

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ANIMALES

PROYECTO DE TÍTULO

**OPERADORES DE RESTAURACIÓN DE PAISAJES DEGRADADOS.
PROCESOS NATURALES DE ORGANIZACIÓN DEL PAISAJE Y TÉCNICAS DE
ARTIFICIALIZACIÓN PREDIAL.
ESTUDIO DE CASO DE RESTAURACIÓN DE LA PRECORDILLERA ANDINA DE LA ARAUCANÍA.**

ENRIQUE CRUZ TAGLE

**SANTIAGO-CHILE.
2008**

"Lo que ahora queda, comparado con lo que existió entonces, es como el esqueleto de un hombre enfermo. De toda la tierra gorda y suave, tras ser devastada, queda solo el desnudo esqueleto".

Platón

RECONOCIMIENTO

A quien financió parte de este documento, Proyecto CONICYT 24071079 denominado “*Expansión de la Frontera horizontal en el paisaje cultural de la Cordillera de Los Andes de La Araucanía: Impacto, restauración y gobernabilidad*”. Proyecto de apoyo de tesis de doctorado de Leonardo Vera Benavente. Programa de Ciencias de Recursos Naturales, Universidad de la Frontera.

AGRADECIMIENTOS

A todos los miembros del Laboratorio de Ecosistemas quienes con sus comentarios aportaron al desarrollo de este proyecto, en especial a Consuelo Gálvez, Patricio Camogolino, Claudia Cossio, Claudio Martínez, Nicolás Guarda e Isabel Rojas.

A quienes me ayudaron en terreno: Daniela Bravo, Gustavo Suil y a los guardaparques de CONAF de la Reserva Nacional Malacahuello.

A René Montalba y Lorena Vieli, del Laboratorio Agroecología y Territorio UFRO, quienes apoyaron este proyecto.

A los miembros del Laboratorio Nutrición Animal del departamento de Ciencias Animales, por su asesoría y el préstamo de sus instalaciones para los análisis de las praderas.

Al Don. Fernando Cosio, por su asesoría en la evaluación de las praderas.

A Leonardo Vera, por todo el apoyo y las valiosas discusiones que finalmente dieron vida a este proyecto.

A Montserrat Lara le agradezco por sus correcciones a la redacción de este escrito y en la presentación. Gracias por todo el amor y apoyo entregado en la etapa final de ésta tesis.

Al profesor Juan Gastó, maestro y amigo. Agradezco por su mirada holística del mundo que me abrió la mente y me mostró una nueva perspectiva del mundo, entregándome conocimientos y herramientas para enfrentar la problemática de la agronomía, recursos naturales y territorio.

A mis padres Patricia y Enrique, quienes me inculcaron el amor por la naturaleza y la tierra, gracias por todo el apoyo en estos años. En especial quiero agradecer a mis abuelos Enrique Cruz O. y Jorge Tagle, ingenieros agrónomos, quienes me heredaron su amor por el campo.

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	10
1.2	Hipótesis.....	11
1.3	Objetivos	11
2	BASES TEÓRICAS	12
2.1	Predio, territorio, paisaje y ecosistema	12
2.1.1	Territorio	14
2.1.2	Paisaje	14
2.1.3	Ecosistema.....	15
2.2	Organización del ecosistema. Cambios de estado y sistemogenesis.	16
2.2.1	Estado y Cambio de Estado.....	16
2.2.2	Sistemogénesis	19
2.3.1	Transformación. Formación de paisajes culturales.	26
2.3.2	Degradación de paisajes	28
2.3.3	Enfermedades ecosistémicas y prediales.....	30
1.1.1.1	Biogeoestructura	30
1.1.1.2	Tecnoestructura.....	32
1.1.1.3	Socioestructura	33
1.1.1.4	Espacios	34
2.4	Metodología clínica aplicada a la restauración predial.	34
2.4.1	Proceso de diagnóstico predial.	36
1.1.1.5	Examen	36
1.1.1.6	Diagnóstico	38
2.4.2	Tratamiento. Operadores de transformación.	40
2.4.3	Estrategia.....	48
2.4.4	Ejecución del tratamiento.....	48
2.4.5	Comprobación.....	49
2.5	Diseño predial para la restauración	49
2.5.1	Hiperproblema predial.....	49
2.5.2	Planificación y diseño predial	49
2.5.3	Principios del diseño predial	53
2.5.4	Dimensiones del diseño predial.....	57
2.5.5	Restricciones para el diseño predial. Uso múltiple, sostenibilidad y vulnerabilidad.....	63
2.5.6	Elementos del Modelo predial.....	66
3	METODOLOGÍA. CASO DE ESTUDIO DE RESTAURACIÓN PREDIAL....	69
3.4	Estudio de Praderas	73
3.5	Estudio de Bosques	80
3.6	Evaluación de Restauración de Bosques.	83
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	84

4.1	Caracterización zona de estudio.....	84
4.1.1	Socioestructura.....	89
4.1.2	Biogeoestructura.....	89
1.1.1.7	Distrito y sitio.....	89
1.1.1.8	Exposición.....	90
1.1.1.9	Cobertura 2001-2003.....	93
1.1.1.10	Fauna.....	98
4.1.3	Hidroestructura 2001-2003.....	103
4.1.4	Tecnoestructura. 2001-2003.....	106
4.1.5	Espacioestructura 2001-2003.....	110
4.2	Proceso de Apertura De Tierras y Degradación del Paisaje.....	113
4.3	Estudios.....	128
4.3.1	Estudios de bosques y procesos naturales de organización del paisaje.....	128
4.3.2	Estudio Praderas.....	137
4.3.3	Evaluación de Restauración de Bosques.....	145
4.3.4	Diagnóstico de Enfermedades Ecosistémicas Presentes en Hueñivales.....	150
1.1.1.11	Biogeoestructura.....	150
1.1.1.12	Tecnoestructuras.....	151
1.1.1.13	Espacioestructura.....	152
1.1.1.14	Socioestructura.....	152
4.4	Hiperproblema predial.....	154
4.5	Proceso Restauración del Paisaje Predial y Caracterización de Operadores de restauración Predial	156
4.5.1	Operadores de Planificación y Diseño predial.....	159
4.5.2	Operadores de Transformación de Ecosistemas Prediales.....	161
1.1.1.15	Operadores Biogeoestructurales (π_b).....	163
1.1.1.16	Operadores Tecnoestructurales (π_t).....	170
1.1.1.17	Operadores aplicados Hidroestructurales (π_h).....	172
4.5.3	Operadores por Sector.....	173
1.1.1.18	Sector 1 Operadores de construcción de caminos (l_1).....	174
1.1.1.19	Sector 2. Casco predial (l_2).....	179
1.1.1.20	Sector 3, Potrero La Puebla (l_3) y Sector 4, Potrero Corrales (l_4).....	185
1.1.1.21	Sector 5 y 6. Restauración bosques a partir de relictos (l_5)y praderas (l_6).....	193
4.5.4	Caracterización Territorial Post Restauración.....	201
1.1.1.22	Biogeoestructura. Cobertura 2008.....	201
1.1.1.23	Hidroestructura 2008.....	207
1.1.1.24	Tecnoestructura 2008.....	209
5	REFLEXIONES Y CONCLUSIONES.....	211
6	BIBLIOGRAFÍA.....	214
7	ANEXOS.....	220

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tres imágenes distintas para un mismo fenómeno	13
Figura 2. Esquema de la descomposición del paisaje en parches, matriz y corredores.....	15
Figura 5: Esquema de las sucesiones primarias progresivas y retrogresivas	21
Figura 3. Modelo homomórfico de un ecosistema	24
Figura 4. Variaciones en el grado de artificialización en tres ámbitos distintos.....	25
Figura 5: Emergencia del paisaje cultural a partir de la integración de los subsistemas del ecosistema-origen	27
Figura 6. Categorías del sistema de clasificación de ecorregiones y determinación de sitio y condición	37
Figura 7. Modelo Homórfico.....	38
Figura 8: Relaciones paramétricas hipotéticas entre ω_{ij} , t_{ik} y P_{ik}	42
Figura 9: Ejemplo de un algoritmo de transición probabilística del conjunto de estados E_j a través de la aplicación de operadores funcionales; $\sum_j P_{ij} = 1$ para todas las i . Representado como una cadena de Markov	45
Figura 10. Operadores de restauración (π_n), aplicados a lo largo de distintos años, a distintos niveles de intensidad (tamaño y color de los círculos).....	48
Figura 11. Aproximaciones a la recuperación de hábitats.....	61
Figura 12. Esquema de la posición del espacio de solución representada por el triángulo de Nijkamp y receptividad tecnológica, de acuerdo con las características de los ámbitos.....	65
Figura 13. Etapas de la caracterización del predio	70
Figura 14. Herramientas necesarias para caracterización de variables físicas del predio.	71
Figura 15. Cartas politemáticas del predio, obtenidas en forma automática de las cartas de unidades.....	72
Figura 16. Determinación de tipos de pradera.....	75
Figura 17. Porcentaje de composición botánica de los diversos grupos de organismos de acuerdo a la condición de la pradera	76
Figura 18: Vías de acceso al predio Hueñivales.....	85
Figura 19. Primera etapa de la expansión de la frontera horizontal.	114
Figura 20. Segunda etapa de la expansión de la frontera horizontal	116
Figura 21. Tercera etapa de la expansión de la frontera horizontal.....	117
Figura 22: Cuarta etapa (a) de la expansión de la frontera horizontal.....	119
Figura 23. Cuarta etapa (b) de la expansión de la frontera horizontal.....	120
Figura 16: Quinta etapa de la expansión de la frontera horizontal.....	124
Figura 24. Ubicación Reserva Nacional Malalcahuello (mapa).....	130
Figura 25. Perfil vertical de distribución de la vegetación, tipo forestal Co-Ra- Te, en estado clímax	130
Figura 26. Perfil vertical de distribución de la vegetación, tipo forestal Co-Ra-Te, en estado clímax.	130
Figura 27. Perfil vertical de distribución de la vegetación, tipo forestal Co-Ra-Te, previo al clímax.	130
Figura 28. Perfil vertical de distribución de la vegetación, tipo forestal Co-Ra-Te, dominado por <i>N. alpina</i> y <i>N. dombeyi</i>	130
Figura 29. Perfil vertical de distribución de la vegetación, tipo forestal Co-Ra-Te, dominado por <i>N. alpina</i>	130

