venta anual	322
Total	1.078

La estructuración anterior de la masa se hizo siguiendo los siguientes criterios:

- Máxima capacidad de carga animal es de 1.078 cabezas.
- Cada año deben ser reemplazadas 120 ovejas (20% del total), cumpliendo las borregas este papel de reemplazo.
- Dada las condiciones del manejo y de lo abrupto del terreno, se considera una relación de un macho por cada 20 hembras, lo que da un total de 30 machos.
- Al igual que en las ovejas, cada año se reemplaza un 20% de los corderos (6), siendo reemplazados por los corderillos.
- Se estimó que había una parición promedio del 80%, lo cual da un nacimiento anual de 480 crías.
- Se supuso una mortalidad de 6,6% de las crías (32), lo cual deja 448 crías.
- Si a las 448 crías restantes se les resta las 126 crías de reemplazo (120 borregas y 6 corderillos), quedan 322 crías para la venta.

Si se considera que cada año se pueden vender tanto las crías (4-5 meses) como las ovejas y corderos que serán reemplazados, se tienen:

CUADRO Nº 6-4 : Ingresos por venta de animales

Tipo	Número de animales	Peso vivo	\$ por kilo vivo	Total (\$)
Ovejas reemplazo	120	80	80	768.000
Corderos reemplazo	6	80	80	38.400
Animales 4-5 meses	322	35	80	901.600
				1.708.000

6.4. Programa de Producción Energética

El abastecimiento de leña para los habitantes de la cuenca proviene de las masas de queñoa existentes que deberán seguir siendo utilizados mientras no exista una fuente alternativa. Esta alternativa debe provenir de la generación de plantación de especies que se adapten a la altura y clima, susceptible de ser utilizadas como leña. Por consiguiente la producción energética provendrá de las siguientes

fuentes:

6.4.1. Manejo de la queñoa

La masa de queñoa principal ha quedado incluida en la subzona correspondiente a esta especie definida en la zonificación. En la actualidad se extrae la masa muerta, lo que asegura la supervivencia de la especie.

No hay antecedentes acerca del manejo de la queñoa ni de su multiplicación artificial. Sólo se ha experimentado con la producción de plantas en un pequeño vivero que posee CONAF cerca de la cuenca. Con respecto a regeneración natural, se vió en terreno la existencia de plántulas en lugares muy protegidos, lo que llevó a pensar que la falta de regeneración se debe a la presencia de ganado en forma permanente.

Frente a la inexistencia de mayores antecedentes se propone continuar con la extracción de leña de aquellos ejemplares muertos. Para asegurar la regeneración de la especie debe excluirse del uso de ganado la subzona construyendo un cierre a su alrededor. En ella también deberá experimentarse la plantación de la especie con plantas producidas en vivero.

Como costo de este manejo solo se considera el cierre de la subzona. Ellos son:

7.000 m de malla ursua (\$ 537/m)	\$ 3.759.000
2.800 postes a \$ 100 c/u	280.000
140 jornadas a \$ 400	56.000
otros materiales	100.000

Total : \$ 4.295.000

6.4.2 Plantación

La fuente alternativa para la producción de leña es la creación de masas forestales con ese fin. La subzona de introducción de especies, en la cual hay algunos eucaliptus que han dado buenos resultados. Se propone seleccionar la especie a partir de este ensayo y proceder a la plantación de las 45 ha. disponibles.

La plantación en estas condiciones requiere de una preparación previa del terreno consistente en zanjias de absorción que permitan la captación de las lluvias y la mantención de la humedad por el máximo de tiempo. Tal como se ha explicado en la sección respectiva, los surcos deben construirse a nivel de a 4 m de distancia uno de otro. La plantación debe hacerse sobre los aterramientos con una separación de 4 m.

Dada la baja pendiente en el área elegida y la poca separación entre zanjas, estas deben tener una dimensión de 20 cm de profundidad por 40 cm de ancho. El aterramiento debe compactarse lo más posible para tener éxito en la plantación sobre él. La plantación debe regarse sólo en condiciones extremas.

Se propone plantar las 45 ha. en tres años sucesivos o bien en un plazo mayor. En el caso de hacerlo en tres años los requerimientos para 15 ha. son los siguientes:

- Construcción de zanjas

- Metros lineales de construcción.....	37.500 m
- Rendimiento/jornada	40 m
- Jornadas	938
- Costo de mano de obra	\$ 375.200

- Plantación

- Número de plantas/ha	650
- Número total de plantas.....	9.750
- Costo de las plantas \$ 8/planta.....	\$ 78.000
- Jornadas 12/ha	180
- Costo de mano de obra	\$ 72.000
- Varios (20%)	\$ 105.040
	\$ 630.240

7. PROGRAMA DE EXTENSION Y COMERCIALIZACION

Entre las actividades de apoyo que deben realizarse para lograr los objetivos de este plan de desarrollo se pueden identificar las transferencia tecnológica y comercialización.

Aún cuando las labores anteriores no están directamente relacionadas con el objetivo de este trabajo, su análisis y puesta en práctica son necesarios para que los beneficios de los programas realizados sean traspasado de manera más rápida y efectiva a la comunidad.

7.1. Transferencia Tecnológica

Un programa de transferencia tecnológica, pondrán al alcance de los agricultores los conocimientos necesarios para mejorar su nivel productivo y, además, los capacitará para que puedan, poner en práctica las medidas recomendadas para este efecto.

Para llevar a cabo un programa de transferencia, se deben seguir algunas recomendaciones básicas:

- Dado que las comunidades agrícolas hay por lo general una actitud muy conservadora respecto al cambio, hay que tratar que las personas con las cuales se inicia el programa de transferencia sean la más agresivas desde el punto de vista de la adopción de nuevas tecnologías. Estas personas en lo posible deben tener alguna importancia en la comunidad, de tal manera que lo que hagan tenga influencia sobre el resto.

- Hay que hacer un diagnóstico lo más completo posible, tanto a la explotación como al agricultor. Se debe identificar correctamente las características del predio. Sus limitantes y potencialidades. Disponibilidades de recursos, tipos de suelos, caminos existentes, etc. Se podrá saber qué y hasta cuánto se puede producir.

Sin embargo, dentro del programa de transferencia, el elemento fundamental es sin duda, el agricultor. Sólo una caracterización correcta de él permitirá el éxito del programa. Se deberán conocer características sociales, educacionales, culturales. Deberá saberse el por qué, hace o no hace una determinada acción que se considera necesario ser modificada o activada.

Con el conocimiento anterior será la única forma que se realice un efectivo programa de transferencia tecnológica.

- Un tercer punto fundamental es la permanencia, es decir, que la duración del programa sea el suficiente como para que se produzca una efectiva internalización de los conocimientos en los agricultores, de igual forma, es importante que haya la menor rotación posible en las

personas que hacen transferencia, de tal manera que se establezca un lazo de confianza entre el agricultor y el transferencista, lazo importante para un buen traspaso de la información, para la credibilidad.

La acción de transferencia esta estructurada de tres elementos:

a. Visita al predio

Esta es una visita que se hace al predio de cada uno de los agricultores incorporados en el programa de transferencia tecnológica (P. T. T.). En esta visita, se detectan los problemas existentes y los avances y cambios que presentan el predio con las tecnologías y métodos empleados para producir. Aquí se dan recomendaciones que ayuden a corregir los problemas detectados. La frecuencia de visita estará en función de las necesidades de cada predio. En promedio pueden ser una por mes.

b. Reuniones grupales

Estas son reuniones con todos los agricultores del PTT. Se analiza y discute algún problema específico del sector (riego, fertilidad, etc). Se hace un plantamiento teórico del problema y se plantean soluciones y recomendaciones, de orden general, que ayuden al sector en el problema particular analizado. Estas reuniones deben realizarse de 4-6 veces al año.

c. Días de campo

Los días de campo son reuniones con los agricultores en terreno, para ver en la práctica el efecto que tiene llevar a cabo las medidas recomendadas. Se hacen visitas a parcelas demostrativas de las medidas ensayadas y donde los efectos de las mismas quede de manifiesto. Durante un año se deben hacer de 3-4 días de campo.

7.2 Comercialización

Para enfrentar un problema de comercialización en el área debe previamente conocer las características locales imperantes de esta actividad. Al respecto puede indicarse, recopilado de la información existente, lo siguiente:

- Alfalfa: cerca de un 50% de usa como forraje, tanto para animales propios como de otros agricultores. Parte del intercambio de forraje se hace como trueque, cambiando alfalfa por guano.
- Orégano: vendido a un solo comprador.
- Otros cultivos (maíz, papa): cerca de un 50% es vendido dentro de la misma comunidad. Una parte es destinadas para la alimentación de familiares del agricultor que no estén en ese momento en el sector

(Arica).

- Animales: ventas a Arica (31,3%), otros poblados (25%), otros (31,3%). Las épocas de ventas son las fiestas (31,3%) y también durante el primer semestre el año.

La falta de antecedentes impiden definir una línea de trabajo en comercialización de productos. Un primer paso por realizar es desarrollar una encuesta que permita detectar todos aquellos antecedentes que faltan para caracterizar el sistema imperante.

En la encuesta hay que detectar algunos antecedentes como:

- Volúmenes transados.
- Precios de venta productor.
- Intermediarios que actúan.
- Tipos de transacciones.
- Formas de venta.
- Especificaciones exigidas a los productos.
- Mercados actuales y potenciales.
- Precios de venta consumidor.

Una vez que hayan sido tipificados los canales de comercialización, podrán conocerse sus características principales, sus eficiencias y márgenes de comercialización. Del conocimiento anterior y de la realidad física - social- cultural económica en la cuenca podrá decirse si el canal es adecuado o no; y, en caso que no lo sea, qué modificaciones será necesario introducir, o bien, si así es preciso, crear otro canal o canales de comercialización que haga más favorable la posición de los agricultores y de la comunidad en general.

8. PROGRAMA DE INVESTIGACION

En general en todo el sector agrícola del país y en la zona norte en particular, la ausencia o poca confiabilidad de mucha de la información existente, hace que el proceso de toma de decisiones participe de manera importante la incertidumbre, lo cual puede llevar al fracaso a muchos proyectos por no contar con la información adecuada.

Por lo tanto, es necesario establecer un programa de investigación que genere información para apoyar el proceso de toma de decisiones en el área. Este debe abarcar las siguientes líneas de investigación.

8.1. Suelos y Agua

Se hace necesario caracterizar los suelos tanto física como químicamente. En lo físico hacer determinaciones de textura, estructura, retención de agua, velocidad de infiltración del agua, densidad, etc. En lo químico es necesario conocer antecedentes sobre pH, conductividad eléctrica, contenido de nutrientes, contenido de sales, etc.

En el agua de riego de las subcuencas Chapiquiña y El Ingenio, es necesario determinar la calidad química: pH, contenido de sales, conductividad eléctrica, etc. Hay que hacer una secuencia de determinaciones a través del año, para así conocer la variación, si es que existe, de las características químicas del agua.

8.2. Riego

En este punto una de las investigaciones a desarrollar es determinar la eficiencia de cada uno de los sistemas de riego existentes (terrazas y cultivos en laderas), y determinar la factibilidad que pueda ser mejorada la situación actual.

8.3. Fertilización

Para los cultivos existentes hay por un lado que determinar cuales son los requerimientos de los nutrientes principales (nitrógeno, fósforo, potasio) y por otro, determinar que tipo de fertilizante en función de sus características físico-química, es el más adecuado para cada tipo de suelo y cultivo.

8.4. Cultivos

- Cuantificación de los rendimientos actuales y el impacto que produzca la incorporación de nuevas tecnologías.
- Determinación de distancias óptimas de siembra y/o plantación.

- Ensayos con plásticos en el manejo de los cultivos, de tal manera de tratar de modificar las épocas de siembras. Ensayos con invernaderos, túneles, mulch, etc.
- Determinación de la adaptabilidad de nuevos cultivos a las condiciones locales.

8.5. Plagas y Enfermedades

Hacer un diagnóstico de plagas y enfermedades existentes en el sector de tal manera de identificar los problemas actualmente presentes y base a esto definir las estrategias de control, cuando así sea necesario.

8.6. Praderas Naturales

- Identificar las especies que la componen y sus características fenológicas, de tal manera de darle un uso adecuado y eficiente a este recurso.
- Hacer una calificación de las praderas, en función de su peligro de erosión delimitando aquellos sectores no aptos para el pastoreo.

8.7 Introducción de Especies Forestales

Se debe proceder a la instalación de un dispositivo experimental que permita conocer especies tanto forestales como silvopastorales para la zona precordillerana de la región. Aunque hay algunas experiencias aisladas, éstas no corresponden a un estudio que permita sacar conclusiones, para iniciar un programa de forestación masivo.

8.8. Seguimiento de los Efectos de las Estructuras de Control de Esgurrimiento

Es necesario establecer un sistema de seguimiento y evaluación del impacto que las esctructuras tienen en los flujos de escurrimiento, control de la erosión y sedimentación y mantención de la humedad con fines de establecimiento de vegetación. Este dispositivo permitirá cuantificar los efectos de las obras y con ello su futuro dimensionamiento en casos similares, o bien modificación en los diseños actualmente implementados.

9. PROGRAMA DE OPERACIONES

Las actividades de implementación del plan de desarrollo se realizan en un horizonte de 10 años, que es el lapso en que se terminarán las obras civiles y de plantación. La localización en el tiempo de cada una de ellas se plantean separadamente por programa.

9.1. Operación por Programas

Los diferentes programas a ejecutar para el desarrollo de la cuenca contemplan requerimientos de mano de obra, dimensionamiento de la actividad anual y años de duración de cada una de ellas. Para una mejor comprensión de las actividades de cada programa se presentan en el cuadro siguiente.

CUADRO N° 9-1: Operación de los programa

Programa	Actividad	Dimensión (Unid/año)	Jornadas (Homo/día)	Duración actividad (años)
Control de escurrimiento superficial	Construcción de zanjas	135.000 m	3.450	8
	Construcción de diques	8 diques	1.800	10
Producción agrícola	Cultivos normales*	---	-	--
	Construcción embalses	1 embalse	1.565	2
Producción ganadera*	-----	---	-	--
Producción energética	Cercado del queñoal	7.000 m	140	1
	Plantación	15 ha	1.118	3

* No requiere actividades fuera de las que actualmente se realizan. Sólo deben reorientarse de acuerdo a este plan.

9.2. Distribución de la Mano de Obra

Una de las características de la cuenca es la poca disponibilidad de la mano de obra, lo que dificulta cualquier actividad extra. En este sentido se ha buscado una distribución de actividades a través del año

que signifique el mejor aprovechamiento de la mínima cantidad de persona que se requiere para ejecutar las obras en el primer año. El Cuadro N° 9-2 da una estimación de éstos.

Cuadro Nº 9-2 : Distribución de los requerimientos de mano de obra.

