



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

DEPARTAMENTO DE GESTIÓN FORESTAL Y SU MEDIO
AMBIENTE

PROPUESTA AGROFORESTAL PARA LA CABECERA DE LA
MICROCUCENCA DE JABONERÍA, COMUNA CANELA, REGIÓN DE
COQUIMBO

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniera Forestal

MARÍA FERNANDA RUIZ FICA

Profesor Guía: Sr. L. Alberto González R. Ing. Forestal, Mg. Sc. Dr.

Santiago, Chile

2010

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE GESTIÓN FORESTAL Y SU MEDIO
AMBIENTE

PROPUESTA AGROFORESTAL PARA LA CABECERA DE LA
MICROCUEENCA DE JABONERÍA, COMUNA CANELA, REGIÓN DE
COQUIMBO

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniera Forestal

MARÍA FERNANDA RUIZ FICA

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. L. Alberto González Rodríguez	...7,0...
Prof. Consejero Sr. Roberto Garfias Salinas	...7,0...
Prof. Consejera Sra. Anita Soto Cortés	...7,0...

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero darle las gracias a los profesores Luis González y Anita Soto que me dieron la oportunidad de participar del Proyecto “Potenciando el liderazgo de jóvenes y niños urbanos y rurales a través del intercambio de conocimientos sobre medio ambiente, salud animal y humana”, financiado por Michigan State University y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) 2008-2009, del que es parte esta memoria de Título y el cual me permitió vivir una maravillosa experiencia.

Profesor L. González, muchas gracias por su buena disposición y dedicación. Fue muy grato contar siempre con su apoyo y confianza.

A mis amigas y amigos que hicieron de la Universidad una de las etapas más lindas, y siempre fueron y siguen siendo (incluso a la distancia) parte importante de mi vida.

Rubén, muchas gracias por estar siempre a mi lado, sobretodo al final de esta etapa que en momentos se hizo difícil. Te amo.

Y por supuesto a mi familia, en especial a mis padres, que fueron el pilar de mi formación como persona y profesional. Sin ustedes no hubiese logrado ser lo que soy. Los amo con todo mi corazón y muchas gracias por todo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	MATERIALES Y MÉTODOS	3
2.1.	Materiales	3
2.2.	Métodos	4
2.2.1.	Definición del universo de estudio	4
2.2.2.	Unidad de información	4
2.2.3.	Recopilación de la información	4
2.2.3.1.	Preparación y planificación del trabajo	4
2.2.3.2.	Trabajo en terreno	5
2.2.4.	Análisis de la información según objetivos	6
2.2.4.1.	Caracterización del funcionamiento hidrológico de la cabecera de la microcuenca del sector de Jabonería, provincia de Choapa, Región de Coquimbo	6
2.2.4.2.	Caracterización de los sistemas agroforestales tradicionales de Jabonería y sus efectos en el medio ambiente	9
2.2.4.3.	Elaboración de una propuesta agroforestal orientada a incrementar los rendimientos de las tierras bajas dedicadas a cultivos	9
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
3.1.	Caracterización del funcionamiento hidrológico	16
3.1.1.	Comportamiento del agua superficial: escorrentía	16
3.1.2.	Comportamiento del agua subterránea: vertientes	17
3.1.3.	Oferta de agua	18
3.2.	Caracterización climática	19
3.3.	Caracterización de los suelos	20
3.4.	Caracterización geomorfológica	22
3.4.1.	Parámetros de forma	22
3.4.2.	Parámetros de relieve	22
3.4.3.	Parámetros relativos a la red hidrográfica	23
3.4.4.	Diagnóstico geomorfológico	23
3.5.	Caracterización de la cobertura vegetal	24
3.5.1.	Bosque adulto abierto	24

3.5.2.	Matorral arborescente muy abierto	26
3.5.3.	Matorral denso	26
3.5.4.	Matorral semidenso	26
3.5.5.	Matorral muy abierto.....	27
3.5.6.	Matorral con suculentas abierto	27
3.5.7.	Matorral con suculentas muy abierto	28
3.5.8.	Formación de suculentas	28
3.5.9.	Terreno de uso agrícola.....	29
3.5.10.	Vegetación muy escasa	29
3.5.11.	Grado de artificialización.....	29
3.6.	Caracterización de los sistemas agroforestales	30
3.6.1.	Antecedentes de la unidad familiar	30
3.6.1.1.	Características del jefe de familia	30
3.6.1.2.	Caracterización de la unidad familiar	31
3.6.2.	Descripción de los sistemas agroforestales	34
3.6.2.1.	Estructura productiva	34
3.6.2.2.	Arreglo de los componentes.....	36
3.6.2.3.	Rol de los componentes	37
3.6.2.4.	Análisis funcional de los sistemas	39
3.6.2.5.	Superficie	41
3.6.2.6.	Tenencia de tierra.....	42
3.6.2.7.	Tipo de transferencia tecnológica en los sistemas	43
3.6.2.8.	Ingreso familiar	43
3.6.2.9.	Análisis de las restricciones asociadas a los sistemas agroforestales	45
3.7.	Tipificación de los sistemas de producción	45
3.7.1.	Caracterización de los sistemas productivos identificados	48
3.7.1.1.	Tipo I: Productores con baja disponibilidad de agua, bajo nivel de ingresos, con poca de mano de obra disponible y con una familia formada por un número de integrantes pequeño.....	48
3.7.1.2.	Tipo II: Productores con disponibilidad de agua alta, nivel de ingresos alto, con elevada disponibilidad de mano de obra y con una familia formada por un número alto de integrantes	49

3.8.	Propuesta agroforestal.....	50
3.8.1.	Descripción de la propuesta	51
3.8.1.1.	Reordenamiento de los huertos familiares	51
3.8.1.2.	Rotación de granos y pasturas asociadas a barreras protectoras de <i>Acacia saligna</i> en zonas de “lluvias”	53
3.8.1.3.	Manejo y enriquecimiento del campo común con fines de producción y protección.....	54
3.8.2.	Implementación de la propuesta.....	64
3.8.2.1.	Preparación del proceso	65
3.8.2.2.	Diagnóstico participativo	66
3.8.2.3.	Planificación comunal.....	66
3.8.2.4.	Ejecución de la propuesta.....	67
3.8.2.5.	Seguimiento y evaluación de la propuesta.....	67
4.	CONCLUSIONES	68
5.	BIBLIOGRAFÍA	70
6.	ANEXOS	73
7.	APÉNDICES.....	82

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Componentes principales seleccionados para el análisis de conglomerados.....	13
Cuadro 2. Nivel educacional de los jefes de familia estudiados según sexo.....	31
Cuadro 3. Rango de superficie para los distintos sistemas agroforestales identificados en el área de estudio.....	41
Cuadro 4. Tipo de transferencia tecnológica adoptada por los productores.....	43
Cuadro 5. Ingreso mensual según tipo de ingreso de las familias presentes en el área estudiada.....	44
Cuadro 6. Tipología de los sistemas productivos según valores promedio de las variables de clasificación.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio.....	3
Figura 2. Precipitación anual y escorrentía según distintas probabilidades de excedencia para la cabecera de la microcuenca de Jabonería.....	16
Figura 3. Comportamiento del agua subterránea en la cabecera de la microcuenca de Jabonería de acuerdo a distintas probabilidades de excedencia.....	17
Figura 4. Distribución de las vertientes en la cabecera de la microcuenca de Jabonería.....	18
Figura 5. Oferta de agua para la cabecera de la microcuenca de Jabonería de acuerdo a distintas probabilidades de excedencia.....	19
Figura 6. Series de suelo para la cabecera de la microcuenca de Jabonería.....	21
Figura 7. Curva hipsométrica para la cabecera de la microcuenca de Jabonería.....	23
Figura 8. Cartografía de Ocupación de Tierras, cabecera de la microcuenca de Jabonería	25
Figura 9. Edad y sexo de los jefes de familia estudiados.....	30
Figura 10. Tamaño de las familias estudiadas según número de integrantes.....	32
Figura 11. Composición familiar según sexo y edad de los miembros de las familias estudiadas.....	33
Figura 12. Nivel educacional según sexo de los miembros de las familias estudiadas.....	33
Figura 13. Sistemas agroforestales presentes en el sector de estudio.....	35
Figura 14. Ingreso familiar anual (UF) según tipo de estructura agroforestal.....	44
Figura 15. Tipología de los sistemas de producción estudiados.....	47
Figura 16. Dendrograma de la tipificación de los sistemas productivos estudiados.....	48
Figura 17. Esquema de producción para los huertos familiares.....	52
Figura 18. Esquema de producción para la rotación de granos y pasturas con barreras protectoras de <i>Acacia saligna</i>	54
Figura 19. Propuesta de manejo y enriquecimiento del campo común con fines de producción y protección.....	55
Figura 20. Esquema de producción de la subunidad de producción de leña (izquierda) y vista en planta de la casilla de plantación con colectores (derecha).....	57

Figura 21. Esquema de producción de la subunidad de producción de forraje y leña en áreas de escasa vegetación.....	59
Figura 22. Esquema de producción de la subunidad de producción de leña con uso limitado (izquierda) y sección transversal de la zanja de infiltración (derecha).....	61
Figura 23. Esquema de producción de la subunidad de producción de forraje y leña con uso limitado.....	62
Figura 24. Muro de piedra.....	64
Figura 25. Etapas para la implementación de la propuesta.....	65

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en la cabecera de la microcuenca de Jabonería, Comuna de Canela, Región de Coquimbo, con el propósito de elaborar una propuesta agroforestal que contribuya al mejoramiento del funcionamiento del sistema hidrológico en la perspectiva de un desarrollo más sostenible para su población. Los objetivos específicos fueron: la caracterización del funcionamiento hidrológico del área de estudio, la caracterización de los sistemas agroforestales tradicionales de Jabonería y sus efectos en el medio ambiente y la elaboración de una propuesta agroforestal orientada a incrementar los rendimientos de las tierras bajas dedicadas a cultivos.

Para lograr los objetivos propuestos, se estudió el funcionamiento hidrológico del área de estudio cuantificando la oferta de agua para distintas probabilidades de excedencia, mediante la estimación de la disponibilidad de agua superficial y subterránea. Se realizó una entrevista semi-estructurada a todos los jefes de familia presentes en el área de estudio, cuyo análisis de la información recogida y el de la observación directa, permitió definir las características de estructura y funcionamiento de los sistemas agroforestales. Finalmente, se determinaron las realidades tipológicas de los sistemas productivos presentes en la zona de estudio, considerando variables hidrológicas, socioeconómicas, productivas y biofísicas, que se tomaron como base en el desarrollo de las propuestas agroforestales para sus habitantes.

Los principales resultados corresponden a una propuesta técnica para la cabecera de la microcuenca de Jabonería, fundada en la generación de un desarrollo tecnológico asociado al uso agroforestal, dada la influencia beneficiosa que otorga el árbol con medidas de protección ambiental, especialmente en suelo y agua. La propuesta considera el reordenamiento de los huertos familiares, una rotación de granos y pasturas asociadas a barreras protectoras de *Acacia saligna* en zonas de “lluvias” y el manejo y enriquecimiento del campo común con fines de producción y protección. Finalmente se definió una estrategia para socializar la propuesta a través de una labor de promoción, acompañamiento y monitoreo de las distintas actividades, para así lograr la ejecución de las iniciativas planteadas.

Palabras clave: microcuenca, hidrología de zonas áridas, agroforestería.

ABSTRACT

The study was conducted at the head-board of Jaboneria watershed, Commune of Canela, Region of Coquimbo, with the purpose of elaborating an agroforestral offer that contributes to the improvement of hydrological system functioning in the perspective of the most sustainable development to its population. The specific aims were: the characterization of the hydrological functioning on the study area, the characterization of traditional agroforestral systems of Jaboneria and its effects on environment and the production of an agroforestral offer guided to increasing the low land production dedicated to cultures.

To achieve the proposed aims, the hydrological functioning on study area quantifying the water offer for different probabilities of extended leave of absence was studied, by means of the estimation of the availability of superficial and subterranean water. There was a semi-structured interview to all the present chiefs of family at study area, whose analysis of the taken information and that one of direct observation, allowed to define the characteristics of structure and functioning of agroforestaes systems. Finally, typological relities of the actual productive systems at the zone of study, considering hydrological, socioeconomic, productive variables and biophysics, which were taken as a base in the development of agroforestral offer for his inhabitants.

The main results correspond to a technical offer for the head-board of the Jaboneria microbasin, founded on the generation of a technological development associated with the agroforestral use, as per the beneficial influence that grants the tree with measures of environmental protection, specially in soil and water. The offer considers the reclassification of the familiar gardens, a rotation of grains and pastures associated with protective barriers of *Acacia saligna* in zones of "lluvias" and the managing and enrichment of the common with ends of production and protection. Finally was defined a strategy to socialize the offer across a labor of promotion, accompaniment and monitoring of the different activities, this way to achieve the execution of the initiatives raised.

Key Words: watershed, hydrology of arid areas, agroforestry.

1. INTRODUCCIÓN

La formulación de una propuesta agroforestal para el área en estudio, considerando aspectos hidrológicos, biofísicos, socioeconómicos y productivos, constituye un fundamento para la aplicación de sistemas productivos de uso múltiple que apliquen técnicas de manejo compatibles con las prácticas culturales de la población local y que permitan contribuir al mejoramiento de los sistemas degradados, en especial del sistema hidrológico, que actualmente provoca efectos adversos substanciales al sistema de vida de la población rural que ahí habita.

La importancia de realizar un estudio de este tipo en la cabecera de la microcuenca de Jabonería, parte de la subcuenca del estero “Espíritu Santo”, perteneciente a la comunidad agrícola Canela Baja de la Comuna de Canela, Provincia de Choapa, es que la disponibilidad de agua es restringida y constituye un recurso escaso que limita en gran medida el desarrollo de una agricultura sustentable, al igual que en el resto de las zonas semidesérticas de Chile.

El estudio realizado por la Comisión Nacional de Riego (s.a.)¹, plantea que lo anterior es de especial importancia en los sectores del interfluvio de los ríos Elqui, Limarí y Choapa, donde habita un importante grupo social de muy bajos ingresos, los cuales provienen principalmente de la agricultura de secano, actividad principal que se realiza en la zona en la cual se ubica el área de estudio.

La agricultura de secano, básicamente es una agricultura que accede al riego en forma eventual, esto significa, que se abastece en forma directa de las escasas precipitaciones y del escurrimiento superficial estacional que éstas generan, el cual es conducido por quebradas y esteros, o que aparece en la superficie en afloramiento de vertientes y pozos someros principalmente (Comisión Nacional de Riego, s.a.).

Si bien se trata de un sector con buen clima desde el punto de vista agrícola, tiene bajas posibilidades de riego, por lo que carece de oportunidades de desarrollo productivo agrícola al no contar con el recurso hídrico en la cantidad y oportunidad demandada por los cultivos, ya sean anuales o permanentes.

Además de la escasez de agua, existen elevados niveles de erosión, una baja capacidad sustentadora de vegetación por parte del suelo y una evidente fragilidad del ecosistema frente a actividades productivas llevadas a cabo con las formas tradicionales de uso, las cuales sobrepasan las capacidades del medio, afectando en gran nivel el desarrollo de una agricultura sustentable en lo económico, en lo social y en lo ecológico.

En este contexto se plantea el presente estudio, el cual ha definido los siguientes objetivos:

¹ Estudio de los recursos hídricos en el secano IV Región para una propuesta de desarrollo agrícola.

Objetivo general:

Elaborar una propuesta agroforestal para la cabecera de la microcuenca de Jabonería, Comuna Canela, Región de Coquimbo, para mejorar el funcionamiento del sistema hidrológico en la perspectiva de ir logrando de manera gradual un desarrollo más sostenible para su población.

Objetivos específicos:

- Caracterizar el funcionamiento hidrológico de la cabecera de la microcuenca del sector de Jabonería, Provincia de Choapa, Región de Coquimbo.
- Caracterizar los sistemas agroforestales tradicionales de Jabonería y sus efectos en el medio ambiente.
- Elaborar una propuesta agroforestal orientada a incrementar los rendimientos de las tierras bajas dedicadas a cultivos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

El estudio se desarrolló en la Comuna de Canela, Provincia de Choapa, Región de Coquimbo, específicamente en la cabecera de la microcuenca de Jabonería. Posee una superficie total de 865,6 ha que corresponde al 2,8% de la comunidad agrícola Canela Baja, dentro de la cual se ubica, y se encuentra aproximadamente a 30 kilómetros hacia el norte de la capital comunal Canela Baja.

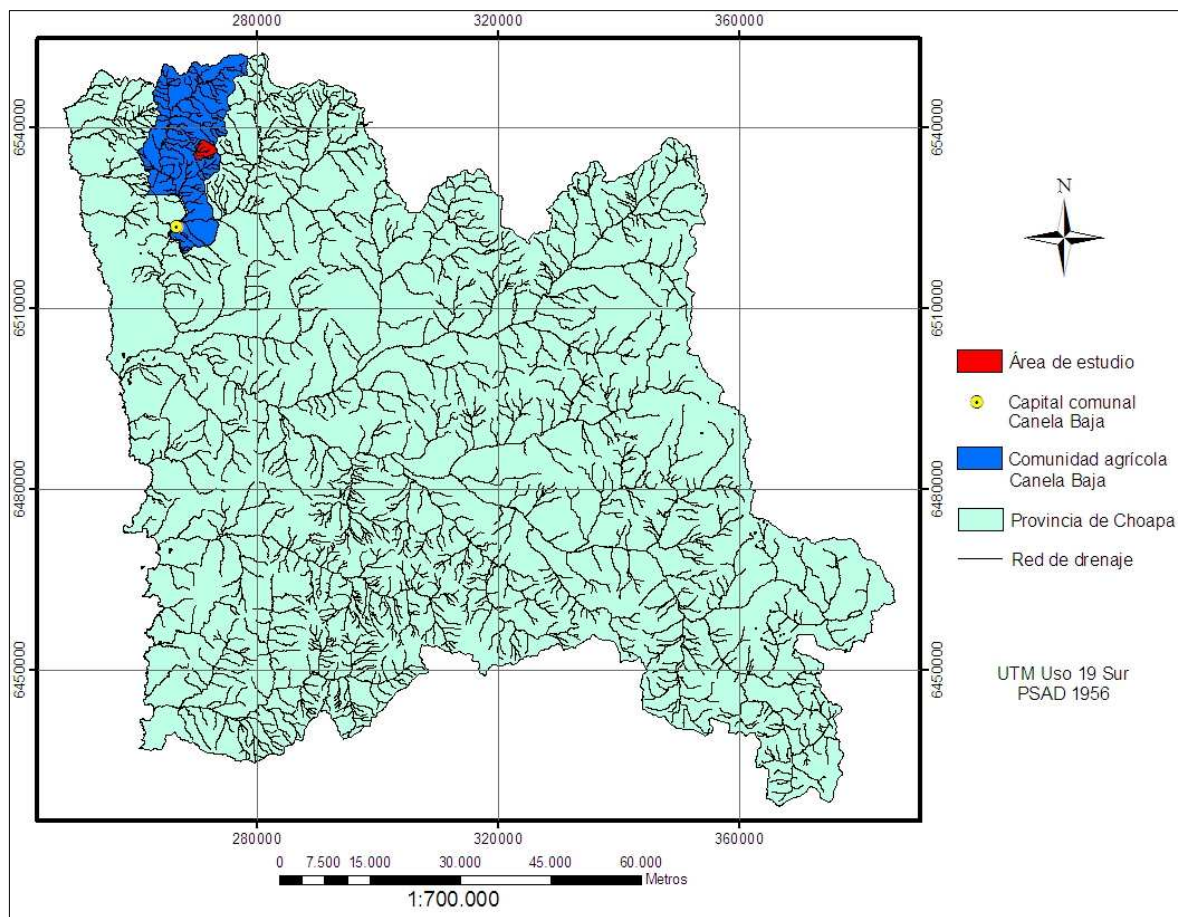


Figura 1. Área de estudio.

Otros materiales empleados fueron:

- Pauta semiestructurada elaborada para la recolección de la información en terreno.
- Serie de precipitaciones de 50 años perteneciente a la estación meteorológica Canela Retén (Dirección Meteorológica de Chile).
- Imagen satelital Google Earth 5.0.1 del área de estudio.

- Coberturas digitales (archivos shape) del Instituto Geográfico Militar (IGM) y de la Secretaría Regional Ministerial de Planificación y Coordinación del Gobierno Regional de Coquimbo.
- GPS portátil Garmin Etrex Venture Hc, para la recopilación de puntos de referencia.
- Microsoft Office Excel 2003 para el procesamiento de los datos en la determinación del comportamiento del agua superficial y subterránea.
- Software SPSS 11.5 para el procesamiento estadístico de los datos obtenidos en terreno.
- Software ERDAS Imagine 9.1 y ArcGis 9.2, para el análisis espacial de la información.

2.2. Métodos

2.2.1. Definición del universo de estudio

El universo lo constituyeron el total de las explotaciones de las 17 familias presentes en el área estudiada. Considerando la heterogeneidad de las variables a estudiar, se realizó un censo de toda la población.

2.2.2. Unidad de información

La unidad de información correspondió al jefe de hogar, quien es el que toma las decisiones y por lo tanto es el responsable de la producción en la explotación familiar. Sin embargo, en uno de los casos la entrevista fue realizada a la persona del grupo familiar más cercana al jefe de hogar, ya que éste no pudo ser ubicado en ninguna de las visitas.

2.2.3. Recopilación de la información

La recopilación de la información se llevó a cabo en dos etapas: una primera etapa que comprendió la obtención de antecedentes existentes respecto al área de estudio, junto a la planificación del trabajo en terreno, la confección de una entrevista semiestructurada y la preparación de una cartografía preliminar; y una segunda etapa que se desarrolló en terreno y donde se llevó a cabo toda la recopilación de información de manera directa con los comuneros.

2.2.3.1. Preparación y planificación del trabajo

En esta etapa se recolectó la información disponible en documentos y otros informes relativos al área de estudio, y se construyó una entrevista para recopilar información socioeconómica y productiva de los comuneros. Esta correspondió a una entrevista semiestructurada donde se expusieron temas precisos y resumidos para un tratamiento en terreno de fácil aplicación.

En el primer ítem, la entrevista aborda temas orientados a la identificación del jefe de hogar y su familia, como la composición del grupo, edad, escolaridad y actividad que desempeña cada componente, además de aspectos relacionados a la tenencia de la tierra. Respecto a la información productiva, se incluyeron antecedentes generales sobre el predio, uso y distribución de la tierra, estructura productiva, disponibilidad de agua (vertientes), entre otros.

En forma paralela, con el objetivo de recopilar la información necesaria para la construcción de la Carta de Ocupación de Tierras (COT), se fotointerpretó la imagen satelital del área de estudio. Esta labor consistió en la georeferenciación de la imagen utilizando como puntos de referencia los identificados en las coberturas digitales de red de drenaje de la cartografía del IGM, a través del Sistema de Información Geográfico (SIG) ERDAS Imagine 9.1. Posteriormente, se procedió a fotointerpretar dicha imagen utilizando el SIG ArcGis 9.2, delimitando unidades cartográficas homogéneas con un nivel de percepción adecuado para los objetivos del estudio (1:10.000).

2.2.3.2. Trabajo en terreno

El trabajo en terreno se llevó a cabo en cuatro periodos. En el primero, durante el mes de enero del 2009, se efectuaron las entrevistas a los jefes de familia mediante un censo de la población. En el segundo periodo (mayo-junio del 2009) se entrevistó a aquellas personas ausentes durante la primera visita, se identificaron los distintos puntos de afloramiento de agua subterránea (vertientes) utilizando un GPS, se midió la capacidad de almacenamiento de éstos y se consultó a los jefes de familia sobre el tiempo requerido para su llenado con el fin de determinar el rendimiento de las vertientes (litros/hora).

En los dos últimos periodos, junio y julio del 2009, se describió la vegetación a nivel de terreno, considerando las unidades cartográficas definidas en la fotointerpretación y utilizando tres criterios fundamentales:

Formación vegetal

Se identificaron distintos tipos biológicos para cada unidad de acuerdo a la siguiente clasificación: leñoso alto, leñoso bajo, herbáceo y suculentas.

Posteriormente, se determinó la estratificación (disposición vertical de la vegetación) para cada grupo mediante un procedimiento visual, en base al uso de una escala estandarizada.

Para cada tipo biológico, se estimó el recubrimiento como porcentaje de suelo cubierto en relación a la superficie total de la unidad descrita, criterio que fue estimado de manera visual y posteriormente traducida a una clave de codificación que establece rangos de cobertura.

Especies dominantes

Se determinaron las especies más representativas de cada tipo biológico en las unidades descritas, definidas como tal aquellas con una cobertura superior al 10%, a excepción de las suculentas con una cobertura superior al 5%.

Grado de artificialización

Se determinó la intensidad y el tipo de manejo al cual fue sometido el recurso. El método utilizado fue de carácter visual y en base a una clave de codificación se estableció el grado de artificialización.

Para recopilar la información relacionada a estos tres criterios se utilizó un formulario de terreno, donde además se registró el porcentaje de suelo descubierto y otras observaciones que pudieran ser de interés en algunas de las unidades.

2.2.4. Análisis de la información según objetivos

2.2.4.1. Caracterización del funcionamiento hidrológico de la cabecera de la microcuenca del sector de Jabonería, provincia de Choapa, Región de Coquimbo

Con el fin de establecer una base para formular estrategias en el aprovechamiento futuro del agua y así poder atender de mejor manera las demandas de la población, se estudió el funcionamiento hidrológico del área de estudio cuantificando la oferta de agua. Para esto, se realizó un análisis de las precipitaciones y posteriormente se estimó el comportamiento del agua superficial (escorrentía) y subterránea (vertientes).

Precipitaciones

Las precipitaciones son la fuente primaria de agua del planeta, por lo tanto, su medición es el punto de partida de la mayor parte de los estudios relacionados al uso del agua, siendo en este caso, de vital importancia para la determinación de la escorrentía.

El ajuste de las precipitaciones anuales se realizó utilizando registros de la estación meteorológica Canela Retén a través de la Función de Distribución de Probabilidades de Goodrich, utilizando una serie de precipitaciones de 50 años.

En la literatura hidrológica, se señala que para estudios y análisis en base a datos medios, la función de Goodrich es la más adecuada para determinar probabilidades de ocurrencia (Pizarro, 1985), debido a la marcada aleatoriedad de los valores y la carencia de estadísticas en cuanto a tiempo y espacio que caracteriza a las variables hidrológicas.

Además, Pizarro *et al.* (1988) señala que la función de Goodrich elimina los valores extremos, es decir, aquellos con una pequeña probabilidad de ocurrencia, consiguiendo

disminuir las distorsiones que pueden provocar un solo valor anómalo y consecuentemente una alta variabilidad en la función que se busca obtener.

La variable aleatoria Precipitaciones (E) siguió la distribución de probabilidad de Goodrich, de la siguiente forma:

$$F(X) = P(E \leq X) = 1 - e^{-a(X-X_1)^{1/p}}$$

$$X_1 \leq X < \infty$$

Donde X representa el valor a asumir por la variable aleatoria, e base de los logaritmos neperianos y X_1 , a y p parámetros.

Para la determinación de estos parámetros se debió recurrir al siguiente sistema de ecuaciones:

$$\frac{m_3}{S_3} = P(p) \quad (1)$$

$$a^{2p} = \frac{1}{S^2} [r(2p+1) - r^2(p+1)] \quad (2)$$

$$X_1 = X_p - \frac{r(p+1)}{a^p} \quad (3)$$

Donde m_3 corresponde al momento central de orden tres, S_3 a la desviación típica al cubo, $P(p)$ a la función auxiliar de Goodrich, S^2 a la varianza muestral, r a la función gamma y X_p a la media muestral.

Posteriormente, para definir la calidad del ajuste se aplicó el test de Kolmogorov-Smirnov, aceptándose el ajuste con un 95% de seguridad.

Agua superficial

Para el cálculo del volumen escurrido se determinó el coeficiente de escorrentía, que corresponde a la relación entre el volumen total de lluvia escurrida y el volumen de lluvia que la produjo.

Para ello, se utilizó el coeficiente de Frevert, que propone para su cálculo directo una sencilla y práctica fórmula que tiene en cuenta, a diferencia de otras, las prácticas conservacionistas de laboreo (Porta *et al.*, 2003). Además, se consideró la mas adecuada a

los datos, ya que se realizaron comparaciones con otras metodologías, siendo ésta la que más se ajustaba a los requerimientos del estudio.

El coeficiente de escorrentía C está en función de las pendientes del terreno (C_p), de la textura del suelo (C_t), de la cubierta vegetal (C_v) y de las prácticas de cultivo (C_c), a cada cual se asigna su índice específico, que a continuación se relacionan:

$$C = 1 - (C_p + C_t + C_v + C_c)$$

Determinado el coeficiente de escorrentía, se calculó el volumen de agua escurrido multiplicando C por el monto de las lluvias anuales. Los valores resultantes fueron extendidos en términos probabilísticos en función de las precipitaciones anuales.