Figura 30 Perfil vertical de distribución de la vegetación de bosque floreado.....	134
Figura 31. Perfil vertical de distribución de la vegetación de bosque, efecto de árbol semillero	134
Figura 32. Perfil vertical de distribución de la vegetación relicto de bosque adulto Hueñivales	134
Figura 33. Perfil vertical de distribución de la vegetación,, efecto de cosecha y ramoneo....	134
Figura 34. Perfil vertical de distribución de la vegetación efecto de cosecha, Santa Rosa	134
Figura 35. Perfil vertical de distribución de la vegetación efecto de cosecha, Santa Rosa	134
Figura 36. Esquema del modelo de restauración del predio Hueñivales.....	154
Figura 37. Articulación territorio, propietario y planificador.....	160
Figura 38. Etapas del proceso de restauración predial.	162
Figura 39. Escalas de resolución de la problemática predial.....	174
Figura 40. Ruta (A _i) a analizar según sector o a nivel predial.....	174
Figura 41. Operadores aplicados a la construcción de caminos. (Sector 1).....	177
Figura 42. Operadores de formación de l casco predial. (Sector 2)	183
Figura 44. Operadores de rehabilitación de praderas Potrero la Puebla (Sector 3).....	188
Figura 45. Operadores de rehabilitación de praderas Potrero Corrales (Sector 4).....	190
Figura 46. Operadores de restauración de bosques degradados (Sector 5)	197
Figura 47. Operadores de restauración de bosque a partir de praderas (Sector 6)	199

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Metas antrópicas del sistema predial y subsistemas componentes.....	51
Cuadro 2. Características de las especies Decrecientes, Crecientes e Invasoras.....	77
Cuadro 3 . Escala de coberturas de Braun Blanquet.....	80
Cuadro 4 .Escala de sociabilidad para inventarios fitosociológicos.....	81
Cuadro 5 .Clasificación de diferentes formas de vida en plantas vasculares	81
Cuadro 6: Índice de evaluación de hábitat, regeneración, plantación y prendimiento.	83
Cuadro 7. Encuadre predial	84
Cuadro 8: Variables agroclimáticas principales.	86
Cuadro 9. Superficies de los distritos presentes en el área de estudio.....	89
Cuadro 10. Superficies de distrito-sitio presentes en el caso de estudio y su representatividad expresada en porcentaje del total.....	91
Cuadro 11. Tipos de cobertura vegetal en el año 2003, según superficie y porcentaje.....	93
Cuadro 12. Listado de Fauna observada en el predio Hueñivales.....	99
Cuadro 13. Tipos de vegas presentes en Hueñivales según código ecológico (CODECO) y superficie.	103
Cuadro 14. Longitud de distintos tipos de tecnoestructuras presentes en el predio, año 2003.	107
Cuadro 15. Superficie de los espacios administrativos del predio Hueñivales al año 2003...	111
Cuadro 16. Cambio de tipo de cobertura en predio Hueñivales entre el año 1900 y 1950. ...	118
Cuadro 17. Cambio de tipo de cobertura en predio Hueñivales entre el año 1950 y 2003. ...	122
Cuadro 18. Porcentaje de cobertura según estrata, para las áreas de muestreo forestal en distintas localidades de la cuenca del río Cautín	136
Cuadro 19. Rendimiento en kg materia seca por hectárea por muestra.	139

Cuadro 20. Resumen porcentaje de composición florística según clasificación de especies por condición.....	140
Cuadro 21. Composición florística según clasificación de especie-condición por muestra...	141
Cuadro 22. Área en hectáreas según distrito, cobertura vegetal, condición y potreros al año 2008.....	142
Cuadro 23. Rendimiento en kilos por hectárea según distrito, tipo de pradera y condición de esta.....	143
Cuadro 24. Factor de uso adecuado de la pradera según distrito.....	143
Cuadro 25. Rendimiento en kilos por hectárea por potrero, según distrito, tipo de pradera y condición de esta, corregido por el factor de uso adecuado (FUA) según distrito.....	143
Cuadro 26. Consumo según especie animal y rotación.....	144
Cuadro 27. Carga animal para el predio Hueñivales según especie y rotación.....	144
Cuadro 28. Rotación potreros presentes en Hueñivales.....	144
Cuadro 29. Evaluación hábitat, plantación y regeneración del lado sur de Hueñivales.....	147
Cuadro 30. Superficie de cada espacio en el predio Hueñivales al año 2008.....	157
Cuadro 31. Características de los herbicidas utilizados en el predio Hueñivales.....	164
Cuadro 32. Trabajo (Mcal) y tiempo (jornadas) aplicado por operador para el Sector 1.....	176
Cuadro 33. Trabajo (Mcal) y tiempo (jornadas) aplicado por operador para el Sector 2.....	181
Cuadro 34. Trabajo (Mcal) y tiempo (jornadas) aplicado por operador para el Sector 3.....	187
Cuadro 35. Trabajo (Mcal) y tiempo (jornadas) aplicado por operador para el Sector 4.....	189
Cuadro 36. Trabajo (Mcal) y tiempo (jornadas) aplicado por operador para el Sector 5.....	196
Cuadro 37. Trabajo (Mcal) y tiempo (jornadas) aplicado por operador para el Sector 6.....	198
Cuadro 38. Tipos de cobertura vegetal en el año 2008, según superficie y porcentaje.....	201
Cuadro 39. Cambio de tipo de cobertura en predio Hueñivales entre el año 2003 y 2008.....	203
Cuadro 40. Cambio en la condición del predio Hueñivales entre el año 2003 y 2008.....	204
Cuadro 41. Tipos de cauces hídricos, su régimen y longitud, presentes en Hueñivales al año 2008.....	207
Cuadro 42. Longitud de distintos tipos de tecnoestructuras presentes en el predio, año 2008.....	209

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Superficies de distrito-sitio presentes en el caso de estudio y su representatividad expresada en porcentaje del total.....	91
Gráfico 2. Relación entre cobertura vegetal (COBE03) y su superficie en porcentaje según distrito (DIST), año 2003.....	95
Gráfico 3. Cambio en la cobertura en superficie (ha) según distritos, en predio Hueñivales, entre 1900 (COBE_1900) y 1950 (COBE 1950).....	118
Gráfico 4. Cambio en la cobertura en superficie (ha) según distritos, en predio Hueñivales, entre 1950 (COBE 1950) y 2003 (COBE03).....	123
Gráfico 5. Porcentaje de cobertura según estrata, para las áreas de muestreo forestal en distintas localidades de la cuenca del río Cautín.....	137
Gráfico 6. Estimación del estado de la sucesión ecológica en que se encuentran las distintas unidades de estudio.....	137
Gráfico 7. Distribución mensual de materia seca (m.s.) de una pradera natural fertilizada. Ton m.s./ha. Precordillera andina de la IX región. Cunco.....	139

Gráfico 8. Porcentaje de especies decrecientes, crecientes e invasoras.	140
Gráfico 9. Condición de la regeneración según niveles de sombra.....	148
Gráfico 10. Prendimiento de plantaciones según niveles de sombra	148
Gráfico 11. Condición de la regeneración según calidad de hábitat	148
Gráfico 12. Prendimiento de plantaciones según calidad de hábitat	148
Gráfico 13. Condición de la regeneración en presencia de aradura.	149
Gráfico 14. Prendimiento de plantaciones s en presencia de aradura.	149
Gráfico 15. Relación entre cobertura vegetal (COBE_2008) y su superficie en porcentaje según distrito (DIST), año 2008.	202
Gráfico 16. Cambio de tipo de cobertura (%) en predio Hueñivales entre el año 2003 (COBE03) y 2008 (COBE_08).	203

ÍNDICE DE CARTAS

Carta 1. Cuenca del río Imperial y sus afluentes entre ellos el río Cautín.....	85
Carta 2. Esquicio o límites del predio Hueñivales.	88
Carta 3. Carta tipos de códigos ecológicos de distrito sitio, predio Hueñivales.....	92
Carta 4. Tipos de cobertura vegetal presentes en el predio en el año 2003.....	97
Carta 5. Hidroestructura presente en Hueñivales, en el año 2003	105
Carta 6. Tecnoestructura acumulada en el predio Hueñivales entre los años 1950-2003	109
Carta 7. Zonificación de espacios prediales para el predio Hueñivales en el año 2003	112
Carta 8: Carta de cobertura vegetal del predio Hueñivales año 1900	125
Carta 9: Carta de cobertura vegetal del predio Hueñivales año 1950	126
Carta 10. Áreas donde se evaluó el proceso de restauración de los bosques.	145
Carta 11. Zonificación de espacios prediales para el predio Hueñivales en el año 2008.....	158
Carta 12. Tipos de cobertura vegetal presentes en el predio en el año 2008.....	205
Carta 13. Condición del predio Hueñivales en el año 2003	206
Carta 14. Hidroestructura presente en Hueñivales, en el año 2008.....	208
Carta 15. Tecnoestructura ubicadas en el casco predial.	209
Carta 16. Tecnoestructura presente en el predio Hueñivales en el año 2008	210

1 INTRODUCCIÓN

Con anterioridad a la presencia del hombre desarrollado no existían territorios ni paisajes antropizados, sino que escenarios naturales con procesos de sucesión ecológica y evolución natural de las especies y procesos sistemogénicos donde las sucesiones ecológicas conducen al ecosistema hacia estados más desarrollados y complejos. La simplificación de estos sistemas por parte del ser humano con fines silvoagropecuarios, artificializando los ecosistemas sin tener en cuenta la capacidad sustentadora, vulnerabilidad y sustentabilidad, ha conducido a la degradación y posterior abandono de los territorios rurales, debido a la falta de oportunidades de trabajo y calidad de vida.

La apertura de tierras en la precordillera de la Araucanía, descrito como selva impenetrable hasta mediados del siglo XIX (Verniory, 2001; Peri, 1989), lo ha transformado en un paisaje cultural con evidentes signos de deterioro ambiental, presentándose en amplias zonas un acelerado proceso de desertificación y agonía. Esto se manifiesta en la degradación de los suelos; la pérdida del potencial productivo de los recursos naturales; la deforestación, sobrepastoreo y abandono de predios; la fuerte migración campo-ciudad por falta de empleo y oportunidades; los desequilibrios territoriales; etc. (Montalba *et al.* 2005; Montalba y Carrasco, 2003; Altieri y Rojas, 1999).

La restauración predial surge entonces como la opción en un momento en que la apertura de tierras continúa siendo que aún hay zonas en estado de abandono.