Actividad	Número de trabajadores											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Construcción de zanjas					23	23	23	23	23			
Construcción de diques				10	10	10	10	10	10			
Construcción de embalse				11	11	11	11	11	11			
Construcción de cercos		2	4									
Plantación	12	12										12
Total	12	14	4	21	44	44	44	44	44			12

9.3. Secuencia de Actividades

Las diferentes actividades adicionales a las actuales que contempla el plan se presentan en su ubicación en el tiempo. Se tomó un horizonte de 10 años que es el tiempo en que se terminan las obras civiles. Con posterioridad solo hay actividades de producción y mantención de los trabajos realizados. El próximo cuadro presenta la secuencia de desarrollo de actividades.

Cuadro N° 9 - 3: Secuencia de desarrollo de actividades

[illegible]

10. EVALUACION ECONOMICA DEL PLAN

Al hacer una evaluación del proyecto, es necesario definir quién o quienes reciben los beneficios generados, con el fin de asignar los costos en que se debe incurrir. Este es un principio de equidad que debiera primar en todo proyecto. Pero la mayoría de los casos es difícil cargar los costos en aquellos beneficiarios que no están directamente relacionados produciendo externalidades positivas generadas por unos pocos. En otros casos la externalidades generadas son cuantitativamente muy superiores a los beneficios que alcanza a los directamente involucrados, lo que lleva a pensar que es más equitativo que la sociedad pague los costos del proyecto.

En la identificación de los beneficiarios de este plan de desarrollo aparece el problema recién planteado y que se origina en un conflicto entre el marco de referencia del proyecto y los objetivos definidos. El marco de referencia plantea el problema global producido por las crecidas del invierno altiplánico y los objetivos del proyecto, el desarrollo de cuencas cordilleranas aprovechando el excedente hídrico producido. Es evidente que mientras mayor sea el aprovechamiento de excedente hídricos, mayor será su efecto aguas abajo, disminuyendo el problema global.

Dados los objetivos de este proyecto se ha procedido a hacer una evaluación privada del plan de desarrollo, concientes que los resultados serán muy distintos si se hace desde un punto de vista social. Las características de torrencialidad de la cuenca requiere de estructuras de mayor embergadura que las que económicamente soporta el proyecto en forma privada, para el control de escurrimiento.

En todo caso se plantea una estimación cualitativa de las externalidades generadas por este plan, las que servirán como base para visualizar la magnitud de obras que podrían realizarse para controlar el problema ocasionado por el invierno altiplánico, bajo ciertas probabilidades de excedencias de los fenómenos torrenciales.

Para proceder a la evaluación se identificaron y cuantificaron los costos y beneficios por programa en un horizonte de planificación de 20 años. Se usó una tasa de descuento de 10% y se aplicó el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR) como indicadores de rentabilidad.

Los supuestos utilizados para la evaluación en cada programa y el flujo de caja son la base para determinar los índices de rentabilidad. Ellos se presentan en los siguientes puntos:

10.1. Supuestos Económicos de Algunos Programas

Para llegar a una estimación monetaria de los beneficios que proporcionan algunos programas, fue necesario basarse con algunos

supuestos que se presentan a continuación.

10.1.1. Programa de control de escurrimiento

Las obras de control de escurrimiento tienen como objetivo regular el flujo superficial y estabilizar algunos cauces. Ello permite un control de la erosión de manto y el socavamiento de los cauces. Pero existe dificultad para estimar los beneficios generados por la inversión que significa este programa. Por consiguiente se ha estimado correcto incluir como beneficio, el evitar futuras pérdidas que se ocasionarán al proceso de producción agrícola. El supuesto es el siguiente:

- Existe un deterioro del 2% anual de la producción sin obras.
- Las obras detienen la pérdida, por consiguiente existirá un 2% anual del ingreso esperado como un menor costo que se debiera incurrir para mantener el ingreso actual.
- La tasa de deterioro es del 2% acumulativo lo que implica que en el horizonte de 20 años se evita la pérdida de un 36% de los ingresos esperados.
- Se incluye en el flujo de caja el 2% acumulado anualmente de los ingresos esperados de la producción agrícola.

10.1.2. Programa de producción agrícola

El supuesto en la estimación de los beneficios producidos por el plan, es el mayor ingreso generado por la superficie adicional bajo riego. Este ingreso es permanente en el tiempo y corresponde al mayor ingreso esperado de dicha superficie. Como se mencionó con anterioridad no fue posible estimar el incremento de la producción, debido al proyecto, por no existir antecedentes de producción previos a la evaluación.

10.1.3. Programa de producción ganadera

Se supone, debido a la falta de información, que las condiciones actuales de la explotación ganadera corresponden a un 50% del potencial máximo de la cuenca. Por consiguiente y como consecuencia del programa de transferencia tecnológica se supone que los rendimientos se incrementarán en un 5% cada año. Se considera el primer incremento en el año 2 para llegar al máximo en el año 11.

10.1.4. Programa de producción energética

Para estimar los beneficios producidos por la plantación, se han considerado los siguientes supuestos:

- Crecimiento anual del bosque de 5 m³/ha.
- Rotación de 20 años.
- Se cortan 2 ha anualmente a partir del año 11.
- La producción llega a un máximo en el año 30 con 150 m³ por ha.
- La producción se estabiliza en el año 81 con 225m³.
- Se le ha asignado un valor de \$ 4 al kilo de leña producido.
- Los costos de plantación reciben un 75% de bonificación acogiéndose al DL 701.

10.1.5. Programa de transferencia tecnológica

Este es un programa de acción permanente. El costo anual por agricultor es de \$ 100.000, y cada año se le brindará este servicio a un promedio de 12 agricultores.

Basándose en experiencias de programas similares, se supone que durante el año 2 se aumenta en un 10% los rendimientos, produciéndose, a partir del año 3 un incremento anual del 5%, hasta llegar al año 10 cuando se llega a una situación de esta estabilidad.

10.2. Flujo de Caja para Evaluación

A continuación se presenta el flujo de caja en un horizonte de 20 años. Como es natural, en él aparecen los ingresos y egresos generados por cada programa y los resultados del balance de cada año (Cuadro N° 10-1).

10.3. Evaluación

Para proceder a la evaluación se procedió a actualizar el resultado de la operación de cada año (Cuadro 10-1) por 3 tasas de descuento, 0,5 y 10% y con ellas se obtuvieron 3 valores del VPN. También se procedió a calcular la tasa interna de retorno (TIR).

El Cuadro N° 10-2 presenta la actualización de los flujos anuales a las 3 tasas sugeridas.

CUADRO Nº 10-1: Flujo de caja del plan de desarrollo

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
a) INGRESOS																				
- Super producción agrícola	—	445,0	445,0	445,0	445,0	445,0	445,0	445,0	445,0	445,0	445,0	445,0	445,0	445,0	445,0	445,0	445,0	445,0	445,0	445,0
- Super producción ganadería	—	95,1	170,0	234,2	311,6	427,0	547,0	557,0	483,7	483,7	483,7	483,7	483,7	483,7	483,7	483,7	483,7	483,7	483,7	483,7
- Ingresos por transferencias	—	541,0	415,0	1.122,0	1.500,0	1.485,0	2.347,0	2.347,0	2.347,0	2.347,0	2.347,0	2.347,0	2.347,0	2.347,0	2.347,0	2.347,0	2.347,0	2.347,0	2.347,0	2.347,0
- Salid. planific. (en 101)	—	472,0	472,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
- Ingresos totales	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
- Valor recibido total	—	—	112,2	215,4	310,6	445,0	541,0	672,7	245,4	245,4	245,4	245,4	245,4	245,4	245,4	245,4	245,4	245,4	245,4	245,4
- Gastos totales	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
TOTAL INGRESOS	—	1.110,0	2.442,0	3.241,2	2.707,3	3.225,7	3.201,3	6.182,9	5.481,5	5.481,5	5.481,5	5.481,5	5.481,5	5.481,5	5.481,5	5.481,5	5.481,5	5.481,5	5.481,5	5.481,5
b) EGRESOS																				
- Construcción rústica	1.285,3	1.285,3	1.285,3	1.285,3	1.285,3	1.285,3	1.285,3	1.285,3	1.285,3	1.285,3	1.285,3	1.285,3	1.285,3	1.285,3	1.285,3	1.285,3	1.285,3	1.285,3	1.285,3	1.285,3
- Construcción urbana	2.956,0	2.956,0	2.956,0	2.956,0	2.956,0	2.956,0	2.956,0	2.956,0	2.956,0	2.956,0	2.956,0	2.956,0	2.956,0	2.956,0	2.956,0	2.956,0	2.956,0	2.956,0	2.956,0	2.956,0
- Construcción vial	3.432,0	3.432,0	3.432,0	3.432,0	3.432,0	3.432,0	3.432,0	3.432,0	3.432,0	3.432,0	3.432,0	3.432,0	3.432,0	3.432,0	3.432,0	3.432,0	3.432,0	3.432,0	3.432,0	3.432,0
- Construcción otros	6.715,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
- Planificación	410,2	410,2	410,2	410,2	410,2	410,2	410,2	410,2	410,2	410,2	410,2	410,2	410,2	410,2	410,2	410,2	410,2	410,2	410,2	410,2
- Gasto total planific.	1.200,0	1.200,0	1.200,0	1.200,0	1.200,0	1.200,0	1.200,0	1.200,0	1.200,0	1.200,0	1.200,0	1.200,0	1.200,0	1.200,0	1.200,0	1.200,0	1.200,0	1.200,0	1.200,0	1.200,0
TOTAL EGRESOS	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5
RESUMEN ANUAL																				
- Ingresos totales	—	1.110,0	2.442,0	3.241,2	2.707,3	3.225,7	3.201,3	6.182,9	5.481,5	5.481,5	5.481,5	5.481,5	5.481,5	5.481,5	5.481,5	5.481,5	5.481,5	5.481,5	5.481,5	5.481,5
- Gastos totales	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5	15.088,5
- Saldo inicial	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
- Saldo final	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

NOTA: Resultados expresados en millones de pesos

CUADRO N° 10-2: Actualización de flujos anuales (miles de \$)

Período	TASA DE DESCUENTO		
	0%	5%	10%
1	(15.029,5)	(14.314,1)	(13.663,3)
2	(8.450,5)	(7.664,6)	(6.983,5)
3	(4.309,9)	(3.722,9)	(3.238,0)
4	(3.201,1)	(2.633,5)	(2.186,4)
5	(3.195,2)	(2.503,4)	(1.983,9)
6	(2.716,6)	(2.027,1)	(1.533,2)
7	(2.238,0)	(1.590,5)	(1.148,5)
8	(1.759,4)	(1.190,8)	(820,8)
9	(1.280,8)	(825,6)	(542,8)
10	(802,2)	(492,5)	(309,2)
11	4.497,7	2.629,8	1.576,4
12	4.645,9	2.586,8	1.480,2
13	4.794,1	2.542,3	1.388,9
14	4.942,3	2.496,4	1.301,3
15	5.090,5	2.448,5	1.218,2
16	5.238,7	2.399,8	1.139,9
17	5.386,9	2.350,3	1.065,5
18	5.535,1	2.299,8	995,8
19	5.683,3	2.248,9	929,2
20	14.202,4	5.352,9	2.110,5
Total	17.033,7	(9.609,5)	(19.203,7)

Los resultados por consiguiente son:

- VPN 0% \$ 17.033,7

- VPN 5% \$ (9.609,5)

- VPN 10% \$ (19.203,7)

Como puede apreciarse, visto desde un punto privado, el proyecto no soporta las inversiones que es necesario realizar para conservar los recursos suelo y agua.

10.4. Comentarios

Como se puede concluir de la evaluación del aprovechamiento de los excedentes hídricos, incrementar el desarrollo económico y social de la cuenca no presenta mayores expectativas económicas. Las inversiones necesarias no pueden ser respaldadas por el aumento en los ingresos en la actividad agrícola y ganadera debido al bajo potencial que presenta la cuenca. Esta situación es muy similar en las cuencas vecinas.

Es indudable que un proyecto como éste tiene consecuencias positivas aguas abajo, en la medida de la magnitud de las obras que se han propuesto. Estos beneficios son regulación de las crecidas, protección a la infraestructura, mantención de niveles de producción agrícola y todas las consecuencias laterales que ésto implica. Comparados estos beneficios con los costos del plan, son sin lugar a dudas de una magnitud muy superior y por consiguiente lo hacen deseable para el conjunto de los beneficiarios.

Frente a la situación planteada no es equitativo que la comunidad de Chapiquiña pague por las obras del plan cuyo gran beneficio no va a ser captado por ellos. Es por este motivo que el plan tiene una factibilidad social que debe estudiarse con mayor profundidad, de tal forma de buscar los medios para que la Región subsidie el financiamiento de las obras.

La solución al problema global de los daños producidos por los excedentes hídricos del invierno altiplánico, no tiene otra salida que extender al plan propuesto a la mayor parte de las cuencas receptoras, en este caso el río San José. Mirado desde este punto de vista, sería rentable proceder a la construcción de estructuras mayores de control del escurrimiento superficial, que asegurarían una gran estabilidad a las actividades del valle de Azapa y la ciudad de Arica.

ANEXO 1

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Los objetivos generales de estudio son tres:

- Seleccionar, conocer los recursos y diagnosticar la situación de una cuenca cuya superficie no sea mayor que 15.000 hectáreas y que tenga incidencias en los problemas ocasionados por el invierno altiplánico.
- Elaborar un plan de desarrollo de la cuenca seleccionada que contemple obras estructurales y de manejo de la vegetación con el fin de controlar el escurrimiento proveniente de las lluvias.
- Aprovechar los excedentes hídricos a través de un programa de actividades agrícolas, forestales y ganaderas que beneficie a los usuarios y propietarios de la cuenca.

La consecución de los objetivos generales planteados se logra a través de los siguientes objetivos específicos:

- Conocer y analizar los sistemas hidrográficos de la Primera Región con el fin de identificar a aquel que debido a problemas ocasionados por las crecidas producto del invierno altiplánico, tenga una mayor incidencia económica por los daños que genera.
- Seleccionar una cuenca piloto dentro del sistema hidrográfico identificado.
- Estudiar los recursos de la cuenca piloto y describirlos con el fin de identificar las potencialidades y las limitaciones que posee para un futuro desarrollo, que permita controlar las crecidas ocasionadas por el invierno altiplánico.
- Elaborar la información necesaria para ser utilizada con posterioridad y que forma parte de los recursos de la cuenca.
- Diagnosticar la situación existente.
- Zonificar la cuenca de acuerdo a sus diferentes potencialidades de uso, para dar las bases donde se desarrollarán las futuras actividades.
- Determinar las disponibilidades de agua para las actividades agrícolas.
- Optimizar el uso del agua disponible proponiendo una estructura de cultivos de acuerdo a las probabilidades de ocurrencia de

- Proponer programas de control de escurrimiento superficial y de manejo de los recursos agrícolas, ganaderos y forestales, basados en el aprovechamiento de los excedentes hídricos.
- Evaluar económicamente los diferentes programas con el fin de analizar su factibilidad.
- Proponer un programa de operaciones que pueda ser implementado en el tiempo.

ANEXO 2

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA COMUNA DE PUTRE

La comuna de Putre, se encuentra ubicada al Sureste de la provincia de Parinacota, y al Este de la provincia de Arica, a una altura sobre el nivel del mar que fluctúa entre los 2.500 y 4.600 metros.