Agua subterránea

El estudio del agua subterránea estuvo dirigido a estimar el rendimiento de las vertientes (litros/hora) en los distintos puntos de afloramiento (vertientes), habilitados por los propios pobladores.

Utilizando las mediciones hechas en terreno sobre la capacidad de almacenamiento de cada pozo y la entrega por los jefes de familia referente al tiempo requerido para su llenado, se estimó el rendimiento de las vertientes para el periodo más crítico del año hidrológico 2008-2009. Aquellos valores resultantes considerados muy altos para la zona en estudio correspondieron a información dudosa de tiempo de llenado entregado por algunos comuneros, por lo tanto fueron eliminados para la determinación de la oferta de agua, de esta manera la estimación obtenida resultó más conservadora.

A partir de dichos datos, que representan una determinada probabilidad de excedencia, y la función de distribución de probabilidades de precipitación anual, se procedió a extender para distintas probabilidades de excedencia la disponibilidad anual del recurso proveniente de los distintos puntos de afloramiento.

Oferta de agua

Para determinar la oferta de agua total se calculó la suma entre los aportes provenientes del escurrimiento aprovechable obtenido luego de la aplicación de los coeficientes de escorrentía, y el rendimiento estimado de las vertientes para distintas probabilidades de excedencia. Esto permitió conformar un escenario con la oferta potencial de agua para así poder dimensionar el posible uso futuro del recurso.

2.2.4.2. Caracterización de los sistemas agroforestales tradicionales de Jabonería y sus efectos en el medio ambiente

Una vez recolectada la información en terreno, esta fue ordenada y tabulada con el fin de generar una base de datos que incluyera todas las variables consideradas en las entrevistas. La información fue organizada en una planilla Excel, donde también fueron calculados algunos estadígrafos y elaborados los cuadros con resultados.

Los sistemas agroforestales identificados en el área fueron caracterizadas a través de 121 variables. Para el análisis de la información se hizo uso de la estadística descriptiva, permitiendo definir aspectos cualitativos y cuantitativos de los sistemas de producción (socioeconómicos y productivos).

Se definieron las características de estructura y funcionamiento de los sistemas agroforestales más usados en el área de estudio, e incluyendo al análisis la observación directa, un análisis de las restricciones que afectan su desempeño.

2.2.4.3. Elaboración de una propuesta agroforestal orientada a incrementar los rendimientos de las tierras bajas dedicadas a cultivos

El potencial productivo de los predios está relacionado con los recursos físicos y humanos, e influenciado por las condiciones climáticas. Su desarrollo depende del arreglo de estas variables con los recursos sociales y económicos presentes (Sotomayor y García, 2008). Es por ello que se hizo un estudio para determinar las realidades tipológicas de los sistemas productivos presentes en la zona de estudio, considerando variables hidrológicas, socioeconómicas, productivas y biofísicas.

Los datos relativos a las variables hidrológicas, socioeconómicas y productivas fueron generados en las etapas anteriores (capítulos 2.2.4.1 y 2.2.4.2).

Descripción de variables físicas

Debido a la importancia de reflejar las características físicas del área de estudio en cuanto a su influencia en el ciclo del agua, se consideró necesario hacer una descripción de su geomorfología.

a) Caracterización geomorfológica

Para estudiar la geomorfología del área de estudio, en primer lugar se obtuvo la información básica, es decir, área, perímetro y altura media de la microcuenca, altura máxima, altura mínima y longitud del curso principal, sumatoria de las longitudes de los cursos tributarios, longitud de las curvas de nivel, el área comprendida entre ellas y la diferencia de altura entre cada curva. Para la obtención de los datos se utilizó el software ArcGis 9.2.

A partir de esta información, en una planilla Excel se determinaron los parámetros de forma, de relieve y los relativos a la red hidrográfica que mejor describen la zona en estudio, mediante las siguientes expresiones:

- Parámetros de forma

Índice de Gravelius:

$$K_c = \frac{0,28 * P}{\sqrt{S}}$$

Factor de forma:

$$Rf = \frac{S}{Lm^2}$$

- Parámetros de relieve

Curva hipsométrica: construida representando el área acumulada por encima o por debajo de una cierta elevación en función de esta misma.

Pendiente media simple (%):

$$Pm = \frac{\Delta h * \sum L_i}{A} * 100$$

Coeficiente orográfico:

$$Co = \frac{H_m^2}{A}$$

- Parámetros relativos a la red hidrográfica

Densidad de drenaje (Km/ Km²):

$$Dd = \frac{\sum l_i}{S}$$

Pendiente media del cauce (%):

$$j = \frac{H_{máx} - H_{mín}}{1000 * L}$$

Donde:

S : Superficie de la cuenca, Km².

A : Superficie de la cuenca, m^2 .

P : Perímetro de la cuenca, Km.

H_m : Altura media de la cuenca, m.

Lm^2 : Cuadrado de la longitud máxima de la cuenca, Km.

Δh : Diferencia de altura entre las curvas de nivel, m.

L_i : Longitud de la curva de nivel i , m.

l_i : Largo total del curso de agua i , Km.

L : Longitud del curso de agua principal, Km.

$H_{m\acute{a}x}$: Altura máxima del curso de agua principal, m.

$H_{m\acute{i}n}$: Altura mínima del curso de agua principal, m.

$tg\alpha$: Coeficiente de Masividad de Matonne.

Descripción de variables biofísicas

a) Caracterización climática y de los suelos

La caracterización climática se realizó tomando como base los estudios ya efectuados en el área, en especial los hechos por el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN-CORFO, 1990), con la publicación del Atlas Agroclimático de Chile, IV a X Regiones.

Para la descripción de los suelos se utilizó el estudio de reconocimiento de suelos realizado por los consultores Alcayaga y Narbona (1977) para el Centro de Investigación de Recursos Naturales (CIREN) presentado en una de sus publicaciones sobre el estudio de las comunidades agrícolas de la IV Región. Además, se construyó una cartografía de suelos para el área de estudio empleando la información entregada por el mapa de reconocimiento de suelos del mismo estudio.

b) Caracterización de la cobertura vegetal

La caracterización de la cobertura vegetal se realizó mediante la Cartografía de Ocupación de Tierras (COT), procedimiento diseñado en Francia por la Escuela Fitoecológica L. Emberger del Centro Nacional de Investigación Científica (CNRS) de Montpellier. La metodología consiste en la representación cartográfica de la vegetación actual, expresada a través de su estructura, composición florística e impacto del hombre sobre el medio (Etienne y Prado, 1982).

El desarrollo de la COT comprendió las etapas de fotointerpretación; la descripción en terreno de la vegetación (ambas etapas descritas anteriormente); y la síntesis de la información, proceso aplicado sólo al criterio de tipo biológico (estratificación y

recubrimiento), ya que los datos sobre especies dominantes y grado de artificialización fueron traducidos directamente a un lenguaje gráfico.

La información sobre tipo biológico, estratas y respectivos porcentajes de recubrimiento recogida en terreno se codificó considerando la cobertura mínima para el tipo biológico representante a una unidad vegetacional homogénea (10% para las leñosas altas, leñosas bajas y herbáceas, y 5% para suculentas).

Cuando se presentaron varias estratas para un mismo tipo biológico, se procedió a simplificar la información con el fin de extraer solo un porcentaje de recubrimiento. Para ello se sumaron los valores extremos de cada categoría de cobertura por tipo biológico, es decir, los valores mínimos fueron sumados sólo con valores mínimos y valores máximos se sumaron sólo con valores máximos. Este procedimiento dio como resultado un nuevo rango de cobertura, que al calcular el promedio aritmético entre el máximo y mínimo valor de recubrimiento originó el valor final para cada tipo biológico.

Posteriormente se procedió a asignarle un nombre a las formaciones vegetales sobre la base de la importancia relativa de cada tipo biológico en la comunidad, dado su porcentaje de recubrimiento, considerando además, aquellas áreas que no correspondían a algunos de estos grupos, como es el caso de los terrenos de uso agrícola. Para esto se utilizó el sistema de clasificación presentado en los apuntes de la asignatura Tipificación y Cartografía Forestal (Cruz, 2008).

La información recopilada en terreno fue ingresada y analizada a través del SIG ArcGis, con lo cual se pudo obtener la distribución y superficie de cada formación vegetal, para posteriormente expresarla en la Carta de Ocupación de Tierras.

Tipificación de los sistemas productivos

El objetivo de la tipificación fue definir distintos grupos de productores que presenten estadísticamente una variabilidad mínima dentro de los mismos grupos y máxima entre los grupos, lo que permite identificar distintas realidades, facilitando el diseño de las soluciones mas adecuadas a la situación de cada productor.

La tipificación de los sistemas productivos presentes en el área en estudio se realizó utilizando el software SPSS y siguiendo la metodología de Valerio *et al.* (2004) que sigue los siguientes procedimientos:

a) Revisión y selección de las variables

Se identificaron las variables cuantitativas de importancia para los objetivos del estudio. Cada una fue sometida a un análisis estadístico para eliminar aquellas con bajo poder discriminatorio en la construcción de los grupos. Paz, *et al.*, (2003) recomienda utilizar como criterio de selección las variables que presentan un coeficiente de variación superior

al 50%, de esta manera se descartaron aquellas con un coeficiente de variación menor a este porcentaje.

Posteriormente se aplicó el Análisis de Componentes Principales (ACP), que permitió sintetizar aún más la información cuantitativa (variables) y darle una estructura a partir de la cual se inicia la clasificación de los Tipos. De los componentes principales obtenidos, se escogieron los primeros dos, ya que, siendo pocos, explicaron una proporción aceptable de la varianza total (sobre el 72%). Dichos componentes se caracterizaron por no tener correlación entre sí.

En el cuadro 1 se muestra el resultado del análisis, indicando las variables que conforman los componentes principales seleccionados.

Cuadro 1. Componentes principales seleccionados para el análisis de conglomerados

Componentes	Variables
1	Disponibilidad de agua (litros/hora)
2	Tamaño del grupo familiar (Nº)
	Mano de obra disponible (JH/año)
	Nivel de ingresos (\$/mes)

b) Determinación de los Tipos o subsistemas productivos

Una vez seleccionados los componentes principales, se procedió al análisis multivariante de cluster, o análisis de conglomerados, utilizando a éstos como variables clasificatorias. El método corresponde a una clasificación de datos que permite definir grupos homogéneos de explotaciones a la vez que heterogéneos entre los mismos (Valerio *et al.*, 2004). Autores como Mainar, *et al.*, (1993); Castel *et al.*, (2003); Siegmund-Schultze y Rischkowsky, (2001); Macedo *et al.*, (2003); Solano *et al.* (2003); Sraïri y Lyobi, (2003) utilizan también este método para clasificar y agrupar sistemas productivos extensivos y semiextensivos.

Para el estudio se utilizó el análisis de conglomerados de tipo jerárquico, que configura grupos con estructuras arborescentes, donde los cluster de niveles más bajos van siendo englobados en otros de niveles superiores (Pérez, 2002).

La metodología de conglomeración utilizada para el análisis corresponde a la propuesta por Ward (1963), llamado Método de Ward, considerándose la más adecuada a los datos, pues se realizaron comparaciones con otras metodologías, siendo esta la que mas se ajustaba a los requerimientos del estudio.

Un aspecto clave en el análisis de conglomerados es la elección de la medida que se desea utilizar para cuantificar la distancia entre los elementos. Para el caso de este estudio, la distancia de medida que se utilizó fue la distancia euclídea (la longitud del segmento lineal

que une dos elementos), que según Pérez (2006) es quizá la medida de disimilaridad más conocida.

Las medidas de distancia no son invariantes respecto de la magnitud de las variables, ya que diferencias existentes entre las variables con puntuaciones muy altas pueden anular las diferencias existentes entre las variables con puntuaciones bajas, es por ello que para resolver dicho problema Pérez (2006) recomienda no utilizar las puntuaciones directas de las variables sino las puntuaciones transformadas a escalas del mismo rango. En este caso se utilizó la transformación con puntuaciones Z, que funciona restándole a cada valor la media del elemento y esa diferencia se divide por la desviación típica del elemento, obteniéndose valores estandarizados con media 0 y desviación típica 1.

Una vez escogida la metodología de aglomeración y la medida de distancia, y estandarizados los valores de las variables, se decidió sobre el número de conglomerados. Para esto, a través del programa SPSS, se definieron distintas soluciones agrupando los casos en dos, tres, cuatro, cinco y seis grupos, con el fin de determinar el número más adecuado y representativo del universo de datos.

Teniendo en cuenta los principios del análisis y los objetivos del estudio, se escogió la alternativa de clasificar en dos grupos o tipos distintos de sistemas productivos.

El resultado se expresó en un diagrama de árbol o dendrograma.

c) Validación de la tipología

La validación de los Tipos resultantes del análisis de conglomerados consistió en verificar si los sistemas de producción estudiados y conocidos directamente en terreno habían sido incluidos en el grupo apropiado, verificando en la aglomeración realizada la pertenencia de las unidades de producción.

d) Descripción de los Tipos seleccionados

La descripción de los grupos se realizó mediante el cálculo de valores medios y frecuencias de aquellas variables utilizadas en la clasificación de los Tipos o grupos de sistemas productivos resultantes del análisis anterior. Adicionalmente, se describieron otras variables de importancia en el estudio permitiendo entregar un mejor diagnóstico de la realidad de cada grupo.

Propuesta agroforestal

Una vez realizada la descripción hidrológica, fisicobiológica, socioeconómica y productiva del área de estudio, se planteó la propuesta agroforestal tendiente a mejorar la situación actual.

La propuesta se formuló para cada unidad de administración de las tierras: goce singular, lluvia y campo común.

En el caso del campo común, la superficie total se dividió en dos grandes unidades, la unidad de producción y la de protección con uso limitado, de acuerdo al potencial de uso y producción. Dentro de estas unidades, la agrupación de los sitios que la componen y la vegetación presente en ellos permitió delimitar unidades menores con mayor grado de homogeneidad, donde finalmente se aplicaría la propuesta.

Finalmente, se definió una estrategia para socializar la propuesta de manera de lograr su implementación dentro de un proceso participativo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización del funcionamiento hidrológico

El estudio del funcionamiento hidrológico estuvo orientado a establecer una base para formular estrategias en el aprovechamiento futuro del agua, atendiendo las demandas de la población mediante la cuantificación de la oferta de agua. Para esto, se estudió el comportamiento del agua superficial y del agua subterránea.

3.1.1. Comportamiento del agua superficial: escorrentía

Se analizaron las precipitaciones y los volúmenes de escurrimientos con el fin de determinar la oferta anual para las distintas probabilidades de excedencia.

Los resultados obtenidos (figura 2) muestran valores de precipitación precarios, ya que se trata de una zona eminentemente semiárida. Además, se puede observar que el coeficiente de escorrentía es bastante elevado (0,74) lo cual pone de manifiesto la baja capacidad hidrológica de los suelos. Esto redunda, en que si bien existe un recurso hídrico relativamente exiguo, la posibilidad de captar dicho recurso y poder retenerlo para hacer uso de él, es una necesidad que implica un trabajo considerable en lo que respecta al área de captación.

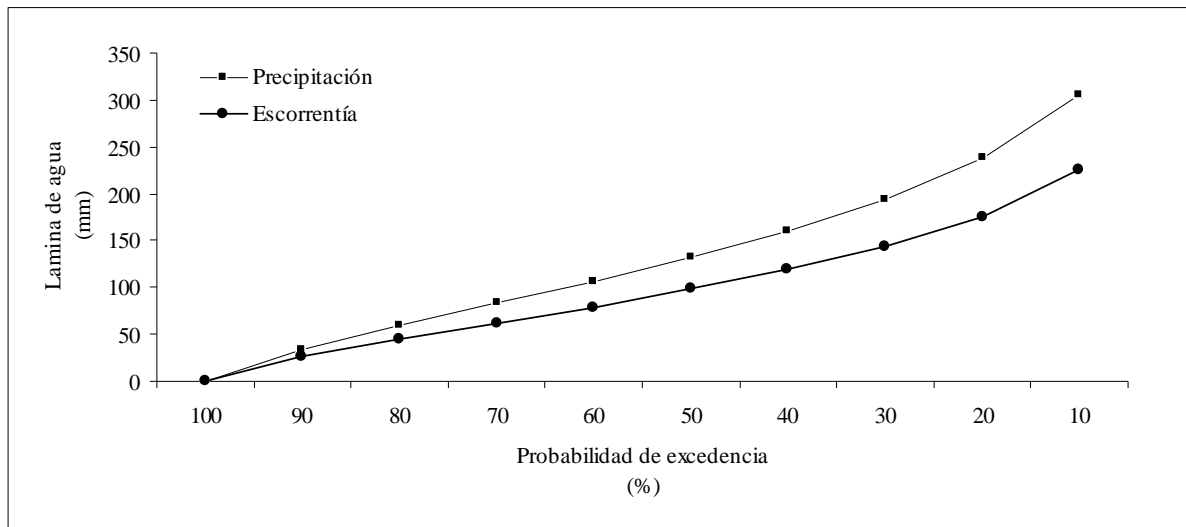


Figura 2. Precipitación anual y escorrentía según distintas probabilidades de excedencia para la cabecera de la microcuenca de Jabonería.

3.1.2. Comportamiento del agua subterránea: vertientes

Hay que tener presente que por las condiciones hidrológicas de los suelos y las características de las precipitaciones en la Región de Coquimbo, concentradas sólo en algunas lluvias invernales, muchas veces de tipo torrencial, la mayor parte del agua proveniente de las precipitaciones de invierno no son aprovechables, ya que no existe infraestructura que permita acumular parte de los escurrimientos superficiales. Por esta razón toma especial relevancia considerar el estudio del comportamiento del agua subterránea, el cual aunque sea muy exiguo, es el recurso del cual se abastece la población durante la mayor parte del año.

En relación a lo anterior, el análisis determinó que para una probabilidad de excedencia del 90% el caudal de agua subterránea promedio por vertiente no supera los 15 litros/hora, equivalente a 0,7 litros/m² (figura 3), lo que constituye sólo el 2,1% del total de precipitaciones anuales.

En el área de estudio fueron identificados 47 puntos de afloramientos de agua, representados por pequeños pozos y estanques construidos de manera artesanal por los comuneros. Como se observa en la figura 4, la distribución de las vertientes es homogénea, dándole a cada familia similares posibilidades para su aprovechamiento. En promedio, cada una de ellas dispone de tres vertientes.

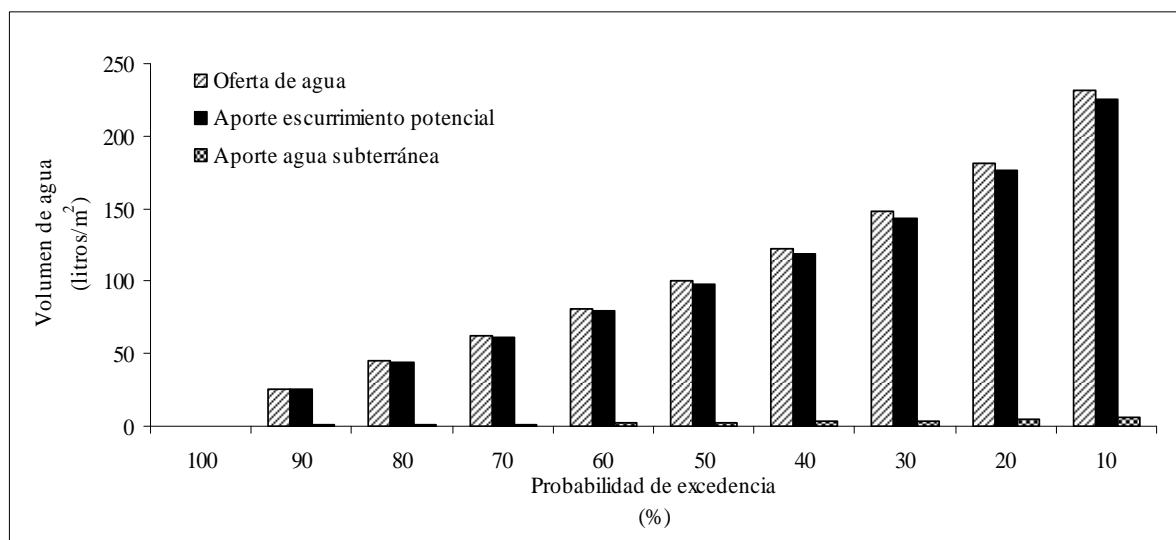


Figura 3. Comportamiento del agua subterránea en la cabecera de la microcuenca de Jabonería de acuerdo a distintas probabilidades de excedencia.

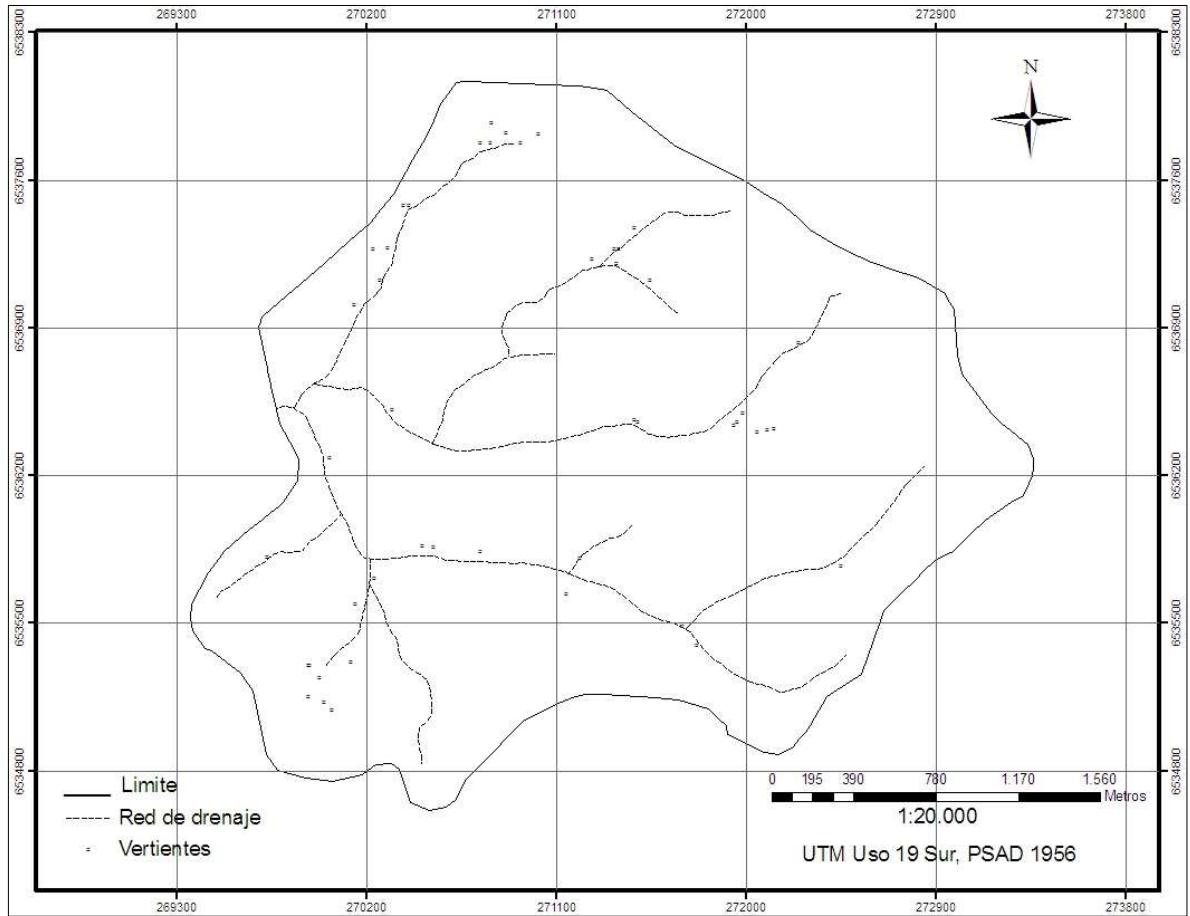


Figura 4. Distribución de las vertientes en la cabecera de la microcuenca de Jabonería.

3.1.3. Oferta de agua

La oferta de agua estuvo determinada por la suma de los aportes provenientes del escurrimiento superficial, deducido luego de aplicar los coeficientes de escorrentía, y el aporte de las vertientes para distintas probabilidades de excedencia.

Como se observa en los resultados (figura 5), para todas las probabilidades de excedencia, la oferta de agua estuvo constituida mayoritariamente por aportes de las aguas superficiales, lo que se explica por el régimen pluvial del área de estudio y la baja capacidad de infiltración de los suelos que limita la alimentación de las vertientes.

El análisis muestra que la oferta de agua es baja. Existe un 90% de probabilidad que en un año la precipitación no supere los 34,1 mm, lo cual permitiría disponer de una oferta de agua de sólo 25,9 mm (equivalente a 25,9 litros/m²), repartido en escurrimiento superficial y aporte de las vertientes.

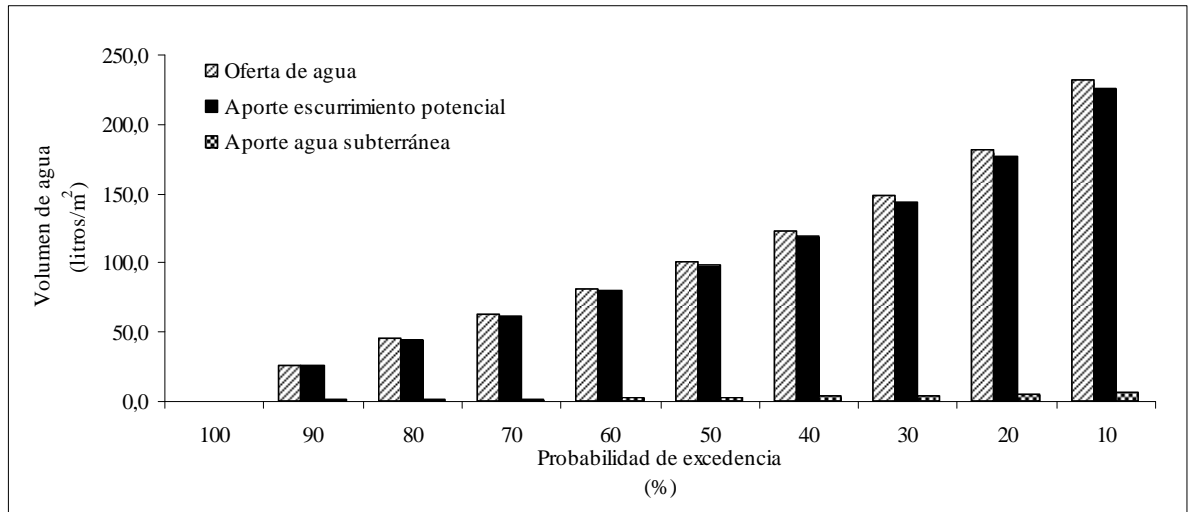


Figura 5. Oferta de agua para la cabecera de la microcuenca de Jabonería de acuerdo a distintas probabilidades de excedencia.

No obstante, si a eso se agrega la irregular distribución de las precipitaciones durante el año y la baja capacidad hidrológica de los suelos, se concluye que la oferta de agua existente no significa agua aprovechable. La capacidad de aprovechamiento de la mayor parte de los escurrimientos superficiales está exclusivamente limitada a las áreas que se habilitan para siembras de secano conocidas como “lluvias”. El resto del agua de los escurrimientos superficiales prácticamente se pierde y la población sólo tiene disponible, durante toda la época sin precipitaciones, el aporte del escurrimiento subterráneo emanado a través de los afloramientos habilitados por cada familia. Esto se traduce en las condiciones de aridez existentes, lo cual atenta negativamente con las posibilidades de desarrollo económico y social del área en estudio.

3.2. Caracterización climática

El Centro de Información de Recursos Naturales y la Corporación de Fomento de la Producción (CIREN-CORFO, 1990) describieron 15 distritos agroclimáticos para la Provincia de Choapa, Región de Coquimbo, de los cuales al sector bajo estudio corresponde el distrito Canela-Atelcura.

El distrito se ubica en la Cordillera de la Costa, a partir del límite norte de la Provincia de Choapa hasta el valle del río Choapa por el sur (CIREN-CORFO, 1990).

El periodo libre de heladas dura 12 meses, por lo tanto aún se observa la influencia moderadora del océano. La temperatura media máxima durante el verano no supera los 24° C, siendo la suma térmica entre septiembre y febrero 950 grados-día. La temperatura media mínima junio-agosto no desciende de los 6° C, con alrededor de 400 horas de frío anuales. No existe periodo de receso vegetativo (CIREN-CORFO, 1990).