Los problemas del agro y los recursos naturales en general tienen que resolverse dentro del ecosistema que les corresponde, no existen soluciones apropiadas a todos los ecosistemas, para cada caso debe hacerse un análisis por separado y crear soluciones adecuadas a la problemática de este, analizándoles desde la perspectiva de la ecología y las ciencias silvoagropecuarias

El concepto de operador y la metodología clínica permiten un enfoque de resolución para esta problemática de restauración de ecosistemas entregando un método de diagnóstico y tratamiento de las enfermedades ecosistémicas prediales, incorporando a la solución de estas el ordenamiento territorial, la ecología de paisajes y la ingeniería rural.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“La restauración del equilibrio en paisajes degradados, requiere identificar y estudiar los principales procesos naturales de organización del paisaje y las técnicas de artificialización, que permitan estimular la génesis del sistema”.

1.2 HIPÓTESIS

“La sinergia entre operadores de artificialización y los procesos naturales de organización de ecosistemas prediales, permite direccional la restauración del equilibrio en paisajes degradados”.

1.3 OBJETIVOS

- Determinar los principales procesos naturales de organización del paisaje.
- Identificar los parámetros que caracterizan un paisaje degradado y las acciones que lo provocaron.
- Determinar el rol de la ecología de paisajes y la planificación y diseño predial en la restauración de paisajes degradados.
- Incorporar las bases de la metodología clínica al tratamiento de paisajes degradados.
- Identificar, plantear y describir los procesos de restauración del ecosistema y su comportamiento al aplicar herramientas de artificialización en el sistema.
- Determinar una metodología de restauración de predios degradados.

2 BASES TEÓRICAS.

2.1 PREDIO, TERRITORIO, PAISAJE Y ECOSISTEMA

El predio puede ser definido como “una unidad organizada de toma de decisiones, un espacio de recursos naturales renovables, conectados interiormente y limitados exteriormente, cuyo fin es hacer agricultura” (Ruthenberg, 1980; Nava, Armijo y Gastó, 1996). La función del predio (P) está dado por:

$$P = f (S, \Sigma, \phi, \sigma_a)$$

Donde:

S: Espacio-tiempo, $L^3 \times T$ (longitud³ × tiempo)

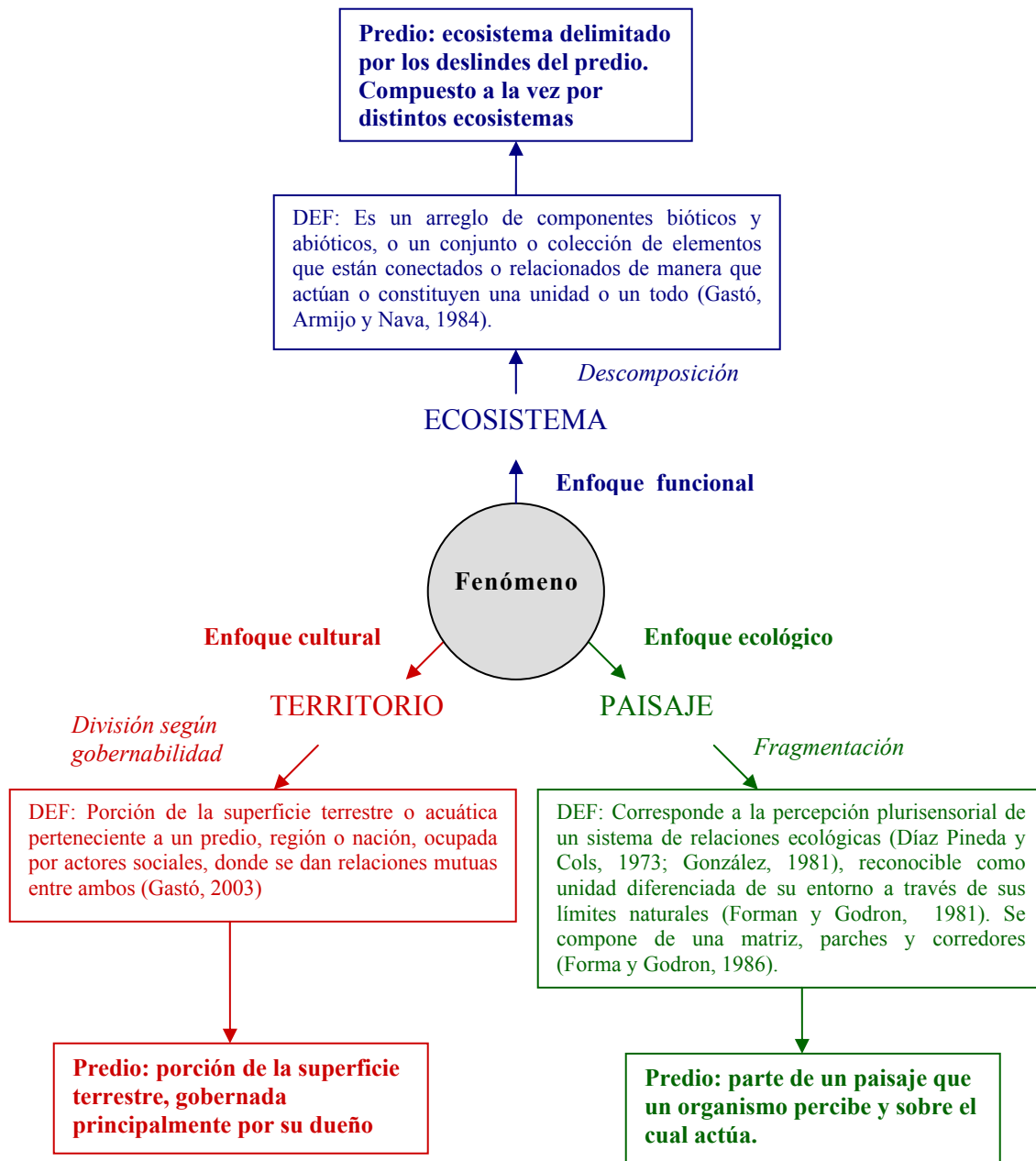
Σ : Unidades espacio-temporales de recursos naturales renovables, tales como división de un campo de cultivo, o un potrero.

ϕ : Flujo inter o intra de masa, energía o información.

σ_a : Respuesta o output como función de la artificialización.

De esta función se desprende que el predio es un área acotada, legal o consuetudinariamente, lo cual incluye un espacio y posición y un tiempo dado, es decir, que puede ser representado temporal y geográficamente. El recurso natural está dado por la naturaleza contenida en el espacio acotado del predio, el cual ha sido apropiado por el agricultor y sobre el cual ejerce un dominio y control. La naturaleza apropiada, sobre la cual ejerce el dominio, puede ser utilizada y transformada por quien tome las decisiones de artificialización (Gastó, Rodrigo y Aránguiz, 2002).

Para un mismo fenómeno, en este caso el predio, pueden existir distintas imágenes (Figura 1). Las imágenes ecosistema, territorio y paisaje representan el mismo fenómeno pero desde perspectivas distintas. En el primer caso se enfatizan las características del sistema predial en un enfoque funcional del fenómeno, permite descomponerlo en componentes y sus relaciones. En el segundo caso el enfoque es cultural y diferencia el fenómeno según su gobernabilidad. El tercer enfoque es ecológico y el fenómeno es fragmentado en estructuras (matriz, parches y corredores) en base a la percepción sensorial. Aunque en los tres casos el entorno influye en el predio, sólo en el último caso es muy difícil diferenciar el predio de su entorno (Vieli, 2005).



Modificado de Vieli, 2005.

Figura 1: Tres imágenes distintas para un mismo fenómeno

Administrativamente, el predio se organiza para su gestión en unidades espacio-temporales conectadas entre sí a través del flujo de masa, energía e información, lo cual implica la existencia de conductos que permitan este transporte y unifiquen al sistema en un conjunto holístico. La respuesta global del sistema, es la resultante del proceso (Gastó, Rodrigo y Aránguiz, 2002).

2.1.1 Territorio

El territorio es definido por Pinchemel (1985, citado por Gatica, 2002) como una extensión de tierra dependiente de un estado, ciudad, villa, o de una jurisdicción determinada. Es, según Gatica (2002), no sólo la tierra en sí misma, sino que es ésta en relación con la sociedad y los elementos que en ella se albergan. En este caso los lindes prediales serían los límites de esta jurisdicción, sobre el cual toma las decisiones el dueño de este. Como resultado de la acción del hombre como actor social, el territorio se organiza y ordena en un área organizada previamente en forma natural. De esta forma, según el grado de artificialización del ecosistema se generan espacios urbanos, rurales y naturales quedando, en el proceso, algunos espacios vacíos (Gastó *et al*, 2005). El territorio es el único enfoque que necesariamente involucra la gobernabilidad del hombre. Este enfoque es importante para administrar y gestionar el territorio en forma planificada, lo cual implica también asignar los usos del territorio (Gastó, Gálvez, Guzmán y Retamal, 2002).

2.1.2 Paisaje

Paisaje se define como el entorno que un individuo utiliza y percibe o como la interfaz entre un organismo y su entorno (Varela, 1999). El paisaje representa la proyección geográfica de un ecosistema (Farina, 2000). Un paisaje consiste en un mosaico de dos o mas ecosistemas que intercambian organismos, energía, agua y nutrientes (SER, 2004).

Observando el predio a través de los principios de la “ecología del paisaje”, ésta clasifica los elementos de cualquier paisaje en parches, matrices y corredores (Forman y Godron, 1986) (Figura 2). La matriz de fondo constituye el elemento más extenso o envolvente del paisaje. En general, ocupa un área extensa y sus bordes cóncavos encierran los elementos del paisaje. Es el ecosistema de fondo o del tipo de uso del suelo en el territorio, caracterizado por una extensa cobertura, alta conectividad y/o mayor control sobre la dinámica.

Los parches se definen como una superficie no lineal que difiere en apariencia con respecto a su entorno y son diversos en cuanto a su tamaño, forma, heterogeneidad y características de sus bordes. Las características más importantes son su superficie y sus bordes: el área ocupada por ellos influencia su funcionamiento; por otro lado, el borde es el que le da la forma al parche teniendo gran importancia con respecto al cumplimiento de sus funciones.

Los corredores son una franja de un tipo particular que defiere desde la tierra adyacente en ambos lados. Están representados por cercos, canales de agua, tendidos eléctricos o cualquier otro elemento que permita conexión, barrera, fluidez y/o comunicación de los distintos elementos presentes en un predio.