Sus límites son: al Norte la comuna de General Lagos, al Este la República de Bolivia, al Oeste la comuna de Arica, al Sur con la comuna de Camarones y al Sureste con la provincia de Iquique.

Las principales localidades de la comuna de Putre son: Putre, Belén, Tignamar, Caquena, Socoroma, Chapiquiña, Parinacota y Guallatire.

A2.1. Aspectos Demográficos

La población de la comuna es de 3.356 habitantes (Censo Población 1982, INE). De este total se considera un 27,6% urbana y 72,4% rural.

Durante el período 1970 - 1982, la población creció a una tasa promedio anual del 4,8%, la cual fue superior a la tasa regional (3,3%) y del país (1,6%). Este crecimiento se debe al aumento de las fuentes de trabajo en las actividades de la agricultura, ganadería, minería y comercio.

A2.2. Aspectos Económicos

De acuerdo a antecedentes de la Municipalidad de Putre, la población en edad de trabajar es de un 81,9% del total de la comuna.

Las actividades que absorben mayor cantidad de mano de obra son los servicios comunales y sociales con un total de 1.518 personas, y la agricultura con 473 personas.

La actividad productiva más importante en la actualidad es la agrícola representada por la explotación del ganado, camélido y la del sector altiplánico, la crianza de ovinos en la precordillera y cultivos agrícolas. También existe actividad minera en el mineral de Choquelimpie.

A3.3. Salud

La mortalidad general a nivel nacional era un 6,5% en 1983, a nivel de la I Región era de 5,4% y a nivel de la comuna de Putre de 4,4% en el mismo período. Sin embargo, la tasa de mortalidad neonatal sigue

siendo alta (27,8%) en comparación con el país (12,0%) y la Región (12,0%).

El grado de desnutrición de la comuna de Putre, durante los años 1982-1983, fue muy inferior a los de la Región y el país, en términos absolutos.

En la comuna de Putre se cuenta con dos postas en las localidades de Putre y Belén.

CUADRO Nº A.2.1: Tasa de mortalidad y desnutrición infantil. Año 1983

Area	Mortalidad general (por mil)	Mortalidad infantil (por mil)	Mortalidad neonatal (por mil)	Tasa de desnutrición infantil (por mil)
País	5,5 %	23,4 %	12,0 %	9,8 %
Región	5,4 %	20,8 %	12,0 %	5,7 %
Comuna	4,4 %	27,8 %	27,8 %	6,0 %

FUENTE: Secretaría Regional Ministerial de Salud.

A.2.4. Educación

En 1982 la tasa de analfabetismo fue de 13,5%, que es muy superior a la tasa regional (3,8%). Esto se debe, a que la comuna de Putre no tenía acceso a este servicio con mucha facilidad. Esto se ha ido superando con la habilitación de un mayor número de establecimientos educacionales.

Actualmente la educación básica en la comuna, es cubierta en un 96,6%, a través de 8 establecimientos educacionales. Esta tasa de cobertura es menor que en la Región (98,1%) y mayor que en el país (88,3%), en el año 1982.

La cobertura real en los diferentes niveles de educación se puede resumir de la siguiente forma:

- En el nivel prebásico, la cobertura fue de 33,3% en 1982.
- En el nivel básico (de 6 a 14 años), la cobertura real fue de 96,6% (1982).

- En el nivel medio, la tasa de cobertura es bastante baja (1,51%), ya que el liceo es de muy reciente creación.

CUADRO Nº A.2.2: Estado de la educación. Año 1982

Area	Tasa de analfabetismo	Tasa de cobertura de la E. Básica
País	----	88,34
Región	3,8	98,09
Comuna	13,5	96,60

FUENTE: INE (Censo de Población)
SERPLAC

Es conveniente indicar que en años pasados, un gran número de habitantes emigraba a la ciudad de Arica con el propósito de tener un mejor acceso a la educación. Actualmente esta situación ha cambiado, al contar con una mayor infraestructura educacional a nivel comunal.

La comuna de Putre posee 8 establecimientos educacionales distribuidos en las siguientes localidades: Putre, Belén, Tignamar, Caquena, Socoroma, Chapiquiña, Parinacota y Guallatire.

A.2.5. Vivienda y Urbanización

De las 62.631 viviendas de la Región, 1.131 de ellas se encuentran distribuidas en la comuna de Putre. De estas viviendas, 611 corresponden a hogares particulares (año 1982), de los cuales 220 no tenían agua, electricidad y sistema de eliminación de aguas servidas.

El sistema de agua servidas vía alcantarillado, ascendía a 36 hogares ubicados en el sector urbano y 7 en los rurales (1982). Desde 1982, se inició un programa de instalación de alcantarillado y agua potable, lo que significará un incremento de la cifra dada anteriormente.

De los 220 hogares que no disponían de eliminación de aguas servidas

en 1982, en su totalidad se ubican en el sector rural. Es decir, el sector urbano no presenta este problema.

A.2.6. Transporte

El único medio de transporte existente en la comuna, es vía terrestre. Los flujos de movilización terrestre son:

- Arica - Socoroma - Putre
- Arica - Chapiquiña - Belén
- Arica - Chucuyo - Parinacota - Belén

La comuna no cuenta con movilización colectiva interlocalidades, por ser muy escaso el flujo de pasajeros. De esta forma, los habitantes deben movilizarse en vehículos propios o bien caminando.

Para el flujo Arica - Chucuyo - Parinacota - Caquena, se cuenta con un camión particular habilitado para el transporte de pasajeros y carga, el cual realiza el recorrido una vez al mes.

CUADRO Nº A.2. 3: Comunicación vial permanente o temporal de zonas pobladas respecto a centros en que existen servicios básicos.

Localidad	Vías predominantes de acceso a serv. básic.	
	Permanente	Estacional
Putre	12 meses utilizable	-----
Belén	12 meses utilizable	-----
Tignamar	-----	9 meses utilizable
Socoroma	12 meses utilizable	-----
Parinacota	12 meses utilizable	-----
Guallatire	-----	10 meses utilizable
Caquena	12 meses utilizable	-----
Chapiquiña	12 meses utilizable	-----

A.2.7. Comunicaciones

Existen equipos de radio de la Defensa Civil en las 8 localidades más importante de la comuna.

Además funciona una radio emisora en la localidad de Putre que es la "Radio Parinacota".

En 5 localidades tienen acceso a la captación de la red nacional de televisión: Putre, Socoroma, Chapiquiña, Belén y Guallatire.

En relación a la comunicación intercomunal, existen 3 agencias de correo, y un teléfono público que está ubicado en Putre.

ANEXO 3

ANTECEDENTES GENERALES DE LA CUENCA PILOTO DE CHAPIQUIÑA

A.3.1. Geología y Geomorfología

La cuenca de Chapiquiña está configurada por grandes unidades geológicas y fisiográficas que varían de acuerdo a su posición relativa en el área. Se pueden distinguir las siguientes formaciones:

- Depositiones cuaternarias:

Comprenden las depositaciones aluviales recientes dispuestas a través de quebradas y valles, formando planos inclinados coluvio deyeccionales de areanas y gravas volcánicas. El material de origen correspondiente a la desintegración granular de los relieves volcánicos cuaternarios. En estos planos se practican hoy los cultivos, especialmente a alfalfa y algunas formas de aterrazamientos.

- Pie de monte terciario:

Está compuesto por una gran formación sedimentaria depositada sobre rocas volcánicas subyacentes. Están constituidos por gravas de rodados de pórfidos cuarcíferos, arenas y limos y se encuentran al pie de los grandes relieves montañosos. Estas depositaciones están siendo actualmente erosionadas en forma muy intensa por la acción de cárcavas, debido principalmente a lo deleznable de los materiales de su composición y al desaparecimiento de materiales volcánicos que lo cubrieron en el Pleistoceno.

- Relieves montañosos terciarios:

Los relieves montañosos cretácicos son instruidos en parte por cuerpos intrusivos de edad terciaria de diorita, grano de diorita y pórfidos cuarcíferos en la parte NE de la cuenca. Actualmente presentan una superficie quebrada y recorrida por numerosas incisiones fluviales profundas, como herencia de períodos más húmedos.

Toda la franja Este de la cuenca, es decir, los relieves que constituyen el cierre de la cuenca, en parte están combinadas con desbordes de rocas ignimbríticas del plateau altiplánico. Se presentan como un conjunto de afloramiento en forma de farellones, dado el aspecto de un relieve en gran parte destruido y maduro, dejando en sus partes medias y bajas grandes acumulaciones fluviales o cúmulos de escombros producto de la desintegración intensiva de estos

relieves.

- Cordones montañosos precordilleranos:

Están conformados litológicamente por rocas volcánicas y sedimentarias marinas y continentales cretácicas, es el relieve de mayor continuidad y expresión presente en el área.

Tectónicamente, se presente fuertemente fallada, con lineamientos en sentido general NS, y están fuertemente disectados por cuaternario antiguo, presentan superficialmente una cubierta regolítica producto de la intemperización de la roca.

Este relieve entra en contacto por falla con rocas más antiguas, correspondientes al Paleozoico en el sector de Belén a Chapiquiña y están compuestos por granodiorítica, aresnicas y en partes esquistos micáceos y gneises. Estas rocas generan una estructura tectonizada que ascendió y entró en contacto por falla en todo su perímetro con los relieves cretácicos y jurásicos.

Una apreciación de las características del relieve de la cuenca se encuentran en el Mapa N°1.

A.3.2. Suelos

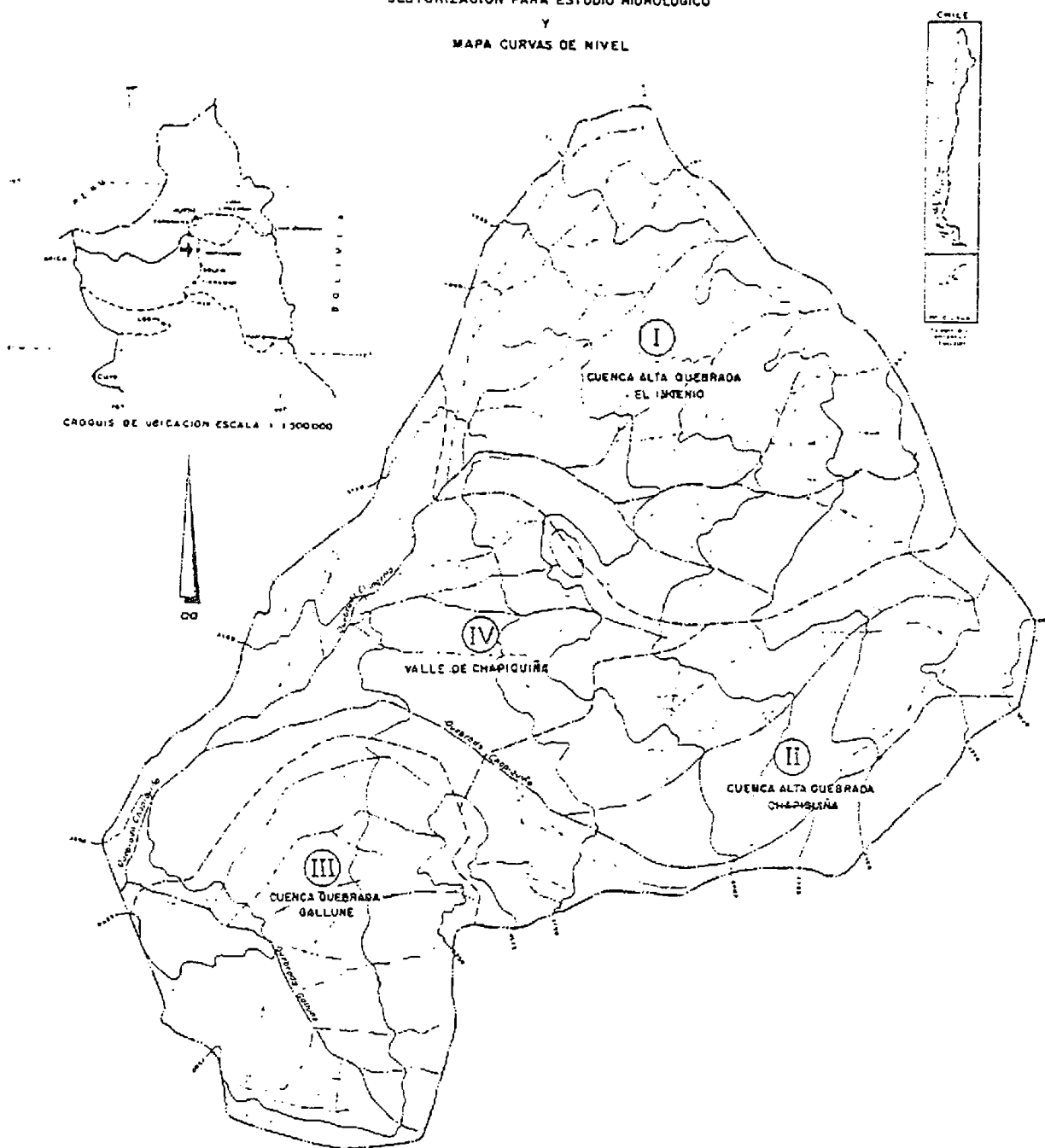
Los suelos de la cuenca están comprendidos en la gran clasificación de los suelos áridos, los cuales están presentes desde el extremo Norte del país hasta la zona de Ovalle, en el Sur. La cuenca está incluida entre los suelos áridos grises, los que debido a un exceso de acidez sólo han evolucionado por la participación de procesos físicos-químicos y participación biológica e hídrica mínima. Estos suelos presentan en general un desarrollo incipiente con texturas medias y gravosas y con un mayor contenido arcilloso en profundidad.

A lo largo de las quebradas se presentan suelos cultivados bajo riego. Estos son suelos artificiales que además se presentan en los aterrazamientos desarrollados en los faldeos que conforman las terrazas del cultivo.

Durante el trabajo en terreno se tomaron muestra de suelos en 3 lugares diferentes donde se desarrollan cultivos. Corresponden a suelos artificiales y el análisis de ello permiten inferir algunos antecedentes. En el Cuadro N° A.3.1 se presentan los resultados de los análisis, de las muestras tomadas en los siguientes sectores:

ACTIVIDAD 1-8.1.3
 APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES HIDRICOS
 PROVENIENTES DEL INVIERNO ALTIPLANICO
 SECTORIZACION PARA ESTUDIO HIDROLOGICO
 Y
 MAPA CURVAS DE NIVEL

UNIVERSIDAD DE CHILE
 ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
 UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
 CENTRO DE ESTUDIOS DEL DESIERTO



LEYENDA	SECTORIZACION PARA ESTUDIO HIDROLOGICO	SUPERFICIES	APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES HIDRICOS PROVENIENTES DEL INVIERNO ALTIPLANICO
Límite del Estudio Límite de Sub Cuencas Curvas de Nivel	I CUENCA ALTA QUEBRADA EL INGENIO II CUENCA ALTA QUEBRADA CHAPIQUINA III CUENCA QUEBRADA GALLUNE IV AREAS DEL VALLE DE CHAPIQUINA Y SUS SECTORES ANEXOS NO PRODUCTORES DE AGUA	I 125 ha II 365 ha III 679 ha IV 759 ha SUPERFICIE TOTAL 3.028 ha	CUENCA VALLE CHAPIQUINA MAPA CURVAS DE NIVEL REGION PRIMERA ZONA CH 30 PROYECTO PARINACOTA 87020000-077 87020000-102 SECTOR CHAPIQUINA PUEBLO NUEVO CARTAS PUTRE - LAGO CHUNGARA CARTA REGULAR DEL I.G.M. "PUTRE" Y "LAGO CHUNGARA" ESCALA 1:100000 DIBUJO EN 4 SEPTIEMBRE / FECHA OCTUBRE - 83 DIRECCION PROYECTO MANEJO SUELOS SEM / 107000 ANTO 210 8700 MAPA N° 1

- Sector 1: Sector del estanque, que corresponde a la acumulación de agua de la Quebradilla Muñante y que tributa en el río Chapiquiña.