El régimen de humedad se caracteriza por presentar un periodo seco de ocho meses y un déficit hídrico de 640 mm octubre-marzo. La evapotranspiración potencial es de 370 mm aproximadamente, aumentando desde la costa al interior. La humedad relativa media varía de 75% a 80% entre verano e invierno (CIREN-CORFO, 1990). Por otra parte, Caldentey y Pizarro (1980) señalan que la precipitación media anual oscila entre 175 y 200 mm.

La radiación solar media del mes más radiante es de 480 cal/cm²/día, disminuyendo a 145 cal/cm²/día en invierno (CIREN-CORFO, 1990).

3.3. Caracterización de los suelos

En el estudio de reconocimiento de suelos realizado por Alcayaga y Narbona (1977), se estableció la existencia de 19 series de suelos y seis tipos misceláneos con 65 unidades topográficas para las comunidades agrícolas de la IV Región.

En función de dicho reconocimiento, los suelos correspondieron a la serie Mollaca, en la que a su vez se identificaron dos unidades topográficas (figura 6): MO-Fd que representa el 24,9% de la superficie y se ubica entre los 800 y 1.100 msnm aproximadamente, y MO-Ed que ocupa el 75,1% de la superficie, entre los 1.100 y 1.450 msnm. Están diferenciadas principalmente por la pendiente y capacidad de uso. Se ubican en las serranías, constituyendo los cordones limitantes de los valles transversales, por lo tanto se presentan en una topografía de cerros (Alcayaga y Narbona, 1977).

Según el estudio hecho por Alcayaga y Narbona (1977), ambas series se originaron a partir de rocas granodioríticas, generalmente son delgadas, de texturas pesadas en todo el pedón (arcilla), y color pardo oscuro con matices que varían entre 10 YR y 7,5 YR. En relación a su estructura, es de bloques subangulares finos y medios moderados relativamente estables, por lo tanto se considera bien estructurado. Los materiales en seco son duros, pero en húmedo son friables, y plásticos y adhesivos en mojado. El arraigamiento es bueno en los primeros 30 cm, haciéndose bastante deficiente en profundidad y desapareciendo a los 45 cm. La reacción del suelo es ligeramente ácida, variando el pH entre 6,3 y 6,7. Su porosidad es elevada, siendo abundantes los poros en los primeros 30 cm y disminuyendo rápidamente en profundidad.

En la topografía de cerros presente, las pendientes dominantes están entre 15% y 45% en la unidad MO-Fd y entre 0% y 30% para MO-Ed, mostrando afloramientos rocosos que no constituyen más del 20% de la superficie del suelo.

El drenaje de los suelos, definido en términos de la relación conjunta de permeabilidad, escurrimiento superficial y drenaje interno del suelo, es bueno. Puede hacerse excesivo en pendientes más fuertes, donde la superficie del suelo ha sido removida por la erosión y por lo tanto el agua no se infiltra fácilmente, escurriendo por el terreno (Alcayaga y Narbona, 1977).

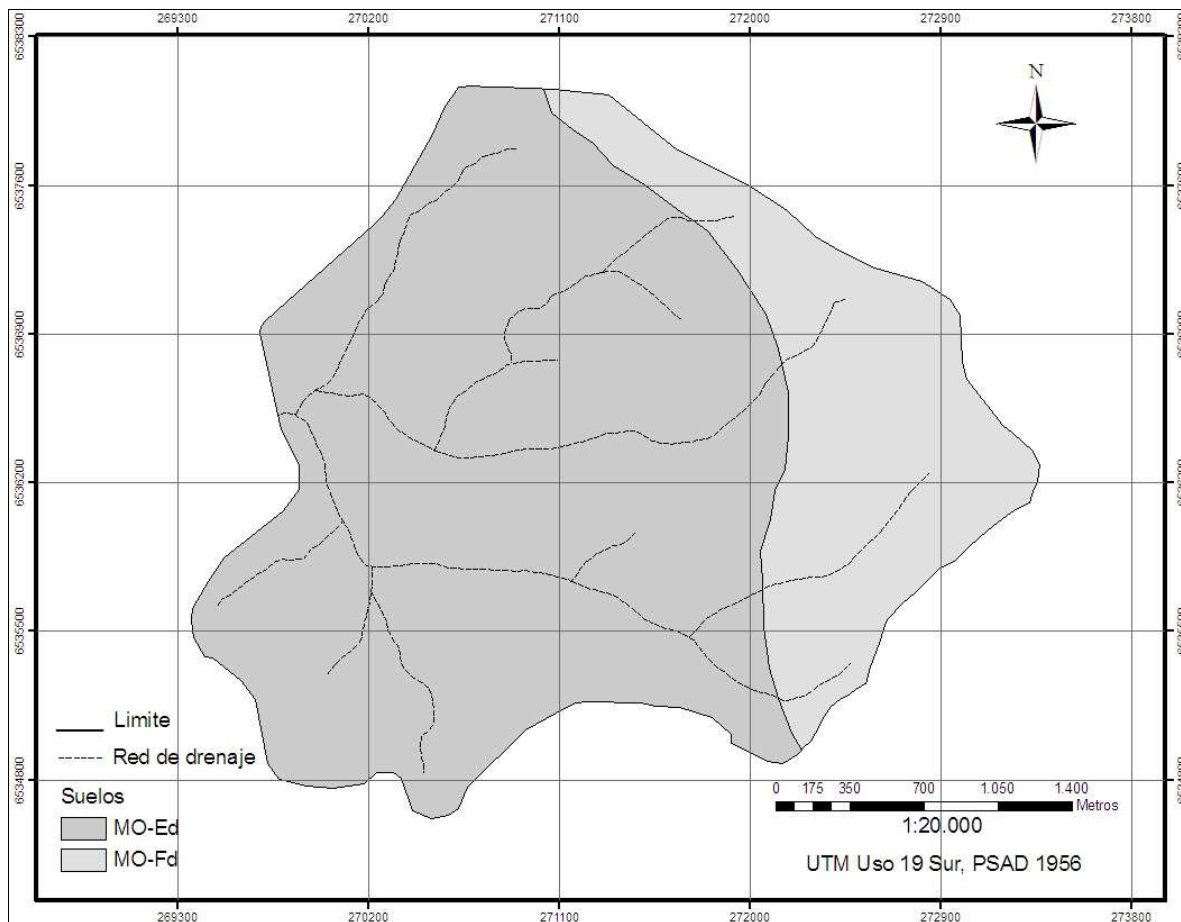


Figura 6. Series de suelo para la cabecera de la microcuenca de Jabonería.

Fuente: Modificado de Alcaiyaga y Narbona, 1977.

Poseen fertilidad natural baja, contenido bajo de materia orgánica (inferior a 1,5%-2%) y moderada a baja capacidad de retención de agua aprovechable. Como todos los suelos granodioríticos, responden bien a la aplicación de fertilizantes (Alcaiyaga y Narbona, 1977).

Considerando la capacidad de uso de los suelos, el destino que pueden tener las tierras de la unidad MO-Fd es sólo para praderas permanentes o bosques, aplicando prácticas intensivas de conservación o manejo dado los problemas de erosión (clase VII). En menor proporción (20% de la superficie de la unidad) para vida silvestre (clase VIII), al corresponder a terrenos que carecen de valor agrícola, ganadero o forestal. En tanto, en la serie MO-Ed la totalidad del suelo posee capacidad de uso VII (Alcaiyaga y Narbona, 1977).

A causa de la topografía, los suelos no son aptos para riego, por lo tanto las posibilidades en su aplicación se ven bastantes limitadas incluso con avanzadas prácticas, además no presentan aptitud para el cultivo de frutales (Alcaiyaga y Narbona, 1977).

3.4. Caracterización geomorfológica

Las características físicas desempeñan un papel fundamental en la respuesta hidrológica de una microcuenca, es por esto que para comprender el área estudiada se determinó una serie de parámetros relacionados a su forma, relieve y drenaje. Es importante destacar que el funcionamiento de una cuenca o microcuenca depende de un conjunto de factores y no de cada uno de ellos por separado.

3.4.1. Parámetros de forma

El estudio de estos parámetros permitió evaluar la uniformidad del contorno de la microcuenca, lo cual tiene influencia en el tiempo de respuesta de dicha unidad, respecto al caudal evacuado. En este sentido, el índice de Gravelius (1,17) indicó que el área estudiada tiende a una forma circular, lo que significa que los caudales están repartidos en una mayor cantidad de cursos en comparación a una cuenca de forma alargada, generando hidráulicamente un menor tirante y por lo tanto menor velocidad de flujo, lo que se traduce en mayores tiempos de concentración o tiempo que requiere una gota de agua para viajar desde el punto más alejado de la cuenca hasta la sección de salida.

El factor de forma (0,52) también sirve como un indicador de las tendencias de crecidas, permitiendo conocer la influencia de la forma de la microcuenca sobre el hidrograma unitario. Considerando este parámetro por sí solo, existe una alta probabilidad de tener una precipitación intensa simultánea en toda la superficie del área estudiada, cuyas descargas son representadas por hidrogramas de cortos tiempos de concentración, promoviendo la generación de posibles crecientes.

3.4.2. Parámetros de relieve

En la figura 7 se muestra el rango altitudinal del área de estudio en relación a las superficies que encierran, las cuales dan origen a la curva hipsométrica, que permite caracterizar el relieve de forma grafica.

De los resultados, se observó un descenso constante de altura en todo el conjunto del área estudiada, sin embargo, tanto su parte superior como final se caracteriza por una fuerte pendiente, lo que conlleva a un aumento de la velocidad del agua. En promedio, la pendiente fue de 32%, valor considerado elevado, que implica un menor tiempo de concentración de las aguas de escorrentía en la red de drenaje y afluentes al curso principal.

Si bien la altura media define la elevación del relieve y la pendiente el desnivel presente en el mismo, el coeficiente orográfico permite combinar ambas propiedades actuantes en el proceso erosivo, haciéndolo uno de los parámetros más utilizados y confiables al momento de definir el relieve de una cuenca (Pizarro, 1985). El resultado encontrado define un valor de 23 para el área estudiada, lo que indica un relieve acentuado, poniendo en manifiesto la susceptibilidad al proceso de erosión hídrica del mismo.

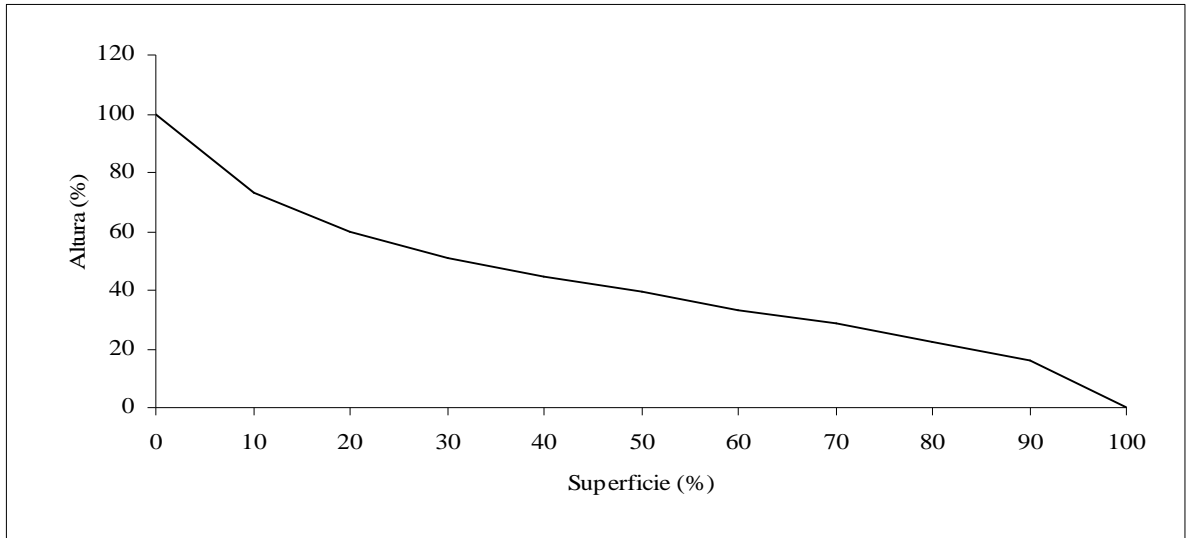


Figura 7. Curva hipsométrica para la cabecera de la microcuenca de Jabonería

3.4.3. Parámetros relativos a la red hidrográfica

La baja densidad de drenaje, $1,74 \text{ km/km}^2$, indicó que la microcuenca posee una lenta respuesta frente a una tormenta. En este sentido, la gota tendrá que recorrer una longitud de ladera grande, realizando la mayor parte de su recorrido por los cauces secundarios, donde la velocidad de escurrimiento es menor, por lo tanto tendrá mayores tiempos de concentración si se considera por sí solo este parámetro. Uno de los factores que explica este comportamiento es la litología de la zona, ya que los materiales duros y resistentes (diorita, granodiorita y tonalita) tienden a originar el bajo grado de bifurcación de la red de drenaje.

La pendiente media del cauce (9,8%) es considerada alta, lo que indica un cauce torrencial. Esto involucra que la velocidad del agua sea alta y los tiempos de concentración cortos.

3.4.4. Diagnóstico geomorfológico

Considerando los antecedentes obtenidos en la evaluación conjunta de los diferentes parámetros, se puede afirmar que la microcuenca posee una rápida respuesta frente a las precipitaciones, ya que presenta una alta velocidad de los caudales y cortos tiempos de concentración. Esto, sumado al relieve pronunciado, pendiente media elevada y la presencia de suelos arcillosos, implica inevitablemente el arrastre de una proporción considerable de sedimentos aguas abajo, disminuyendo la calidad de éstas.

Lo anterior se ve acentuado por la baja cubierta vegetal, que cuando está presente, disminuye la energía cinética de la gota de agua al caer al suelo, disminuye la fuerza de la escorrentía, aumenta la retención de agua por medio de las raíces y aumenta la infiltración a

causa de la mayor porosidad del suelo por la presencia de materia orgánica y raíces en el suelo, situación que representa escasamente la realidad del área estudiada.

Las bajas precipitaciones anuales hacen que los escurrimientos en la red de drenaje sean estacionarios, limitándose a los días de precipitaciones, y que los niveles de escorrentía subterránea sean los únicos presentes durante todo el año. Por lo mismo, al presentarse como lluvias muy concentradas en periodos cortos, de igual forma favorece los procesos de erosión hídrica.

Por todo lo anterior, surge la necesidad de proteger y recuperar el recurso vegetal para mejorar la capacidad hidrológica de los suelos, ya que sin esto la microcuenca está destinada a mantener los procesos erosivos, como lo demostraron los resultados del análisis morfológico. Esto es de especial importancia para el área de estudio, ya que al ser la cabecera de la microcuenca, y por lo tanto donde nace el cauce, todos los procesos dañinos que aquí se originen repercutirán aguas abajo alterando la calidad y cantidad del agua.

3.5. Caracterización de la cobertura vegetal

En la Carta de Ocupación de Tierras (COT), presentada en la figura 8, se indica la distribución geográfica de las distintas formaciones vegetales, junto con sus especies dominantes y grado de artificialización.

En función de esas características, se determinaron 62 unidades homogéneas. De ellas, la formación con mayor superficie corresponde a la de matorral, con 583 ha, representando el 67,5% de la superficie, donde el estrato arbustivo dominante la distingue.

3.5.1. Bosque adulto abierto

Formación vegetacional representada por el 8,9% de la superficie, equivalente a 77 ha. Se ubica primordialmente en los fondos y bordes de quebrada, donde la disponibilidad de humedad es mayor.

Quillaja saponaria (quillay) y *Lithrea caustica* (litre) corresponden a las especies dominantes dentro de la formación arbórea, con una cobertura media de 37,5% y alturas que no superan los 12 y 4 metros, respectivamente. Se caracterizan por ocupar exposiciones sur (S) y suroeste (SO).

En cuanto a las leñosas bajas, *Schinus polygamus* (huingán) está presente en casi todas las unidades, con alturas de hasta 2 metros en la mayoría de los casos y coberturas variables entre 10 y 25%. En menor proporción está presente *Haplopappus pulchellus* (bailahuén), donde ocupa preferentemente la exposición SO y con alturas que no sobrepasan los 0,5 metros.

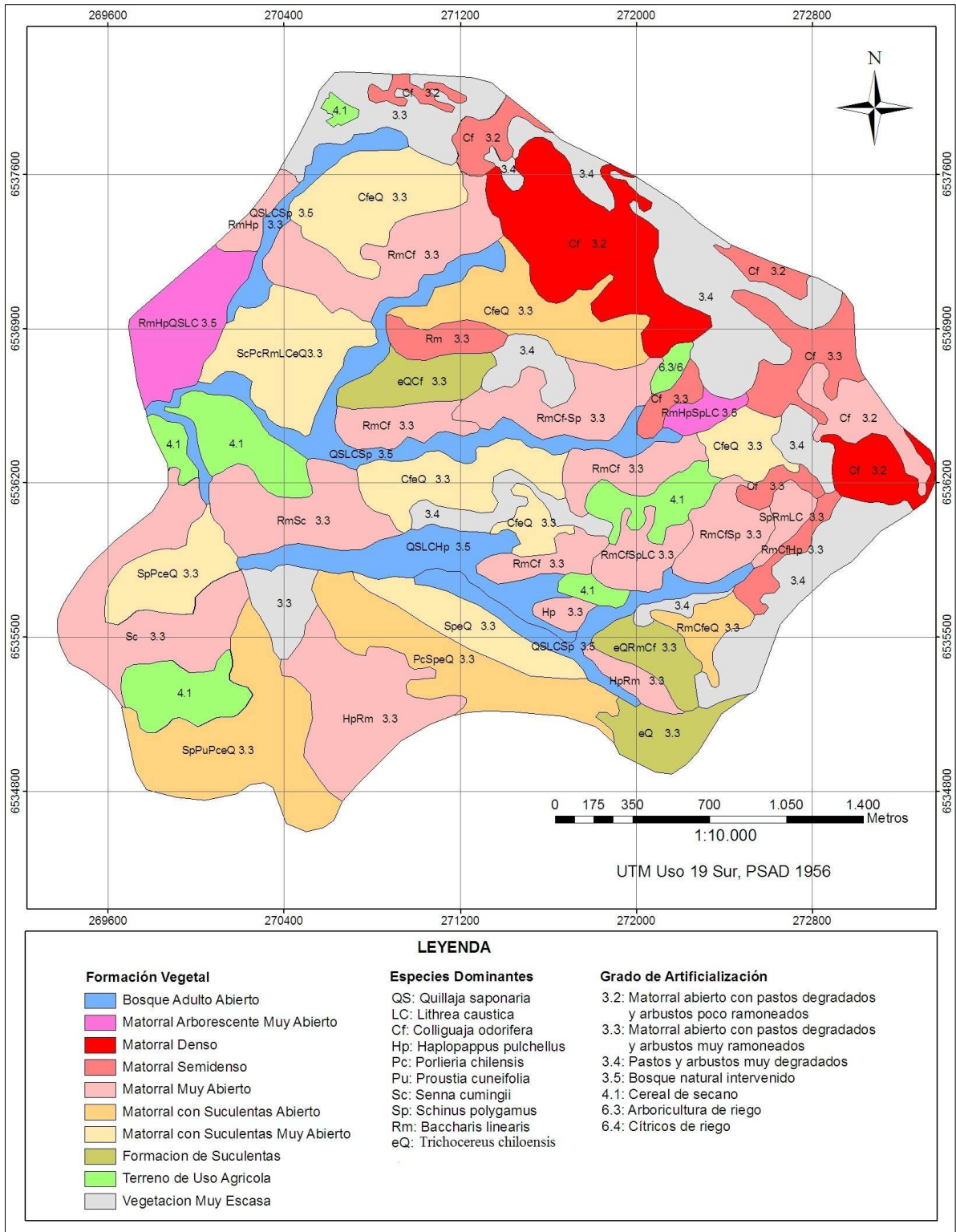


Figura 8. Cartografía de Ocupación de Tierras para la cabecera de la microcuenca de Jabonería.

Debido a la presión de pastoreo, el nivel herbáceo no mostró coberturas iguales o superiores al 10%, por lo tanto no se consideró ninguna especie como dominante. Esta situación también se presentó en el resto de las formaciones vegetales identificadas.

Las suculentas no se encontraron en esta formación.

3.5.2. Matorral arborescente muy abierto

Formación en la que predominan tanto las leñosas altas como bajas. Grupo con menor representación dentro del área de estudio, con sólo el 3,1% de la superficie (27 ha). Se distribuye en laderas de exposición S, sureste (SE) y oeste (O).

Las leñosas altas están representadas por individuos de quillay y litre que se distribuyen de manera muy aislada, dejando entre 90 y 75% de suelo desnudo. El quillay solo se hace presente en las laderas con mejores condiciones microclimáticas, exposiciones S y SE, con hasta 12 metros de altura y cobertura vegetal superior a la del litre. En tanto, el litre se distribuye en todas las unidades de este grupo, con alturas máximas de 4 metros.

Baccharis linearis (romerillo) y bailahuén representan el estrato arbustivo, siendo en todas las unidades dominante el romerillo. Al igual que las leñosas altas, este grupo alcanza coberturas variables entre 10 y 25%, y alturas que no superan los 2 metros.

3.5.3. Matorral denso

Esta formación vegetal fue identificada en las exposiciones SO y O del área bajo estudio y en las zonas mayor altitud (1.100-1.300 m.s.n.m.), lo que explica que posea la más alta cobertura vegetal (82,5% de cobertura media) dado las mejores condiciones microclimáticas y su ubicación en sectores con menor acceso. Representa el 6,4% de la superficie (55 ha).

Sólo se identificó una especie dominante dentro de la formación, *Colliguaja odorifera* (colliguay). Los individuos no superaron los 2 metros de altura y se distribuyeron de manera homogénea dentro de las unidades, a excepción de pequeñas superficies antes correspondientes a zonas de “lluvias”.

3.5.4. Matorral semidenso

Formación representada por el 5,9% de la superficie (51 ha). Está presente en mayor proporción en la exposición SO, posteriormente en la O y finalmente en la S.

Solo en el estrato arbustivo se identificó la presencia de especies dominantes, representadas principalmente por individuos de colliguay, dejando entre 50 y 25% de suelo descubierto. En la mayoría de las unidades donde se presentó, ésta especie predominó en la exposición SO, disminuyendo su cobertura en las exposiciones S y O, áreas que coinciden con las de mayor altitud dentro de la zona bajo estudio (entre 1.100 y 1.350 m.s.n.m.); en cuanto a la

altura, en promedio no superó los 0,5 metros. En la exposición O, aparece el romerillo acompañado por colliguay (que pierde dominancia) y en menor proporción por bailahuén. En aquellas unidades donde el romerillo se reconoció como única especie dominante, los individuos alcanzaron alturas de hasta 1 metro, pero cuando se presentó acompañado por otras especies no superó los 0,5 metros.

3.5.5. Matorral muy abierto

Formación vegetal que se distribuye en el 25,6% de la superficie (221 ha), por lo tanto es la más representativa e importante dentro del área de estudio. Se ubicó en la mayoría de las exposiciones, primordialmente en la noroeste (NO), noreste (NE), S y SO.

En la formación arbórea solo se encontró litre como especie dominante y distribuido de manera muy aislada. Se presentó preferentemente en la exposición S, y en menor proporción en la SO. En promedio alcanza alturas de hasta 4 metros y una cobertura que varía entre 5 y 10%.

Respecto a las leñosas bajas, el romerillo se identificó como la especie con mayor cobertura en gran parte de las unidades, en especial en las exposiciones S y SO, acompañadas por un gran número de especies, siendo las más habituales colliguay y en menor proporción huigán, bailahuén y *Senna cumingii* (alcaparra), según las condiciones del ambiente. En estos casos, la cobertura de la formación alcanzó entre el 10 y 25% de la superficie, con alturas promedio entre los 0,5 y 1 metros, sin embargo algunos individuos de romerillo y huigán alcanzaron hasta los 2 metros.

En zonas donde predomina la exposición O, el romerillo pierde dominancia y pasa a ser una especie acompañante del bailahuén. Las alturas de los individuos no superan 1 metro y presentaron coberturas de 10 a 25%.

En tanto, en la exposición NO, se identificó el romerillo como única especie dominante, que si bien estuvo acompañada por algunas herbáceas y suculentas, éstas no alcanzaron la cobertura suficiente para ser clasificadas como tales. Al igual que el resto de las leñosas bajas, no superó el 25% de superficie cubierta y alcanzó alturas de hasta 1 metro.

En sectores de gran altitud (1.300 m.s.n.m. aproximadamente) y exposición SO, el colliguay fue reconocida como la única especie dominante. Su cobertura alcanzó mayores superficies que la del resto de las especies de esta formación (hasta 50%) y alturas inferiores a 1 metro.

3.5.6. Matorral con suculentas abierto

Formación vegetal que representa el 12,4% de la superficie bajo estudio, con 107 ha, distribuyéndose en las exposiciones más asoleadas, N, NO y NE principalmente.

En zonas donde predominaron las exposiciones NO y O, entre las leñosas bajas se presentó con mayor cobertura el colliguay, sin embargo, cuando aparece el romerillo, el colliguay pierde dominancia. En éste caso, el estrato arbustivo alcanzó alturas de hasta 2 metros cuando estuvo presente el romerillo y de hasta 1 metro en caso de ausencia de este último, con una superficie entre 75 a 50% de suelo descubierto.

En zonas donde predominó la exposición N y en menor proporción la NE y NO, por lo tanto laderas con mayor insolación, el huingán fue la especie que se presentó con mayor cobertura, acompañado en menor proporción por *Proustia cuneifolia* (huañil) y *Porlieria chilensis* (guayacán). Sin embargo, en las laderas más rocosas, el guayacán pasó a ser la especie dominante. La altura en promedio no supera 1 metro y la superficie cubierta es menor al 50%.

Las suculentas en todas las unidades identificadas dentro de este grupo estuvieron representadas por *Trichocereus chiloensis* (quisco), dejando hasta un 90% de suelo descubierto.

3.5.7. Matorral con suculentas muy abierto

Esta formación vegetacional ocupa una superficie 122 ha (14,1%), distribuyéndose primordialmente en las exposiciones N, NO, NE y SO.

Sólo en las laderas donde predominó la exposición SO se identificó como especie dominante una leñosa alta, el litre. Su cobertura no superó el 10% de la superficie y su altura en promedio varió entre los 2 y 4 metros.

Respecto a la formación arbustiva, en la mayoría de las unidades el colliguay fue la especie que presentó más porcentaje de superficie cubierta, sin embargo, en laderas de exposición N y NE, ésta desaparece y se reconoce la presencia de huingán como especie dominante, acompañada de guayacán en algunos casos. En promedio esta formación no superó el metro de altura y presentó una cobertura inferior a 25%.

El quisco nuevamente fue reconocido como única especie dominante dentro de las suculentas en todas las unidades descritas, con una cobertura máxima de 25%.

3.5.8. Formación de suculentas

Sólo se identificó el 4,1% de la superficie dentro de este grupo, equivalente al 35 ha. Se ubica primordialmente en las laderas de exposición N, O y SO, correspondiendo a la segunda formación menos distribuida y la más distintiva de los sectores de gran sequedad y con abundante afloramiento rocoso.

Las leñosas bajas fueron identificadas como especies dominantes en cada unidad sólo en las zonas de exposición O y SO. Entre ellas, el colliguay fue la que se presentó en mayor parte de la superficie, perdiendo dominancia cuando aparece el romerillo, sobretodo en laderas

donde predomina la exposición SO. En promedio no sobrepasan los 0,5 metros de altura, dejando en descubierto cerca del 90% de la superficie.

De las suculentas, *Trichocereus chiloensis* (quisco) fue la única especie reconocida como dominante, sin embargo, se identificó la presencia de *Cumulopuntia sphaerica* (gatito) en baja cobertura (inferior al 5%). En la mayoría de las unidades este tipo biológico no superó el 10% de cobertura.

3.5.9. Terreno de uso agrícola

Los terrenos de uso agrícola representaron el 5,8% de la superficie y en su mayoría correspondieron a zonas de secano destinadas al cultivo de cereales (“lluvias”) en rotaciones cultivo/descanso variables, en especial de trigo y cebada.

3.5.10. Vegetación muy escasa

El 13,7% de la superficie, aproximadamente 118 ha, posee este atributo, distribuyéndose primordialmente en las laderas de exposición SO y de mayor altitud (entre los 1.100 y 1.350 m.s.n.m.). La vegetación no supera el 10% de cobertura.

La situación que hace suponer que estos sectores presentan escasa vegetación, es la histórica explotación del recurso, principalmente a través de la habilitación de zonas de cultivo (“lluvias”), que sumado a las condiciones ambientales desfavorables en cuanto a disponibilidad de agua, han degradado la cubierta vegetal, acentuando su condición xerofítica.

3.5.11. Grado de artificialización

Según el grado de artificialización encontrado en el área de estudio, casi toda la superficie (82,2%) está en presencia de un matorral abierto con pastos degradados y arbustos poco o muy ramoneados, y una pradera con arbustos muy degradados (grados 3.2, 3.3 y 3.4 respectivamente).