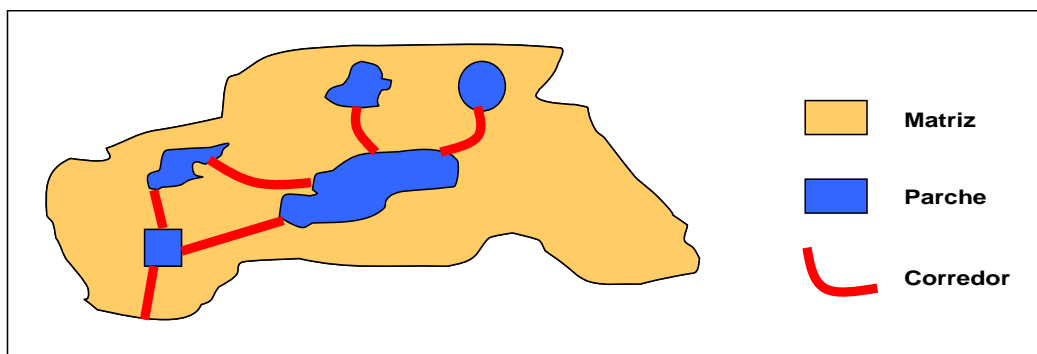


Figura 2. Esquema de la descomposición del paisaje en parches, matriz y corredores

Cualquier paisaje predial está constituido por estos tres elementos, una matriz de fondo, de praderas o cultivos con corredores y parches de vegetación nativa; o una matriz de vegetación nativa con parches de producción y corredores que conectan estos.

Un paisaje o ecosistema natural es aquel que se desarrolla mediante procesos naturales y que se organiza y mantiene por si solo. Un paisaje o ecosistema cultural es aquel que se ha desarrollado bajo la influencia conjunta de los procesos naturales y la organización impuesta por el hombre (SER, 2004). El paisaje cultural surge gradualmente como una expresión de las actuaciones de la sociedad humana articulada con su tecnología (Gastó, Vieli y Vera, 2006).

2.1.3 Ecosistema

El sistema ecológico o ecosistema es la unidad funcional y estructural de la naturaleza. El ecosistema, es un arreglo de componentes bióticos y abióticos, o un conjunto de elementos relacionados de manera que actúan y constituyen una unidad. En cualquier sistema dinámico una relación significa transporte de materia energía e información. (Nava *et al*, 1996). Un ecosistema consta de la biota (flora, fauna y microorganismos) que existe en una zona determinada, el ambiente que la sostiene y las interacciones entre estos (SER, 2004).

El predio puede ser interpretado como un ecosistema delimitado por los deslindes del predio, donde los componentes bióticos y abióticos se encuentran conectados de tal manera que

constituyen una unidad o todo. El ecosistema predial a la vez, se encuentra constituido por distintos ecosistemas, como praderas, cultivos y áreas naturales.

El ámbito donde ocurre la agricultura es la naturaleza, representado por los diferentes ecosistemas que se encuentran en cada lugar. Lo que es normal tiene que referirse en cada ecosistema en relación con sus limitantes y potencialidades. El clima, geofoma, suelo, cubierta animal y vegetal, son las variables que describen los niveles de referencia del sistema con el fin de determinar eventualmente lo que es normal (Gastó, Guerrero y Vicente, 2002).

El ecosistema–origen se define como la unidad ecológica básica, cuya complejidad es el producto de la integración de cinco subsistemas: biogeoestructura, o recurso natural propiamente tal; socioestructura, que corresponde al hombre organizado en estructuras sociales, culturales y políticas definidas; tecnoestructura, que deriva de la transformación de los elementos naturales bióticos y abióticos a través de la tecnología; entorno, representado por el ambiente externo al sistema y que influye necesariamente sobre éste; y, sistemas externos incidentes, que son todos aquellos vinculados a un sistema dado a través del flujo de materia, energía e información. De este modo, el ámbito en el que se hace agricultura en un espacio geográfico dado, no sólo incluye al tipo de naturaleza presente, sino también al efecto histórico de las metas y acciones humanas (Gastó, 1983).

2.2 ORGANIZACIÓN DEL ECOSISTEMA. CAMBIOS DE ESTADO Y SISTEMOGENESIS.

2.2.1 Estado y Cambio de Estado

Según Nava *et al*, el ecosistema consta de dos atributos fundamentales que definen su estado. Uno de ellos es el aspecto anátomo-morfológico o apariencia física, es decir, el que representa los aspectos tangibles o relativos a la forma y se denomina *arquitectura*. El otro es el transporte y transformación de la materia, energía e información y corresponde a la fisiología del ecosistema, lo cual se conoce como *funcionamiento*. La ecología ha sido definida como la arquitectura y funcionamiento de la naturaleza (Odum, 1972)

En general es factible caracterizar a un ecosistema, E, en términos de triplete $(\varepsilon, \beta, \rho)$ dado en las ecuaciones:

$$\begin{aligned}\rho &= \rho(\varepsilon, \beta) \\ \beta &= \beta(\varepsilon, \Lambda), \frac{\delta\Lambda}{\delta T} = M(\Lambda, \varepsilon, t) \\ \Lambda &= \Lambda(\eta, \sigma), \sigma = \sigma(\eta)\end{aligned}$$

Estas ecuaciones generales determinan el estado de un sistema en términos de:

- Su estímulo, ε .
- El comportamiento, β .

Su arquitectura, Λ , determinada por su arreglo topológico σ , de las diversas estructuras del ecosistema predial, siendo, por lo tanto la parte estática espacial.

El número y dimensión de los componentes η .

$M(\Lambda, \varepsilon, t)$ es la función morfogénica, es decir, de cambio simultaneo en la arquitectura y en el estímulo.

Cuando el comportamiento de un sistema depende no solo de los valores instantáneos de los estímulos, sino de algunas facetas de su historia, la respuesta que se produce por un mismo estímulo tiene por lo general, múltiples valores. La respuesta (ρ) dada por:

$$\rho = f(\varepsilon, \Lambda)$$

Depende del estímulo ε y de la arquitectura Λ , siendo ésta la que contiene la información de sus estados anteriores y, por lo mismo, influye tanto en su estado actual como futuro. En cierta medida, la función de arquitectura contiene la memoria del sistema que se refleja en las modificaciones morfogénicas, tanto internas como externas (Nava, Armijo y Gastó, 1996). Estas alteraciones se pueden agrupar en términos generales, en:

1. Cambios topológicos estructurales o de arquitectura, tanto en número y tamaño como en las relaciones de afectación e interacción vistas como grafos dirigidos dentro de los componentes (Bertalanffy, 1968)
2. Capacidad para ingerir estímulos o cambios en el funcionamiento, lo cual representa una medida del conjunto de estímulos admisibles, capacidad de transformación de estímulos y capacidad de conducción y almacenamiento.

Las estructuras son las partes en que se descompone la arquitectura de un ecosistema predial. Las categorías de estructuras son las siguientes:

- Biogeoestructura;
- Tecnoestructura; y
- Socioestructura.

Dentro de la biogeoestructura se tiene, a manera de ejemplo, los bosques, praderas, tierras, aire, agua, ganado, lomeríos y matorrales, entre otros. Algunos elementos de la tecnoestructura son las bodegas, corrales, maquinaria, caminos, viviendas y teléfonos, entre otros. En el último caso se tiene al hombre organizado social, laboral y culturalmente. Para términos prácticos, dada la importancia del agua en el ecosistema predial, se toma a los elementos hídricos como una nueva categoría la hidroestructura, esta comprende todos los recursos relacionados con el agua, recurso vital en el ecosistema predial, entre estos están, quebradas, embalses, ríos, lagunas, canales, combas de agua etc., situaciones que pertenecen a la biogeoestructura y tecnoestructura, pero dada la importancia agrícola y para el desarrollo de cualquier otra actividad humana son categoría diferente.

El funcionamiento de un ecosistema, que se encuentra en determinado estado, implica necesariamente un cambio de arquitectura, que se produce por aumento o disminución en el contenido de materia, energía o información. Al proceso ordenado de los cambios de arquitectura se le denomina sistemogénesis (Locker, 1973). Los cambios en la arquitectura están acompañados de cambios en el comportamiento y funcionamiento ecosistémico (Nava, Armijo y Gastó, 1996). El modelo arquitectónico diseñado para cada biotopo particular puede hacerse funcionar a diversas intensidades de acuerdo a los objetivos perseguidos.

Las relaciones existentes entre la biocenosis, parte biótica del ecosistema, y el ecotopo, la parte abiótica, determina la evolución de éste. Esto ocurre al interactuar dinámicamente y progresivamente, a través del traspaso de información, materia y energía, pasando de ecosistemas en estado de mayor madurez llegando finalmente a un equilibrio dinámico llamado clímax. Esta evolución es llamada sucesión ecológica, o sistemogénesis (Gastó, 1979)

2.2.2 Sistemogénesis

La sistemogénesis es el proceso natural mediante el cual el ecosistema de un lugar determinado y en un instante dado se modifica endógenamente en forma organizada, gradual y direccional en todos sus componentes hasta alcanzar un estado de equilibrio en su arquitectura y funcionamiento. Este proceso establece una relación ecosistémica circular de causa efecto entre ecotopo y biocenosis. El desarrollo cada vez más avanzado de la biocenosis hace que un mismo territorio sea ocupado por comunidades diferentes que se reemplazan (sucesión) hasta alcanzar una etapa de madurez o clímax. En el proceso sucesional, algunas poblaciones constantemente invaden, y otras desaparecen. La diferencia entre ambas define la diversidad de la biocenosis. Cada etapa sucesional provoca modificaciones en el ambiente que a su vez inducen a un nuevo cambio en la composición de especies (Gastó *et al.* 2005). La sucesión es el proceso de sustitución de especies que sucede al desarrollarse un ecosistema (Moral, Walter y Bakker, 2007), es el proceso mediante el cual un ecosistema de un lugar determinado y en un momento dado se modifica gradual, direccional e internamente en el tiempo, en todos sus componentes hasta alcanzar un estado de equilibrio funcional y arquitectónico con el medio (Gastó, 1980). De esta manera, la sucesión consiste en cambios que se extienden sobre decenios, siglos o milenios y que se superponen a fluctuaciones y ritmos más breves (Erlwein y Gastó, 2002; Margalef, 1974). La sistemogénesis considera los procesos de cambio de estímulos que operan simultáneamente con la arquitectura propia en cada instante, y los cambios morfogénicos, esto es, los cambios relativos a la arquitectura del ecosistema, considerándolos como un proceso ordenado y cuyo resultado es consecuencia del estado y funcionamiento anteriores (Nava, Armijo y Gastó, 1996).

El proceso natural de cambio de ecosistema, se denomina singenética, y corresponde a un caso del proceso sistemogénico, que se inicia en los primeros niveles de organización de la materia. Los cambios naturales del ecosistema están regidos por dos principios generales (Gastó, 1983):

- Principio de la conservación de la energía, y
- Segunda ley de la termodinámica.