- Sector 2: Terrazas en la entrada del pueblo ubicadas al Noroeste del pueblo.

- Sector 3: Suelos y terrazas en el sector Norte de la cuenca.

CUADRO N° A.3.1: Análisis de suelos de Chapiquiña

Análisis	Sector 1	Sector 2	Sector 3
pH (ext. sat.)	7,18	7,19	7,33
C.E. (ext. sat.) (mmhos/cm)	0,58	1,61	1,00
Calcio (meq/lt)	3,88	7,68	3,84
Magnesio (meq/lt)	0,96	1,92	1,92
Sodio (meq/lt)	0,65	6,95	3,91
RAS	0,42	3,2	1,8
Potasio (meq/lt)	1,15	0,75	0,64
Bicarbonato (meq/lt)	4,26	4,26	2,3
Cloruros (meq/lt)	1,22	4,90	2,45
Sulfatos (meq/lt)	0,89	8,34	5,23
Fósforo disponible (ppm)	26,80	8,27	12,80
Nitrógeno disponible (ppm)	31,2	122,19	116,61
Potasio disponible (ppm)	1062,5	225,0	737,50
Materia orgánica (%)	3,38	2,06	2,45
Arena (%)	56,5	35,2	45,2
Limo (%)	28,7	32,0	46,6
Arcilla (%)	14,8	32,8	8,8
Clasificación inter.	FA	Apd	F1
Clasificación USDA	Fa	FA	F

F = Franco

Fa= Franco arenoso

Apd= Arcilla poco densa

FA= Franco arcilloso

F1= Franco limoso

En los suelos de los sectores 2 y 3 hay algunos problemas de salinidad y un alto contenido de nitrógeno. Esto se explica, principalmente, por la existencia de alfalfa. El contenido de materia orgánica se considera adecuado. El contenido de potasio es alto, como en la mayoría de los suelos de la zona Norte.

Por último, el contenido de fósforo es de medio a alto, siendo esto, posiblemente consecuencia de las altas cantidades de estiércol que se le incorpora al suelo.

A.3.3. Uso Actual del Area

En general, puede decirse que los suelos del área están destinados al desarrollo de la agricultura y la ganadería. Las actividades agrícolas están restringidas por las condiciones extremas de temperatura y la calidad y disponibilidad de agua. La escasez de agua entre los meses de septiembre y diciembre, explica que se establezcan turnos de riego separados uno de otro por 15-20 y hasta 30 días. Estas frecuencias de riego reducen de manera importante el número de cultivos, limitándolos sólo a aquellos que pueden soportar estos largos lapsos sin riego. Otro aspecto importante en el tipo de cultivos es la topografía abrupta, lo que explica que la agricultura se realice en las laderas de los cerros, empleándose para este fin el uso de terrazas o bien estructuras que modifican (disminuyen) las pendientes.

Teniendo en consideración lo expuesto, se ha sectorizado la cuenca agrupando áreas homogéneas según formas de cultivo. Se han identificado 15 sectores diferentes, los que se pueden ubicar en el Mapa N°2. Ellos se especifican en el Cuadro N°A.3.2.

CUADRO N°A.3.2: Sectorización por características de uso de la cuenca Chapiquiña.

Características	S E C T O R E S														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pendiente (%)	30	10-15	25-30	35	40-45	30	10	10	20	30	30	30	35	30	45 y más
Forma de cultivo	T	L/T	L/T	L	T	L/T	L	L	L	L/T	L/T	L/T	L	L	
% cobert./cult.															
- Alfalfa	60	30	15	80	-	-	40	40	30	70	30	20	15	-	
- Orégano	30	50	10	-	-	-	10	-	-	-	15	-	-	-	
- Maíz	-	-	-	-	-	-	30	10	10	-	10	15	-	-	
- Sin uso	10	20	75	20	100 ¹	100 ¹	20	50	60	30	45	65	85	-	
Forestal ²														100	
Ganadero ³															100

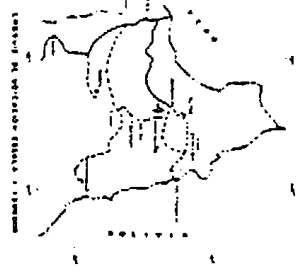
1 : Se cultiva solo en años de abundante disponibilidad de agua

2 : Ensayos de introducción de especies forestales y forrajeras

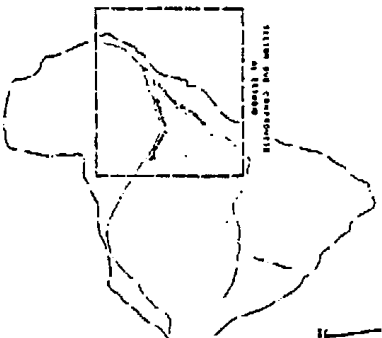
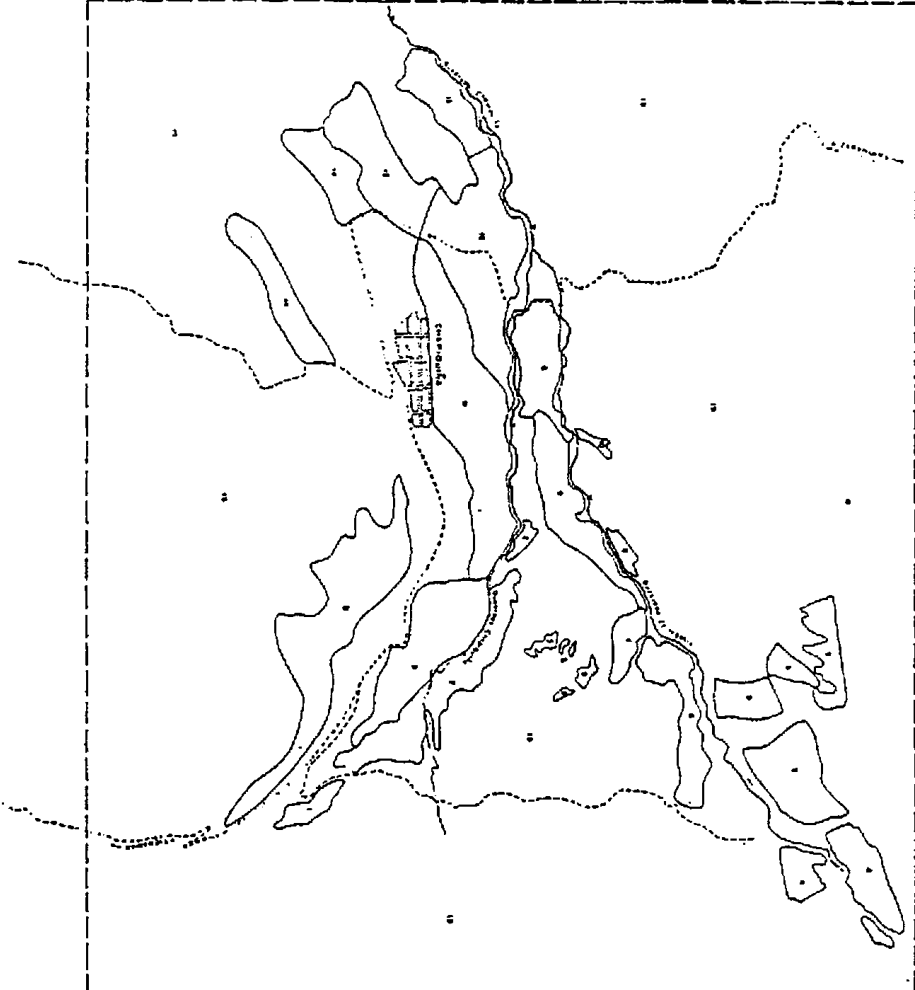
3 : Areas restantes destinadas a la ganadería

T : Cultivos en terrazas

L : Cultivos en ladera



ACTIVIDAD 1-6.1.3
APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES HIDRICOS
PROVENIENTES DEL INVIERNO ALTIPLANICO

[illegible]

1. Name 2. Address 3. City and State 4. Zip 5. Telephone 6. E-mail	7. Date 8. Time 9. Location 10. Weather 11. Wind 12. Clouds 13. Visibility 14. Air Temp 15. Surface Temp 16. Water Temp 17. Dew Point 18. Humidity 19. Pressure 20. Wind Dir 21. Wind Spd 22. Wave Dir 23. Wave Hgt 24. Current Dir 25. Current Spd 26. Tide 27. Moon Phase 28. Moon Pos 29. Star Pos 30. Sky Notes 31. Sea Notes 32. Other Notes
---	--

La cartografía de uso actual se elaboró a partir de las ampliaciones de las fotos 1:30.000 del vuelo SAF CH-30 de 1981. Esta ampliación se hizo a escala 1:9.500 aproximadamente, de tal forma, que se obtuvo el máximo de detalle. Por consiguiente las superficies destinadas a cada uso son aproximadas, ya que con el fin de evitar traspasar la información a escala 1:25.000, que es el mapa base, se utilizó el primero no restituído.

CUADRO N°A. 3.3: Superficies aproximadas por sector de uso actual

Sector	Superficies Tipo cultivo (ha)				Superficie total (ha)
	Alfalfa	Orégano	Maíz	Sin uso	
1	1,16	0,58	--	0,19	1,93
2	3,51	5,85	--	2,34	11,70
3	2,07	1,38	--	10,37	13,82
4	24,59	-	--	6,15	30,74
5	-	-	--	40,86	40,36
6	-	-	--	6,91	6,91
7	0,96	0,24	0,72	0,47	2,39
8	6,41	-	1,60	8,02	16,03
9	0,80	-	0,27	1,60	2,67
10	0,45	-	--	0,19	0,64
11	7,30	3,65	2,43	10,95	24,33
12	3,81	-	2,86	12,40	19,07
13	2,52	-	--	14,30	16,82
14*	-	-	--	-	12,44
15**	-	-	--	-	3.228,15
Total	53,58	11,70	7,88	114,25	3.428,00

* Ensayo de introducción de especies

** Resto de cuenca destinado a ganadería

A.3.4. Uso Potencial de la Tierra

Hablar de uso potencial de las tierras que cubren el área de estudio, implica definir las limitaciones que estas presentan para desarrollar diferentes actividades. Generalmente la mayor limitación que presentan los suelos es su pendiente, la que afecta su conservación ante diferentes actividades. Otro factor importante es la disponibilidad y calidad de agua que permite la existencia de cultivos.

En el caso que preocupa, las pendientes son fuertes en su generalidad. Este aspecto ha sido controlado por cientos de años por los habitantes de la zona, construyendo terrazas, en donde las pendientes son reducidas a 0%. Esto lleva a redefinir la potencialidad de uso para la terraza en sí, aunque se encuentre en suelos de alta pendiente.

En consideración a lo expuesto, la cuenca se sectorizó de acuerdo al Mapa N° 2 de uso actual, correspondiendo cada sector a una potencialidad de uso de acuerdo al siguiente criterio:

- Tierras arables

Clase I

Muy buena tierra que puede ser cultivada sin riesgo con los sistemas corrientes. Suelo plano o casi plano, profundo, regularmente dotado de elementos nutritivos. Debe ser manejado en forma tal que se mantengan o mejoren sus buenas condiciones físicas y sus elementos nutritivos.

Clase II :

Tierra buena que puede ser cultivada con métodos de protección de fácil aplicación, sujetas a moderadas limitaciones de uso y moderados riesgos de daños. Son de pendientes suaves, de profundidad mediana y pocas restricciones de cultivo. En esta clase se ubican los sectores 1, 2 y 3.

Clase III :

Tierra moderadamente buena que puede ser usada con una buena rotación, regularmente para cosechas, pero necesita tratamientos intensivos de manejo, ya que está sujeta a severas limitaciones de uso y severos riesgos de daños a causa de sus limitaciones permanentes. Corresponde a los sectores 11 y 12.

Clase IV :

Tierra buena solo para cultivos ocasionales y bajo manejo cuidadoso. En general, son suelos que no están adaptados a producción regular de cultivos escardados. Corresponde a sectores 5, 7 y 8.

- Tierras no arables

Clase V :

Tierras muy buenas para pastoreo o forestales y que no tienen casi ninguna limitación de uso. Requiere sí buen manejo de la pradera y del bosque. Sectores 6, 9 y 13.

Clase VI :

Tierras buenas para pastoreo o forestales y que no son arables a causa de lo escarpado de sus pendientes, susceptibilidad a la erosión, delgadez de los suelos, alcalinidad u otras condiciones desfavorables. Sectores 4 y 10.

Clase VII :

Tierras regularmente adaptadas por empastadas o forestación, pero que tienen mayores riesgos o limitaciones para su uso, debido principalmente a sus suelos de pendientes muy escarpadas, delgados, secantes, de excesiva erosión o condiciones de alcalinidad severa. Requieren de un manejo muy cuidadoso. Se incluyen en esta clase los sectores 14 y 15.

- Tierras de protección

Clase VIII :

Tierras adaptadas solamente para vida silvestre, recreación o protección de hoyas hidrográficas.

A.3.5. Clima

Las características climáticas del área de estudio corresponden a las que predominan en el área formada por una franja que se extiende de Norte a Sur en la Cordillera de los Andes, abarcando altitudes entre los 3.000 y 4.000 m.s.n.m. y denominada "precordillera alta". No obstante lo anterior, existe una superficie importante que se encuentra sobre los 4.000 m y que presenta condiciones extremadamente frías, como son las condiciones climáticas del altiplano.

La precordillera se extiende entre los 1.500 hasta los 4.000 m y en ella se presenta una gradual evolución de los parámetros climáticos, especialmente térmicos.

Dentro del área denominada como precordillera se distinguen 3 sectores: un primer sector bajo entre los 1.500 a los 2.000 - 2.500 m; un sector medio que se sitúa entre los 2.000 a 3.000 m; y la llamada precordillera alta que abarca la franja cuyas altitudes van desde los 3.000 a los 4.000 m.

El clima en esta zona es bastante frío presentando un período libre de heladas de solamente 3-4 meses en su parte superior, y hasta 6 meses en los sectores más bajos cercanos a la costa 3.000 m.s.n.m.

La acumulación térmica va en aumento gradual a medida que se descende en altitud. Desde los 200 días grado en el límite con la zona altiplánica hasta los 600-700 días grado en las cercanías de los 3.000 m. Esto se refleja en el período de receso vegetativo el cual evoluciona desde los 8 meses en las partes altas hasta los 2 meses en los sectores más bajos.