De lo anterior, es posible determinar que la mayoría de la superficie es utilizada como terreno de pastoreo, encontrando distintos niveles de degradación según la intensidad en su uso. En las zonas de mayor altitud fue posible encontrar menores niveles de degradación que en las zonas más bajas.

La cabra, como ganado principal que hace uso de la superficie bajo estudio, actúa en desmedro del desarrollo natural de la vegetación, ya que si bien el pastoreo es de tipo extensivo, la carga animal supera ampliamente las potencialidades ofrecidas por el medio.

Sumado a lo anterior, la extracción de leña es otro factor que contribuye al actual estado de la vegetación, considerando que representa la principal fuente de energía de las familias.

3.6. Caracterización de los sistemas agroforestales

En el mundo campesino es común observar el uso combinado que la familia le da a sus recursos naturales, la multiplicidad de productos y la sostenibilidad del sistema que integran, lo que representa una estrategia de sobrevivencia denominada Agroforestería.

Lo anterior refleja la realidad de las familias estudiadas, que por sus necesidades básicas y las condiciones ambientales imperantes, han establecido como base de sus sistemas productivos el empleo de sistemas agroforestales caracterizados por un conjunto de actividades que un grupo humano organiza, dirige y realiza de acuerdo a sus objetivos, cultura y recursos.

Para conocerlos es necesaria la observación de sus componentes, donde la familia y la unidad de producción representan la base fundamental de la economía campesina.

3.6.1. Antecedentes de la unidad familiar

3.6.1.1. Características del jefe de familia

Como se observa en los resultados (figura 9), la mayoría de los jefes de familia pertenecen al género masculino (64,7%) y un 35,3% al femenino. Si bien por cultura en el país el rol de jefe de familia es asumido por el hombre, cada vez más es compartida entre ambos géneros, principalmente por el trabajo extrapredial, quedando la mujer a cargo de las tareas productivas y del hogar.

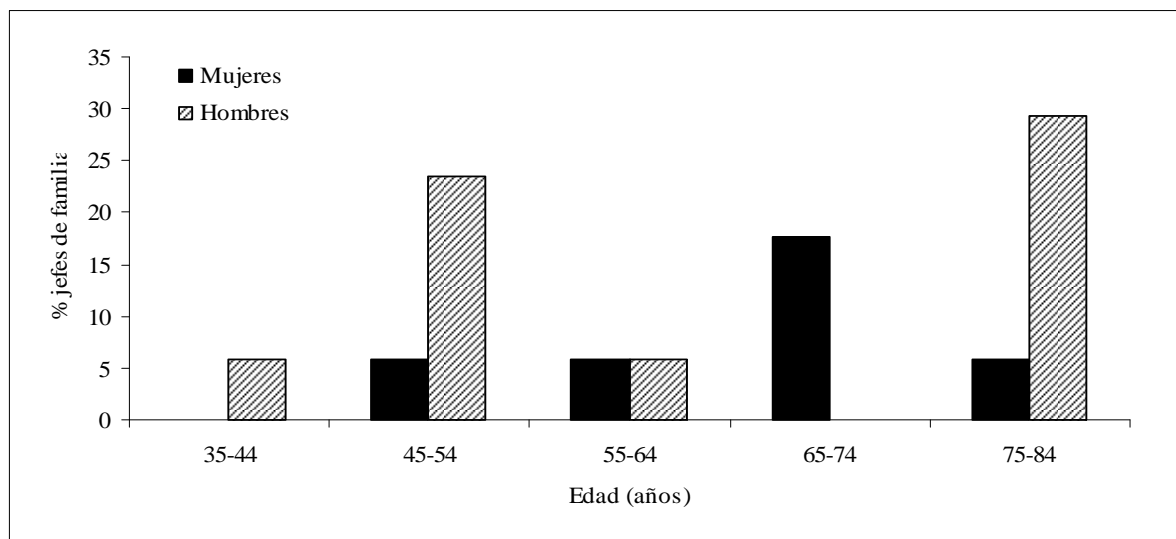


Figura 9. Edad y sexo de los jefes de familia estudiados.

A causa de la migración de la población joven, el 47,1% de los jefes de familia se concentró en los estratos de mayor edad (sobre 55 años), siendo el promedio para los hombres 62 años y para las mujeres 67 años. Lo anterior refleja la realidad rural comunal,

con un 68% de los jefes de familia mayores de 45 años (Instituto Nacional de Estadísticas, 2002).

La educación es un factor fundamental en quienes toman las decisiones en relación a la producción, ya que su desempeño influye directamente sobre el desarrollo sustentable y equitativo que puedan alcanzar, por lo que es muy importante conocer el nivel de educación de los jefes de familia.

En relación a lo anterior, los sistemas productivos en promedio están dirigidos por personas con cuatro años de estudio. Como se muestra en el cuadro 2, del total de hombres y mujeres, el 18% y el 17% de ellos, respectivamente, son analfabetos. En tanto, el 46% y el 67% de ellos, respectivamente, tienen educación básica incompleta. Tanto en hombres como mujeres, no se encontró ningún caso que haya cursado los 12 años de escolaridad obligatorios. En lo referido a lo que ocurre en la educación superior, es aún más difícil, debido a la falta de oportunidades para los jóvenes y en general de los campesinos para acceder a ésta.

Cuadro 2. Nivel educacional de los jefes de familia estudiados según sexo

Nivel educacional	Hombres (%)	Mujeres (%)
No asistió a la escuela	18,2	16,7
Básica incompleta	45,4	66,6
Básica completa	27,3	16,7
Media incompleta	9,1	0,0
TOTAL	100,0	100,0

Lo anterior representa la realidad de la comuna, ya que la mayoría de los jefes de familia (60%) sólo han cursado enseñanza básica, lo que se transforma en una gran limitante para el desarrollo familiar, ya que las posibilidades de incorporar nuevas tecnologías que permitan aumentar la productividad de sus sistemas se reducen, además de dificultar la toma de decisiones acertadas, tanto productivas como económicas, por la falta de información, influyendo negativamente en el nivel de participación dentro de la sociedad.

De acuerdo a las observaciones en terreno, la ocupación principal de los jefes de familia correspondió a agricultor y criancero de cabras, representando el 76,5% de los casos.

3.6.1.2. Caracterización de la unidad familiar

Tamaño del grupo familiar

De los resultados (figura 10) es posible observar que el tamaño de los grupos familiares estudiados es pequeño, en promedio estuvieron constituidos por tres miembros, variable que tiene importancia al momento de cuantificar la mano de obra disponible para las labores productivas.

El 58,8 % de las familias estuvieron compuestas por hasta tres personas, lo que refuerza como la migración ha afectado a las familias, tanto por la falta de oportunidades de trabajo en los lugares de origen de las familias, como por no existir incentivos para que sus integrantes permanezcan en ellas.

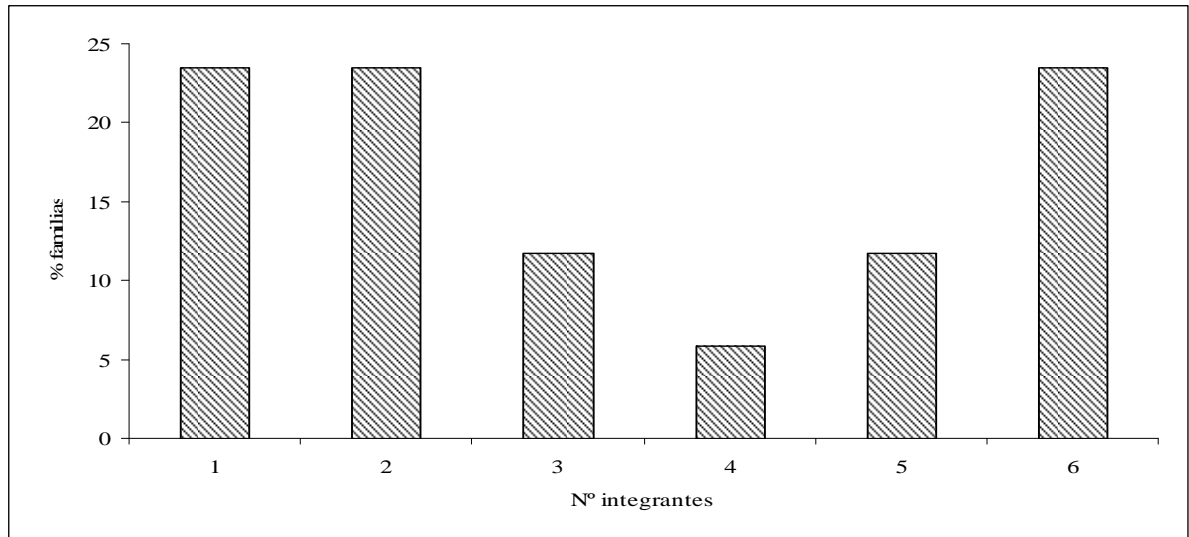


Figura 10. Tamaño de las familias estudiadas según número de integrantes.

Composición familiar según género y edad

La localidad estudiada está formada por 17 familias, las que en total representan una población de 56 personas, 51,8% representada por hombres y 48,2% por mujeres.

Como se muestra en la figura 11, el reducido número de población joven (entre 15 y 34 años), en especial de hombres, señala que el proceso migratorio afecta preferentemente a este segmento, quienes salen es busca de nuevas oportunidades educacionales y laborales que mejoren sus condiciones de vida en relación a las que ofrece la localidad.

A lo anterior se agrega el bajo número de nacimientos, reflejado en el reducido número de niños menores a cinco años, que representan el 4% de la población bajo estudio.

En relación a lo anterior, se identificó una transición de la población hacia un envejecimiento de su estructura, que podría afectar aún más el dinamismo económico de ésta como consecuencia de la reducción de la fuerza laboral y la disminución de los ingresos per cápita, misma situación de la comuna según el Plan de Desarrollo Comunal (Ilustre Municipalidad de Canela, 2007).

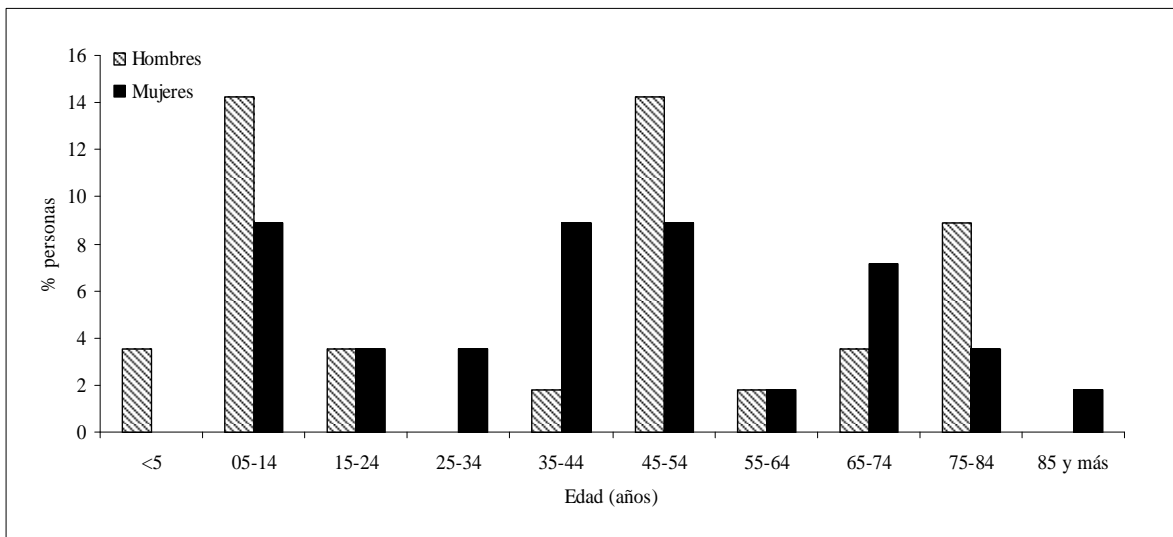


Figura 11. Composición familiar según sexo y edad de los miembros de las familias estudiadas.

Educación según género de los miembros de la familia

En relación al nivel de escolaridad de la población (figura 12), en términos generales se observa que es muy bajo, al igual que en el resto de la comuna (Ilustre Municipalidad de Canela, 2007), pues el 71,4% de ésta logró como máximo finalizar los ocho años del proceso obligatorio. Esto se atribuye a que las personas tienen la necesidad de salir a trabajar tempranamente en búsqueda de mejores condiciones de vida, dejando fuera de sus prioridades la educación, lo que se transforma en una problemática al limitar el acceso a nuevas posibilidades de desarrollo económico y de participación social.

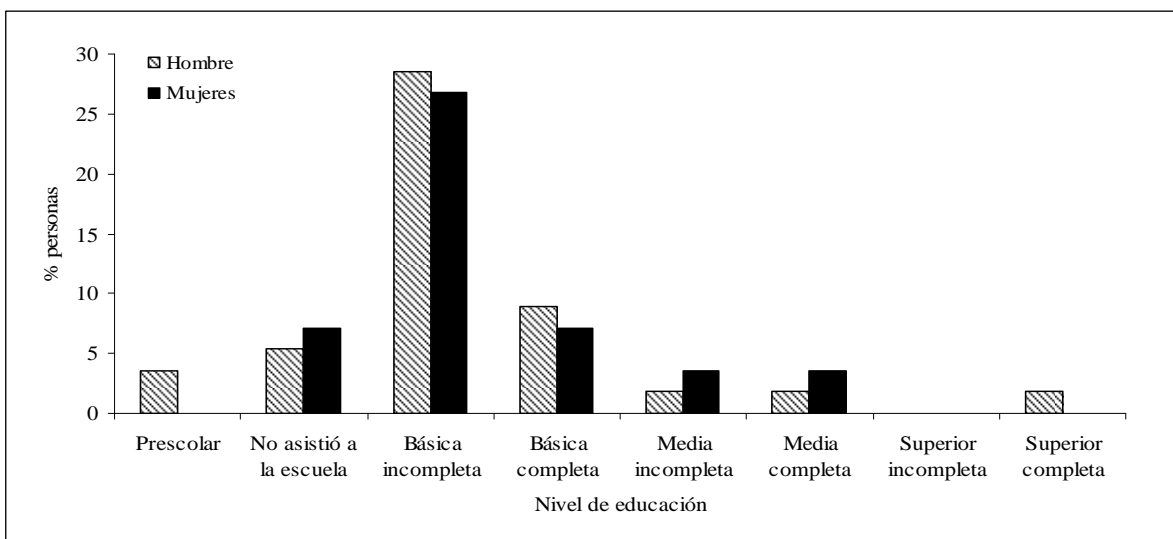


Figura 12. Nivel educacional según sexo de los miembros de las familias estudiadas.

Respecto a la educación superior, a causa de la falta de oportunidades y en general de los jóvenes para acceder a ella, sólo el 1,8% de la población pudo acceder a este nivel de estudios.

Además, se constató que el nivel educacional de los jóvenes (personas entre 15 y 34 años, representando el 8,9% de la población) es superior que el de sus padres, gracias a la mejor facilidad para acceder a la educación en relación al pasado. La totalidad de ellos cursó 11 y más años de estudio, lo que permite contar con personas mejor preparadas.

Disponibilidad de mano de obra

La mano de obra disponible en una explotación es muy importante para la caracterización de los sistemas de producción, ya que influye directamente en la generación de ingresos como en la recolección de tecnologías que permitan incrementar su producción.

En este sentido, en la localidad estudiada las jornadas hombres disponibles en la explotación familiar son de 529 JH año⁻¹ en promedio.

Destaca el reducido porcentaje de personas que forman parte de la población económicamente activa (34%), que al igual que en el resto de la comuna, se explica por la creciente migración de la población joven y la reducida incorporación de la mujer al mercado laboral (Ilustre Municipalidad de Canela, 2007).

Se constató una disminución de la mano de obra durante el año, ya que por los bajos ingresos percibidos de las actividades productivas realizadas dentro de las explotaciones familiares, en especial los jóvenes, se ven obligados a salir de sus hogares en busca de trabajo para aumentar sus ingresos. Esta situación se observó con mayor fuerza entre los meses de enero y marzo, donde la oferta de trabajo temporal en el sector agrícola, principalmente en la recolección de fruta, aumenta considerablemente.

3.6.2. Descripción de los sistemas agroforestales

3.6.2.1. Estructura productiva

De acuerdo a la clasificación estructural de los sistemas agroforestales presentada por Krishnamurthy y Ávila (1999) y a los sistemas productivos estudiados (figura 13), se distinguieron tres estructuras productivas:

Sistemas agrosilvícolas

Dichos sistemas presentan la asociación de los componentes árboles frutales y cultivos agrícolas, a los que se les denomina huertos familiares. El componente arbóreo está constituido principalmente por duraznos, damascos, limones y naranjos. En tanto, entre los cultivos agrícolas destacan la papa, el maíz, poroto, tomate, cebolla, zapallo y hortalizas de hojas (lechuga, acelga, etc.).



Figura 13. Sistemas agroforestales presentes en el sector de estudio. A: huerto familiar, B: bosque para el cobijo del ganado, C: plantación para la alimentación del ganado y D: cerco vivo.

Estos sistemas corresponden a una antigua tradición de producción de alimentos de subsistencia familiar asociada al goce singular, que según Krishnamurthy y Ávila (1999), son prácticas de uso de la tierra donde se lleva a cabo un manejo deliberado de árboles y arbustos de uso múltiple en combinación con cultivos y animales que interactúan alrededor de las habitaciones humanas.

En el área de estudio, el 52,9% de las familias emplea este tipo de sistema de producción.

Sistemas silvopastorales

Estructura representada por dos sistemas de producción. El primero, llamado bosques para el cobijo del ganado, presenta una asociación de ganado caprino y formaciones naturales de matorral compuestas en su mayoría por *Colliguaja odorifera* (colliguay), *Baccharis linearis* (romerillo) y/o *Schinus polygamus* (huingán).

Este sistema corresponde a grupos de árboles y/o arbustos distribuidos natural o artificialmente en el espacio donde los animales descansan o se protegen en los días de sol (Benedetti y Valdés, 1996), que en este caso corresponde al campo común. Todos los comuneros que poseen ganado hacen uso de este sistema.

El segundo corresponde a una asociación de ganado caprino y arbustos forrajeros, representados por individuos de *Atriplex nummularia* y *Acacia saligna*, al que se le denomina plantaciones para la alimentación del ganado.

Corresponde a grupos de árboles y/o arbustos con valor forrajero distribuidos artificialmente con el fin de complementar la alimentación del ganado. El 47,1% de las familias estudiadas posee este tipo de sistema productivo.

Sistemas agrosilvopastorales

Sistemas que presentan asociación de cactáceas (*Trichocereus chiloensis*), cultivos de secano de trigo y cebada, y ganado caprino.

Esta categoría está representada por los cercos vivos. Según Benedetti y Valdés (1996), es una práctica que consiste en la formación de un cerco para la delimitación de zonas de cultivo o de la propiedad con una especie vegetal, pudiendo combinarse con cultivos agrícolas o con zonas de pastoreo. En la actualidad sólo el 17,6% de las familias lo emplean como tal, ya que poco a poco ha sido reemplazada por cercos de madera o mallas metálicas.

3.6.2.2. Arreglo de los componentes

La disposición de cada componente de un sistema agroforestal puede ser abordada desde dos puntos de vista: su disposición en el espacio y su disposición en el tiempo (Krishnamurthy y Ávila, 1999).

Disposición espacial

Dentro de los huertos caseros, el componente arbóreo está representado por los árboles frutales, que se encuentran distribuidos de forma mixta, o sea, irregularmente entre los cultivos agrícolas. Su disposición espacial vertical se caracteriza por presentar un estrato, desarrollándose en densidades variables que no superan los 500 arb/ha, y por presentar individuos coetáneos.

El matorral, componente principal de los bosquetes para el cobijo del ganado, se encuentra distribuido irregularmente, al azar en el campo común, desarrollándose con coberturas muy bajas que en la mayoría de los casos no superan el 50%. En este sistema agroforestal se distinguieron tres estratos: el primero, menor a 0,5 metros, compuesto en su mayoría por individuos de colliguay; el segundo, de hasta 1 metro de altura, representado por el romerillo; y el último, inferior a 2 metros, conformado principalmente por huingán.

Para el caso de las plantaciones para la alimentación del ganado el componente arbustivo es parte de una formación artificial, por lo tanto se distingue un sólo estrato que no supera los 50 centímetros de altura. Su disposición espacial horizontal es zonal, ya que cada individuo de una misma especie permanece contiguo hasta cierta extensión, lugar donde comienza la plantación de la otra especie.

Al igual que en el caso anterior, los cercos vivos se distribuyen de forma zonal, en hilera alrededor de los cultivos de trigo y cebada, presentando un arreglo espacial vertical del tipo de monoestrato con alturas que no superan los 2 metros.

Disposición temporal

El arreglo temporal de los componentes presentes en los huertos familiares presentan una disposición interpolada, debido a que distintas hortalizas se cultivan a lo largo del año dependiendo de la estación, mientras que el componente arbóreo y animal se encuentran permanentemente en la unidad predial.

Los dos sistemas agroforestales identificados dentro de la estructura productiva silvopastoral presentan una disposición coincidente, esto debido a que el componente arbóreo, representado por formaciones naturales de matorral y arbustos forrajeros en cada uno de los sistemas agroforestales, y el componente animal (ganado caprino) se encuentran simultáneamente en la misma unidad productiva. La única variación en el tiempo es la carga animal, que depende de las condiciones climáticas imperantes.

Para el caso de los cercos vivos, el arreglo temporal de sus componentes es concomitante, que quiere decir que el componente agrícola conformado por trigo y cebada se cultiva sólo en un periodo del año en las “lluvias”, las que posteriormente quedan en barbecho hasta el año siguiente para establecer el mismo cultivo, mientras tanto las cactáceas se encuentran de manera permanente en la unidad productiva y el ganado de forma intermitente después de la cosecha del trigo y la cebada con el objetivo de alimentarse de los rastrojos.

3.6.2.3. Rol de los componentes

Componente arbóreo

De las interacciones que se producen entre los diferentes componentes que integran los sistemas agroforestales se pudo observar que las especies frutales, principal componente arbóreo, tienen especial importancia en el suministro de alimento para la familia en distintas épocas del año, lo que les permite además contar con un ingreso complementario cuando tienen la posibilidad de vender algunos de sus productos.

Otra función importante es el efecto de la cobertura vegetal proporcionada por los árboles, que favorece la fertilización de los suelos, la retención de agua, la supresión de malezas y por lo tanto, el mejor desarrollo de las hortalizas que se cultivan bajo ella.

Componente arbustivo

Para los sistemas silvopastorales el componente arbustivo está representado por formaciones naturales de matorral y plantaciones de especies forrajeras, mientras que para los sistemas agrosilvopastorales está compuesto por formaciones de cactáceas.

Las formaciones naturales de matorral cumplen una función muy importante en la protección del ganado, tanto en épocas invernales como estivales. Esto se debe a que el matorral proporciona sombra al ganado caprino durante los meses de altas temperaturas y abrigo en la estación fría, esto último de gran relevancia al momento de las pariciones, disminuyendo la mortalidad de las crías según lo indicado por los comuneros.

Otro importante rol es proveer a los animales de alimento suplementario al proporcionado por la pradera de manera permanente y segura por medio de las plantaciones de arbustos forrajeros, sobretodo en el periodo en que la pradera no satisface los requerimientos alimenticios del ganado (verano-invierno). El ramoneo de las hojas y la utilización de los frutos de algunas especies de las formaciones de matorral también son otra fuente importante de alimento para el ganado en los periodos más críticos.

La recolección de leña es una tarea indispensable para las familias presentes en el área de estudio, puesto que constituye la fuente principal de energía en los hogares. En éste sentido, el componente arbustivo cumple un rol primordial al abastecer de éste recurso a las familias durante todo el año, siendo *Baccharis linearis* (romero) y *Colliguaya odorifera* (colliguay) las especies preferidas por ellas.

Además, es importante destacar la protección que las cactáceas que componen los cercos vivos otorgan contra el paso de los animales a los cultivos de trigo y cebada cuando han alcanzado alturas superiores a los 2 metros.

El beneficio que otorga el componente arbustivo no sólo se limita a la protección y al aporte directo de forraje y leña, ya que debe sumarse el efecto protector que su cobertura genera sobre los suelos, al reducir el escurrimiento de agua sobre las laderas y por lo tanto la erosión hídrica. Además, tienen un efecto favorable en el comportamiento del estrato herbáceo asociado, al favorecer su crecimiento en condiciones de mayor fertilidad y humedad.

Componente agrícola

El componente agrícola, caracterizado por el cultivo de hortalizas y de cereales (trigo y cebada), provee de alimento a las familias durante todo el año gracias a la cosecha de las hortalizas y del trigo que se almacena para ser utilizado de diferentes formas (harina, mote, etc.).

Otro rol no menor, es la utilización de la cebada y de los rastrojos de la cosecha del trigo como forraje para el ganado, en el caso de los sistemas agrosilvopastorales.

Componente animal

El componente animal está formado en su totalidad por ganado caprino, con la función principal de suministrar alimento a las familias por medio de la producción de carne, de leche (y derivados) y, en algunos casos, de ingresos por la venta de éstos.

Además, el ganado cumple con el rol de entregar abono por medio de los excrementos a las praderas naturales, árboles y arbustos asociados a él.

3.6.2.4. Análisis funcional de los sistemas

Componente arbóreo

El componente arbóreo (cultivo de frutales) se ha establecido utilizando tecnologías simples y de bajo insumo de capital: con el fin de lograr un mejor aprovechamiento del agua, al momento de la plantación los productores construyen tazas para captar el agua; los suelos son abonados con excremento de animal para mejorar su fertilidad; el riego se lleva a cabo principalmente por medio de canales o surcos, con una frecuencia según lo permita la disponibilidad de agua (normalmente una vez al día o cada dos días); la copa del árbol no experimenta manejo alguno.

La producción está orientada a la obtención de frutas: duraznos, damascos, limones y naranjas principalmente y a otros productos con mayor grado de elaboración, en particular de huesillos.

Con respecto al destino de las frutas, 12 de los 17 comuneros identificados en la zona de estudio venden una parte de su producción. Del total de la producción de damascos y duraznos (huesillo), en promedio el 50% de ella es comercializada, mientras que el 46,7% y 58,3% de la producción de limones y naranjas es destinada a la venta, respectivamente.

El ingreso por concepto de venta de frutas y huesillo en promedio corresponde a 3,1 U.F. (valor UF al 22/03/2010: \$20.980,3) por año, valor equivalente al 4,4% del ingreso familiar anual.

Componente arbustivo

Las formaciones de matorral se presentan en forma natural dentro del campo común (sistemas silvopastorales) y no han experimentado ningún tipo de manejo, encontrándose degradadas debido a la presión ejercida por el ramoneo del ganado y por la extracción de leña. En tanto, los arbustos forrajeros (sistemas silvopastorales) no han sido sometidos a manejo silvicultural por la baja altura que han alcanzado, sin embargo, un porcentaje de los comuneros (12,5%) fertiliza los suelos donde éstos se encuentran utilizando como abono el excremento de cabras, y la mayoría de los productores preparó los suelos construyendo casillas de plantación o surcos (37,5% y 25% del total, respectivamente).

El manejo de los cercos vivos construidos con cactáceas (*Trichocereus chiloensis*) consiste básicamente en cortar ramificaciones de los individuos, las que son dejadas en el suelo expuestas al aire por 10 a 15 días para posteriormente ser plantadas en una hilera con el fin de ampliar la barrera.

Se constató que actualmente dentro de los sistemas agroforestales identificados el uso del matorral está destinado a la producción de leña sin propósitos de venta, ya que es empleada en las labores del hogar. Mientras que las plantaciones de especies forrajeras están orientadas en su totalidad a la producción de alimento para el ganado de las familias y las cactáceas al aislamiento de unidades productivas (cultivos de secano).

Componente agrícola

Respecto al proceso productivo, al igual que el resto de los componentes, éste se ha establecido empleando sencillas tecnologías y bajo insumo de capital. El cultivo de hortalizas presente en los sistemas agrosilvícolas se caracteriza por la rotación de diferentes especies según la época del año. Para ello, la preparación del suelo se realiza mediante la construcción de terrazas con el fin de lograr un mejor aprovechamiento del agua de riego y los suelos son abonados con excremento animal.

El cultivo de trigo y cebada (sistemas agrosilvopastorales) se basa en la rotación de éstos cereales con un periodo de barbecho. La preparación del suelo consiste en la formación de surcos a nivel, siendo éste el único manejo aplicado.

La producción de hortalizas está orientada principalmente a la obtención de alimento para el consumo familiar. Sólo tres productores comercializan parte de ésta, que equivale al 59,5% de la producción anual. En relación a los cereales, en promedio el 82,4% de las familias destinan la producción de trigo y cebada al autoconsumo familiar y animal, respectivamente. El porcentaje restante comercializa una parte importante equivalente al 30% de la producción anual.