El principio de conservación de la energía, establece en términos generales que la energía total de un proceso se conserva. Desde un punto de vista termodinámico, según Bertalanffy (1968), los sistemas abiertos pueden mantenerse en un estado de alta improbabilidad de orden

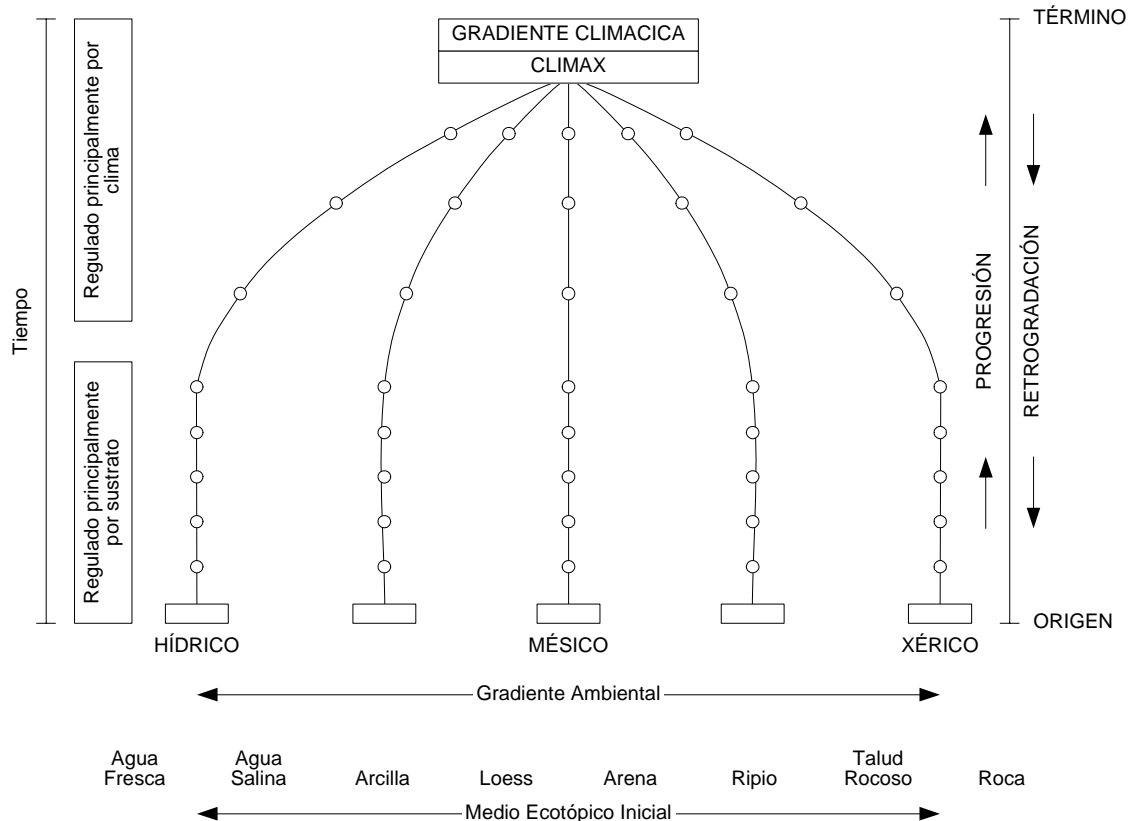
y estructuración de arreglos topológicos organizados. De acuerdo con la segunda ley de la termodinámica un proceso natural que se inicia en un estado de equilibrio y concluye en otro estado se orienta en la dirección que provoca que la entropía del sistema más la del medio se incremente.

Desde el punto de vista de su origen las sucesiones pueden agruparse en primarias y secundarias. Las sucesiones primarias o priseres son aquellas que se originan en estratos relativamente no intemperizados, en áreas desprovistas de vegetación. Las sucesiones secundarias o subseres se originan en áreas cubiertas de biocenosis donde esta fue destruida o transformada. Estas requieren un tiempo mucho menor para alcanzar el equilibrio debido a que presentan condiciones favorables para el desarrollo de la biocenosis.

En las etapas iniciales de la sucesión, la productividad bruta ($+\Delta\Lambda$) del sistema es generalmente mayor que el costo de mantención de la arquitectura ($-\Delta\Lambda'$), con lo cual la diferencia es mayor que cero ($\delta\Lambda > 0$). Esta diferencia ($\delta\Lambda$) aumenta gradualmente hasta una etapa intermedia en que alcanza su máximo, para luego comenzar a disminuir hasta alcanzar valores que fluctúan alrededor del cero. En forma natural, por razones termodinámicas, esta situación de equilibrio natural entre ingresos y egresos de energía y materia se prolongan indefinidamente, lo cual se denomina clímax. En el caso de un equilibrio provocado antrópicamente, se trata de un disclímax.

Naturalmente, la dirección del proceso sucesional va orientada hacia estados de mayor organización, hasta llegar al clímax. Esto se conoce como progresión. En oposición, si la dirección de cambio es la opuesta, es decir, del clímax a las etapas iniciales, se habla de retrogradación (Gastó, 1980). En el clímax, que usualmente corresponde a un bosque, las diversas poblaciones están estabilizadas. El ecosistema tenderá al mismo estado de clímax, regulado en su etapa final principalmente por el clima, independiente de si la etapa inicial es un medio xérico, méxico o hídrico (Gastó *et al.* 2005; Gastó 1980) (Figura 5).

En el ecosistema la arquitectura puede ser considerada como una unidad susceptible de almacenar y entregar materia, energía e información. Por lo tanto el ecosistema debe caracterizarse por manifestar una capacidad de almacenamiento, una eficiencia de conservación de la carga, un costo de almacenamiento y una tasa de carga (Q) y descarga (Gastó, 1983).



Fuente: Gastó, 1980

Figura 5: Esquema de las sucesiones primarias progresivas y retrogresivas

El cambio de estado del ecosistema es un proceso continuo y cíclico que consta fundamentalmente de dos etapas, una de carga y otra de descarga. El proceso de carga consiste en la adición de ciertos estímulos ϵ en forma de energía, materia e información y en una proporción determinada. Esta se divide en dos partes la construcción del arreglo topológico o de acumulación de la carga y la segunda etapa corresponde al proceso de crecimiento del sistema, en el cual se incrementa la carga del sistema. La descarga corresponde a la fracción de la respuesta del sistema que se retira o cosecha. (Gastó, 1983)

En un sistema en equilibrio, la magnitud de los vectores estímulo y respuesta es idéntica, aunque de signo contrario, pero con diversas proporciones entre sus componentes (Gastó, 1983)

El costo de mantención de la arquitectura ($-\Delta\Lambda'$) se incrementa a través de la cosecha que no es otra cosa que la reducción del arreglo topológico de la arquitectura. La suma del costo de mantención y de cosecha, representan el costo total de operación del ecosistema. De igual manera, cuando este valor es menor, mayor o igual que el de la productividad bruta se

generan procesos de progresión, retrogradación o de equilibrio, respectivamente. En general se tiene que si:

$\delta\Lambda > 0 \rightarrow$ Progresión

$\delta\Lambda < 0 \rightarrow$ Retrogradación

$\delta\Lambda = 0 \rightarrow$ Clímax o equilibrio (Disclímax si es de origen antrópico)

La comprensión de las sucesiones ecológicas proporciona las bases para resolver el conflicto del hombre con la naturaleza (Odum, 1969 citado por Gastó, 1980). Por lo tanto cualquier estudio de transformación de ecosistemas debe considerar:

- El estado del ecosistema y su momento en el proceso de sucesión ecológica, definido a través de su arquitectura y funcionamiento
- El cambio de estado.

El estudio singenético de los ecosistemas naturales cambiados parcialmente o destruidos bajo la acción del hombre, permite predecir la tendencia de las transformaciones internas del sistema. Bajo la acción del hombre el sistema puede estar mejorando o empeorando, la tasa de cambio puede ser elevada o baja, la composición taxonómica puede ser adecuada o inadecuada. Las recomendaciones de tratamientos antropogénicos consideran un análisis singenético de la unidad en estudio y de su potencialidad de transformación.

Los ecosistemas agrícolas o ganaderos son considerados desde un punto de vista estructural y singenético más jóvenes que los ecosistemas naturales, los cuales pueden ser considerados como maduros. La mayor diferencia entre éstos es que los sistemas jóvenes maximizan producción, crecimiento y cantidad, en tanto que los maduros lo hacen con protección, estabilidad y calidad (Odum, 1972 citado por Gastó, 1980)

2.3 AGRICULTURA. TRANSFORMACIÓN Y DEGRADACIÓN DE PAISAJES.

Con anterioridad a la presencia del hombre desarrollado, no existían territorios ni paisajes antropizados, sino que escenarios naturales con procesos de sucesión ecológica y evolución natural de las especies y procesos sistemogénicos, donde las sucesiones ecológicas conducen al ecosistema hacia estados más desarrollados y complejos (Gastó, Vieli y Vera, 2006). Las actividades antrópicas siempre tienen un efecto sobre el medio, ya sea por la extracción de recursos, territorio utilizado o los residuos que se generen.

La agricultura surge como un mecanismo generalizado de actuación que permite transformar la naturaleza como paisaje primitivo en paisaje cultural. La agricultura es una tecnología que articula la relación sociedad-naturaleza; surge en diversos lugares y acontece en épocas relativamente recientes, hace diez mil años atrás. Es así como el hombre se lanza a la utilización de hábitats y nichos ecológicos que previamente no utilizaba (Mann, 2005), y con ello se inicia la apertura de la *Silva* para transformarla en *Ager* (González, 1981). De esta forma se da origen a una cultura particular que relaciona al hombre con la naturaleza y determina la transformación de ésta por él. Cada sociedad opta por diferentes modalidades de transformación y ordenamiento del territorio acorde a su historia, su tecnología, su entorno y su período evolutivo (Gastó, Vieli y Vera, 2006).

La agricultura, definida *sensu lato* como el proceso de artificialización de la naturaleza (Gastó *et al.* 1984; Lawes, 1847), puede llevarse a cabo sobre cualquier ecosistema; ya sea natural, urbano, rural o abandonado. La respuesta global del sistema frente a la artificialización es la resultante del proceso. La agricultura (A), puede ser definida operacionalmente como "el proceso de artificialización de la naturaleza". Simbólicamente se tiene que está dada por:

$$A = f(\Pi_a / \Pi_n : \Sigma_i \rightarrow \Sigma_j)$$

con $a_j > a_i$, donde:

Π_a : conjunto operadores de artificialización

Σ_n : ecosistema en estado n

a_n : nivel de artificialización de la naturaleza para el estado n

Todo proceso de transformación de la naturaleza afecta, necesariamente, al ecosistema al extraer algunos de sus componentes necesarios para su normal funcionamiento (Pointing 1992).