La radiación solar es alta por la límpidez y la sequedad del aire. No obstante lo anterior, la evapotranspiración es moderada como consecuencia de las bajas temperaturas existentes que tienden a retardar el deshielo manteniendo el agua en estado sólido durante un mayor período de tiempo. La humedad relativa obviamente resulta bastante menor en invierno (30-50%) que la existente durante el verano, período en el cual se producen las precipitaciones, alcanzando valores de alrededor de 60-70%.

La precipitación es inferior a los 200 mm en prácticamente toda la precordillera alta, mostrando una marcada tendencia decreciente hacia los sectores más bajos. Por el contrario, la evapotranspiración evoluciona en un sentido inverso aumentando proporcionalmente con la altitud 1/. El déficit hídrico anual es de 800 a 1.200 mm.

Sobre los 4.000 m las condiciones se hacen notablemente más frías. Hiela todo el año y la acumulación térmica sobre los 10°C es menor que los 100 días grado, lo cual limita prácticamente todo uso de tipo agrícola como con cultivos anuales. Constituyendo eso sí un potencial importante en ganadería y la producción de agua ya que la precipitación anual supera los 200 mm.

El régimen pluviométrico se caracteriza por sus precipitaciones entre diciembre y marzo. A este fenómeno se la ha llamado "invierno altiplánico o boliviano". Su origen está en el debilitamiento de el anticiclón del Atlántico, trasladándose la masa ecuatorial continental, no solo sobre la cuenca del Amazona, sino que en todo el interior cálido del continente. De esta manera alcanza normalmente toda la cuenca del río Lauca hasta la cabecera del río Loa (latitud 26° 30'S).

En algunos años incluso llega hasta la zona de Potrerillos (latitud 26° 30'S), y en raras ocasiones se aproxima a la cabecera del río Huasco (Lat. 29°S). Esta masa ecuatorial continental es una masa de aire caliente, húmeda y termodinámicamente inestable, por lo que da origen a precipitaciones acompañadas de tormentas eléctricas.

1 / Santibáñez Q., Fernando. 1978. Rasgos climáticos de la I y II Regiones de Chile. Facultad de Agronomía Universidad de Chile.

Normalmente se producen al comenzar la tarde, lo que es característica de estas precipitaciones de tipo convectivo.

La influencia de la masa ecuatorial disminuye conforme se dirige al Oeste, alcanzando generalmente la Cordillera Central y la divisoria con los sistemas que drenan al Pacífico. En algunas ocasiones se desplazan más hacia el Oeste, produciendo la vertiente occidental de esta cordillera aguaceros muy violentos que generan grandes crecidas de efectos desastrosos en ríos como el Lluta y el San José.

Ahora bien, mientras en el altiplano las precipitaciones son homogéneas, hacia el Oeste se produce una leve disminución en cantidad. En la precordillera, en las cabeceras de los ríos Lluta, San José, las precipitaciones dejan de ser homogéneas, presentando diferencias significativas con la del altiplano, como se puede observar en los registros de Murmuntane y Belén.

Al analizar ambas estaciones 1/ presentan una buena correlación entre sus registros de precipitación evidenciando efectos locales en los montos de agua caída.

Los factores meteorológicos presentes en Chapiquiña se pueden asimilar a los valores obtenidos en la estación de Murmuntane, situada a corta distancia al Norte del área de estudio, y a una altitud de 3.280 m.s.n.m., ya que no existe estación meteorológica en ésta. Los resúmenes se presentan a continuación.

1/ Benítez G., Andrés. 1975. Estudio hidrometeorológico de las cuencas del río Lauca y Laguna Chungará. ENDESA.

CUADRO N°A.3.4 : Murmuntane. Precipitaciones (mm)
 Lat. 18°22'30" Long. 69°34' H= 3.280 msnm

Año	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Pa**
60/61	--	--	133,0	77,0	13,0	-	34,0	-	-	-	--	-	--
61/62	10,0	--	31,0	*	*	7,0	--	-	-	-	--	-	48,0*
62/63	--	--	96,5	220,7	41,5	-	--	-	-	-	8,3	-	367,0
63/64	--	2,9	10,5	17,7	9,9	1,3	--	-	-	7,8	--	-	50,1
64/65	--	52,9	34,6	31,2	--	-	--	-	-	-	32,3	-	150,7
65/66	--	--	-	11,0	19,5	-	0,3	-	-	-	--	1,8	32,6
66/67	--	4,8	8,1	112,6	38,3	5,8	--	-	0,2	-	--	-	169,8
67/68	2,0	6,0	65,2	57,8	45,4	-	0,9	-	-	-	--	-	177,3
68/69	5,2	1,2	66,8	38,0	20,0	-	--	0,4	-	-	--	-	131,6
69/70	0,1	1,2	21,3	31,4	17,0	-	1,1	-	-	-	--	4,5	76,6
70/71	--	7,4	68,2	118,0	--	-	--	-	-	-	--	-	--

* Valor dudoso.

** Precipitación anual.

CUADRO N°A.3.5 : Murmuntane. Temperaturas medias (°C)

	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	TA*
Max-Ab.	22,0	20,8	21,5	22,0	21,5	22,5	20,9	21,0	20,6	21,5	22,0	24,5	24,5
Máxima	16,5	16,8	15,7	15,0	16,0	16,9	16,0	14,9	16,6	15,0	16,6	16,6	16,1
Media	10,4	9,8	9,9	10,0	10,0	9,7	8,7	7,8	8,1	8,8	9,5	10,1	9,4
Mínima	4,2	4,2	5,3	5,3	5,2	4,1	3,2	2,2	3,7	2,3	3,2	3,1	3,8
Min-Ab.	-1,0	-2,5	-1,0	0,8	-1,0	-2,3	-2,0	-2,6	-3,6	-2,5	-2,0	-5,0	-5,0

* Temperatura media anual.

CUADRO N°A. 3.6 : Murmuntane. Promedio de humedades relativas del aire

	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
H02*	56	55	70	73	78	39	30	24	16	25	29	39
H08	45	46	64	62	69	35	29	24	16	25	28	32
H14	36	34	41	48	52	26	19	16	--	18	18	24
H19	53	52	65	70	74	46	32	23	15	25	32	39
H	47	47	60	61	68	36	28	23	16	23	27	33

H02* Humedad a las 2 horas
H Humedad media

CUADRO N°A.3.7 : Murmuntane. Evaporación observada (mm). (Estanque W.B Tipo A)

Año	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Ea
62/63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	174,4	176,7	209,0	---
63/64	182,2	191,1	179,0	126,6	139,7	147,7	155,6	151,6	146,1	170,5	200,5	211,0	2.001,6
64/65	203,4	152,8	153,3	109,4	158,4	149,0	181,6	170,7	153,5	184,0	167,7	217,6	2.001,5
65/66	205,0	207,1	225,6	147,9	159,7	194,2	157,7	147,8	166,9	189,4	205,0	202,8	2.209,1
66/67	198,0	173,0	187,3	62,3	88,6	142,2	154,0	139,3	133,8	188,7	202,0	232,5	1.900,7
67/68	205,4	203,5	130,2	90,1	96,1	177,0	144,9	142,3	174,2	190,5	202,1	207,0	1.963,3
68/69	179,4	207,7	158,1	114,8	151,0	192,0	181,6	156,4	182,0	178,6	198,0	210,1	2.109,7
69/70	203,2	205,2	139,5	134,4	161,2	173,0	143,8	-	-	-	-	-	---

CUADRO N° A.3.8 : Murmuntane. Insolación. Valores promedios (horas de sol/mes)

N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Anual
289,8	251,2	201,5	159,7	174,4	249,3	239,4	195,5	214,2	286,1	261,4	299,9	2.222,4

CUADRO N°A.3.9 : Murmuntane. Radiación solar (Langley/día). Valores promedios

N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Anual
633,7	620,0	517,8	449,8	455,2	486,2	411,5	372,9	395,5	465,9	533,2	612,7	496,2

A3.6. Características Morfométricas

La conformación superficial general del área se presenta con una disposición en escalones que suben desde occidente hacia el oriente, como resultado de procesos tectónicos de bloques. Estos fenómenos habían tenido lugar en un período contemporáneo y/o levemente posterior a los procesos volcánicos de fisura.

Los distintos escalones resultan fácilmente observables, ya que aún conservan sus rasgos generales aunque se nota la influencia de los valles labrados por la acción fluvial con una fuerte y profunda incisión en la red de drenaje superficial (ver Mapa N°3).

El área de estudio ocupa parte de estos escalones con una dirección Noreste - Suoreste, concentrándose fundamentalmente en la faja denominada como "precordillerana alta". Este escalón es una cadena montañosa cuyo borde oriental lo constituyen cumbres con altitudes del orden de los 5.000 msnm. Entre ellos se destacan a la altura de Chapiquiña, cerros tales como el Portezuelo de Chapiquiña (4.804 metros), Charaque (4.931 metros), Chapiquiña (5.030 metros) y Apacheta (4.849 metros). Todos ellos forman parte de la divisoria de aguas entre los sistemas hidrográficos que se dirigen al oriente y occidente. Uno de estos sistemas con orientación occidental conforman la cuenca del valle de Chapiquiña.

El relieve que se presenta en la cuenca del valle de Chapiquiña, se puede tipificar por un conjunto de cerros en forma más o menos redondeados. Sus valles se encuentran en dirección predominante Este-Oeste con una notable abruptuosidad del terreno, producto de una fuerte acción fluvial.

Esto último se manifiesta por una profunda incisión a través de gran parte de la red de drenaje superficial otra característica importante, es la presencia de numerosas áreas que con el correr del tiempo y los procesos morfogenéticos han adoptado formas que corresponde a terrazas formadas por sedimentos de origen continental.

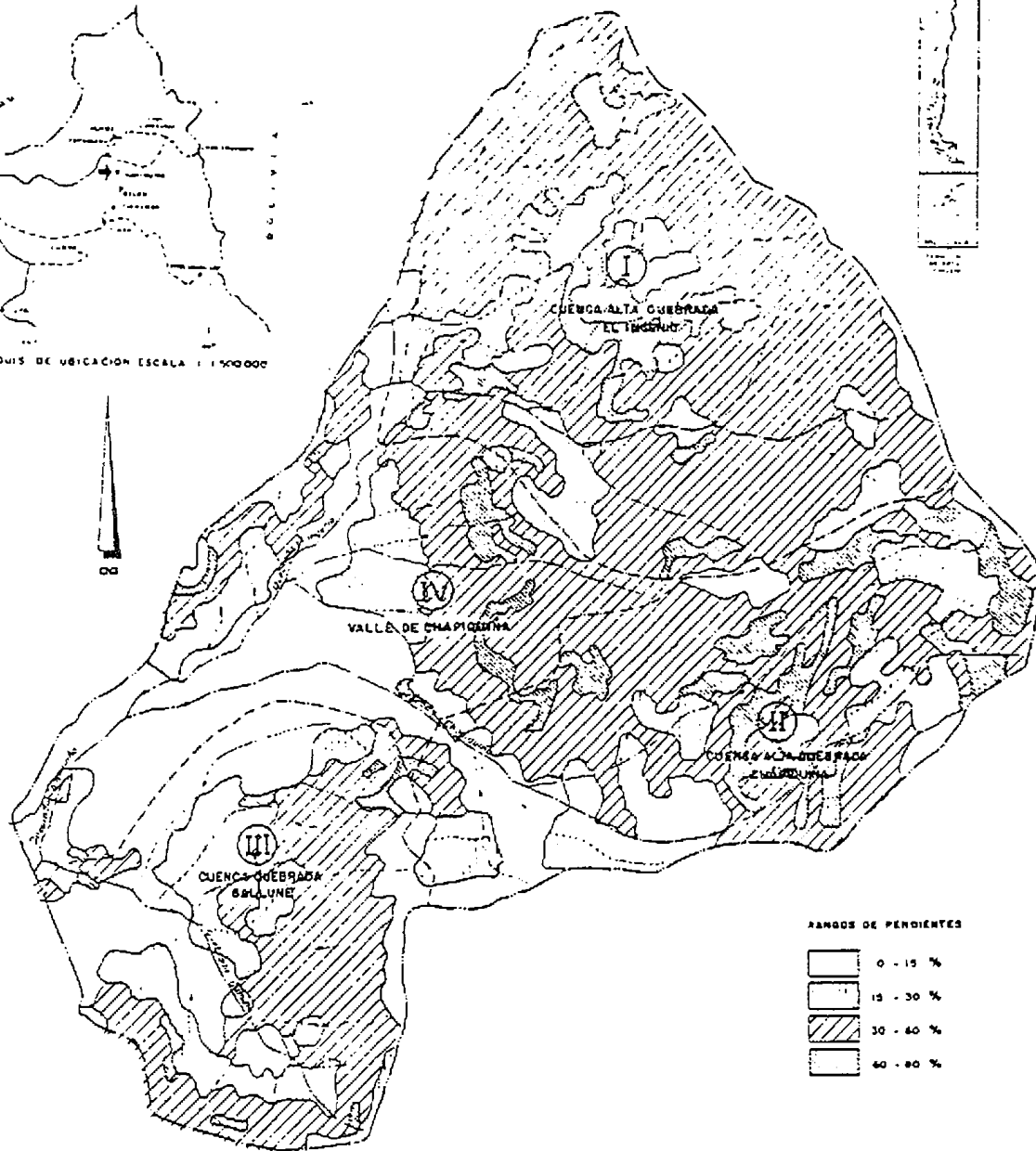
El análisis de relive de la cuenca se realizó a través de su curva hipsométrica (Fig. N° A3.1), determinándose una altura media de 3.957 msnm y un coeficiente orográfico de 17, 68.

APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES HÍDRICOS
PROVENIENTES DEL INVIERNO ALTIPLÁNICO

SECTORIZACIÓN PARA ESTUDIO HIDROLÓGICO

Y
MAPA DE PENDIENTES

UNIVERSIDAD DE CHILE
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
CENTRO DE ESTUDIOS DEL DESIERTO



LEYENDA	SECTORIZACIÓN PARA ESTUDIO HIDROLÓGICO	SUPERFICIES	APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES HÍDRICOS PROVENIENTES DEL INVIERNO ALTIPLÁNICO
Límite del Estado Límite de Sub Cuencas Cursos de Agua	I CUENCA ALTA QUEBRADA EL INGENIO II CUENCA ALTA QUEBRADA CHAPICHURA III CUENCA QUEBRADA GALLUNO IV ÁREAS DEL VALLE DE CHAPICHURA Y SUS SECTORES ANEXOS NO PRODUCTORES DE AGUA	I 125 ha II 965 ha III 679 ha IV 759 ha SUPERFICIE TOTAL 3.428 ha	CUENCA VALLE CHAPICHURA MAPA DE PENDIENTES ESCALA 1:100,000 FECHA: JUNIO 1983 ELABORADO POR: [] REVISADO POR: [] APROBADO POR: [] MAPA Nº 3

Paralelamente se analizaron los relieves de las subcuencas por separado, a través de sus respectivas curvas hipsométricas* Fig. N°A3.2, A3.3 y A3.4), obteniéndose los siguientes resultados:

	Altura Media	Coefficiente orográfico
Cuenca Quebrada El Ingenio	4.283 m	27,31
Cuenca Quebrada Chapiquiña	4.231 m.	20,86
Cuenca Quebrada Gallune	3.444 m.	15,26

A3.7. Erosión

La dinámica de los procesos erosivos actuales tienen relación con los siguientes factores: las características del suelo en cuanto a su origen litológico; el relieve; la acción de las oscilaciones térmicas en las partes altas; la ocurrencia de lluvias de características torrenciales derivadas del invierno altiplánico; el sobreuso de áreas de pastoreo; y el mal manejo de las aguas de riego.