El ingreso promedio por concepto de venta de hortalizas y cereales producidos en los sistemas agroforestales alcanza las 4,2 y 27,6 U.F. (valor UF al 22/03/2010: \$20.980,3) al año, lo que representa el 4,1% y 17,5% del ingreso anual familiar respectivamente.

Componente animal

Las cabras son el único ganado dentro del componente animal, por lo tanto se presentan en el 100% de las estructuras productivas (sistemas silvopastorales y agrosilvopastorales).

La carga animal corresponde al número de animales por unidad de tierra y constituye un concepto fundamental, ya que afecta la condición de la pradera y por lo tanto la disponibilidad forrajera para un rebaño. En este caso, se calculó una carga animal de 0,63 UA/ha, valor que sobrepasa el recomendado por Cosio *et al.* (1986) que determinó para este tipo de zona una carga animal de 0,04 a 0,06 UA/ha, según la condición del campo común.

En este sentido, el sobrepastoreo implica la degradación de la pradera y disponibilidad de forraje de bajo valor nutritivo para el ganado.

Debido a lo anterior, los comuneros deben complementar la alimentación del ganado con alfalfa (fardos), y en menor proporción con alimento concentrado, sobretodo en periodos con menor disponibilidad de agua donde disminuye aún más el rendimiento de la pradera.

La producción animal dentro de los sistemas agroforestales identificados en el sector en estudio, está caracterizada por la producción de cabritos (carne) y leche para la elaboración de quesos.

En relación al destino de ambos productos, el 56% de los comuneros venden parte de sus cabritos, de los cuales en promedio el 52% de los individuos del rebaño es comercializado. En tanto, la mayor parte de los comuneros (81%) destina su producción de queso al consumo familiar principalmente, donde sólo el 10% de ella es vendida.

El aporte que realiza la producción carne en el ingreso familiar es de 9,8%, valor superior al aportado por la venta de quesos que corresponde a sólo el 3%. Por lo tanto, el componente animal contribuye con el 12,8% del ingreso familiar anual.

3.6.2.5. Superficie

La superficie representada por los sistemas agroforestales corresponde al 87,3% del área de estudio, lo que equivale a 756 ha. Según cada uno de los sistemas agroforestales identificados, la superficie de disgrega de la siguiente forma:

Los comuneros que disponen de huertos familiares, en promedio destinaron para ellos 0,49 ha del goce singular, que en total representan el 0,5% (4,4 ha) del área de estudio. Como se indica en el cuadro 3, la mayoría de estas unidades productivas (44,4%) se presentaron con superficies entre 0,2 a 0,3 ha.

Cuadro 3. Rango de superficie para los distintos sistemas agroforestales identificados en el área de estudio

Rango de superficie (ha)	Huerto familiar		Plantaciones para la alimentación del ganado	
	N	%	N	%
< 0,1	0	0,0	4	50,0
0,1 a 0,2	1	11,1	0	0,0
0,2 a 0,3	4	44,5	1	12,5
0,4 a 0,5	1	11,1	3	37,5
>0,5	3	33,3	0	0,0
TOTAL	9	100,0	8	100,0

Respecto a las plantaciones para la alimentación del ganado, las familias destinan pequeñas superficies que en promedio no superan 2.313 m², representando en total sólo el 0,03% del área de estudio (0,2 ha). El 50% de las plantaciones forrajeras poseen una superficie de hasta 0,1 ha; el 37,5% de ellas tiene una superficie entre 0,4 y 0,5 ha; y sólo el 12,5% de las familias que presentó plantaciones se encuentra en un rango cuya superficie es de 0,2 a 0,4 ha (cuadro 3).

La superficie de los bosquetes para el cobijo del ganado, correspondiente a una única unidad de producción de la cual toda la comunidad hace uso compartido, representa el 84% del área de estudio (727 ha).

Los cercos vivos, que constituyen el sistema agroforestal menos empleado, representan el 2,8% del área de estudio, correspondiente a 24 ha. La totalidad de estos sistemas presentan una superficie de 8 ha.

3.6.2.6. Tenencia de tierra

Las familias presentes en el área de estudio son parte de un sistema de tenencia de tierra representativo de las comunidades agrícolas y de la Región de Coquimbo, caracterizado por un tipo de propiedad sucesorial comunitaria compuesto por una organización social de pequeños agricultores que vive en torno a una propiedad común de extensión territorial indivisa (Benedetti y Valdés, 1996). Dentro de esta estructura coexisten diversas formas de tenencia:

Los terrenos individuales, también denominados posesión, hijuelas o goces singulares, corresponden a pequeñas extensiones de tierra cuya explotación es de tipo familiar o individual y donde generalmente se instalan las casas de los comuneros.

Las “lluvias” son una porción de terreno de propiedad de la comunidad que se asigna a un comunero y su familia por un tiempo determinado, dirigidas a la siembra de cereales de secano.

En tanto, los terrenos comunes, corresponden a las tierras restantes denominados como “campo común”, de las cuales toda la comunidad hace uso.

Sobre la base del sistema de tenencia de tierras, se pudo observar que el 71% de las familias es titular de derecho sobre los terrenos comunes, por lo tanto, son propietarias de un derecho sobre el predio común el cual les permite el acceso al uso y goce de los bienes de la comunidad (terrenos comunes, goces singulares y derechos de agua). En la mayoría de los casos el titular del derecho es el jefe de familia, al cual se le denomina comunero.

El 29% restante de las familias no posee el título de comunero, puesto que lo está tramitando o se encuentra a nombre de una persona ajena al núcleo familiar. Sin embargo, esta situación parece no afectar la participación de las familias dentro de la comunidad, ya

que, al igual que el resto de los comuneros, acceden al manejo y uso de los recursos de los terrenos de la comunidad e incluso a algunos programas de transferencia tecnológica.

3.6.2.7. Tipo de transferencia tecnológica en los sistemas

Como se indica en el cuadro 4, el 35% de los productores ha participado en programas de transferencia tecnológica en el sector agrícola, específicamente en establecimiento y manejo de cultivos de hortalizas y árboles frutales. Dichos programas están a cargo del Programa de Desarrollo Local (PRODESAL) y el Programa Puente, dependientes del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y el Fondo Solidario de Inversión Social (FOSIS), respectivamente.

Por otra parte, el 77% de los productores ha recibido asistencia tecnológica en el sector pecuario recibiendo, en la totalidad de los casos, bonos anuales para la adquisición de forraje a través de INDAP. Además, un número importante de productores ha recibido asistencia en el área de manejo sanitario, a través de vacunaciones antiparasitarias del ganado caprino, apoyados por PRODESAL.

Cuadro 4. Tipo de transferencia tecnológica adoptada por los productores

Productores	Tipo de transferencia					
	Agrícola		Pecuaria		Forestal	
	N	%	N	%	N	%
Con transferencia	6	35,3	13	76,5	5	29,4
Sin transferencia	11	64,7	4	23,5	12	70,6
TOTAL	17	100,0	17	100,0	17	100,0

Finalmente, el 29% de los productores estudiados declararon haber recibido transferencia tecnológica en el sector forestal, que consistió en la entrega de arbustos forrajero por medio de PRODESAL, del cual sólo siete de las familias estudiadas son usuarias.

Es importante destacar que ningún productor declaró haber recibido asistencia tecnológica en las tres áreas de forma simultánea, sólo se registro la participación en uno o dos de los tipos de transferencia.

3.6.2.8. Ingreso familiar

El nivel de ingresos corresponde a una variable compuesta por los ingresos prediales, generados dentro de los sistemas productivos, por los extraprediales o generados fuera de la explotación y aquellos ingresos provenientes de las jubilaciones.

Del cuadro 5 se observa que 64,7% de los pequeños productores se ubican en la categoría de menores ingresos y alcanza sólo hasta 8,48 unidades de fomento (UF) al mes, por otra parte el 29,4% se encuentra en un rango intermedio que fluctúa entre 8,48 y 14,48 UF

mensuales, sólo el 5,9% de los pequeños productores perciben ingresos sobre 20,48 UF al mes.

En cuanto al tipo de ingresos, el cuadro 5 señala que el 52,9% de los jefes de familia percibe sus ingresos de actividades prediales y jubilaciones. En cambio, 35,3% de los pequeños productores dispone de ingresos prediales y extraprediales, teniendo como principal actividad trabajar fuera de la explotación, ya sea en el rubro de la fruta como temporero o en la construcción principalmente.

Cuadro 5. Ingreso mensual según tipo de ingreso de las familias presentes en el área estudiada

Tipo de ingreso	Ingreso mensual (UF)									
	2,48 a 8,48		8,48 a 14,48		14,48 a 20,48		> ó = 20,48		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Predial	1	5,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	5,9
Predial y extrapredial	2	11,7	3	17,6	0	0,0	1	5,9	6	35,3
Predial y Jubilaciones	8	47,1	1	5,9	0	0,0	0	0,0	9	52,9
Extrapredial y jubilaciones	0	0,0	1	5,9	0	0,0	0	0,0	1	5,9
TOTAL	11	64,7	5	29,4	0	0,0	1	5,9	17	100,0

Valor UF al 22/03/2010 \$20.980,3.

En la figura 14 se presenta el ingreso por sistema agroforestal de las familias productoras de éstos. Se observa que en promedio los ingresos provenientes de los sistemas agrosilvopastorales son superiores al de los percibidos por el resto de los sistemas agroforestales, registrando un ingreso promedio de 17,2 UF anual. Los sistemas agrosilvícolas y silvopastorales, en tanto mostraron ingresos promedio de 3,8 y 13,7 UF al año, respectivamente.

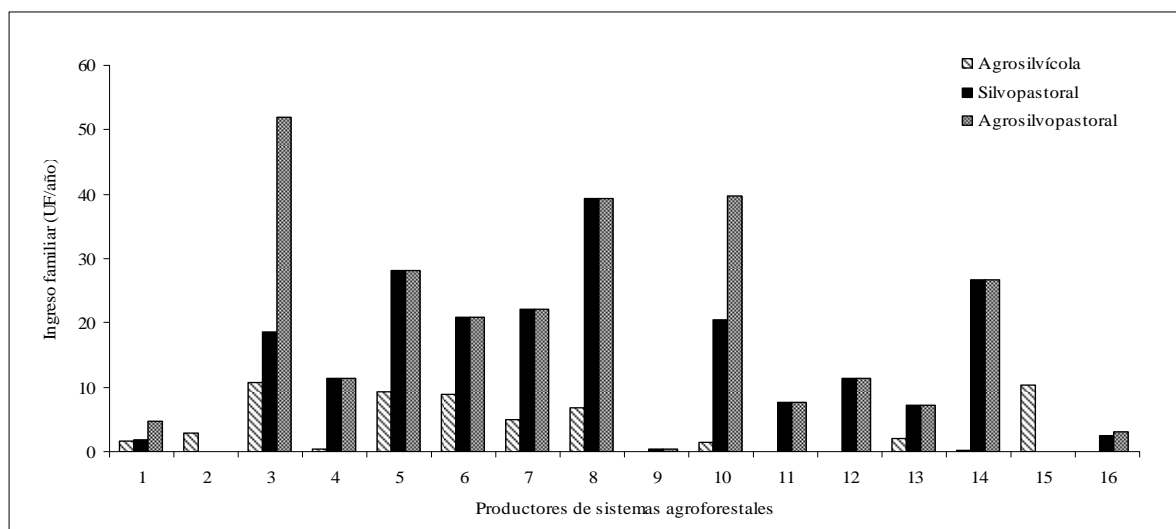


Figura 14. Ingreso familiar anual (UF) según tipo de estructura agroforestal.

3.6.2.9. Análisis de las restricciones asociadas a los sistemas agroforestales

Por medio del análisis estructural y funcional de los sistemas agroforestales fue posible distinguir una serie de restricciones administrativas y físicas que afectan su desempeño, las cuales sirvieron de base en el desarrollo de la propuesta agroforestal.

Las principales deficiencias de carácter administrativo detectadas en los sistemas productivos son las siguientes:

- Existe un mal aprovechamiento de las unidades productivas, puesto que no existe una adecuada ordenación de sus componentes.
- Degradación de los suelos y agotamiento de su fertilidad por el cultivo reiterado de cereales en suelos vulnerables a la degradación por su pendiente y estructura.
- Tala masiva de la vegetación arbórea y arbustiva para el abastecimiento de combustible de uso doméstico.
- Baja eficiencia en el uso del agua de lluvia y utilización de tecnologías para el almacenamiento y distribución de agua deficientes.
- Continuo sobrepastoreo por el mal manejo del ganado y elevada carga animal respecto a la recomendada para la zona, que ha provocado la disminución de la producción forrajera, tanto en cantidad como calidad nutritiva.

Algunos de los principales problemas generados por restricciones de carácter físico, es importante mencionar:

- Baja productividad de los sistemas agroforestales debido a la baja disponibilidad de agua.
- Destrucción de parte importante de los cultivos asociado a los huertos familiares y a las plantaciones de arbustos forrajeros, a causa de la plaga de lagomorfos (conejos y liebres).
- Dificultad de comercialización de los productos generados en los sistemas productivos producto de la lejanía a las principales ferias o centros comerciales de la comuna, el mal estado de los caminos y la nula asociatividad entre las familias.

3.7. Tipificación de los sistemas de producción

En la Agricultura Familiar Campesina la heterogeneidad entre las explotaciones de una población dificulta la toma de decisiones. En tal sentido, la tipificación permite definir agrupaciones de explotaciones de acuerdo a sus principales diferencias y relaciones, maximizando la homogeneidad dentro los grupos y la heterogeneidad entre los grupos (Valerio *et al.*, 2004), facilitando el diseño de soluciones mas adecuadas a la situación de cada productor.

A partir del análisis factorial se obtuvieron dos componentes principales para los sistemas productivos estudiados, utilizados posteriormente como variables clasificatorias en el análisis de conglomerados. El primero estuvo formado por la variable “disponibilidad de agua” (litros/hora) y el segundo estuvo formado por “tamaño del grupo familiar” (N°), “mano de obra disponible” (JH/año) y “nivel de ingresos mensuales promedio” (\$/mes), variables que se especifican a continuación:

- Disponibilidad de agua (litros/hora): de suma importancia puesto que es el principal recurso que limita el desarrollo productivo de las unidades bajo estudio, debido a que el agua subterránea constituye el único aporte a las necesidades de agua de la población.

- Tamaño del grupo familiar (N°): definida como el número de personas que comparte la vivienda, el ingreso y las actividades que se realizan en el sistema de producción. Esta variable entrega una aproximación de como distribuir la mano de obra disponible entre los integrantes del grupo familiar para el desarrollo de distintas actividades productivas.

- Mano de obra disponible (JH/año): la mano de obra disponible dentro de cada unidad familiar es aquella de los miembros laboralmente activos. Se consideró que los hombres y mujeres fuera de este rango (menores de 15 años y población económicamente inactiva) aportan 0,5 jornadas hombre (JH). La mano de obra disponible se calculó asumiendo que cada individuo trabaja 20 jornadas al mes, por lo tanto alrededor de 240 jornadas al año. Su importancia radica en poder determinar la cantidad de JH disponibles para el desarrollo de distintas actividades que se podrían utilizar en el desarrollo de los sistemas productivos, lo que tiene relación con la aplicabilidad de las propuestas.

- Nivel de ingresos (\$/mes): variable definida como el ingreso bruto del cual disponen los pequeños productores, que incluye ingresos prediales, extraprediales y los provenientes de transferencias (en este caso conformadas exclusivamente por las jubilaciones). Se considera de mucha importancia, ya que determina la posibilidad de adquirir nuevas y mejores tecnologías e insumos, necesarios para el mejor funcionamiento de los sistemas productivos.

De los resultados del análisis de conglomerados se obtuvieron dos grupos de sistemas de producción (figura 15), cuyo resultado gráfico se aprecia en el dendrograma presentado en la figura 16 que permite apreciar como se formaron los grupos y los casos (familias) que representan cada uno.

En el cuadro 6 se muestran las variables de clasificación según cada tipo productivo. De acuerdo a las características del estudio y la información indicada en el cuadro, se definieron dos tipos:

- Tipo I: Productores con baja disponibilidad de agua, bajo nivel de ingresos, con poca de mano de obra disponible y con una familia formada por un número de integrantes pequeño.

- Tipo II: Productores con disponibilidad de agua alta, nivel de ingresos alto, con elevada disponibilidad de mano de obra y con una familia formada por un número alto de integrantes. Mucho

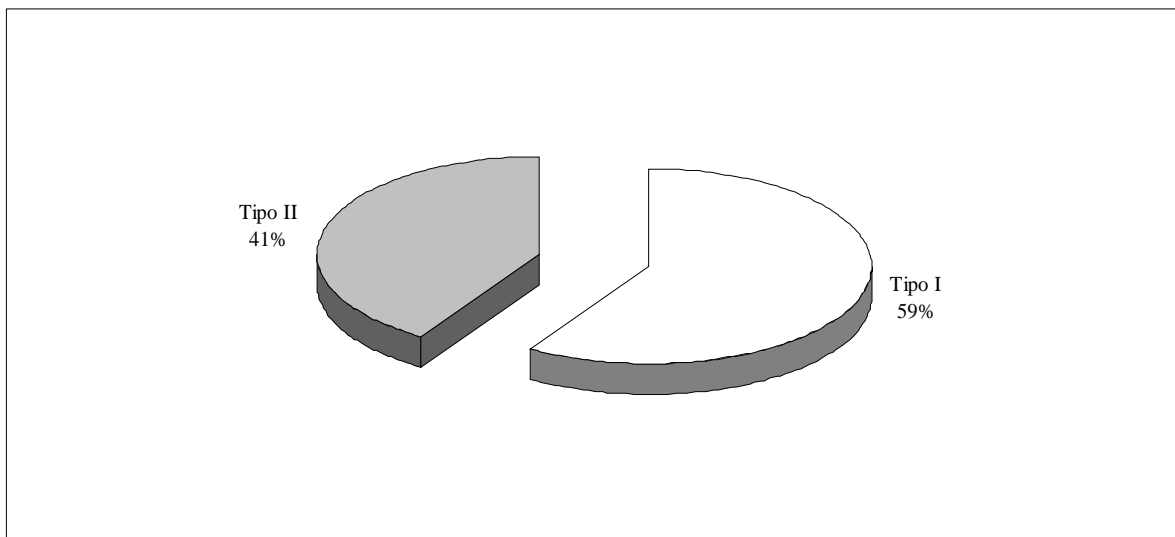


Figura 15. Tipología de los sistemas de producción estudiados.

Cuadro 6. Tipología de los sistemas productivos según valores promedio de las variables de clasificación

Tipos	Sistemas productivos		Nº integrantes promedio por familia	Mano de obra promedio (JH/año)	Disponibilidad de agua promedio (litros/hora)	Ingreso familiar promedio (UF/mes)
	Nº	%				
Tipo I	10	58,8	2	276	3.351	5,4
Tipo II	7	41,2	5	891	3.687	11,5
PROMEDIO GENERAL	17	100,0	3	529	3.490	7,9

Valor UF al 22/03/2010 \$20.980,3.

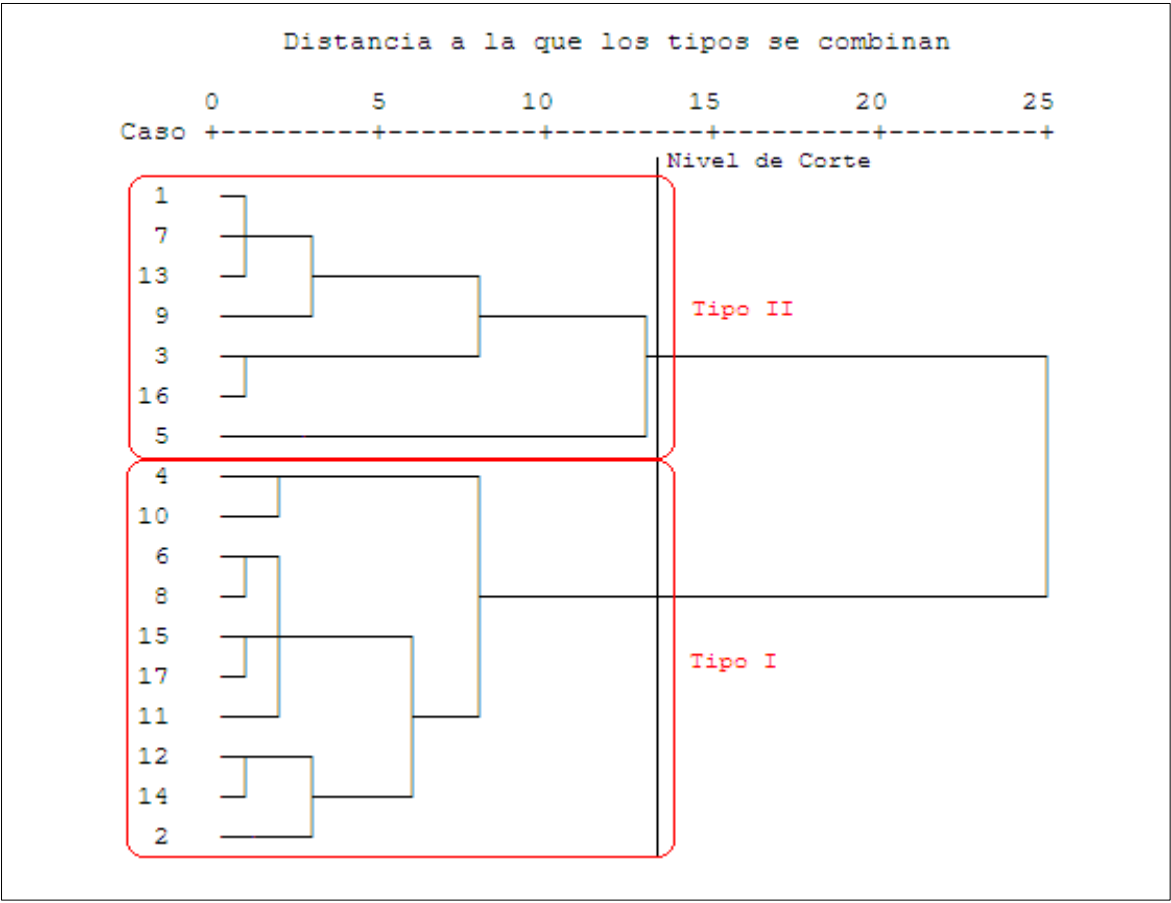


Figura 16. Dendrograma de la tipificación de los sistemas productivos estudiados.

3.7.1. Caracterización de los sistemas productivos identificados

3.7.1.1. Tipo I: Productores con baja disponibilidad de agua, bajo nivel de ingresos, con poca de mano de obra disponible y con una familia formada por un número de integrantes pequeño

Este Tipo está compuesto por 10 sistemas de producción. Se caracteriza por estar formado por propietarios cuyo promedio de edad es 69 años y con un promedio de escolaridad de tres años, lo que equivale a educación básica incompleta. Por otro lado, el 50% pertenece al género femenino y el 50% al masculino.

La disponibilidad de agua promedio proveniente de las vertientes para este Tipo de productores es de 3.351 litros por hora. El 60% de los productores dispone de dos vertientes para alcanzar este volumen de agua, mientras que el 20% de tres vertientes, el 10% de una vertiente y el último 10% de cinco o más.

Las familias de este grupo tienen un ingreso promedio de 5,4 UF mensuales, que se encuentra en el rango más bajo de las explotaciones estudiadas. En cuanto a su composición, el 80% de ellas dispone de ingresos prediales y de jubilaciones, el 10% de ingresos prediales y extraprediales, y el otro 10% dispone sólo de ingresos prediales.

Para estas labores, la mano de obra promedio disponible de este Tipo es de 276 jornales por año, siendo la más baja dentro de los grupos estudiados.

El tamaño de familia promedio de este Tipo es de dos personas. El 80% de las familias están compuestas sólo por adultos (mayores de 18 años), siendo importante destacar que dentro de ese porcentaje el 60% de las familias esta conformada solamente por personas de la tercera edad (más de 60 años). El 20% restante tiene dentro de su grupo familiar la presencia de un niño.

3.7.1.2. Tipo II: Productores con disponibilidad de agua alta, nivel de ingresos alto, con elevada disponibilidad de mano de obra y con una familia formada por un número alto de integrantes

Este Tipo está compuesto por siete sistemas productivos. Sus propietarios se caracterizan por tener en promedio 56 años y por poseer educación básica incompleta, que en este caso equivalente a seis años de escolaridad. El 86% de los productores pertenecen al género masculino, mientras que sólo el 14% al femenino.

En relación a la disponibilidad de agua, en promedio este Tipo dispone de 3.687 litros por hora, siendo el monto más alto entre ambos grupos estudiados. El 14% de los productores posee sólo una vertiente, mientras que el resto de los casos (cada uno en igual porcentaje de participación) dispone de 2, 4 y 5 o más vertientes para recolectar este volumen de agua respectivamente.

En promedio cada productor tiene un ingreso de 11,5 UF al mes, perteneciendo al rango más alto de esta categoría. En cuanto a su composición, el 72% de ellos dispone de ingresos prediales y extraprediales, el 14% de ingresos prediales y jubilaciones, y el otro 14% de ingresos extraprediales y jubilaciones.

Para estas labores, los productores cuentan con 891 jornales al año, monto considerablemente superior respecto a la otra tipología.

El tamaño de familia promedio de este Tipo es de seis personas. En la totalidad de los casos el núcleo familiar está compuesto por los padres e hijos, identificándose siempre la presencia de menores de edad.

3.8. Propuesta agroforestal

La elaboración de las propuestas se realizó a partir de la descripción y la interpretación de los antecedentes hidrológicos, fisicobiológicos, socioeconómicos y productivos relacionados a los sistemas productivos existentes en la cabecera de la microcuenca de Jabonería.

El objetivo general que persiguen, es lograr un mejoramiento en el funcionamiento de sistema hidrológico, en la perspectiva de alcanzar un desarrollo sostenible de la población, fundado en la generación de un desarrollo tecnológico asociado al uso agroforestal. Esto, dado a la influencia beneficiosa que otorga una cobertura vegetal arbórea como medida de protección ambiental, orientada especialmente a la protección del suelo y agua, y entregando al mismo tiempo una posibilidad de diversificación productiva.

Para lograrlo es necesario efectuar un ordenamiento de toda la superficie de la cabecera de la microcuenca de Jabonería, donde las propuestas tienen los siguientes propósitos:

- Aumentar la producción agrícola utilizando técnicas culturales apropiadas, que permitan mejorar la producción y disminuir la pérdida del suelo.
- Reducir la presión que el ganado caprino genera sobre la vegetación y el suelo, mediante el aumento de la oferta de forraje y, por lo tanto, el mejoramiento de la producción ganadera.
- Reducir la presión que la comunidad ejerce sobre el medio ambiente elevando la oferta de leña.
- Mejorar el uso de agua para riego mediante el establecimiento de técnicas sencillas y eficientes para su aprovechamiento, permitiendo aumentar la biomasa forrajera y la producción de los cultivos.
- Como resultado de lo anterior, mejorar la calidad de vida de la población que habita el área de estudio, ya que las propuestas fueron planteadas en función de sus necesidades y aspiraciones.

Las tecnologías agroforestales propuestas están dirigidas a las dos tipologías de productores identificadas y descritas anteriormente. Si bien una de ellas presentó mayor disponibilidad de recursos que la otra, en general ambas carecen en distintos niveles de los recursos necesarios para implementarlas, en especial a lo referido a la disponibilidad de agua que constituye la principal limitante en el desarrollo productivo de las familias. Es por esto, que a pesar de las diferencias existentes entre los Tipos, las propuestas que se han generado buscan ser capaces de ser aplicadas en todos ellos.

3.8.1. Descripción de la propuesta

La incorporación de las tecnologías agroforestales mediante el ordenamiento territorial de los recursos, se plantea por medio de las propuestas de desarrollo que a continuación se describen:

3.8.1.1. Reordenamiento de los huertos familiares

Con el fin de aumentar la producción actual se propone un reordenamiento de los cultivos presentes en los huertos familiares (figura 17), aplicando un mejor aprovechamiento del agua subterránea y una nueva estructura productiva que considere la introducción de nuevas especies.

Los cultivos a considerar dentro de los huertos corresponden a una rotación hortícola de ciclo corto, que permite reducir el uso de productos fitosanitarios y efectuar una mayor cantidad de cultivos durante el año. Además, se propone un cultivo de árboles cuyos frutos tengan cualidades favorables en cuanto a su producción y su durabilidad en la postcosecha, aprovechando así de mejor manera el agua disponible, las bondades del clima de la zona y la superficie de terreno habilitada.

El cultivo de hortalizas contempla una rotación de: cebolla-tomate, arveja-papa, lechuga-maíz, zanahoria-poroto pallar (vainita verde, poroto granado o poroto seco) y acelga-zapallo. La distribución de este componente será en hileras distanciadas por 0,6 metros.