El output del ecosistema es una función del input y de su potencial dado por su arquitectura dado por el input (ϵ), output (ρ), comportamiento (β) y arquitectura (Λ). tal como (Figura 2):

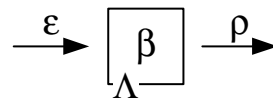
$$\rho = f(\epsilon, \beta)$$

Donde:

ρ : output del ecosistema;

ϵ : input;

β : comportamiento del ecosistema, que a su vez es función de la arquitectura del ecosistema.



Fuente: Nava, Armijo y Gastó, 1979

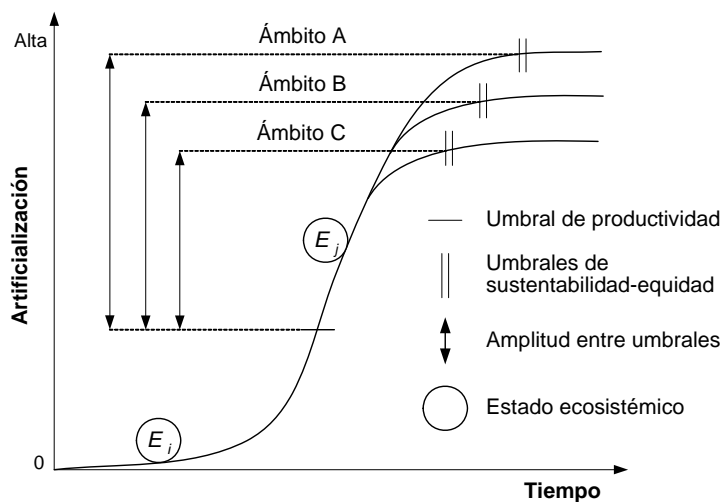
Figura 3. Modelo homomórfico de un ecosistema

Los agrosistemas sucesionales son aquellos que están en cualquier etapa sucesional ajena al clímax en un sentido policlimácico o en cualquier otra de las etapas sucesionales interrumpidas temporalmente. Ellas, sin embargo, permanecen estables en forma inducida y son mantenidas temporalmente por factores controlables que representan desequilibrio. El otro grupo de agrosistemas se halla representado por unidades en equilibrio, interpretado aquí en el sentido mas amplio de la palabra que significa cualquier estado de estabilidad, sea natural o inducido por modificación temporal de algún o algunos de los factores ambientales que, en condiciones naturales, ejerza una distinta magnitud de la intensidad biológica sobre los elementos que constituyen el bioma antropogénico. Esta etapa de equilibrio sucesional no natural, que se alcanza inducido por modificaciones antropogénicas, es el llamado “Disclímax sucesional” (Gastó, 1980).

Cuando el hombre crea la agricultura, se destruye el clímax, eliminando toda la información biocenósica y dejando solo el suelo desnudo y su información. Aparece entonces la subsere o sucesión secundaria (Poblete, 2005). Las sucesiones secundarias resultan como consecuencias de la perturbación del complejo; son más rápidas que las priseres y pueden ser manipuladas al manejar la biocenosis, produciendo resultados deseables en un periodo razonable de tiempo. Cuando los cambios son tan extremos como para destruir la integridad del complejo por

erosión acelerada u otras causas, el término sucesión ya no es apropiado y se emplea lo que se conoce como cambios destructivos (Gastó, 1980).

En la actividad agrícola se combinan tres componentes básicos: un ámbito u ecosistema-origen, cuya imagen o modelo es el ecosistema; metas antrópicas, expresadas en una cierta calidad y cantidad de productos canalizables hacia el hombre, y las acciones de artificialización correspondientes. La diversidad de estados alternativos posibles de alcanzar en un ámbito dado, depende de la amplitud entre el umbral de productividad (nivel de artificialización por debajo del cual la actividad no es rentable) y el umbral de sustentabilidad–equidad (nivel de artificialización por encima del cual se compromete la sustentabilidad del ámbito y/o la equidad de la actividad) (Figura 4). Cuanto menor es la amplitud entre umbrales, mayor es la vulnerabilidad del sistema. A partir del universo de ámbitos susceptibles de artificialización, es posible definir un gradiente desde ámbitos que permiten un número infinito de estados alternativos con diferentes niveles de artificialización ($0\% < \text{artificialización} < 100\%$) hasta ámbitos que sólo admiten la preservación del estado natural (artificialización = 0 %) (Gastó, Vélez y D’Angelo, 2002). La dimensión ecosistémica afecta la vulnerabilidad a través del grado de estabilidad del ámbito, mientras la dimensión antrópica lo hace al definir las metas y acciones productivas. A partir de esto, se deduce que tanto el grado de artificialización como la vulnerabilidad dependen de cada ámbito. Por ejemplo, zonas de mayores pendientes, como lo son los distritos cerranos y montanos van a ser más vulnerables y soportan menor grado de artificialización del sistema.



Fuente: Gastó, Vélez y D’Angelo, 2002.

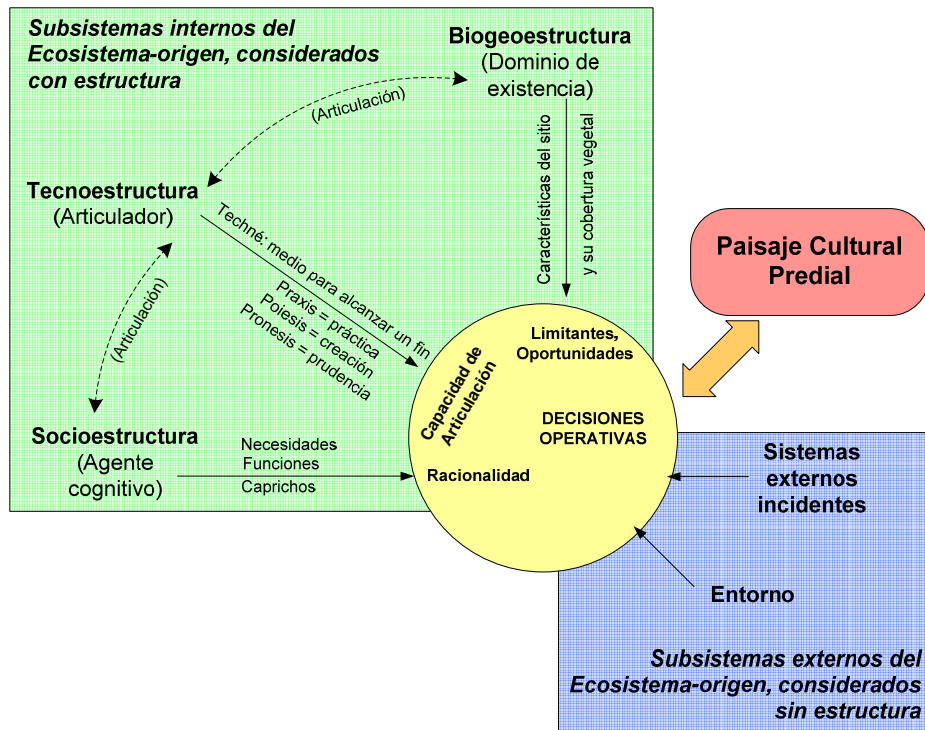
Figura 4. Variaciones en el grado de artificialización en tres ámbitos distintos

La acción perturbadora desarrollada al artificializar un ecosistema agrícola, que inicialmente se encuentra en un estado E_i , debe analizarse en el contexto de su degradación real o potencial (enfermedad ecosistémica o efecto ambiental negativo). Este cambio de estado del sistema en un ámbito dado (artificialización), afecta a la cosecha sostenida del sistema (productividad), a la equidad y a la sustentabilidad. La distancia que existe entre el estado óptimo E_0 y, el estado final E_j , es la enfermedad ecosistémica, o impacto negativo. Por otra parte, la vulnerabilidad es la probabilidad de que el sistema pase desde E_0 a E_k al aplicar cierta acción (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

2.3.1 Transformación. Formación de paisajes culturales.

En el territorio rural la agricultura genera un paisaje cultural resultante de la actuación del hombre con o sin una intención definida, generando en cada caso un paisaje diseñado o residual respectivamente. En este sentido hacer agricultura no es solo producir bienes y servicios en territorio rural, sino que también es generar un paisaje ecológicamente sostenible y socialmente aceptable, donde sea posible una buena calidad de vida para el hombre (Gastó, Vieli y Vera, 2006).

La biogeoestructura es el componente natural de los ecosistemas-origen de la biosfera terráquea (Figura 5). La unidad natural de biogeoestructura es la cuenca, donde se integran los componentes de materia, energía e información, en un sistema dinámico, formando unidades definidas de ocupación del espacio, dando origen a un paisaje.



Modificado: Vera 2008

Figura 5: Emergencia del paisaje cultural a partir de la integración de los subsistemas del ecosistema-origen

La organización administrativa de la cuenca está dada por el o los predios que le componen. La socioestructura, está dada principalmente por la organización predial que interactúa con la biogeoestructura propia del sector donde se localiza el predio. La tecnoestructura está en buena medida interactuando con ambos y el desarrollo de ésta requiere la aplicación de cierta tecnología, que no es otra cosa que el dominio del hombre sobre la materia para cambiarle su forma y funcionamiento, de manera de darle utilidad. El entorno y los sistemas incidentes corresponden a sus conexiones con el medio y sistemas externos. A partir de la actuación sobre el paisaje predial da como un resultado un paisaje cultural predial, que es el reflejo de las decisiones operativas del propietario sobre este territorio

La actuación del hombre en un territorio rural puede generar como consecuencia cinco tipos de atributos de paisajes culturales (Magel, 2001; Van Mansvelt & Stobbelaar, 1995):

- Paisaje armónico: se genera cuando existe coherencia entre la sociedad, su cultura y las condiciones naturales.
- Paisaje estresado: ocurre cuando la intensidad de uso del territorio es mayor a su capacidad receptiva. Esta presión constante deteriora el paisaje.

- Paisaje agonizante: ocurre cuando está en un estado de avanzado deterioro, continúa deteriorándose y no tiene una capacidad endógena de recuperación.
- Paisaje cimarrón: es un paisaje que originalmente fue artificializado y luego de su abandono tiende a regresar a su estado natural.
- Paisaje relictual: es el paisaje que conserva el ecosistema original y se inserta dentro de un entorno de paisaje cultural.