La interacción de estos factores da origen a 8 estados de erosión diferentes que aparecen en el Mapa N° 4 de erosión y que han sido definidos de la manera siguiente:

1/ Cicatrices de deslizamiento o desgarramiento en las cornizas altas. En este caso, está presente con una influencia muy marcada, la acción del hielo y el deshielo, con los fenómenos de congelación del agua en las fisuras de las rocas.

2/ Son afectadas por deslizamientos o áreas de depositaciones coluviales. También con una predominancias de la acción del hielo y deshielo.

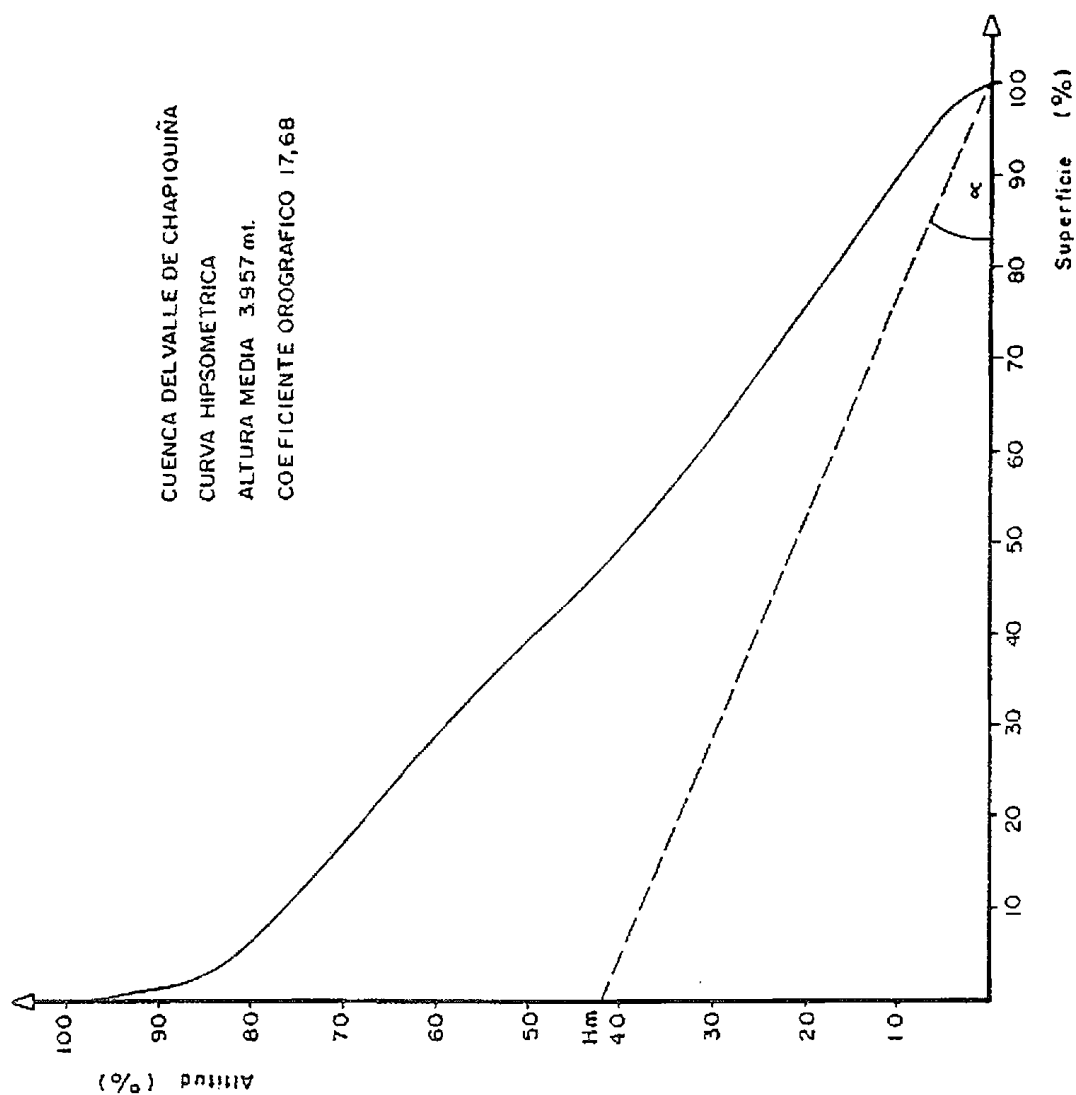
3/ Áreas de erosión de manto severa, subsuelo y material de partida visibles en gran parte. Se presentan además incisiones y cárcavas en pendientes fuertes afectadas por las precipitaciones de carácter torrencial.

4/ Área de erosión de manto moderada por afloramientos en alguna partes del subsuelo. Existencia de un pavimento de clastos con remoción de partículas finas. En esta zona ya adquiere importancia el uso de la tierra debido a una explotación de la pradera natural más allá de su capacidad potencial.

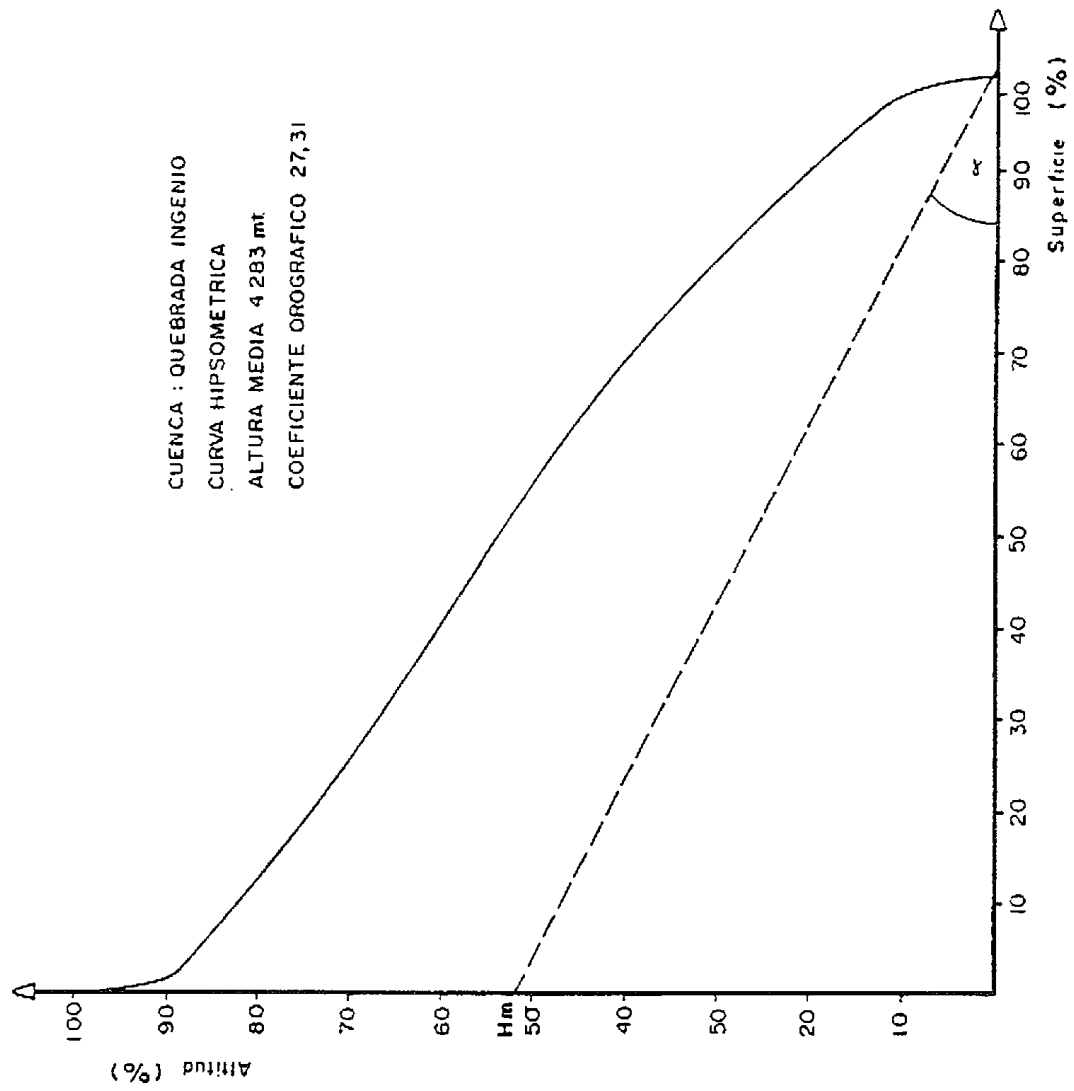
* La curva hipsométrica es la representación gráfica del relieve de una cuenca. Distribuye en forma relativa su superficie según la altitud a que se encuentra. De esta curva se obtiene el coeficiente orográfico que es un parámetro que representa la altitud y la pendiente de la cuenca.

APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES HIDRICOS PROVENIENTES DEL INVIERNO ALTIPLANICO

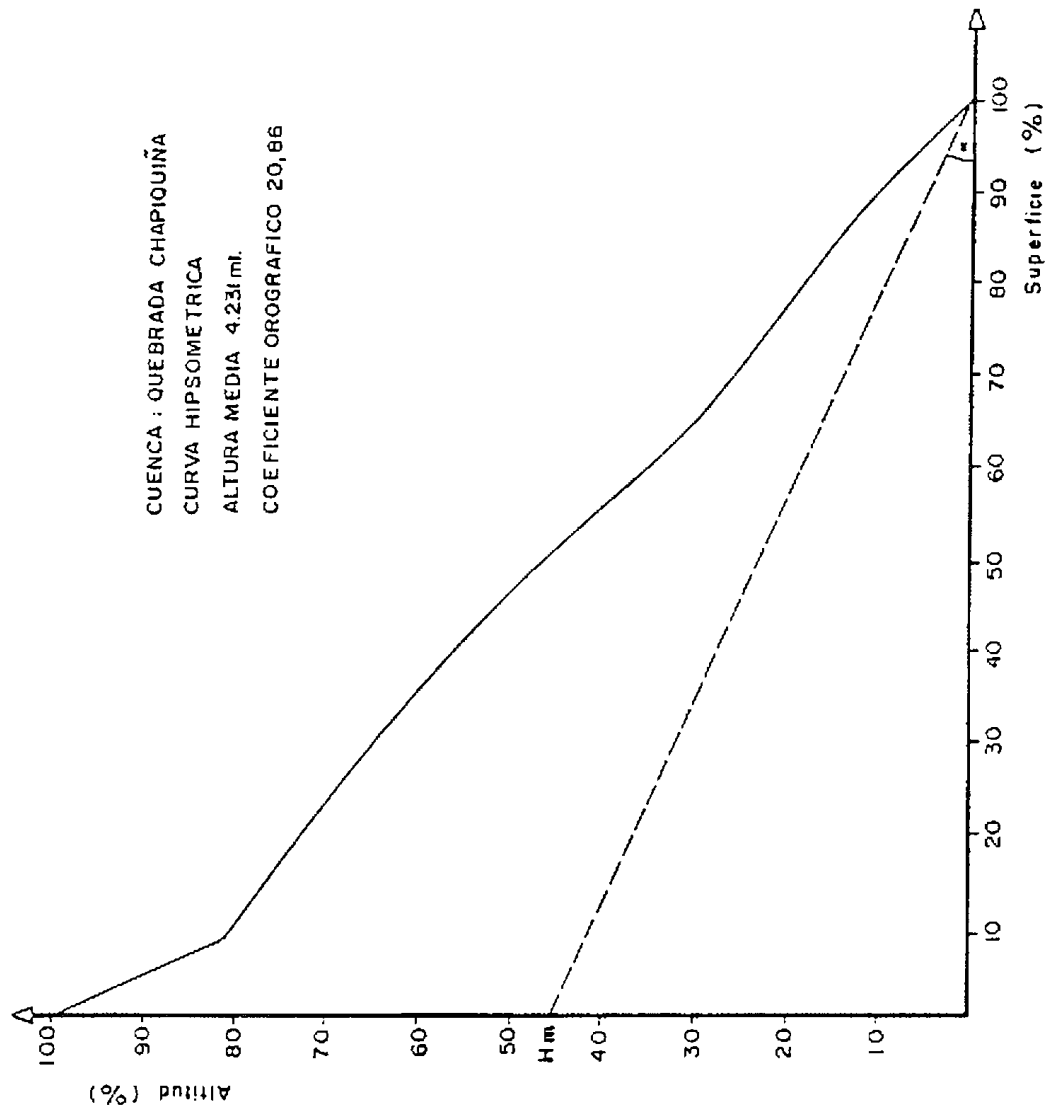
CUENCA DEL VALLE DE CHAPIQUINÁ
CURVA HIPSOMETRICA
ALTURA MEDIA 3.957 m.
COEFICIENTE OROGRAFICO 17,68