El cultivo de árboles frutales considera especies cuyo fruto pueda almacenarse seco y posea interés económico para su posterior comercialización. En este caso se propone el establecimiento de damascos, duraznos, almendros y ciruelos, principalmente. La distribución de los frutales será en hileras, entre los cultivos de hortalizas y rodeando el huerto, en densidades bajas no superiores a 500 árboles/ha, permitiendo entregar protección a las hortalizas y mejorar los niveles de materia orgánica de los suelos.

De forma complementaria se considera el establecimiento de granados, especie frutal de buen desarrollo en esta zona del país y de interés económico producto del crecimiento que ha experimentado el consumo de su fruto en los últimos años, asociado al aumento de la demanda por alimentos funcionales. Su distribución será en hileras alrededor de todo el borde interno del goce singular, a modo de aprovechar el espacio disponible y la protección que entrega su cercado. El distanciamiento entre plantas será de 3 metros.

Para alcanzar una buena producción de fruta, y ésta sea de buena calidad, es necesario aplicar podas de formación dándole a los árboles forma de vaso (copa abierta) y una altura adecuada que para cosechar la fruta y aplicar raleos sin mayores complicaciones (en los casos que fuera necesario).

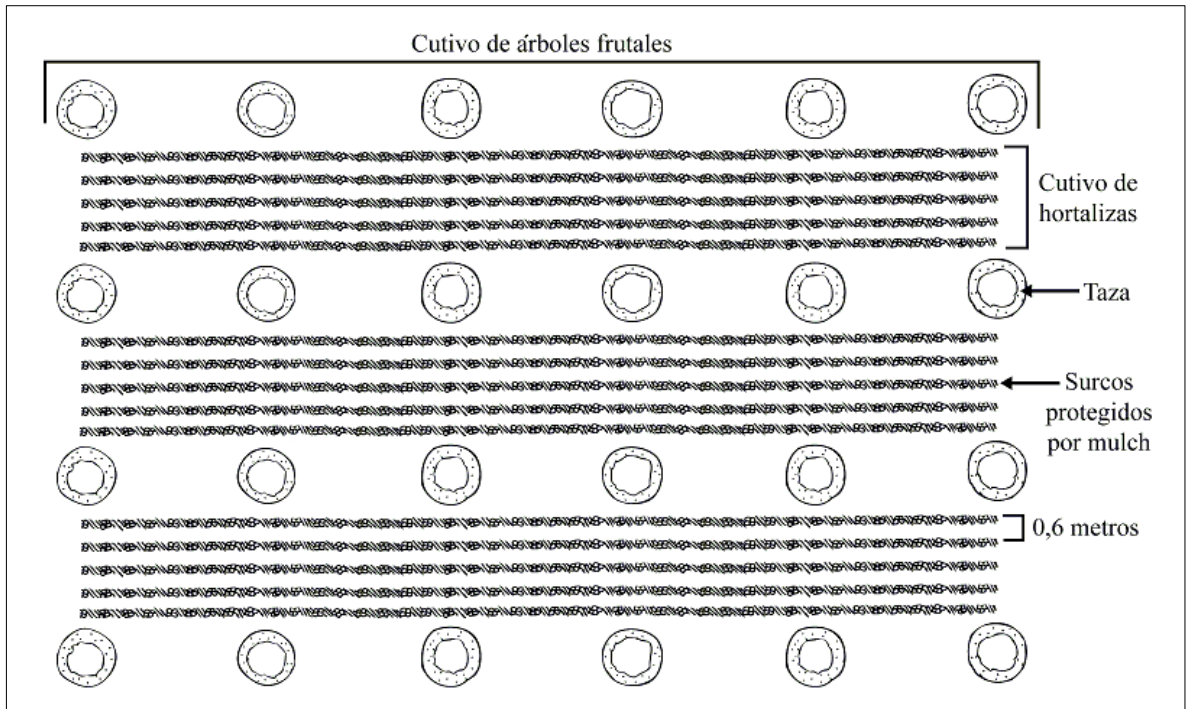


Figura 17. Esquema de producción para los huertos familiares.

La superficie total destinada al sistema estará en función de las necesidades alimentarias de cada familia y de la capacidad que ésta tenga para abastecer al sistema de agua y de mano de obra.

Con el fin de lograr una mejor distribución del agua en el huerto, la preparación del terreno será en terrazas, siendo de importancia que quede bien mullido para que retenga e infiltre el agua y las raíces puedan crecer y desarrollarse con facilidad al inicio de cada rotación hortícola.

El establecimiento del cultivo hortícola será sobre surcos en línea recta o camellones protegidos por una cubierta de plástico o un mulch, que permita mantener la humedad del suelo y que actúe favorablemente para impedir la proliferación de malezas, entre otros beneficios.

Los frutales serán plantados en casillas de plantación, que consisten en espacios cuadrados lo suficientemente amplios para el desarrollo de las raíces. Adicionalmente, alrededor de cada individuo se construirán tazas para facilitar la infiltración durante el riego.

Para lograr una adecuada captación, acumulación y distribución del agua subterránea, se proyecta un sistema de riego sencillo y de fácil aplicación. La acumulación del agua será conduciéndola a través de cañerías de plástico desde los pozos de captación disponibles hasta los pozos cisterna (de acumulación) aprovechando el efecto de la gravedad.

Los pozos cisterna estarán recubiertos en su interior por dos capas de polietileno de 0,15 milímetros de espesor, reduciendo la pérdida de agua por infiltración y las pérdidas por evaporación puesto que se agregará una tapa flotante de aislapol y una tapa sombreadora que evita que el polietileno se quemé con la exposición al sol.

El sistema de distribución de agua hacia los cultivos se realizará mediante una red de cañerías de PVC de 1 pulgada de diámetro, conectada a citas de riego por goteo.

3.8.1.2. Rotación de granos y pasturas asociadas a barreras protectoras de *Acacia saligna* en zonas de “lluvias”

Con el fin de elevar la producción agrícola y generar forraje en épocas con requerimientos suplementarios, se propone integrar la producción de granos con la de pastura estableciendo medidas de conservación de suelos que eviten posibles efectos de erosión y eleven la productividad de los cultivos mediante el mejor aprovechamiento del agua (figura 18).

La propuesta consiste en una rotación entre *Triticum aestivum*-*Hordeum vulgare* (trigo-cebada) y *Trifolium pratense*-*Avena sativa* (trébol rosado-avena), éstas últimas, especies forrajeras destinadas a ofrecer una cantidad importante de forraje de buena calidad cuando la calidad y cantidad de la pradera natural ha disminuido (verano-otoño). Además, son capaces de mejorar la fertilidad de los suelos al integrar al sistema tradicional de cultivo en “lluvias” una especie leguminosa.

Con el objetivo de reducir la velocidad de arrastre del agua y consecuentemente propiciar su infiltración y la intercepción y retención del suelo, la rotación de granos y pasturas estará asociadas a barreras de *Acacia saligna* (acacia), que se establecerán en curvas de nivel cada 10 metros entre el cultivo agrícola. Cada barrera estará compuesta por hileras dobles dispuestas alternadamente y distanciadas entre sí por 0,3 metros. En cada hilera de plantación, los individuos estarán distanciados por 0,5 metros. Para evitar la competencia por luz se mantendrá una barrera baja, que además mejorará los niveles de materia orgánica de los suelos mediante el aporte de material foliar proveniente de las podas.

El sistema integrado de cultivo requiere de medidas de conservación de suelos para disminuir los efectos posibles de erosión producidos por la escorrentía y favorecer la infiltración del agua. Para ello, los cultivos se establecerán entre surcos de labranza construidos en curvas de nivel, que constituirán obstáculos para el libre flujo del escurrimiento superficial actuando como terrazas en miniatura, reforzadas por las barreras de acacias plantadas en surcos construidos en curvas de nivel que actuarán como una barrera viva que irá modelando con el tiempo la pendiente haciéndola menos pronunciada.

Debido a los requerimientos de agua del cultivo de pastos (trébol rosado y avena), se plantea la necesidad de establecer riegos eventuales, sobretodo en el periodo estival.

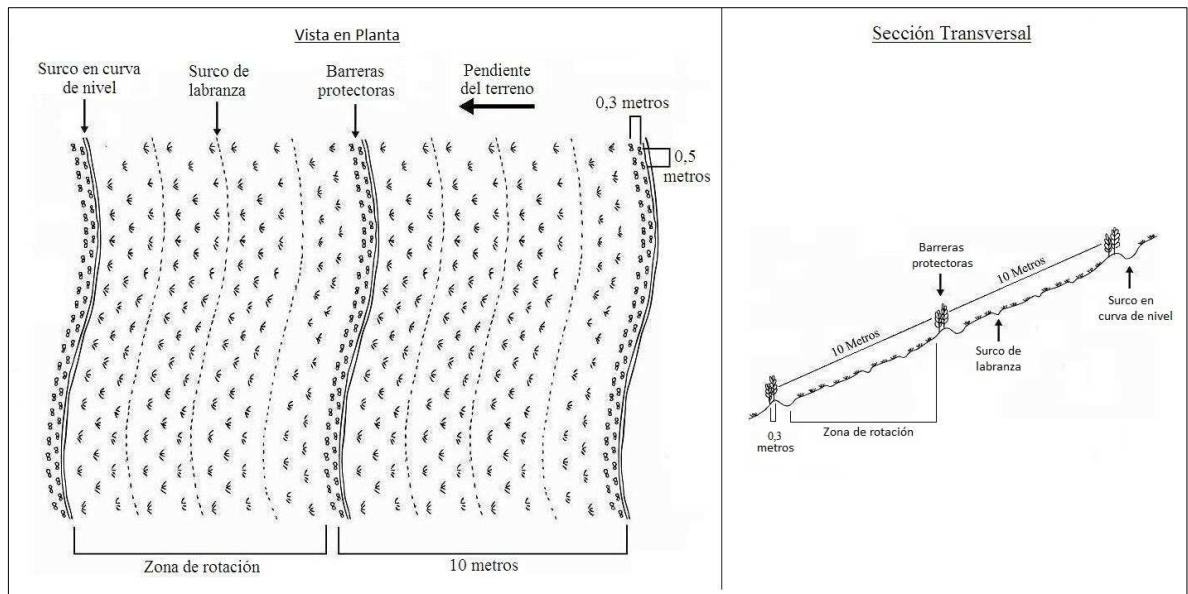


Figura 18. Esquema de producción para la rotación de granos y pasturas con barreras protectoras de *Acacia saligna*.

3.8.1.3. Manejo y enriquecimiento del campo común con fines de producción y protección

La propuesta pretende elevar y mejorar la producción de forraje y leña disponible actualmente en el campo común, mediante un trabajo asociativo y un adecuado uso de estos recursos, logrando un monte con la suficiente cobertura para que actúe como protector del suelo.

Para su planteamiento, la superficie correspondiente al campo común se dividió en dos grandes unidades de manejo: la unidad de producción, con suelos que poseen pendientes suaves (hasta 8%) y suelos con pendientes desde 8 a 30%, que según la propuesta de Hidalgo (1993), tienen potencialidad agrícola-pastoral-forestal y pastoral-forestal (mejorado y manejado), respectivamente. La segunda unidad corresponde a la de protección con uso limitado, y está constituida por suelos con alta susceptibilidad a la acción erosiva del agua de lluvia (pendientes > 30%), pero utilizables con vegetación permanente, por lo tanto requieren un uso forestal-pastoral (figura 19).

Se distingue además una tercera superficie compuesta por bosque adulto intervenido con función de protección de quebradas que, dado al buen estado en que se encuentra y al rol que cumple, no será intervenido por la propuesta agroforestal que a continuación se plantea:

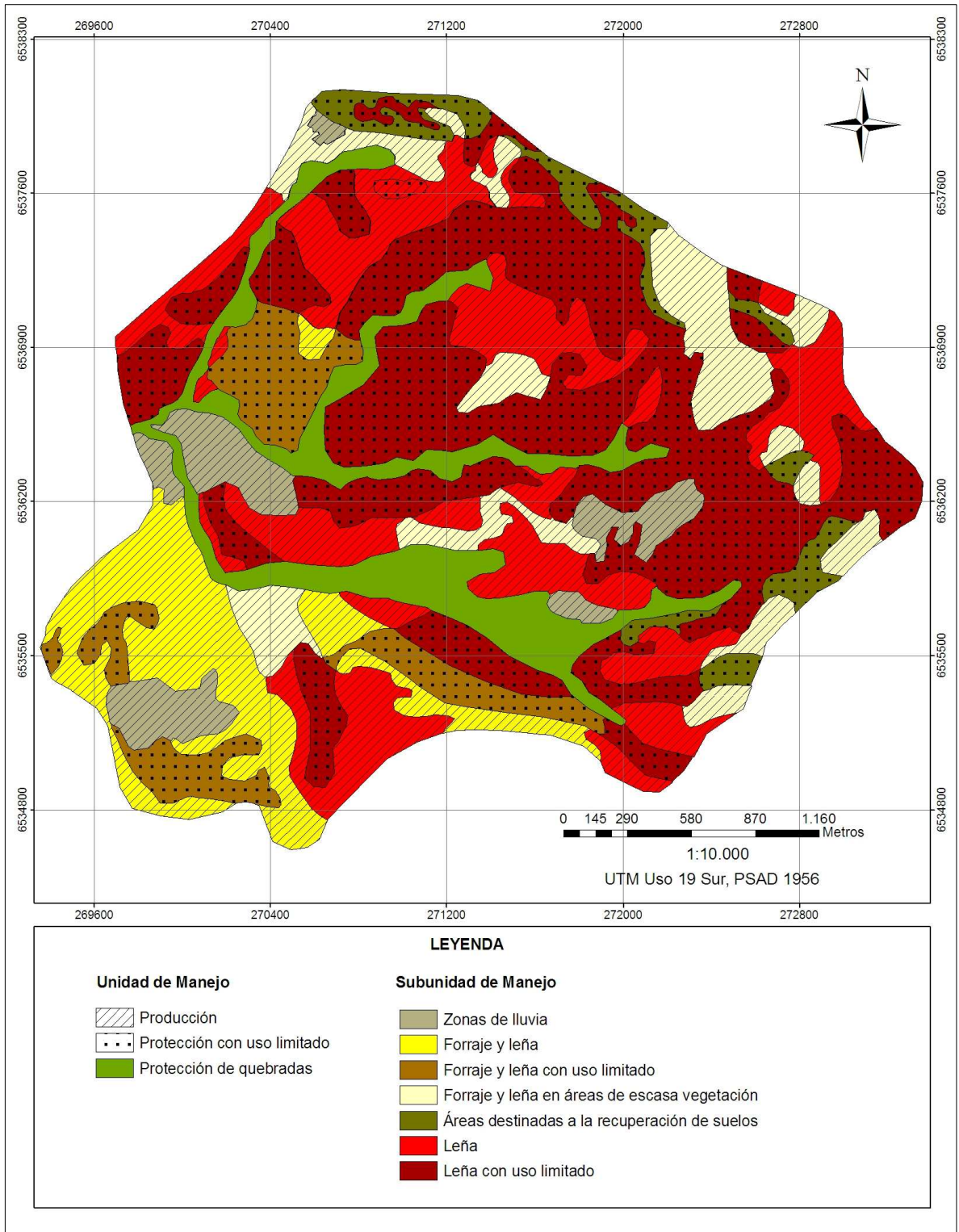


Figura 19. Propuesta de manejo y enriquecimiento del campo común con fines de producción y protección.

Unidad de producción

Esta categoría está representada por el 45,1% de la superficie total estudiada. Dentro ella, se encuentran las superficies destinadas al cultivo de cereales (“lluvias”), las cuales no se consideran en esta propuesta, ya que anteriormente fueron tratadas.

Para llevar adelante la propuesta y las intervenciones mas apropiadas, la unidad se dividió en subunidades de manera de alcanzar mayor grado de homogeneidad en cuanto a composición y estructura de la vegetación presente en cada una de ellas.

En este sentido, a continuación se presenta la propuesta según los principales objetivos productivos de cada una de las subunidades identificadas:

a) Producción de leña

Desde el punto de vista de la vegetación, esta subunidad está dominada por un matorral muy abierto (cobertura arbustiva inferior al 25%) de *Colliguaja odorifera* y *Baccharis linearis*, y en menor proporción por *Lithrea caustica*, *Quillaja saponaria* y *Schinus polygamus*, que representa el 20,2% de la superficie total del área de estudio.

La propuesta está orientada a lograr un monte abierto con una cobertura del 50%, en base a un sistema de tres estratas. La estrata arbórea compuesta por *Lithrea caustica* y *Quillaja saponaria*, cumplirá la función de protección del ganado en la época de primavera y verano. La estrata arbustiva representada por *Colliguaja odorifera*, *Baccharis linearis* y *Schinus polygamus*, será destinada a la producción de leña. Y por ultimo, la pradera con destino a la producción de alimento para el ganado.

Los tratamientos silvícolas y el manejo de especies que se deberán efectuar para lograr esta estructura son enriquecimiento del matorral mediante la plantación de individuos y podas de formación.

En ambientes donde la disponibilidad de agua es el principal factor limitante para el crecimiento de las plantas, cambios en las condiciones del microhábitat causados por el abrigo vertical o efecto nodriza pueden beneficiar la sobrevivencia y el desarrollo de especies bajas y el reclutamiento de plantas (Castro et al. 2002). Debido a esto y a las condiciones de sitio presentes en la zona de estudio, el enriquecimiento se realizará bajo abrigo vertical mediante la plantación de especies de valor para los objetivos de la propuesta. Con el fin de aprovechar más eficientemente el agua proveniente de las lluvias, la preparación del terreno será mediante casillas de plantación, a las cuales se les construirá un par de colectores de agua, que consisten en la construcción de dos surcos de pequeñas dimensiones que cortan la pendiente y direccionan el agua hacia la planta.

En zonas desprovistas de vegetación, donde no es posible aprovechar el efecto nodriza generado por la cubierta vegetal, el enriquecimiento se realizará sobre surcos construidos en curvas de nivel. El distanciamiento entre surcos dependerá de la densidad del

enriquecimiento y, por lo tanto, de la cobertura vegetal presente en cada zona de esta subunidad.

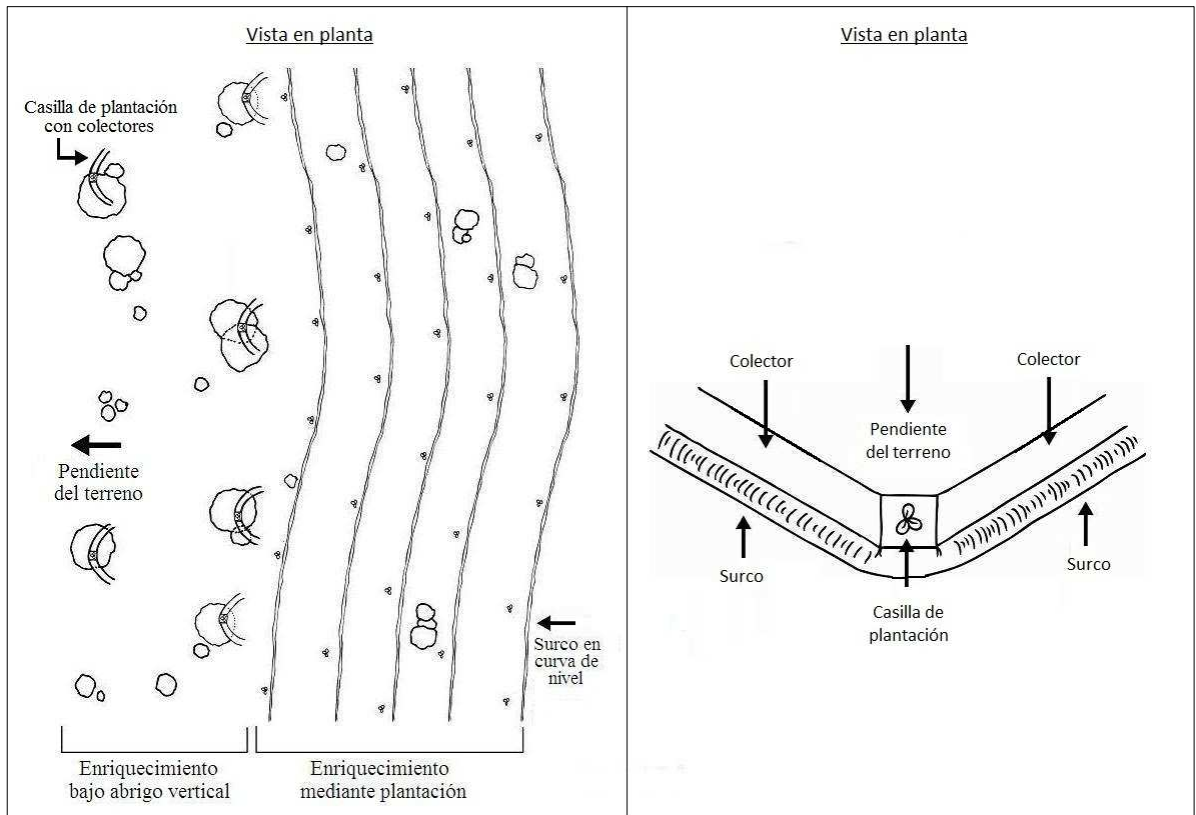


Figura 20. Esquema de producción de la subunidad de producción de leña (izquierda) y vista en planta de la casilla de plantación con colectores (derecha).

Las zonas donde se establecerá la plantación se cercarán, lo que facilitará su manejo y acotará el ganado durante el periodo de regeneración.

Luego de haber completado el periodo de regeneración, los individuos serán tratados mediante podas de formación para favorecer el desarrollo de una copa alta y frondosa que potencie el crecimiento del material leñoso para protección del suelo y de la masa ganadera, y para la producción de leña.

La cosecha de leña durante los primeros años iniciada la propuesta será a partir de los ejemplares padres sólo a través de las podas de formación, por lo menos hasta que hayan cumplido con su función de protección. Una vez alcanzada la edad de rotación de las especies bajo regeneración natural, se podrá hacer uso de esos individuos de forma regulada. El forraje producido por la pradera natural será aprovechado en pie durante la primavera.

b) Producción de forraje y leña

Subunidad compuesta por especies de importancia en la producción de forraje (*Porlieria chilensis* y *Proustia cuneifolia*) y en la producción de leña (*Schinus polygamus*), formada por un matorral abierto con una cobertura arbustiva entre el 25% y 50% que cubre el 10,5% del área de estudio.

Estará orientada a la mantención del monte abierto, bajo un sistema de tres estratas. La estrata superior estará representada por *Schinus polygamus*, que además de cumplir con la función de producción de leña, se constituirá en protección y abrigo para el ganado. La estrata intermedia estará conformada por *Porlieria chilensis* y *Proustia cuneifolia*, destinadas a la producción de forraje. Y la estrata herbácea, representada por la pradera natural con destino a la producción de alimento para el ganado.

El tratamiento silvícola estará compuesto por tratamientos intermedios que consisten en podas de rejuvenecimiento para los individuos destinados a la producción de forraje, de manera de favorecer el desarrollo de una fitomasa constituida principalmente por hojas y ramillas, que a través de podas de formación se mantendrán a baja altura.

Se aplicarán podas de formación dirigidas a la generación de arbustos con el máximo desarrollo del componente leñoso de la fitomasa, aplicada a aquellos individuos de importancia en la producción de leña.

La cosecha de leña será de forma regulada, donde el material generado de las podas será un aporte extra. La producción de forraje será entregada principalmente por la estrata herbácea (pradera natural) y complementado por hojas y ramillas de *Porlieria chilensis* y *Proustia cuneifolia* durante la época de primavera.

c) Producción de forraje y leña en áreas de escasa vegetación

Subunidad compuesta por un matorral degradado donde la presencia de vegetación es muy escasa (cobertura inferior al 10%), e incluso nula. Corresponden a terrenos agrícolas abandonados y a sectores afectados producto de la sobre carga animal, que en conjunto representan el 9,9% (84,7 ha) de la superficie del área estudiada.

Debido al nivel de degradación identificado, se plantea la forestación con *Atriplex nummularia* con fines forrajeros y energéticos, especie de rápido crecimiento y de buena productividad y valor nutricional (Soto, 1996), sobre la base de un monte regular abierto que permita el desarrollo de la pradera natural.

Su establecimiento será mediante plantación de los individuos. Para mejorar la infiltración de los escurrimientos y proteger los suelos, la plantación se realizará sobre surcos en curvas de nivel, cuyo distanciamiento dependerá de la cobertura del matorral presente en cada sector de la subunidad.

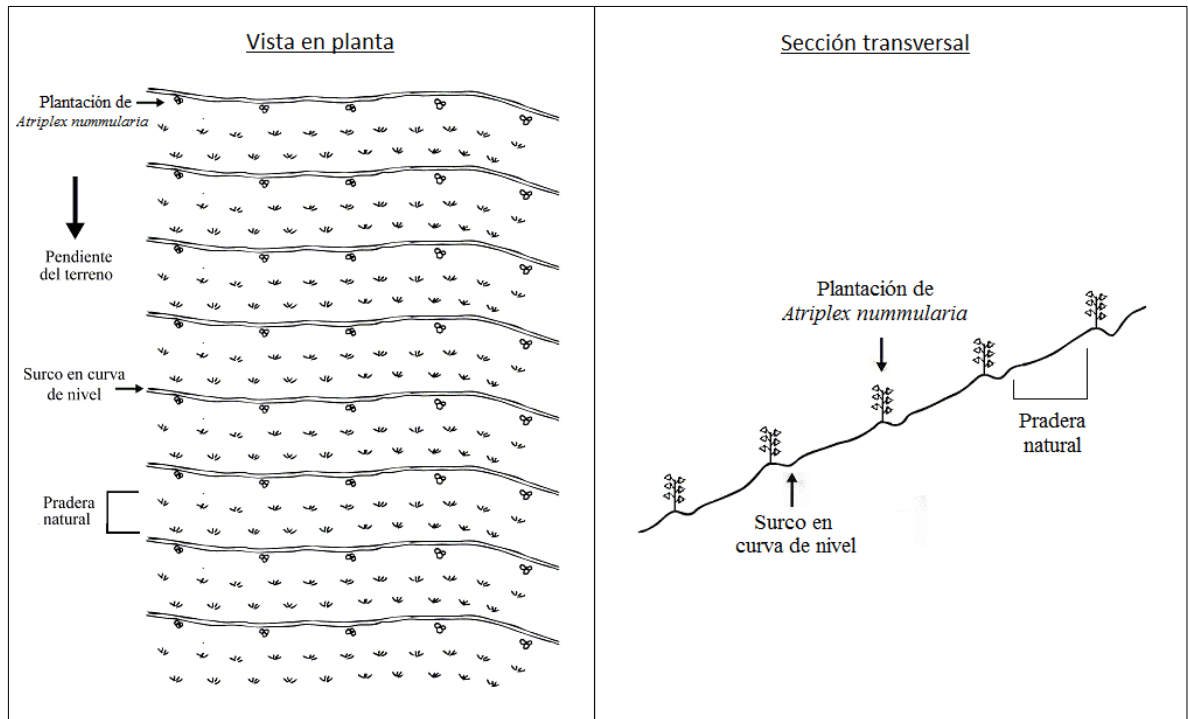


Figura 21. Esquema de producción de la subunidad de producción de forraje y leña en áreas de escasa vegetación.

La superficie a intervenir deberá ser cercada perimetralmente para evitar el daño mecánico producido por los herbívoros.

El manejo cultural de la plantación estará constituido por podas en la parte superior de aquellos individuos que sobrepasen la altura alcanzable por el ganado. Luego de tres a cinco años de aprovechamiento, dependiendo de las precipitaciones anuales, se aplicarán podas de rejuvenecimiento a una altura de 25 centímetros, quedando excluida del ganado por un periodo semejante.

Su aprovechamiento se efectuará una vez al año, el cual podrá comenzar luego de tres años de crecimiento, dejando 5-10% de material remanente para favorecer una adecuada recuperación. El consumo por parte de los animales será en el periodo de verano-invierno, época del año en que la pradera no satisface los requerimientos alimenticios del ganado, ya que no existe crecimiento o aún no alcanza la tasa de crecimiento adecuada.

Unidad de protección con uso limitado

Unidad representada por el 44,6% (382,7 ha) de la superficie total en estudio que, con el mismo propósito de la unidad de producción, fue dividida en subunidades homogéneas.

A continuación se describe la propuesta para cada una de ellas, según sus principales objetivos:

a) Producción de leña con uso limitado

Subunidad que se establece sobre el dominio de un matorral muy abierto (cobertura arbustiva entre 10% - 25%) de especies con potencial en la producción de leña, como lo son *Colliguaja odorifera* y *Baccharis linearis*, y presentes en menor proporción *Lithrea caustica*, *Quillaja saponaria* y *Schinus polygamus*, representando el 33,4% de la superficie del área de estudio.