Los paisajes agonizantes, estresados y cimarrones deben ser el objetivo de acción del hombre, estos poseen el potencial de ser restaurados a su estado original o rehabilitados como nuevos ecosistemas. La restauración de predios degradados, es parte de las metas futuras de la agricultura, ya que cada vez se dispone de menor cantidad de tierras para satisfacer las necesidades del hombre y del resto de las especies.

2.3.2 Degradación de paisajes

El antagonismo entre las metas humanas y aquello que, con cierta licencia, se denomina “*metas de la naturaleza*”, es una de las causas primarias de los problemas ambientales importantes que afectan al hombre contemporáneo tales como pérdida de biodiversidad y diferentes formas de contaminación y deterioro ambiental (D’Angelo, 2002a). Las consecuencias negativas de este dualismo entre el hombre y la naturaleza se manifiestan en las más diversas escalas espacio–temporales, incluyendo la propia del predio agropecuario. En efecto, fenómenos tales como la erosión y pérdida de fertilidad de los suelos, desaparición de los controles naturales de las poblaciones–plagas, generación de efectos indeseables sobre la calidad del agua y el aire, diferentes formas de ruptura con el paisaje (Meews *et al.*, 1988), son algunas de las resultantes negativas de este fenómeno (D’Angelo, 2002a).

En el largo plazo, la agricultura de alto input, aparentemente daña al medio ambiente y reduce su productividad potencial. Se ha demostrado que daña al suelo, reduciendo la estabilidad de los agregados, aumentando el riesgo de erosión y deteriorando el drenaje interno (MAFF, 1970 citado por Gastó, Guerrero y Vicente, 2002). En algunos casos, la agricultura de alto input aumenta la salinidad, reduce la fertilidad, hace difícil el manejo de suelo, e inhibe los rendimientos y flexibilidad de las labores (Gastó, Guerrero y Vicente, 2002),

Es frecuente que el estado del ecosistema sea el resultado de la cosecha, casi siempre descontrolada, del ecosistema original. Después de un periodo prolongado de explotación, el

resultado puede ser la retrogradación del ecosistema natural y su transformación en estados inferiores, que a menudo, se caracterizan por la dominancia de especies invasoras indeseables y por la destrucción del ecotopo (Nava, Armijo y Gastó, 1996).

El concepto de degradación es relativo. En principio se trata de situaciones insatisfactorias desde el punto de vista de la ecología, el paisaje o el uso del suelo, que podría venir indicada por la ausencia de vegetación donde debería haberla, por un uso inadecuado del suelo, es decir, discordante con la capacidad de acogida del territorio o superposición y desorden de actividades, por la explotación de recursos naturales renovables por encima de su tasa de renovación, por la presencia de procesos erosivos activos, por la alteración negativa de otros elementos y procesos del medio, por la presencia de contaminantes de diverso tipo, incluida la contaminación visual, etc. (Gómez-Orea, 2007). La degradación se definirá como el retroceso de un sistema a un estado de menor evolución, es decir, con menor complejidad y una mayor vulnerabilidad (Ramírez, 2002).

Las transformaciones silvoagropecuarias en pro del mejoramiento de la productividad sacrifican algunos de los atributos más valiosos de los ecosistemas. En sistemas antropogénicos de cultivos, la simbiosis interna y la conservación de nutrientes se reduce, al igual que la estabilidad y la información (Gastó, 1980)

Las enfermedades ecosistémicas expresan un cierto grado de deterioro ecosistémico, considerando al nivel de las estructuras y súper estructuras propias de la materia organizada en la biosfera, donde el hombre evolucionó y se desenvuelve. La acepción que se da al término enfermedad ecológica es la de un estado ecosistémico distinto de su estado óptimo, considerando un criterio antrópico de armonía y estabilidad entre el hombre organizado y su medio (Gastó, 1983).

La armonía o balance ecosistémico puede ser definido como una conveniente proporción entre los elementos del ecosistema en un estado dado (Gastó, 1983). Los ecosistemas no cumplen con este principio cuando sus atributos de funcionamiento o almacenamiento de materia, energía e información, no están bien balanceados, provocando un desbarajuste en el estado y funcionamiento del ecosistema.

La enfermedad ecosistémica es un estado diferente del óptimo, dado por el espacio de solución establecido por la combinación ideal de productividad, equidad y sustentabilidad de

un ámbito y de las condiciones dadas por el cambio global. Es un efecto negativo provocado por acciones antrópicas, actividades, o por enfermedades naturales, que localiza al estado alejado de su espacio de solución (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

Se puede definir como predio degradado aquellos en que los cambios de estado, debido a la artificialización del sistema, han llevado al incumplimiento de los principios de la sustentabilidad. Estos predios, en general se encuentran con zonas de alta vulnerabilidad y presentan el riesgo de contraer una o más enfermedades ecosistemas prediales debido a una errónea estrategia de aplicación de los operadores de artificialización, sin considerar la sustentabilidad predial a través de tiempo.

En la medida que se intensifica el uso o la ocupación de las áreas de mayor riesgo, mayores son las probabilidades de desestabilización del sistema y de causar daños. El riesgo de contraer una determinada enfermedad ecosistémica está dado por:

Riesgo = f (probabilidad de ocurrencia del evento natural, probabilidad de ocurrencia de la acción antrópica, probabilidad de generación de un efecto).

El concepto de salud ecosistémico debe considerar esta armonía entre y dentro de cada uno de los subsistemas que integran el ecosistema origen (Gastó, 1983).

2.3.3 Enfermedades ecosistémicas y prediales

1.1.1.1 Biogeoestructura

Erosión. Enfermedad que afecta al suelo, destruyendo su estructura y horizontes; como consecuencia el suelo deja de funcionar, sus atributos productivos se deterioran. El mecanismo desencadenador puede centrarse en la sobreutilización del recurso, originada en el exceso de demanda y presión desde la socioestructura (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

Desertificación. El empobrecimiento de los ecosistemas de regiones áridas y subhúmedas por efecto combinado del impacto de las actividades del hombre sobre la biogeoestructura y de la sequía. El mecanismo que desencadena el proceso es la devastación en la demanda y cosecha excesiva por parte de la socioestructura. La etapa final del proceso, en su grado más avanzado, corresponde a un desierto generado por la acción del hombre o *Agri deserti* (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

Retrogradación de la sucesión. Se produce una retrogradación en la sucesión ecológica dada para un ecosistema en particular. Cuando un ecosistema se encuentra bajo condiciones catastróficas por un periodo de tiempo largo (décadas o siglos), las seres primarias y secundarias sufren un proceso de retrogresión del ecosistema (Wardle y Peltzer, 2007). Las perturbaciones resultan en la aceleración hacia un estado anterior de la sucesión. (Walker y Reddell, 2007). Existen dos categorías diferentes de retrogradación de la sucesión, una natural y otra inducida por el ser humano, esta surge debido al sobrepastoreo, incendios o minería.(Hobbs, Jentsch y Temperton, 2007).

Incremento de pestes. Tales como insectos plagas, ácaros, vertebrados; microorganismos como hongos, bacterias y virus, como consecuencia de la desarmonización del ecosistema, debido principalmente a la devastación de algunos elementos que constituyen mecanismos cibernéticos de control (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

Aridez. Incremento agudo de la aridez ecosistémica, generado por la reducción de la capacidad de infiltración de las precipitaciones y una reducción de la eficiencia hídrica, debido principalmente, a la reducción o eliminación del tapiz vegetal y al deterioro de la estructura de los horizontes edáficos (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

Esterilización. La productividad de la fitocenosis se reduce agudamente debido a la aridización originada en la devastación de la fitocenosis y roturación excesiva del suelo (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

Desecamiento. Los arroyos, quebradas y vertientes se secan debido a la reducción del escurrimiento profundo de las precipitaciones registradas en las cuencas de captación (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

Simplificación. La cosecha indiscriminada de algunos componentes del ecosistema reduce su complejidad y, por ende, su diversidad biológica y ecológica y la estabilidad del ecosistema (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002). La diversidad biológica, de especies vegetales o animales que componen el ecosistema, disminuye, debido a la reducción o pérdida de hábitat.

Enmalezamiento. Invasión de especies vegetales de inferior calidad, debido al deterioro de la cubierta vegetal por la sobreutilización o la influencia de los cultivos (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

Salinización. Proceso que ocurre debido a la acumulación de sales provenientes de las aguas de riego y los procesos pedogénicos. Este proceso puede ser controlado en mediante el de manejo del suelo y de los cultivos, realizando lavados del suelo y de los cultivos y, la aplicación de enmiendas.

Fragmentación de hábitat. Es la transformación de espacios continuos de hábitats en parches más pequeños (Dale *et al*, 2000). Es la fractura de un territorio unitario en parcelas más pequeñas. Esta puede ser resultado de las dinámicas de uso de la tierra por parte del hombre, como la agricultura, silvicultura, construcción de caminos, etc. así como por la acción de fenómenos naturales como incendios, inundaciones y derrumbes.

Silencio. Es la falta de sonidos propios de la naturaleza tal como el susurro del viento, el del agua al caer en forma de lluvia o fluir en los ríos, lagos o mar y el cantar de las aves (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

1.1.1.2 Tecnoestructura

Gigantización. Estructuras tecnológicas excesivas en relación con el sitio y la posición y tamaño de la cuenca y la organización del espacio como medio ambiente humano (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

Miniaturización. Estructuras tecnológicas insignificantes en relación con la posición y tamaño de la cuenca y la organización del espacio urbano como medioambiente humano, lo cual se representa en la falta de cercos, corrales, represas y otras estructuras (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

Desubicación. Es la ubicación de estructuras fuera de lugar, tal como muy cerca, muy lejos, muy alta o muy baja, en relación con otros elementos de referencia donde se localiza el observador o el receptor (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

Degradación. Estado en que una o mas estructuras prediales se encuentran en una condición en que éstas no permiten cumplir su función de la manera óptima.

Ausencia. Ausencia de una o más estructuras necesarias para el cumplimiento óptimo de las metas prediales.

Ruido. Es cualquier sonido indeseable tal como voceadores callejeros, ladridos de perros, bocinas de vehículos, motores sin silenciador y música estridente (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

Contaminación visual. Es la presencia de estructuras, colores, formas o de mensajes indeseables en las paredes y lugares no adecuados (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002). La estructura puede que cumpla con sus metas de funcionalidad, pero no logra un estado estético adecuado a las pretensiones de la sociedad y el dueño.