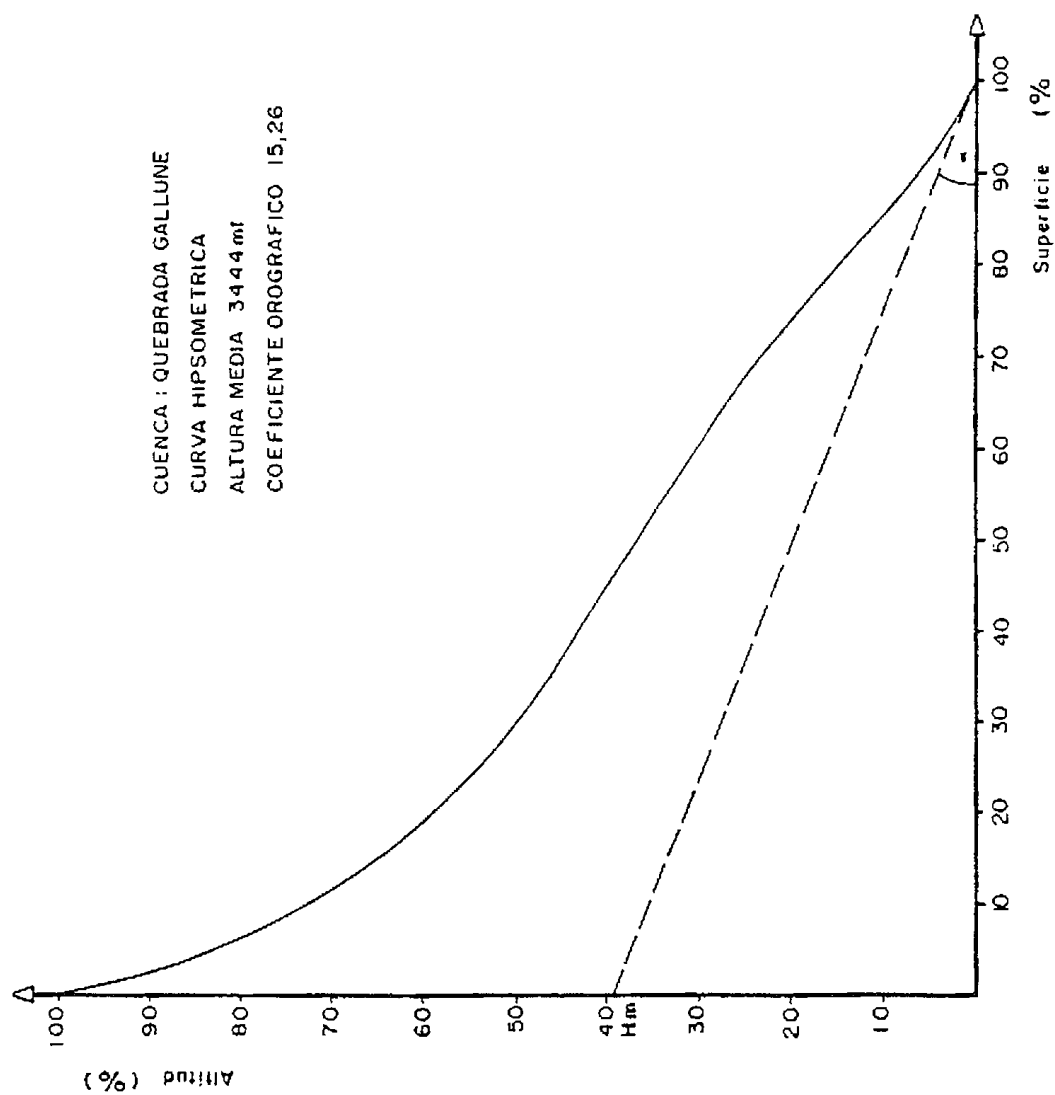
APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES HIDRICOS
PROVENIENTES DEL INVIERNO ALTIPLANICO



APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES HIDRICOS
PROVENIENTES DEL INVIERNO ALTIPLANICO



APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES HIDRICOS PROVENIENTES DEL INVIERNO ALTIPLANICO



5/ Áreas de cárcavas en actividad no muy profundas. Se trata de áreas de extensión reducidas que presentan el desencadenamiento de procesos erosivos en gran parte de los drenes concentradores de la escorrentía.

6/ Áreas de erosión de manto no aparente, con ligeras direcciones derivadas de procesos morfogenéticos del cuaternario, ocasionado por fenómenos pluviales más intensos que los actuales.

7/ Áreas de depositaciones aluviales recientes. Estas áreas presentan una gran artificialización del microrelieve producto de la construcción de terrazas y andenes de cultivos. El uso de la tierra y el manejo del agua son los factores predominantes en los procesos erosivos.

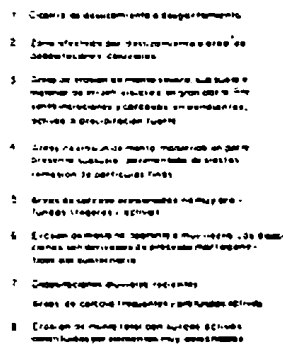
8/ Áreas con erosión de manto total con surcos activos constituídos por elementos muy delesnables. En sector más occidental del área de estudio, desarrollándose procesos de erosión laminar en toda su extensión, como asimismo en todas las áreas de concentración del escurrimiento.

A3.8. Calidad del Agua

Desde el punto de vista agrícola, la calidad del agua divide la cuenca en dos sectores: Quebrada El Ingenio y Quebrada Chapiquiña. Los resultados de los análisis de agua de los sectores ya mencionados se muestran en el Cuadro A3.10.

CUADRO N° A3.10: Calidad química de las aguas de la Cuenca Chapiquiña

Análisis	Quebrada Chapiquiña	Quebrada El Ingenio
pH	7,45	7,66
Conductividad eléctrica	0,18	1,7
Calcio (meq/l)	0,87	6,5
Magnesio (meq/l)	0,20	1,59
Sodio (meq/l)	0,33	6,84
Potasio (meq/l)	0,04	0,15
Bicarbonato (meq/l)	0,98	2,8
Cloruros (meq/l)	0,20	5,2
Sulfatos (meq/l)	0,22	7,5
RAS adj. (meq/l)	0,45	7,48
Clasificación	C ₁ S ₁	C ₃ S ₂



LEYENDA	SECTORIZACION PARA ESTUDIO HIDROLOGICO	SUPERFICIES	APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES HIDROS PROVENIENTES DEL MIERMO ALTIPLANO
LIMITO DE ESTADO	I CUENCA ALTA QUEBRADA DEL INGENIO	I 1.25 ha	CUENCA VALLE CHAMQUIRA MAPA PROCESOS EROSIVOS
LIMITO DE SUS CUENCAS	II CUENCA ALTA QUEBRADA CHAMQUIRA	II 8.65 ha	PROYECTO: 10131 C.O. 28 ECONOMIA: 00000000.000 MATERIA: 000000.000
CUENCA DE AGUA	III CUENCA QUEBRADA GALLUNE	III 6.79 ha	SECTOR: Chamquiara CANTIDAD: 1000.000
	IV AREAS DEL VALLE DE CHAMQUIRA Y SUS SECTORES ANEXOS NO PRODUCTORES DE AGUA	IV 7.39 ha	CANTIDAD: 1000.000
		SUPERFICIE TOTAL 24.08 ha	CARTA REGULAR DEL IGM "PUTRE" Y "LAGO CHUMBARA" ESCALA 1:100.000 PROYECTO: 10131 C.O. 28 ECONOMIA: 00000000.000 MATERIA: 000000.000

El sector de la Quebrada de Chapiquiña, con agua de buena calidad, baja salinidad y bajo contenido de sodio. La zona regada con estas aguas no presentan problemas para el establecimiento, crecimiento y desarrollo de los cultivos.

El sector de la Quebrada El Ingenio, con aguas altamente salinas y con niveles medios de sodio, corresponden a aguas provenientes de una terma. La zona regada con estas aguas debiera tener prácticas especiales de manejo, con el fin de controlar la salida y de disminuir el peligro de los altos niveles de sodio.

A3.9 Hidrología

Los antecedentes hidrológicos que se presentan tienen como propósito principal evaluar las crecidas de diseño para las diversas obras que se proyecten en el plan de desarrollo y manejo, sean éstas de protección y/o de aprovechamiento.

La cuenca del valle de Chapiquiña no cuenta con registros fluviométricos de tal forma que una evaluación directa de las crecidas no es practicable, por lo cual se tuvo que adoptar una forma de evaluación indirecta. Tampoco fue posible obtener estadísticas fluviométricas en cuencas vecinas de características similares a las del valle de Chapiquiña, para efectuar una transposición de hidrogramas o caudales máximos de una cuenca a otra.

Por todas estas razones, se debió recurrir a relaciones precipitación-escorrentía a partir de información de precipitaciones máximas de 24 horas, correspondientes a la estación de Chapiquiña pertenecientes a ENDESA. se usó el método del Hidrograma Unitario Sintético, el cual es definido a partir de las características geomorfológicas de la cuenca.

Los parámetros de las cuencas se determinaron en base a la carta 1:25.000 obtenida a partir de ampliaciones de la carta IGM 1:100.000. Estos fueron los siguientes:

	Quebrada El Ingenio	Quebrada Chapiquiña
Superficie	11,25 Km ²	6,79 Km ²
Longitud curso principal	4,68 Km	5,76 Km
Desnivel en cauce principal	1.330 m.	1.415m

La evaluación de las crecidas se obtiene desarrollando la integración de las precipitaciones, con sus correspondientes intensidades y su distribución temporal, y los hidrogramas unitarios definidos para cada una de las cuencas. La ampliación de la distribución temporal así descrita se realiza a los intervalos definidos como tiempos duración de lluvia unitaria en cada caso. De esta manera, los hidrogramas de crecidas resultantes presentan los parámetros siguientes:

CUADRO Nº A3.11: Quebrada El Ingenio

Parámetros	Período de Retorno (años)					
	2	5	10	20	50	100
Precipitación total en 24 horas (mm)	17,5	25,1	30,2	35,1	41,4	46,2
Precipitación efectiva (mm)	5,3	10,8	14,8	18,8	24,1	28,2
Duración lluvia efectiva (hrs)	4,2	6,4	7,2	8,0	8,8	9,4
Tasa de pérdida (mm/hrs)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Caudal máximo instantáneo (m³/seg)	5,385	8,896	11,224	13,460	16,333	18,523
Volumen total de la crecida (m³)	37.918,5	76.710,6	105.059,5	133.555,5	171.497,3	201.145,0
Tiempo al momento del peak (min)	39	39	39	39	39	39
Duración de la escorrentía directa (hrs)	5,3	7,1	7,9	8,7	9,5	10,3

CUADRO Nº A3.12: Quebrada Chapiquiña

Parámetros	Período de Retorno (años)					
	2	5	10	20	50	100
Precipitación total en 24 horas (mm)	17,5	25,1	30,2	35,1	41,4	46,2
Precipitación efectiva (mm)	5,3	10,8	14,8	18,8	24,1	28,2
Duración lluvia efectiva (hrs)	4,5	6,4	7,2	8,0	8,8	9,4
Tasa de pérdida (mm/hrs)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Caudal máximo instantáneo (m³/seg)	3,105	5,135	6,478	7,769	9,429	10,694
Volumen total de la crecida (m³)	19.468,5	39.837,1	54.693,3	69.611,3	89.458,6	104.961,1
Tiempo al momento del peak (min)	39	39	39	39	39	39
Duración de la escorrentía directa (hrs)	5,3	7,1	8,0	8,7	9,6	10,3

A3.10 Vegetación

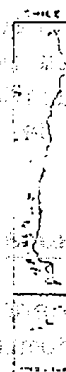
La formación vegetal presente en el área de estudio es conocida como "Tolar", formación que se caracteriza por la predominancia de plantas arbustivas de crecimiento achaparrado, las cuales presentan ramillas y hojas bastante resinosas. Este dosel arbustivo está asociado con un piso herbáceo de plantas perennes y algunas gramíneas, cuya presencia y permanencia en forma visible está determinado principalmente por el régimen de precipitaciones.

El área de estudio presenta en su parte más alta (Mapa N°5) un tolar de tipo altiplánico, en el cual están presentes con una marcada predominancia, en las áreas más altas, las especies herbáceas duras llamadas comúnmente coirones (Deyeuxia breviaristata, Stipa sp. y Festuca sp.). Entre los arbustos, también están presentes la llareta (Azorella compacta), la tola de río (Parestrephia lucida), la coba (Paresthephia quadrangularis), la chachacoma (Senecio graveoleus), la queñoa (Polylepis tomentala), la tola (Baccharis sp.) y la añahua (Adesmia spinosissima). Se destaca la presencia de la queñoa (Polylepis tomentala), la cual presenta en ciertos sectores una buena densidad.

En los sectores más bajos del área de estudio se presenta un tolar de tipo precordillerano donde aparece la tolilla (Fabiana densa), la tola (Baccharis boliviensis), el pingo-pingo (Ephedra breana), la pupuñia (Balbisia stitchkinii), la añahua (Adesmia spinosissima), la rica-rica (Verbena gynobasis), la chachacoma (Senecio olivaceo bracteatus), la rica-rica (Junellia connabrecteala), Lophopapus tarapacanus y Diplostephium mayenii.

1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 2680, 26

MAPA VEGETACIONAL



LEYENDA	SECTORIZACION PARA ESTUDIO MIOLOGICO	SUPERFICIES	APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES - CANCHOS PROVENIENTES DEL INVERNO ALTIPLANO
Límite del Estado -----	(I) CUENCA ALTA QUEBRADA EL INGENIO	(I) ----- 1123 ha	CUENCA VALLE CHAMPQUIIMA MAPA VEGETACIONAL
Límite de San Camero -----	(II) CUENCA ALTA QUEBRADA CHAMPQUIIMA	(II) ----- 365 ha	REGION PUNERO 19115 1-10 17704000 m PROVINCIA PARACAGATA 17704000 m 17704000 m
Cumbrado de agua -----	(III) CUENCA QUEBRADA CALLUNE	(III) ----- 679 ha	SECTOR CAMPESINO 17704000 m
	(IV) AREAS DEL VALLE DE CHAMPQUIIMA Y SUS SECTORES ANEXOS NO PRODUCTORES DE AGUA	(IV) ----- 739 ha	CANTON PUNO Y LAGO CHUMBARA
		SUPERFICIE TOTAL 3.426 ha	POST CARTA REGULAR DEL IGM "PUTRE" Y "LAGO CHUMBARA" ESCALA 1:100,000 DIBUJO 17704000 m FECHA 01-01-1970

Todas estas especies leñosas características de este matorral o tolar de la precordillera están acompañadas por una cubierta herbácea compuesta por algunas gramíneas, formando una pradera natural de escasa potencialidad pecuaria debido a que se encuentra subordinada al régimen de lluvias.

A3.11 Fauna

En la cuenca de Chapiquiña se encuentra la fauna que corresponde al área, dominada por un clima de desierto marginal de altura. Corresponde a lo que se denomina precordillera propiamente tal y a los valles y quebradas desarrolladas.

La fauna existente es la siguiente:

REPTILES		
Orden	Nombre científico	Nombre común
Squamata	Phynosaura reichei	Lagarto
	Tropidurus tarapacensis	Lagarto

MAMÍFEROS			
Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
Rodentia	Cricetidae	Auliscomys sublixis	Lauchón de la puna
Artiodactyla	Cervidae	Hyppocamelus antisensis	Huemul del Norte
Artiodactyla	Camelidae	Lama guanicoe	Guanaco
Carnívora	Felidae	Felis jacobita	Gato montés andino
Carnívora	Canidae	Dusicyon culpaeus	Zorro culpeo

A V E S			
Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
Falconiformes	Accipitridae	Geranoaetus melanoleucus	Aguila
Falconiformes	Accipitridae	Buteo polyosoma	Aguilucho común
Columbiformes	Columbidae	Metriopelia aymara	Tortolita de la puna
Columbiformes	Columbidae	Metriopelia melanoptera	Tortolita de la cordillera
Psittaciformes	Psittacidae	Bolborhynchus sp.	Perico cordillerano
Apodiformes	Trochilidae	Patagona gigas	Picaflor gigante
Passeriformes	Purnariidae	Asathenes d'orbignyi	Canastero del Norte
Passeriformes	Purnariidae	Leptasthenura striata	Tijeral listado
Passeriformes	Pringillidae	Sicalis uropygialis	Chirihue cordillerano
Passeriformes	Pringillidae	Spinus magellanicus	Jilguero peruano
Passeriformes	Pringillidae	Phrygilus plebejus	Plebeyo
Tinamiformes	Tinamidae	Nothoprocta panthandu	Perdiz de la quebrada
Passeriformes	Furnariidae	Geositta rufipennis	Minero cordillerano
Passeriformes	Tyrannidae	Muscisaxicola albifrons	Dormilona gigante
Passeriformes	Turdidae	Turdia chiguanco	Zorzal negro
Passeriformes	Frigillidae	Phrygilus fruticeti	Yai
Passeriformes	Frigillidae	Carduelis atratus	Jilguero negro
Passeriformes	Frigillidae	Phrygilus atricepgayi	Cometocino
Passeriformes	Frigillidae	Zonotrichia capensis	Chincol

A3.12. Población

La población de la cuenca está concentrada en el poblado de Chapiquiña y alcanza a 141 habitantes, según el XV Censo Nacional de Población de Abril de 1982. La estructura por sexo y edad es la siguiente:

CUADRO N° A3.13: Población por sexo y edad. Chapiquiña.