La propuesta se orienta a la formación de un monte con una cobertura aproximada al 75% compuesto por tres estratas para que actúe como protector del suelo, dadas las condiciones topográficas que caracterizan la unidad. Estará integrado por árboles, arbustos y pradera natural, destinados a la producción y protección.

La estrata superior estará conformada por *Lithrea caustica*, *Quillaja saponaria* y *Schinus polygamus*, con función de protección de los suelos y, adicionalmente, de protección del ganado en los días soleados. La estrata arbustiva estará representada por *Colliguaja odorifera* y *Baccharis linearis*, con el doble propósito de producción de leña y protección. En tanto, la estrata herbácea estará destinada a la producción de alimento para el ganado durante la primavera y a la protección de los suelos.

Los tratamientos a aplicar para llegar a esta estructura serán: enriquecimiento en matorral mediante plantación y podas de formación.

El enriquecimiento a través de la plantación de especies de valor se realizará en claros y bajo abrigo vertical. Debido a la elevada pendiente, característica propia de la unidad de protección con uso limitado, la preparación del terreno será mediante la construcción de casillas de plantación. Para aprovechar más eficientemente el agua, a cada casilla se le construirá un par de colectores. Adicionalmente, se construirán zanjas de infiltración dispuestas de forma alternada entre las curvas de nivel, con el fin de reforzar la cosecha de agua de lluvia y la conservación de los suelos, su distanciamiento horizontal y vertical dependerá de la pendiente del terreno presente en cada zona de la subunidad.

Las zonas de plantación serán cercadas para facilitar su manejo y evitar el daño por pisoteo y consumo directo de los herbívoros.

Luego de haber completado el periodo de regeneración, los individuos serán tratados mediante podas de formación para favorecer el desarrollo de una copa alta y frondosa que potencie el crecimiento del material leñoso para la producción de leña y protección del suelo.

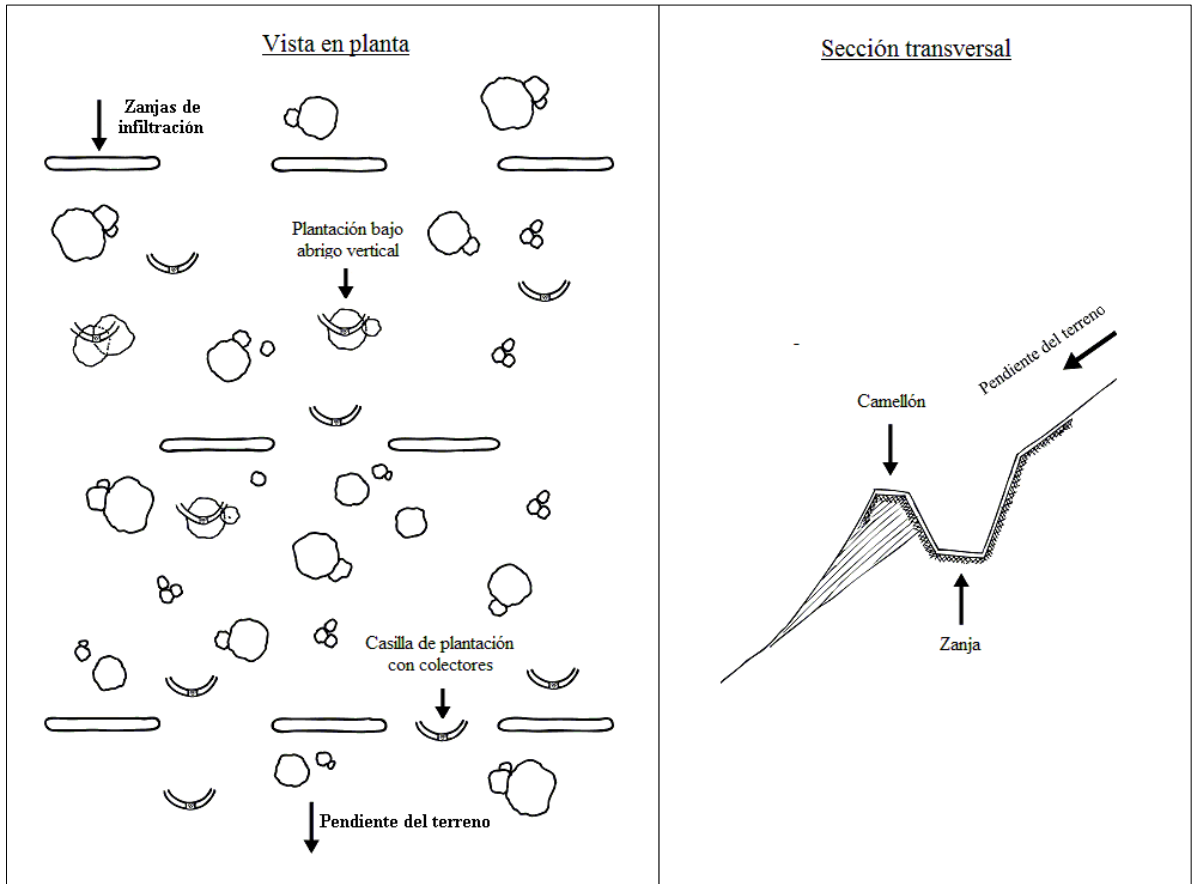


Figura 22. Esquema de producción de la subunidad de producción de leña con uso limitado (izquierda) y sección transversal de la zanja de infiltración (derecha).

La cosecha de leña durante los primeros años iniciada la propuesta será a partir de los ejemplares padres, sólo a través de las podas de formación, hasta que hayan cumplido con su función de protección. Una vez alcanzada la edad de rotación de las especies bajo regeneración natural, se podrá hacer uso de esos individuos de forma regulada y el forraje producido por la pradera natural podrá ser aprovechado en pie durante la primavera.

b) Producción de forraje y leña con uso limitado

Subunidad dominada por un matorral abierto, con cobertura arbustiva que no supera el 50%. Dentro de las especies mayormente representadas destaca *Porlieria chilensis* y *Proustia cuneifolia* en la producción de forraje, y *Baccharis linearis*, *Schinus polygamus* y *Lithrea caustica* en la producción de leña. Constituye aproximadamente el 7% de la superficie estudiada.

Se proyecta la organización de un monte destinado a la producción de leña y forraje, que de acuerdo al relieve, tenga una cobertura suficiente para que pueda cumplir con la función de

protección del suelo. La formación vegetal que se desea alcanzar será un monte de cobertura media, aproximadamente de 75%, conformado por un sistema de tres estratas.

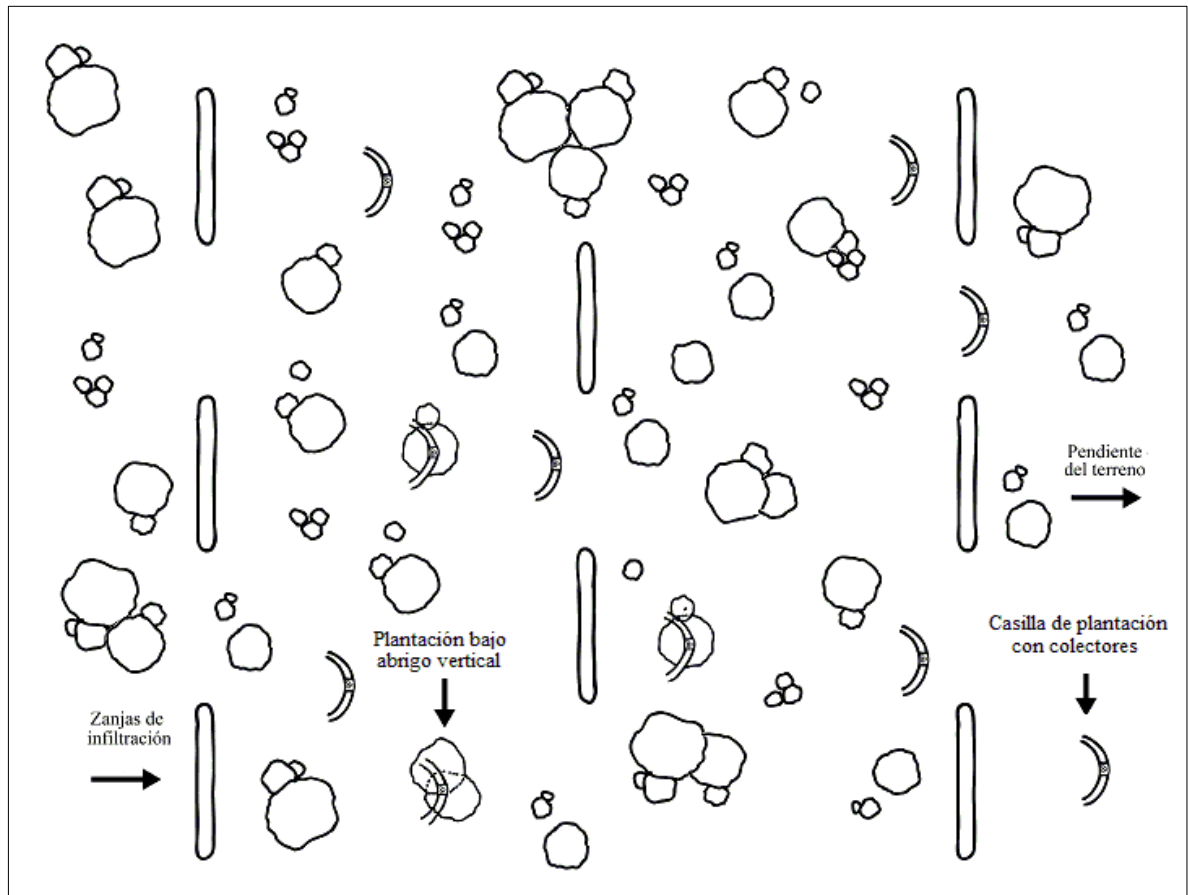


Figura 23. Esquema de producción de la subunidad de producción de forraje y leña con uso limitado.

La estrata arbórea estará compuesta por *Lithrea caustica*, que cumplirá la función de proteger el suelo y al ganado en los meses de mayor temperatura. *Porlieria chilensis*, *Proustia cuneifolia* en la producción de forraje, y *Baccharis linearis*, *Schinus polygamus* y *Lithrea caustica* en la producción de leña, éstas cuatro especies representando la estrata arbustiva, que adicionalmente protegerá los suelos. Finalmente, la estrata herbácea con fines de producción de forraje y protección del suelo.

Para llegar a la estructura planteada, los tratamientos a aplicar serán: enriquecimiento mediante plantación, podas de rejuvenecimiento y podas de formación.

Se implementará enriquecimiento a través de la plantación de individuos de valor para los objetivos de la propuesta en la totalidad de la subunidad, ya sea en claros o bajo abrigo vertical. La preparación del terreno será construyendo casillas de plantación con un par de

colectores. Con el mismo objetivo planteado en la subunidad anterior (producción de leña), se construirán zanjas de infiltración distribuidas alternadamente entre las curvas de nivel.

Para facilitar el manejo y acotar el ganado durante el periodo de regeneración, las zonas de plantación serán cercadas.

Luego de haber completado el periodo de regeneración, los individuos con destino a la producción de leña serán tratados mediante podas de formación para favorecer el desarrollo del material leñoso para la producción de leña y protección del suelo.

Las podas de rejuvenecimiento estarán orientadas a los individuos que cumplirán con la función de producción de forraje, de manera de favorecer el desarrollo de una fitomasa constituida principalmente por hojas y ramillas. A través de podas de formación, se mantendrán a baja altura.

La cosecha de leña será de forma regulada. En los primeros años el aporte provendrá sólo de los ejemplares padres a través de las podas, una vez alcanzada la edad de rotación de las especies bajo regeneración natural, se podrá hacer uso de esos individuos de forma regulada.

La producción de forraje durante la época de primavera será aportado principalmente por la pradera natural y complementado por las hojas y ramillas de *Porlieria chilensis* y *Proustia cuneifolia*, luego que sus individuos hayan alcanzado su edad de rotación.

c) Áreas destinadas a la recuperación de suelos

Subunidad que constituye sólo el 4,2% de la superficie del área de estudio. Corresponde a zonas de matorral abierto con pastos y arbustos degradados producto del sobre pastoreo, cuya vegetación no supera el 10% de cobertura, y a zonas desprovistas de vegetación a causa de su uso en el pasado como suelos agrícolas (“lluvias”).

Debido al estado de degradación en que se encuentra esta subunidad, se propone destinar toda la superficie que la compone a áreas de recuperación de suelos, mediante la implementación de técnicas mecánicas-estructurales.

Se propone construir muros de piedra (figura 24) en sentido perpendicular a la pendiente del terreno con el fin de detener el escurrimiento superficial y retener el material removido por la erosión, que con el tiempo irán haciendo menos pronunciada la pendiente y permitirán la formación de una terraza que en el futuro podrá ser utilizada para el establecimiento de algún cultivo. El distanciamiento entre muros dependerá de la pendiente en cada zona de la subunidad.

En lugares donde sea posible (áreas de baja pedregosidad), adicionalmente se construirán zanjas de infiltración en curvas de nivel distribuidas de forma alternada, que permitirán tener una mayor superficie de captación para el agua de lluvia y de retención de

sedimentos, favoreciendo la infiltración de agua y la protección de los suelos. Su distanciamiento dependerá de pendiente presente en cada zona de esta subunidad.



Figura 24. Muro de piedra.

3.8.2. Implementación de la propuesta

En sectores rurales potenciar y fortalecer iniciativas para la gestión de un desarrollo sostenible implica metodologías que incorporen la toma de decisiones participativa para alcanzar los objetivos propuestos, que a la vez fortalezcan los espacios comunitarios e incrementen la capacidad de la propuesta y de acción de la comunidad en la construcción de su propia opción de desarrollo.

Esto es de gran relevancia en el sector bajo estudio, donde el sistema de tenencia de tierra conformado por una organización social de pequeños agricultores unidos en torno a una propiedad común (Benedetti y Valdés, 1996) obliga a los comuneros a tomar decisiones participativas en lo que respecta al uso de sus recursos naturales.

En relación a lo anterior, para la implementación de la propuesta agroforestal elaborada en el presente estudio es necesario la aplicación de una metodología que, mediante un proceso cooperativo entre extensionistas y la comunidad, permita a los agricultores asumir como

propia la propuesta, favoreciendo en su adecuada ejecución y al satisfactorio cumplimiento de objetivos.

Para ello se requiere de una planificación participativa que considere el tiempo y dedicación necesarios, para lo cual se plantea el desarrollo de las siguientes etapas (figura 25):

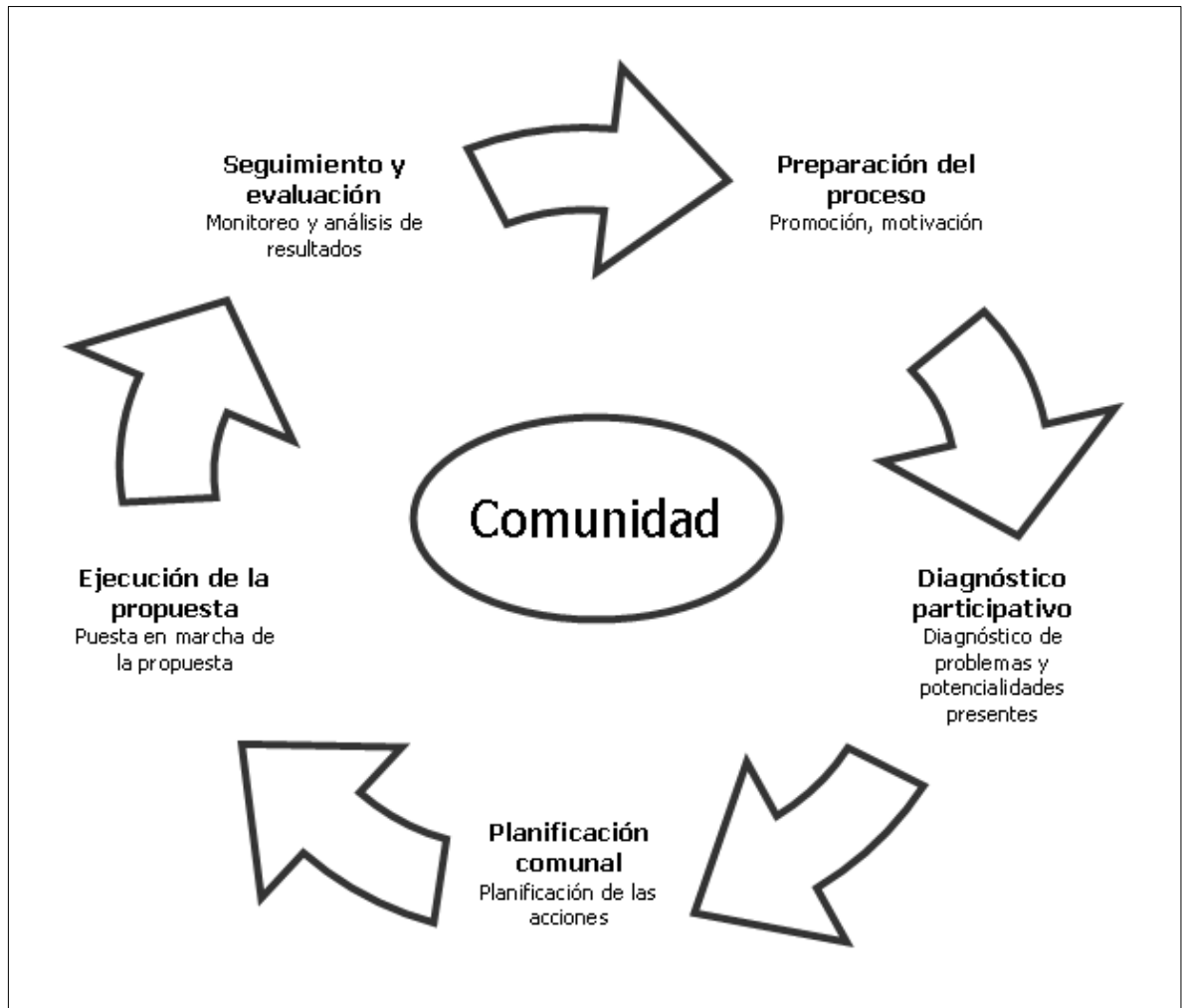


Figura 25. Etapas para la implementación de la propuesta.

3.8.2.1. Preparación del proceso

La primera acción tiene por objetivo promover la propuesta, explicándole a la comunidad lo que se pretende realizar, tratando de motivarla y lograr un acercamiento con cada uno de sus integrantes.

Por medio de la Junta de Vecinos, se contactará a cada una de las familias involucradas con el fin de programar una visita a sus hogares. En ella, el extensionista a cargo de la promoción les dará a conocer los alcances de la propuesta, dejando en claro los costos y beneficios que ellas deberán asumir, impulsándolas a participar de ella.

El rol del extensionista es fundamental, ya que debe ser el que debe seducir a cada uno de los miembros, respecto a las bondades de la propuesta con el propósito que ellos la hagan suya. En las reuniones debe ser el animador acompañando a la comunidad en la búsqueda de decisiones compartidas, incluyendo tanto hombres como mujeres.

3.8.2.2. Diagnóstico participativo

Corresponde a la etapa donde se inicia el trabajo junto a la comunidad. Tiene por finalidad discutir los problemas que afectan la zona, tanto en el ámbito productivo y ambiental, y las potencialidades que en ésta se presentan.

En este caso, la propuesta planteada ya considera el diagnóstico de la comunidad, el cual proviene de la información recopilada y discutida con los comuneros durante el trabajo en terreno.

3.8.2.3. Planificación comunal

La planificación comunal consiste en que, una vez dada a conocer en detalle la propuesta agroforestal desarrollada en función de las necesidades locales identificadas en terreno durante la recopilación de la información, los agricultores guiados por los extensionistas planifiquen de manera asociativa su ejecución, incluyendo la solución de restricciones.

Utilizando apoyo gráfico (cartografía de la zona, croquis, fotografías, etc.) el extensionista expondrá la propuesta, tanto en sus aspectos metodológicos como tecnológicos, y aclarará posibles dudas, reforzará la importancia de la autogestión y del trabajo conjunto de la comunidad, y motivará a los comuneros de llevar a cabo las acciones presentando experiencias a nivel regional, que ligadas a la realidad local, se hayan implementado satisfactoriamente, en especial aquellas que les sean más ajenas.

En otra instancia, el extensionista discutirá con la comunidad las restricciones de tipo sociocultural, político-legales y financieras que tendrán que resolver para la ejecución de la propuesta, incluyendo para esto la programación con la comunidad de algunos talleres de capacitación donde se entregará la información necesaria para enfrentarlas. Esto último hace referencia, en especial, a la búsqueda de mecanismos de financiamiento que permitan, faciliten y promuevan la ejecución de la propuesta, donde la comunidad representada por una comisión tendrá un papel fundamental, ya que con la cooperación de los extensionistas será la encargada de establecer las negociaciones necesarias para lograrlo.

Una vez que hayan superado las restricciones y logrado apropiarse de la propuesta, los comuneros planificarán en el tiempo y de manera asociativa su ejecución, utilizando para

ello un calendario estacional donde ordenarán y organizarán las acciones a ejecutar en las distintas unidades productivas.

Dado el bajo conocimiento tecnológico de la mayoría de los productores, se organizarán talleres de capacitación técnica para que puedan ser ellos los actores principales en la ejecución de la propuesta y que en algún momento puedan seguir independiente de las organizaciones o instituciones relacionadas al tema.

3.8.2.4. Ejecución de la propuesta

La ejecución de la propuesta consiste en llevar a la realidad con la participación de toda la comunidad las acciones planteadas durante la planificación, garantizando la participación de hombres, mujeres y otros miembros de la familia interesados.

A través de un proceso de acompañamiento, el extensionista apoyará la organización del trabajo en terreno y realizará los talleres de capacitación programados en la etapa anterior paralelamente a la ejecución de la propuesta según el calendario estacional.

3.8.2.5. Seguimiento y evaluación de la propuesta

El extensionista deberá asignar la dedicación y el tiempo que se considere adecuado para acompañar todo el proceso. Deberá hacer un completo seguimiento de las acciones implementadas tanto en las unidades de manejo familiar como comunal, asegurándose de su adecuada evolución, detectando posibles problemas e implementando en conjunto las medidas oportunas para superarlos. Si es necesario, se deberán contemplar talleres de capacitación para enfrentar los inconvenientes.

Al final de cada periodo se realizará una evaluación de los resultados obtenidos a la fecha, discutiendo las causas y efectos de éstos a nivel local, comprobando si siguen la dirección adecuada para el cumplimiento de los objetivos de la propuesta y realizando los ajustes que sean necesarios para alcanzarlos en el caso que corresponda. Toda la información deberá ser registrada incluyendo los indicadores que den cuenta de los resultados de las acciones ejecutadas en las unidades de manejo familiar, ya que todas ellas servirán de apoyo en la toma de decisiones en el futuro.

4. CONCLUSIONES

De los resultados de esta memoria, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Del estudio del funcionamiento hidrológico y a partir del análisis de la serie de precipitaciones de los últimos 50 años, se puede concluir que la magnitud de los montos caídos no ha disminuido con el paso del tiempo, sólo ha mostrado variaciones importantes a lo largo de ella. A pesar de esto, la totalidad de los comuneros expuso haber notado una clara disminución de los caudales de sus vertientes, lo que se puede explicar por la baja capacidad de infiltración y retención de agua de los suelos a causa del continuo proceso de degradación de los mismos.
- Se constata que en las actuales condiciones la disponibilidad de agua existente se limita al recurso subterráneo, donde las precipitaciones son su principal fuente de captación en la cabecera de la microcuenca de Jabonería. Por lo tanto, es de gran importancia el aprovechamiento de los escurrimientos de agua a nivel de toda la superficie.
- Considerando la distribución temporal de las lluvias y la actual capacidad de retención de agua de la microcuenca, resulta necesario orientar los esfuerzos a incrementar la capacidad hidrológica de los suelos y al mejoramiento, tanto de los sistemas de captación, como de la distribución del recurso hídrico.
- La estructura productiva predominante dentro del área de estudio es el de tipo silvopastoral, compuesto en la totalidad de los casos por ganado caprino y formaciones naturales de matorral con baja cobertura que tiene una función protectora sobre el ganado. La producción agrícola, representada por los huertos familiares, ha sido adoptada en segundo lugar como base de sus sistemas productivos, que gracias a la multiplicidad de productos y la sostenibilidad del sistema, representa una estrategia de sobrevivencia para las familias.
- El desarrollo productivo de los sistemas agroforestales identificados en el área de estudio se ve seriamente afectado por la baja disponibilidad de agua provocada, principalmente, por el histórico mal manejo del suelo y de la vegetación.
- La caracterización y tipificación de los sistemas de producción ha permitido constatar que los productores presentan heterogeneidad en los recursos empleados para el manejo de sus sistemas productivos, sin embargo, la mayoría de ellos no cuenta con las herramientas suficientes que permitan su adecuado manejo y aprovechamiento, siendo una de las más importantes la baja disponibilidad de agua.
- El mejoramiento de la capacidad hidrológica de los suelos y de los recursos vegetales en las áreas más altas tendrá efectos importantes sobre las tierras bajas. Por lo tanto, la propuesta agroforestal contempla el ordenamiento de todo el territorio, a objeto de mejorar el funcionamiento hidrológico de las tierras altas e incrementar la producción de las tierras bajas a través de una mayor eficiencia en el uso del agua y buenas prácticas culturales que aseguren la estabilidad y productividad de los sistemas.

- Como efecto de lo anterior se espera disponer a futuro de mejores condiciones de distribución temporal del recurso hídrico, lo cual permitirá implementar otras opciones en la diversificación de los sistemas productivos, fundada en la generación de un desarrollo tecnológico asociado al uso agroforestal. Todo esto, dentro de un proceso de carácter participativo con una comunidad activa y preocupada del desarrollo personal de cada uno de sus miembros.

5. BIBLIOGRAFÍA

- ALCAYAGA, S. y NARBONA, M. 1977. Estudio de las Comunidades Agrícolas de la IV Región: Agrología. Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) – Instituto de Investigación de Recursos Naturales (IREN).
- BENEDETTI, S. y VALDES, J. 1996. Prácticas agroforestales tradicionales en la zona árida y semiárida de Chile. Santiago, Chile, Corporación Nacional Forestal (CONAF). 65 p.
- CALDENTEY, J. y PIZARRO J. 1980. Evaluación y zonificación de los recursos climáticos de la IV Región de Chile. Memoria (Ingeniero Forestal). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, 197 p.
- CASTEL, J.; MENA, Y.; DELGADO-PERTÍNEZ, M.; CAMÚÑEZ, J.; BASULTO, J.; CARAVACA, F.; GUZMÁN-GUERRERO, J. y ALCALDE, M. 2003. Characterization of semi-extensive goat production systems in southern Spain. *Small Ruminant Research*. N° 47. Pág. 133-143.
- CASTRO J, R ZAMORA, J HÓDAR & J GÓMEZ (2002) Use of shrubs as nurse plants: A new technique for reforestation in Mediterranean mountains. *Restoration Ecology* 10: 297-305.
- CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES-CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN. 1990. Atlas Agroclimático de Chile, Regiones IV a IX. Publicación N° 87. 66 p.
- COMISIÓN NACIONAL DEL RIEGO, s.a. Resumen Ejecutivo Estudio de los recursos hídricos en el secano IV Región para una propuesta de desarrollo agrícola. 53 p.
- COSIO, F.; CONTRERAS, T. y GASTÓ, J. 1986. Ecosistemas pastorales de la zona mediterránea árida de Chile. MAB-Chile. 475 p.
- CRUZ, G. 2008. Apuntes de Tipificación y Cartografía Forestal. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 2 p.
- ETIENNE, M. y PRADO, C. 1982. Descripción de la vegetación mediante la cartografía de ocupación de tierras. Conceptos y manual de uso práctico. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Santiago. 120 p.
- HIDALGO, P., 1993. Primer Seminario de Planificación Ambiental Participativa para el Manejo de Cuencas Hidrográficas. Metodología para la planificación ambiental. Documento N° 1: Marco conceptual. Documento N° 3: Diagnóstico del suelo. Corporación Nacional Forestal (CONAF). Santiago. Chile. Mimeografiado. 50 p.

- ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE CANELA. 2007. Plan de Desarrollo Comunal Canela (PLADECO). 143 p.
- INE, 2002. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS. Censo 2002. Cuadros Censales. En línea disponible en: < http://espino.ine.cl/CuadrosCensales/apli_excel.asp >.
- KRISHNAMURTHY, L. y ÁVILA, M. 1999. Agroforestería Básica. Universidad Autónoma Chapingo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Serie de textos básicos para la formación ambiental. Chapingo, México. 340 p.
- MACEDO, R.; GALINA, M.; ZORRILLA, J.; PALMA, J. y PÉREZ, J. 2003. Análisis de un sistema de producción tradicional en Colima, México. *Archivos de Zootecnia*. Vol 52. N° 200. Pag. 463-474.
- MAINAR, R.; CUESTA, P.; MÉNDEZ, I.; ASENSIO, M.; DOMÍNGUEZ, L. y VÁZQUEZ-BOLAND, J. 1993. Caracterización de la explotación ovina y caprina de la C.A.M. mediante encuestas y análisis multivariante: Bases para una planificación en ganadería y sanidad animal. SEOC XIX.
- PAZ, R.; LIPSHITZ, H.; ÁLVAREZ, R. y USANDIVARAS, P. 2003. Diversidad y Análisis económico en los sistemas de producción lecheros caprinos en el área de riego del Río Dulce-Santiago del Estero-Argentina. *ITEA* Vol. 99 A N° 1. Pág. 10-40.
- PÉREZ, A. 2006. Un modelo para sistemas complejos basado en técnicas de elementos finitos bidimensionales. Tesis Doctoral. Departamento de Matemática Aplicada. Universidad de Alicante. Alicante, España. 285 pág.
- PÉREZ, C. 2002. Estadística Práctica con Statgraphics. Universidad Complutense de Madrid. Editorial Pearson Educación, S. A. Madrid.
- PIZARRO, R. 1985. Proyecto Final Curso Internacional de Hidrología General y Aplicada CEDEX, MOPU. España. p.i.
- PIZARRO, R.; TORESS, J; HERNÁNDEZ, I. MUÑOZ, J. Y TORRES, G. 1988. Elementos Técnicos de Hidrología II; Unesco, Rostlac; Corporación Nacional Forestal, Chile. 106 p. y anexos.
- PORTA, J., M. LÓPEZ y C. ROQUERO. 2003. Determinación de las propiedades Hidráulicas del suelo, pp 377-390. En: Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Mundi Prensa. Madrid, España.
- SIEGMUND-SCHULTZE, M. y RISCHKOWSKY, B. 2001. Relating household characteristics to urban sheep keeping in West Africa. *Agrycultural Systems* N° 67. Pág. 139-152.

- SOLANO, C.; LEÓN, H.; PÉREZ, E. y HERRERO, M. 2003. The role personal information sources on the decision-making process of Costa Rica dairy farmers. *Agricultural Systems* N° 76. Pág. 3-18.
- SOTO, G. 1996. *Atriplex nummularia* Lindl.: Una especie pionera para las zonas áridas chilenas. En: Estudios de casos de especies vegetales para las zonas áridas y semiáridas de Chile y México. FAO, Serie: Zonas Áridas y Semiáridas N° 10.
- SOTOMAYOR, A. y GARCÍA, E. 2008. “Modelos agroforestales, alternativa productiva para un desarrollo sustentable de la Agricultura Campesina en Chile”. En: 4° Congreso Chileno de Ciencias Forestales. Universidad de Talca. Talca, Chile. Octubre.
- SRAÏRI, M. T. y LYOUNBI, R. 2003. Typology of dairy farming systems in Rabat Suburban region, Morocco. *Archivos de zootecnia* N° 52. Pág. 47-58.
- VALERIO, D.; GARCÍA, A.; ACERO, R.; CASTALDO, A.; PEREA, J. y MARTOS, J. 2004. Metodología para la caracterización y tipificación de sistemas ganaderos. Documento de trabajo producción animal y gestión. Volumen 1. Departamento de Producción Animal. Universidad de Córdoba. Córdoba, España. 9 p.
- WARD, J. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58. 236-244.

6. ANEXOS

Anexo I. Entrevista semiestructurada

FORMULARIO DE REGISTRO DE INFORMACIÓN

Entrevista N°:

Fecha:

1. ANTECEDENTES DE LA UNIDAD FAMILIAR

1.1. Identificación del productor (jefe de familia)

Nombre:

Edad	Género	Estado civil	Escolaridad	Ocupación principal

1.2. Características del grupo familiar

Nombre	Género	Parentesco	Edad	Escolaridad	Ocupación principal	Estado civil

1.3. Ingresos económicos

Nombre	Actividad económica	Meses del año en que realiza la actividad	Ingreso anual

2. ANTECEDENTES DE LA UNIDAD PRODUCTIVA

2.1. Superficies

		Hectáreas
Superficie total	Lluvia	
	Goce singular	
Superficie bajo riego		
Superficie forestada	Nativa	
	Exótica	

Continuación superficies.

Superficie agroforestal	Agrosilvícola	
	Silvopastoríl	
	Agrosilvopastoríl	
	Otra	
Superficie con formaciones naturales		

2.2. Tenencia de la tierra

Posee título de comunero	
No posee título de comunero	
Título de comunero en trámite	
Otro, especificar	

2.3. Caracterización de los subsistemas productivos

2.3.1. Subsistema agrícola

Cultivos

Especie	Superficie total (ha)	Producción total (cantidad)	Productos	Productos venta (cantidad)	Precio producto (\$/unidad)	Productos autoconsumo (cantidad)

¿Aplica fertilizante, herbicida o insecticida? ¿Cuál?:

¿Cómo realiza la preparación del sitio?:

¿Cómo realiza la cosecha?:

¿Aplica riego? ¿Cuál es el origen del agua? ¿Qué sistema utiliza? ¿Con qué frecuencia riega?:

Viñas y frutales

Especie	Superficie total (ha)	Producción total (cantidad)	Productos	Productos venta (cantidad)	Precio producto (\$/unidad)	Productos autoconsumo (cantidad)

¿Aplica fertilizante, herbicida o insecticida? ¿Cuál?:

¿Cómo realiza la preparación del sitio?:

¿Cómo realiza la cosecha?:

¿Aplica riego? ¿Cuál es el origen del agua? ¿Qué sistema utiliza? ¿Con qué frecuencia riega?:

2.3.2. Subsistema pecuario

Especie	Nº animales	Productos	Producción total (cantidad)	Productos venta cantidad	Precio producto (\$/unidad)	Productos autoconsumo (cantidad)	Tipo de alimento

¿Aplica manejo sanitario? especifique:

2.3.3. Subsistema forestal

Especie	Superficie total (ha)	Producción total (cantidad)	Productos	Productos venta (cantidad)	Precio producto (\$/unidad)	Productos autoconsumo (cantidad)

¿Aplica fertilizante, herbicida o insecticida? ¿Cuál?:

¿Cómo realiza la preparación del sitio?:

¿Cómo realiza la cosecha?:

¿Aplica riego? ¿Cuál es el origen del agua? ¿Qué sistema utiliza? ¿Con qué frecuencia riega?:

2.3.4. Subsistema agroforestal

Subsistema N° 1

Especie	Superficie total (ha)	Producción total (cantidad)	Productos	Productos venta (cantidad)	Precio producto (\$/unidad)	Productos autoconsumo (cantidad)

¿Aplica fertilizante, herbicida o insecticida? ¿Cuál?:

¿Cómo realiza la preparación del sitio?:

¿Cómo realiza la cosecha?:

¿Aplica riego? ¿Cuál es el origen del agua? ¿Qué sistema utiliza? ¿Con qué frecuencia riega?:

2.4. Instrumentos de fomento

2.4.1. Transferencia tecnológica y/o asistencia técnica

Organismo	Rubro	Nombre del programa	Año	Descripción

2.4.2. Créditos

Organismo	Monto (\$)	Año	Descripción

2.4.3. Subsidios (bonificaciones)

Organismo	Tipo	Monto (\$)	Año	Utilización

2.5. Agua subterránea

Nº vertiente	Ubicación (UTM)	Tiempo de llenado (días)	Alto (m)	Ancho(m)	Profundidad (m)

Anexo II. Serie de precipitaciones, estación Canela Retén

Año	Precipitación anual (mm)	Año	Precipitación anual (mm)	Año	Precipitación anual (mm)
1959	122	1979	17,4	1999	153,3
1960	104,4	1980	249,9	2000	200,6
1961	249	1981	97,2	2001	138,8
1962	75	1982	267,4	2002	257,4
1963	229	1983	207,4	2003	53,4
1964	104	1984	353,4	2004	158,1
1965	352	1985	72,6	2005	47
1966	191,5	1986	134,6	2006	99
1967	105,5	1987	511,5	2007	74,4
1968	55	1988	52,7	2008	118,9
1969	45,1	1989	146,9		
1970	93,1	1990	72,9		
1971	119,9	1991	282,4		
1972	280,4	1992	278,4		
1973	124,2	1993	111		
1974	56	1994	65,2		
1975	133	1995	57,8		
1976	94,5	1996	58,5		
1977	340,2	1997	386,3		
1978	118,2	1998	0		

Anexo III. Índices empleados para el cálculo del coeficiente de escorrentía de Frevert

Pendientes	C_p
<3%	0,30
3 - 5%	0,20
6 - 10%	0,15
11 - 15%	0,08
16 - 20%	0,07
21 - 25%	0,05
>25%	0,02
Textura	C_t
Muy arenosa	0,50
franco arenosa	0,40
Franca	0,20
Arcillosa	0,10
Cubierta Vegetal	C_v
Forestal cubierto	0,20
Prados y pastos	0,15
Cultivos	0,10
Eriales	0,05

Continuación Anexo III.

Prácticas de Conservación	C _c
Alomado a nivel	0,20
A nivel	0,15
Mal cultivado	0,10
Sin cultivar	0,00

Anexo IV. Formulario utilizado para la recolección de información en terreno de la Carta de Ocupación de Tierras

(SD: suelo descubierto; ED1,...,5: especie dominante 1,...,5; GA: grado de artificialización)

Unidad	Leñosas Altas (LA)			Leñosas Bajas (LB)				Herbáceas	Suculentas	SD (%)	Especies Dominantes
	8-12	4-8	2-4	>2	1-2	0,5-1	0-0,5				

Continuación Anexo IV.

Unidad	Simplificación LA	Simplificación LB	Clasificación	ED1	ED2	ED3	ED4	ED5	GA

Anexo V. Codificación de clases de cobertura empleada en la construcción de la Carta de Ocupación de Tierras

Código	% Cobertura
1	0-5
2	5-10
3	10-25
4	25-50
5	50-75
6	75-90
7	>90

Anexo VI. Clave de codificación para el grado de artificialización de las unidades descritas en la Carta de Ocupación de Tierras

1. Vegetación clímax
2. Vegetación peneclímax (muy poco influida por el hombre)
 - 2.0 Bosque virgen coetáneo o multietáneo
 - 2.1 Exclusiones
3. Terrenos de pastoreo/Bosque nativo manejado
 - 3.0 Pradera natural o terreno de pastoreo en buen estado
 - 3.1 Pradera natural degradada o matorral abierto con pasto degradado y arbustos no ramoneados
 - 3.2 Matorral abierto con pasto muy degradado y/o arbustos ramoneados
 - 3.3 Pasto y arbusto muy degradados
 - 3.4 Monte alto nativo coetáneo (manejo por tala rasa)
 - 3.5 Monte alto nativo multietáneo (manejo por floreo)
 - 3.6 Monte bajo nativo manejado
 - 3.7 Monte medio nativo manejado
 - 3.8 Bosque quemado
4. Cultivos anuales de secano/Bosque artificial abandonado
 - 4.0 Cereal de secano
 - 4.1 Chacra de secano
 - 4.2 Bosque artificial abandonado
5. Cultivos anuales de riego y cultivos perennes de secano
 - 5.0 cereal de riego
 - 5.1 cultivo forrajero perenne de secano
 - 5.2 bosque artificial coetáneo (manejado por tala rasa)
 - 5.3 Bosque artificial multietáneo (manejado por floreo)
 - 5.4 Monte bajo artificial
 - 5.5 Monte medio artificial
 - 5.6 Viticultura de secano
 - 5.7 Arboricultura de secano
6. Cultivos perennes de riego
 - 6.0 Silvicultura intensiva de riego
 - 6.1 Cultivo forrajero de riego
 - 6.2 Viticultura de riego
 - 6.3 Arboricultura de riego
 - 6.4 Cítricos de riego
7. Cultivos intensificados
 - 7.0 Hortalizas
 - 7.1 Vivero forestal
 - 7.2 Vivero ornamental
 - 7.3 Cultivos bajo plástico
8. Invernaderos y Parques
 - 8.0 Invernaderos

- 8.1 Parques y plantaciones ornamentales
- 9. Zonas edificadas
- 9.0 Pueblos
- 9.1 Zonas periurbanas
- 9.2 Ciudad con áreas verdes
- 9.3 Ciudad sin áreas verdes
- 9.4 Zonas industriales, aeropuertos, redes viales
- 9.5 Minería industria

Anexo VII. Sistema general de clasificación de la vegetación utilizado en la Carta de Ocupación de Tierras

Formación vegetal		Densidad	% de Recubrimiento					
			árboles	arbustos	herbáceas			
Praderas y matorrales	Pradera	Estepa altiplánica		< 10	<10	>= 10		
		Estepa andina norte		< 10	<10	>= 10		
		Praderas anuales		< 10	<10	>= 10		
		Praderas perennes		< 10	<10	>= 10		
		Estepa andina central		< 10	<10	>= 10		
		Estepa patagónica		< 10	<10	>= 10		
	Matorral pradera		Denso	<10	25-50	> 75		
			Semidenso	<10	50 - 75	50-75		
			Abierto	< 10	25 - 50	25-50		
	Matorral		Denso	<10	> 75	0 - 100		
			Semidenso	<10	50 - 75	0 - 100		
			Abierto	< 10	25 - 50	0 - 100		
			Muy abierto	< 10	10 - 25	0 - 100		
	Matorral arborescente (matorral con árboles de altura >2 metros)		Denso	10 - 25	> 75	0 - 100		
			Semidenso	10 - 25	50 - 75	0 - 100		
			Abierto	10 - 25	25 - 50	0 - 100		
			Muy abierto	10 - 25	10 - 25	0 - 100		
	Matorral con suculentas (presencia de suculentas >5%)		Denso	< 10	> 75	0 - 100		
			Semidenso	< 10	50 - 75	0 - 100		
			Abierto	< 10	25 - 50	0 - 100		
			Muy abierto	< 10	10 - 25	0 - 100		
	Formaciones de suculentas (presencia de suculentas >5%)			<10	< 10	0-100		
	Bosques	Plantación	Bosques de exóticas asilvestradas		Denso	> 75	0 - 100	0 - 100
					Semidenso	50 - 75	0 - 100	0 - 100
Abierto					25 - 50	0 - 100	0 - 100	
Muy abierto					10 - 25	0 - 100	0 - 100	
Bosque nativo		Bosque adulto		Denso	> 75	0 - 100	0 - 100	
				Semidenso	50 - 75	0 - 100	0 - 100	
				Abierto	25 - 50	0 - 100	0 - 100	
				Muy abierto	10-25	< 25	0 - 100	

Continuación Anexo VII.

Formación vegetal			Densidad	% de Recubrimiento		
				árboles	arbustos	herbáceas
Bosques	Bosque nativo	Renoval	Denso	> 75	0 - 100	0 - 100
			Semidenso	50 - 75	0 - 100	0 - 100
			Abierto	25 - 50	0 - 100	0 - 100
			Muy abierto	10-25	< 25	0 - 100
		Bosque adulto/renoval	Denso	> 75	0 - 100	0 - 100
			Semidenso	50 - 75	0 - 100	0 - 100
			Abierto	25 - 50	0 - 100	0 - 100
			Muy abierto	10-25	< 25	0 - 100
		Bosque achaparrado	Denso	> 75	0 - 100	0 - 100
			Semidenso	50 - 75	0 - 100	0 - 100
			Abierto	25 - 50	0 - 100	0 - 100
			Muy abierto	10-25	< 25	0 - 100
	Bosques mixtos	Bosque nativo/plantación	Denso	> 75	0 - 100	0 - 100
			Semidenso	50 - 75	0 - 100	0 - 100
			Abierto	25 - 50	0 - 100	0 - 100
			Muy abierto	10-25	< 25	0 - 100
		Bosque nativo con exóticas asilvestradas	Denso	> 75	0 - 100	0 - 100
			Semidenso	50 - 75	0 - 100	0 - 100
			Abierto	25 - 50	0 - 100	0 - 100
			Muy abierto	10-25	< 25	0 - 100
	Bosque nativo muy abierto	Con pradera	Denso	10-25	< 25	> 75
Semidenso			10-25	< 25	50 - 75	
Abierto			10-25	< 25	25 - 50	
Con matorral y pradera		Denso	10-25	> 75	> 25	
		Semidenso	10-25	50 - 75	> 25	
		Abierto	10-25	25 - 50	> 25	
Áreas desprovistas de vegetación				< 10	< 10	< 10

7. APÉNDICES

Apéndice I. Ubicación y caudal asociado a vertiente

N° familia	N° vertiente	Ubicación (UTM)	Caudal (litros/hora)	N° familia	N° vertiente	Ubicación (UTM)	Caudal (litros/hora)
1	1	270743	263,2*	8	1	271308	58,2
		6537494				6536124	
	2	270807	507,5*		2	271317	105,0
		6537441				6536113	
	3	270898	5,0	9	1	269880	42,6
		6537488				6535911	
4	270669	123,6	2		269359	6,3	
	6537442				6535253		
2	1	270624	63,8	10	1	271251	45,8
		6537441				6536939	
	2	270678	37,2		2	271395	223,2*
		6537538				6536792	
3	1	270279	0,4		3	271232	148,0
		6537128				6536943	
	2	270255	16,8		4	271243	337,2*
		6537130				6536875	
4	1	270136	70,0		5	271126	73,1
		6536768				6536892	
	2	270108	58,2		6	271327	71,5
		6536919				6537044	
	3	270175	105,0	11	1	269980	1,0
		6536925				6535207	
5	1	270176	41,7		2	270071	1,7
		6536141				6535334	
	2	270013	43,3		1	270299	42,6
		6536649				6535491	
6	1	272080	108,8	12	2	270350	68,3
		6536507				6535490	
	2	271922	204,2*		3	270572	128,7
		6536086				6535474	
7	1	271874	160,8	13	1	270968	47,5
		6536073				6535270	
	2	271812	125,0		2	271036	116,0
		6536158				6535443	
	3	271782	34,0	14	1	272249	156,0
		6536118				6535433	
	4	271769	49,6	15	1	271502	38,3
		6536104				6535128	
5	271954	22,5	2		271566	240,0*	
	6536090				6535042		

Continuación Apéndice I.

Nº familia	Nº vertientes	Ubicación (UTM)	Caudal (litros/hora)
16	1	269953	45,8
		6534930	
17	1	269856	23,3
		6534696	
	2	269821	17,6
		6534736	
	3	269752	47,5
		6534758	
	4	269803	20,6
		6534854	
	5	269756	44,4
		6534911	
	6	269756	43,8
		6534911	

* Valores no utilizados en el cálculo del rendimiento de las vertientes (litros/hora).

Apéndice II. Precipitaciones, escorrentía superficial, agua subterránea y oferta de agua presente en el área de estudio, según probabilidad de excedencia

Probabilidad de Excedencia (%) (1)	Precipitación anual (mm) (2)	Escorrentía (mm) (3)	Agua subterránea (litro/m ² = mm) (4)	Oferta Total (litro/m ² = mm) (3+4)
100	0,0	0,0	0,0	0,0
90	34,1	25,2	0,7	25,9
80	59,2	43,8	1,2	45,1
70	82,9	61,3	1,7	63,1
60	106,8	79,1	2,2	81,3
50	132,4	97,9	2,8	100,7
40	160,8	119,0	3,4	122,4
30	194,4	143,9	4,1	147,9
20	237,7	175,9	5,0	180,9
10	304,4	225,3	6,4	231,6

Apéndice III. Formulario de la Carta de Ocupación de Tierras del área de estudio

(SD: suelo descubierto; ED1,...,5: especie dominante 1,...,5; GA: grado de artificialización)

Unidad	Leñosas Altas (LA)			Leñosas Bajas (LB)				Herbáceas	Suculentas	SD (%)	Especies Dominantes
	8-12	4-8	2-4	>2	1-2	0,5-1	0-0,5				
1	0	0	0	0	0	3	4	1		40	/Cf//
2	0	0	0	0	0	0	0	0		100	
3	0	0	0	0	0	0	1	1		95	
4	0	0	0	0	0	1	1	1		95	
5	0	0	0	0	0	1	1	1		95	
6	0	0	0	0	0	0	5	1		50	/Cf//
7	0	0	0	0	0	2	2	1		80	/Rm Cf//
8	0	0	0	0	0	4	4	1		20	/Cf//
9	0	0	0	0	0	2	2	1	3	70	/Cf//eQ
10	0	0	0	0	2	2	1	1		50	/Rm Hp//
11	1	3	3	2	3	1	1	1		10	QS LC/Sp//
12	0	0	2	0	0	3	2	1	2	50	LC/Sc Pc Rm//eQ
13	1	1	2	0	2	2	1	1		50	QS LC/ Rm Hp//
14	0	0	0	0	4	3	0	1		40	/Rm//
15	0	0	0	0	0	0	1	1	1	95	
16	0	0	0	0	0	3	2	1	2	60	/Cf//eQ
17	0	0	0	0	0	3	2	1		60	/Cf//
18	0	0	0	0	0	0	2	1	4	60	/Cf//eQ
19	0	0	3	0	2	2	2	1		50	
20	0	0	0	0	1	3	3	1		50	/Rm Cf-Sp//
21	0	0	0	0	0	4	3	1		30	/Cf//
22	0	0	0	0	0	4	3	1		30	/Cf//
23	0	0	3	0	2	2	2	1		50	LC/Rm Hp Sp//
24	0	0	0	0	0	1	1	1		90	
25	0	0	0	0	0	2	2	1		85	/Rm Cf//
26	0	0	0	0	0	1	1	1		90	
27	0	0	0	0	0	0	5	1		50	/Cf//
28	0	0	0	0	0	3	1	1	3	60	/Cf//eQ
29	0	0	0	0	0	0	5	1	1	30	/Hp Cf Rm//
30	0	0	0	0	0	4	4	1		20	/Cf//
31	0	1	1	3	3	2	1	1		30	LC/Sp Rm//
32	0	0	1	0	2	2	0	1		75	/Rm Cf Sp//
33	0	0	0	0	2	3	3	1	1	50	/Rm Cf/
34	0	0	2	0	2	2	0	1		80	LC/Rm Cf Sp//
35	0	0	0	0	0	0	0	0		0	
36	0	0	0	0	0	0	0	0		0	
37	0	0	0	0	0	1	2	1	3	65	/Cf//eQ
38	0	0	0	0	0	2	3	1		70	/Rm Cf//

Continuación Apéndice III.

Unidad	Leñosas Altas (LA)			Leñosas Bajas (LB)				Herbáceas	Suculentas	SD (%)	Especies Dominantes
	8-12	4-8	2-4	>2	1-2	0,5-1	0-0,5				
39	0	0	0	0	0	0	1	1	1	90	
40	0	0	1	0	0	3	1	1		80	/Hp//
41	1	2	1	0	0	0	1	1		65	QS LC/Hp//
42	0	0	0	0	0	3	1	1	3	60	/Cf//eQ
43	0	0	1	0	0	0	1	1		90	
44	0	0	0	0	0	2	2	1	1	70	/Rm Sc//
45	3	3	3	2	3	1	1	1		10	QS LC/Sp//
46	0	0	0	3	3	1	1	1	3	50	/Rm Cf//eQ
47	0	0	0	0	0	0	1	1	1	90	
48	0	0	0	0	0	0	2	1	2	80	/Rm Cf//eQ
49	0	0	1	0	0	1	1	1	1	70	
50	0	0	1	0	0	1	2	1		50	/Hp Rm//
51	3	3	3	2	3	1	1	1		10	QS LC/Sp//
52	0	0	0	0	0	1	1	1	2	80	///eQ
53	0	0	0	0	2	3	2	1	2	60	/Pc Sp//eQ
54	0	0	2	0	0	2	2	1	1	70	/Hp Rm//
55	0	0	0	0	2	0	0	0		90	
56	0	0	1	0	3	2	1	1	3	65	/Sp Pc//eQ
57	0	0	1	0	1	1	1	1	1	90	
58	0	0		0	2	2	1	1	2	70	/Sp Pu Pc//eQ
59	0	0	0	0	0	0	0	0		90	
60	0	0	0	0	0	2	2	1	1	75	/Sc//
61	0	0	0	0	0	3	4	1		45	/Cf//
62	0	0	1	0	0	1	2	1	3	70	/Sp//eQ

Continuación Apéndice III.

Unidad	Simplificación LA	Simplificación LB	Clasificación	ED1	ED2	ED3	ED4	ED5	GA
1	0	5	Matorral Semidenso	Cf					3.2
2	0	0	Terreno de Uso Agrícola						4.1
3	0	1	Vegetación Muy Escasa						3.3
4	0	2	Vegetación Muy Escasa						3.4
5	0	2	Vegetación Muy Escasa						3.4
6	0	5	Matorral Semidenso	Cf					3.2
7	0	3	Matorral Muy Abierto	Rm	Cf				3.3
8	0	6	Matorral Denso	Cf					3.2
9	0	3	Matorral con Suculentas Muy Abierto	Cf	eQ				3.3
10	0	3	Matorral Muy Abierto	Rm	Hp				3.3
11	4	3	Bosque Adulto Abierto	QS	LC	Sp			3.5
12	2	4	Matorral con Suculentas Muy Abierto	Sc	Pc	Rm	LC	eQ	3.3
13	3	3	Matorral Arborescente Muy Abierto	Rm	Hp	QS	LC		3.5
14	0	5	Matorral Semidenso	Rm					3.3
15	0	1	Vegetación Muy Escasa						3.4
16	0	4	Matorral con Suculentas Abierto	Cf	eQ				3.3
17	0	4	Matorral Muy Abierto	Cf					3.3
18	0	2	Formación de Suculentas	eQ	Cf				3.3
19	3	3	Terreno de Uso Agrícola						6.3/6
20	0	3	Matorral Muy Abierto	Rm	Cf-Sp				3.3
21	0	5	Matorral Semidenso	Cf					3.3
22	0	5	Matorral Semidenso	Cf					3.3
23	3	3	Matorral Arborescente Muy Abierto	Rm	Hp	Sp	LC		3.5
24	0	2	Vegetación Muy Escasa						3.4
25	0	3	Matorral Muy Abierto	Rm	Cf				3.2
26	0	2	Vegetación Muy Escasa						3.4
27	0	5	Matorral Semidenso	Cf					3.3
28	0	3	Matorral con Suculentas Muy Abierto	Cf	eQ				3.3
29	0	5	Matorral Semidenso	Rm	Cf	Hp			3.3
30	0	6	Matorral Denso	Cf					3.2
31	2	3	Matorral Muy Abierto	Sp	Rm	LC			3.3
32	1	3	Matorral Muy Abierto	Rm	Cf	Sp			3.3
33	0	4	Matorral Muy Abierto	Rm	Cf				3.3
34	2	3	Matorral Muy Abierto	Rm	Cf	Sp	LC		3.3
35	0	0	Terreno de Uso Agrícola						4.1
36	0	0	Terreno de Uso Agrícola						4.1
37	0	3	Matorral con Suculentas Muy Abierto	Cf	eQ				3.3
38	0	4	Matorral Muy Abierto	Rm	Cf				3.3
39	0	2	Vegetación Muy Escasa						3.4
40	0	3	Matorral Muy Abierto	Hp					3.3
41	3	3	Bosque Adulto Abierto	QS	LC	Hp			3.5

Continuación Apéndice III.

Unidad	Simplificación LA	Simplificación LB	Clasificación	ED1	ED2	ED3	ED4	ED5	GA
42	0	3	Matorral con Suculentas Muy Abierto	Cf	eQ				3.3
43	1	1	Terreno de Uso Agrícola						4.1
44	0	3	Matorral Muy Abierto	Rm	Sc				3.3
45	4	3	Bosque Adulto Abierto	QS	LC	Sp			3.5
46	0	4	Matorral con Suculentas Abierto	Rm	Cf	eQ			3.3
47	0	1	Vegetación Muy Escasa						3.4
48	0	2	Formación de Suculentas	eQ	Rm	Cf			3.3
49	1	2	Vegetación Muy Escasa						3.4
50	1	3	Matorral Muy Abierto	Hp	Rm				3.3
51	4	3	Bosque Adulto Abierto	QS	LC	Sp			3.5
52	0	2	Formación de Suculentas	eQ					3.3
53	0	4	Matorral con Suculentas Abierto	Pc	Sp	eQ			3.3
54	2	3	Matorral Muy Abierto	Hp	Rm				3.3
55	0	0	Terreno de Uso Agrícola						4.1
56	1	3	Matorral con Suculentas Muy Abierto	Sp	Pc	eQ			3.3
57	1	2	Vegetación Muy Escasa						3.3
58	0	3	Matorral con Suculentas Abierto	Sp	Pu	Pc	eQ		3.3
59	0	0	Terreno de Uso Agrícola						4.1
60	0	3	Matorral Muy Abierto	Sc					3.3
61	0	5	Matorral Semidenso	Cf					3.2
62	1	3	Matorral con Suculentas Muy Abierto	Sp	eQ				3.3