Sexo		Grupos de edades					
Hombres	Mujeres	0 - 5	6 - 14	15 - 24	25 - 64	65 y más	Total
94	57	12	15	16	87	17	141

FUENTE: XV Censo Nacional de Población. 1982

Por observación directa se ha constatado una ausencia de edades entre 20 y 40 años producto de la migración a centros urbanos, especialmente Arica.

Los habitantes censados en un 100% son originarios de la zona y un 68,8% de ellos llevan viviendo en la comuna más de 10 años. El 25% entre 6 y 10 años.

A3.13 Educación

Chapiquiña tiene una escuela básica con un profesor, a la que asisten solo 16 alumnos, según datos proporcionados por la Gobernación Provincial de Parinacota y corresponde al año 1985. Los jefes de familia que no poseen educación de ningún tipo alcanzan a un 75% del total. Un 25% solo ha tenido enseñanza primaria. El resto de la familia es en un 62,4% analfabeta, un 31,3% posee enseñanza primaria y un 6,3% secundaria. En general la educación de la localidad es baja.

La existencia de una persona mayor de 12 años que no sabe leer por hogar es de 31,3%. De 3 a 5 personas de estas características se encuentran en el 25% de los hogares.

Otros aspectos interesantes de la situación educacional de Chapiquiña son los hábitos de lectura y su interés en participar en actividades comunitarias. Con respecto a lo primero se ha constatado que un 87,5% de los habitantes no lee ningún tipo de revista. Un 12,5% lee periódicos con una frecuencia de una vez al mes. En cambio hay un gran interés por participar en reuniones comunales, cooperativas u otras.

A3.14 Salud

No existe información respecto al promedio de vida y la mortalidad infantil. Solo puede indicarse las facilidades existentes para hacer frente a problemas de salud. Chapiquiña no tiene postas de primeros auxilios. Tan solo puede indicarse la existencia de la posta que posee EDELNOR en la central hidroeléctrica de Chapiquiña y destinada a atender a sus empleados.

El Servicio de Salud hace rondas médicas en forma trimestral integradas por un médico, una enfermera y una obstetra. La atención se realiza en la escuela de la localidad.

A3.15 Vivienda

Las viviendas están construidas de adobes y con piso de tierra con una estructura de piezas como sigue: una pieza 18,8%; 2 piezas 62,5% y, 3 piezas 12,5% sin considerar cocina y baño. Las viviendas son propias en un 87,5%.

Las casas que no poseen servicios sanitarios alcanzar a un 81,3%. El agua potable se obtiene en un 81,3% de una red existente, y 18,3% la obtiene directamente de los cursos permanentes de agua.

Un 87,5% de las personas que habitan una vivienda duermen en un solo cuarto. El 12,5% a lo más en dos cuartos.

A3.16 Energía

La localidad posee energía eléctrica en un 75% y proviene de un generador diesel. El combustible utilizado para cocinar es la leña, recolectada directamente de los lugares donde existen formaciones vegetacionales leñosas. La leña recolectada son ramas secas, existiendo conciencia que de no hacerlo así quedarán sin combustible en un futuro cercano. Las razones del uso de leña son económicas.

A3.17 Tenencia

La cuenca de Chapiquiña se caracteriza por tener un sistema de tenencia mixto, es decir, terrenos de propiedad individual y terrenos comunitarios los cuales no presentan títulos de ninguna clase. En este sentido puede indicarse que estos últimos son terrenos fiscales.

Los títulos de propiedad individualizados en la cuenca son 121 y cubren una superficie de 67,40 ha. superficie inferior a la actualmente cultivada, lo que se manifiesta en el punto referente a uso actual. En todo caso esta superficie no alcanza a cubrir toda el área disponible para cultivos (199,55 ha.) previas faenas de restauración de terrazas y sistemas de riego.

La distribución geográfica de la propiedad se localiza en tres partes diferenciadas y sus características son:

Sector Quebrada El Ingenio:

Corresponde al área de cultivo regada con aguas salobres. Tiene 47 propietarios para una superficie de 34,69 hectáreas. El tamaño promedio de la propiedad es de 0,73 hectáreas, el mínimo, 0,06 ha. y el máximo 2,8 ha.

Sector Este Quebrada de Chapiquiña:

Área de cultivo regada por aguas de buena calidad. Tiene 38 propietarios para una superficie de 38 ha. Las superficies promedios, máximas y mínima de propiedad 0,32, 3,5 y 0,06 ha. respectivamente.

Sector Oeste Quebrada de Chapiquiña:

La calidad de las aguas es similar al sector anterior. Tiene 36 propietarios para una superficie de 20,27 ha. Las superficies promedios máxima y mínima de propiedad son 0,56, 1,6 y 0,08 ha respectivamente.

A.3.18. Actividades Económicas

Como se ha visto, el uso actual de la cuenca es principalmente cultivos agrícolas y ganadería. Un 75% de los jefes de hogar poseen cultivos de papas, alfalfa y orégano. También se realizan cultivos de maíz y otros tipo huerto familiar.

La utilización de fertilizantes es muy baja. Algunos aplican abonos orgánicos provenientes de los corrales de ovejas y cabras. No se utilizan créditos, semillas mejoradas o asesorías técnicas. La comercialización de lo producido se realiza entre los miembros de la comunidad y algunas veces se hacen ventas de oréganos principalmente a comerciantes foráneos.

La producción de alfalfa es preferentemente para forraje de los animales que poseen, especialmente en los meses de sequía.

La ganadería existente se limita a ovejas, cabras, burros, alpacas y llamas. Cabe destacar que los ingresos en monedas que obtienen los miembros de esta comunidad es por la venta de ganado. Estos venden entre uno y diez animales al año, siendo más frecuente hasta tres. La ventas se realizan en períodos de fiestas y durante el primer semestre del año. Los compradores provienen de Arica y de otros poblados vecinos.

En general, se puede concluir que la economía de la cuenca es una economía de subsistencia, sin perfilarse expectativas de desarrollo de la situación actual.

ANEXO 4

CAUDALES MEDIOS MENSUALES

Cuadro NºA. 4.1: Caudales medios mensuales de la cuenca de la quebrada de Chapiquiña (lt/seg)

Mes	Prob. de excedencia (%)					
	10	20	30	50	70	80
Noviembre	11,43	8,27	6,38	3,87	2,05	1,24
Diciembre	12,40	9,05	7,04	4,36	2,37	1,46
Enero	36,61	25,15	18,51	10,05	4,39	2,16
Febrero	55,72	38,67	28,74	15,99	7,32	3,82
Marzo	48,66	34,37	25,96	15,03	7,38	4,15
Abril	29,62	21,57	16,76	10,33	5,58	3,43
Mayo	21,40	15,81	12,43	7,86	4,40	2,78
Junio	19,91	14,86	11,78	7,58	4,34	2,80
Julio	18,71	14,30	11,58	7,75	4,65	3,11
Agosto	15,43	12,10	10,00	6,95	4,35	2,99
Septiembre	15,46	11,79	9,52	6,34	3,90	2,52
Octubre	11,43	8,27	6,30	3,87	2,05	1,24
Anual	22,07	16,77	13,56	9,96	5,36	3,53

Cuadro NºA.4.2: Caudales medios mensuales de la cuenca de la quebrada El Ingenio (lt/seg)

Mes	Prob. de excedencia (%)					
	10	20	30	50	70	80
Noviembre	18,94	13,70	10,57	6,42	3,40	2,05
Diciembre	20,54	14,99	11,67	7,22	3,22	2,42
Enero	60,65	41,68	30,67	16,66	7,27	3,58
Febrero	92,30	64,08	47,62	26,50	12,14	6,32
Marzo	80,62	56,95	43,03	24,91	12,24	6,88
Abril	47,07	35,75	27,77	17,12	7,26	5,69
Mayo	35,46	26,20	20,61	13,03	7,30	4,61
Junio	32,98	24,62	19,53	12,57	7,21	4,64
Julio	30,99	23,70	19,19	12,84	7,72	5,15
Agosto	25,56	20,06	16,57	11,51	7,22	4,75
Septiembre	25,61	19,53	15,77	10,51	6,30	4,10
Octubre	18,94	13,70	10,57	6,42	3,40	2,05

Cuadro NºA.4.3: Disponibilidad de agua Chapiquiña (m3/mes)

Mes	Estado hídrico					
	1	2	3	4	5	6
Enero	98.056	67.362	49.577	26.917	11.755	5.785
Febrero	134.798	93.551	69.528	38.683	17.709	9.421
Marzo	131.095	92.056	69.531	40.256	19.767	11.115
Abril	76.775	55.910	43.442	26.775	14.463	8.301
Mayo	57.318	42.346	33.293	21.052	11.785	7.446
Junio	51.607	38.517	30.534	19.647	11.249	7.258
Julio	50.113	38.301	31.016	20.758	12.455	8.330
Agosto	41.328	32.409	26.784	18.615	11.651	8.009
Septiembre	40.072	30.559	24.676	16.433	9.850	6.532
Octubre	30.614	22.150	17.088	10.365	5.491	3.321
Noviembre	29.627	21.436	16.537	10.031	5.314	3.214
Diciembre	33.212	24.240	18.856	11.678	6.348	3.911

Cuadro NºA.4.4: Disponibilidad de agua El Ingenio (m3/mes)

Mes	Estado hídrico					
	1	2	3	4	5	6
Enero	162.445	111.636	82.147	44.622	19.472	9.589
Febrero	223.292	155.023	115.202	64.109	29.369	15.289
Marzo	215.932	152.535	115.251	66.719	32.784	18.427
Abril	127.185	92.664	71.980	44.375	24.002	14.749
Mayo	94.976	70.174	55.202	34.900	19.552	12.347
Junio	85.484	63.815	50.622	32.582	18.688	12.007
Julio	83.004	63.478	51.399	34.391	20.677	13.794
Agosto	68.460	53.729	44.381	30.828	19.338	13.258
Septiembre	66.381	50.622	40.876	27.242	16.330	10.835
Octubre	50.729	36.694	28.311	17.195	9.107	5.491
Noviembre	49.093	35.510	27.398	16.641	8.813	5.314
Diciembre	55.014	40.149	31.257	19.338	10.499	6.482

Cuadro N°A.4.5: Cálculo evapotranspiración de cultivos (mm)

Mes	Alfalfa	Orégano	Papa	Maíz
Enero	800	1.340	1.340	1.210
Febrero	800	800	800	800
Marzo	860	760	760	860
Abril	670	800	-	800
Mayo	1.140	760	-	-
Junio	730	610	-	-
Julio	640	510	-	-
Agosto	880	730	-	-
Septiembre	1.390	770	770	770
Octubre	1.020	1.190	1.190	1.360
Noviembre	1.570	1.260	1.260	1.410
Diciembre	1.380	1.680	1.680	1.680
Total	11.886	11.210	7.800	8.890

Cuadro N°A.4.6 : Cálculos tasas de riego (m3)

Mes	ETP	Alfalfa		Orégano		Papa		Maíz	
		Kc	ETC	Kc	ETC	Kc	ETC	Kc	ETC
Enero	134	0,6	80	1,0	134	1,0	134	0,9	111
Febrero	89	0,9	80	0,9	80	0,9	80	0,9	80
Marzo	108	0,8	86	0,7	76	0,7	76	0,8	86
Abril	134	0,5	67	0,6	80	-	-	0,6	80
Mayo	127	0,9	114	0,6	76	-	-	-	-
Junio	121	0,6	73	0,5	61	-	-	-	-
Julio	127	0,5	64	0,4	51	-	-	-	-
Agosto	146	0,6	88	0,5	73	-	-	-	-
Septiembre	154	0,9	139	0,5	77	0,5	77	0,5	77
Octubre	170	0,6	102	0,7	119	0,7	119	0,8	136
Noviembre	157	1,0	157	0,8	126	0,8	126	0,9	141
Diciembre	153	0,9	138	1,1	168	1,1	168	1,1	168

REFERENCIAS CITADAS (CHAPIQUIÑA)

- Benitez, A. 1975. Estudio Hidrometeorológico de la cuenca del Río Lauca y Laguna Chungará. ENDESA.
- Colegio de Postgraduados. 1977. Manual de Conservación de Suelos y Aguas. Chapingo. México.
- CORFO, 1982. Análisis de los ecosistemas de la I Región.
- SERPLAC. 1984. Plan Comunal del Desarrollo 1984 - 1989. Comuna de Putre.
- Santibáñez, F. 1978. Rasgos climáticos de la I y II Regiones de Chile. Facultad de Agronomía U. de Chile.

LISTA DE DOCUMENTOS PUBLICADOS POR EL
PROYECTO CONAF/PNUD/FAO-CHI/83/017

DOCUMENTO DE TRABAJO N°1. 1986

José Alberto Pardos: "Un programa de mejoramiento genético en Prosopis tamarugo y Prosopis chilensis".

DOCUMENTO DE TRABAJO N°2. 1986

Alfonso Muñoz G. : "Manual para la producción de plantas de eucalipto en macetas".

DOCUMENTO DE TRABAJO N°3. 1986.

"Actas del Primer Seminario de Información Forestal Chilena".

DOCUMENTO DE TRABAJO N°4. 1986.

"Evaluación de ensayos de introducción de especies vegetales en zonas áridas y semiáridas de Chile".

DOCUMENTO DE TRABAJO N°5. 1986.

"Insectos que atacan tamarugo y algarrobo. Revisión bibliográfica".

DOCUMENTO DE TRABAJO N°6. 1986

Phoracantha semipunctata en plantaciones de Eucalyptus spp. Revisión bibliográfica.

DOCUMENTO DE TRABAJO N°7. 1986.

Simposio internacional sobre avances en el cultivo de la jojoba (Simmondsia chinensis Link. Schneider).

DOCUMENTO DE TRABAJO N°8. 1987.

Luis Faúndez Y., Gustavo Mieres U.: Productividad forestal y forrajera en el Tipo Forestal Esclerófilo y Estepa de Acacia caven. Revisión bibliográfica

DOCUMENTO DE TRABAJO N°9. 1987.

Mario Peralta P., María Teresa Serra V.: Caracterización del habitat de las especies del género Prosopis, en las provincias de Huasco y Copiapó, III Región, Chile.

DOCUMENTO DE TRABAJO N°10. 1987.

Alvaro Rojas M., Juan Franco de la J.: El Sector Forestal y el Desarrollo Rural (I Encuentro Nacional).