Cementación. Cobertura de extensas superficies de tierra y vegetación por capas de asfalto, edificios, carreteras u otros que sumergen la biosfera bajo un tapiz inerte que inhibe su expresión ecológica natural (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

1.1.1.3 Socioestructura

Tensiones. El incremento de las probabilidades de fracaso o riesgo de los individuos o de la población, genera tensiones psíquicas que afectan la socioestructura e inciden consecuentemente en la tecnoestructura y artificialización de la biogeoeestructura (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

Pérdida de condiciones de ocio y recreación. El desarrollo de la biogeoeestructura, tecnoestructura y socioestructura genera condiciones adversas para la recreación o el ocio de la población. La escasez de espacios naturales adecuados para la recreación dificulta las opciones espacio–temporales de recreación y ocio (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

Consumismo. Necesidad exagerada de bienes, lo cual genera una demanda excesiva de elementos provenientes de la biogeoeestructura. Está estrechamente relacionado con otras enfermedades de la socioestructura (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

Despoblamiento. Ausencia de asentamientos donde el ecosistema presenta condiciones favorables a la receptividad poblacional, o donde se requiere población para desarrollar el ecosistema (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002). La ausencia de trabajo, alimento, sociabilidad o servicios básicos es lo que gatilla la migración, en busca de nuevas oportunidades. La pérdida de las condiciones que generen el sustento o una calidad de vida necesaria para la habitabilidad de los territorios provoca la migración de los habitantes hacia nuevos territorios.

1.1.1.4 Espacios

Hacinamiento. Concentración excesiva de la población en algunos lugares (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

Atascamientos. Falta de movilidad en el traslado de la población desde un espacio a otro (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

Fragmentación del espacio. Muros artificiales de separación entre las personas o grupos periurbanos, tales como: rejas, tapias, pircas, puertas, calles y otras, que producen divisiones artificiales o al ser mal hechas dividen inconvenientemente el espacio (Wilcore, 1987; Harris y Silva-López, 1992).

2.4 METODOLOGÍA CLÍNICA APLICADA A LA RESTAURACIÓN PREDIAL.

El siguiente capítulo se basa en los estudios de transformación del ecosistemas realizados por Nava, Armijo y Gastó, publicados en el texto titulado *“Ecosistema, la unidad de la naturaleza y el hombre”*.

Metodología clínica es la construcción de un procedimiento general que define la secuencia y características de las etapas a seguir en el estudio de ecosistemas y de la transformación de su estado original a otro más conveniente

En el manejo de los recursos naturales se requiere una metodología general que permita al investigador resolver los cuatro problemas principales del ecosistema.

1. Definir los tipos y niveles de estímulos que recibe el ecosistema y la respuesta que se desee observar.
2. Poner de manifiesto el conjunto de variables de estado y los flujos de información pertinentes, mediante experimentos sucesivos, para reducir la variabilidad de las respuestas del sistema.
3. Romper el código de la información al establecer las relaciones dicotómicas necesarias y las reglas de asignación de entrada y salida o funciones de comportamiento nodal.
4. Construir el algoritmo y el modelo homomórfico del ecosistema.

El concepto de clínica se utiliza en su acepción médica y se define como el examen y tratamiento de pacientes. El paciente puede ser el hombre u otras especies pero, en la ciencia de los recursos naturales, el paciente es el ecosistema. Se le califica como enfermo cuando su arquitectura, funcionamiento o su tasa de cambio de estado no se ajustan a una situación normal o ideal

Nava *et al*, considera que hay tres aspectos relacionados con los conceptos lógicos inherentes al tema:

1. El acervo de conocimientos clínicos.
2. Los signos y los síntomas presentados por el paciente.
3. El diagnóstico clínico.

El aspecto lógico del diagnóstico médico consiste en determinar la enfermedad, f , tal que si se conoce el acervo del conocimiento acumulado, C , y si el paciente presenta síntomas, G , se sabe que tiene enfermedad, f . Si lo anterior se expresa en lenguaje simbólico se tiene la fórmula fundamental del diagnóstico médico:

$$C \longrightarrow (G \longrightarrow f)$$

El problema del diagnóstico se puede enunciar como: “cuál enfermedad del conjunto de enfermedades es más probable que tenga el paciente”.

El comportamiento de un ecosistema es tan complejo que es necesario estudiarlo como una caja negra a partir de sus elementos objetivos de juicio, que son el estímulo y la respuesta (Nava, Armijo y Gastó, 1996).

Esta metodología se basa en seis etapas fundamentales: examen, diagnóstico, tratamiento, estrategia, ejecución y comprobación.

El planteamiento de la metodología clínica se origina bajo la siguiente hipótesis: “existe un estado óptimo, que solo se puede definir con algún criterio antrópico y se puede orientar al proceso de Sistemogénesis hacia el estado óptimo definido. La metodología clínica propuesta permite determinar, en cierto nivel de resolución, el estado óptimo inicial del ecosistema y establecer la ruta hacia el óptimo propuesto.

2.4.1 Proceso de diagnóstico predial.

Este se define como el conjunto de signos que fijan el carácter de una enfermedad. Para hacer el diagnóstico se sigue la siguiente secuencia. En su primera fase se efectúa un examen completo, donde se incluye la reseña del paciente, su historia clínica y el análisis de la información proporcionada por la anamnesis (Nava, Armijo y Gastó, 1996).

1.1.1.5 Examen

El examen clínico del ecosistema se define como el estudio, observación y medición de signos con los cuales, después de su análisis, se puede inferir sobre algunas características de la arquitectura y funcionamiento.

El primer paso dentro del examen clínico es llenar una ficha donde se anotan los antecedentes generales del paciente, se registran aspectos generales sobre fisiografía, clima, fisionomía de fitocenosis y zoocenosis, e historia de uso del ecosistema. El segundo paso se denomina *anamnesis* y corresponde al conjunto de antecedentes del paciente. El objetivo de ésta es reunir la mayor cantidad de información y signos que permitan proporcionar los antecedentes necesarios para efectuar un diagnóstico (Nava, Armijo y Gastó, 1996).

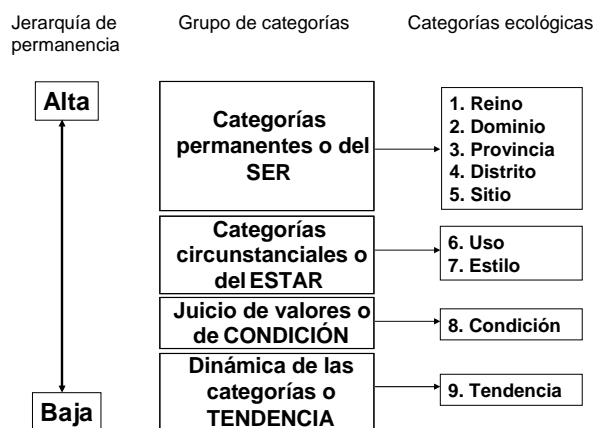
Los *signos* se definen como atributos que pueden percibirse con los sentidos, instrumentos, o equipo de laboratorio y que se pueden diferenciar por sus características físicas. Los signos como tales no tienen ninguna interpretación per se y solo la tienen cuando se transforman en síntomas, después de someterlos a un proceso de análisis y comparación con otros signos o patrones idealizados. *Síntoma* se define como un fenómeno o efecto propio de una enfermedad y es por lo tanto, un indicador o señal de un fenómeno o causa que vaya a suceder o que esté sucediendo.

Del ecosistema se puede obtener un número infinito de signos o señales, los que contienen la información para definir el óptimo del ecosistema. Los signos más valiosos y que contienen mayor información para el ecosistema son en general, los más alejados del valor establecido para el óptimo.

Para realizar los procesos de examen del estado del predio en cuestión, es recomendable utilizar el “*Sistema de Clasificación de Ecorregiones y Determinación de Sitio y Condición*” propuesta por Gastó, Cosío y Panario en 1993. Esta metodología proporciona una eficiente

forma de reunir, ordenar y valorar la información necesaria para determinar el diagnóstico predial.

Este sistema de clasificación se basa en una jerarquía de permanencia para ordenar la información territorial, desde la mayor a la menor permanencia. En base a esto se definen una serie de categorías, estas son las del ser, estar, condición y tendencia. Para cada una de estas existe una serie de categorías ecológicas, las cuales a su vez también se encuentran jerarquizadas (figura 6).



Fuente: Gastó, Cosío y Panario, 1993.

Figura 6. Categorías del sistema de clasificación de ecorregiones y determinación de sitio y condición

Las categorías del “ser” son aquellas mas permanentes en el sistema, primeramente ésta engloba las categorías climáticas de Köppen correspondientes a reino, dominio y provincia. Continuando con el nivel de permanencia en la jerarquía, se definen las condiciones geomorfológicas del territorio a través de las pendientes clasificándolas en las categorías ecológicas de distritos. Por último se encuentra la categoría edafoambiental del sitio, determinada por la textura, profundidad e hidromorfismo de los suelos que componen el ecosistema en estudio.

Las categorías del “estar” corresponden a estados circunstanciales del sistema, estos se dividen en uso y estilo, la primera contempla el propósito antrópico de uso del territorio y la segunda el grado de artificialización según los estilos de agricultura.

Finalmente se encuentran las categorías de la condición y tendencia, estas corresponden a un juicio de valor hecho por el o los evaluadores, respecto al estado real con el ideal.

El nivel de resolución de una determinada categoría, tiene una escala cartográfica en que puede ser representada la ubicación y delimitación espacial o geográfica de las unidades taxonómicas, y toda la información que contenga, factible de representar en una carta (Gastó, Cosío y Panario, 1993).

Tal es el caso del componente edafoambiental, que se agrupa como “sitio”, e integra a todos aquellos sustratos que pueden producir o soportar vegetación de similar cualidad y magnitud (Gastó, Cosío, Panario, 1993). La relación de varios a uno se puede representar en la siguiente forma (Figura 7), a través del análisis de características fenomenológicas pertinentes del sustrato edáfico de un sitio cualquiera:

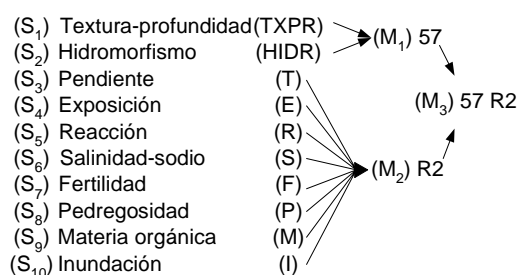


Figura 7. Modelo Homórfico.

Al aplicar el sistema de clasificación de ecorregiones se logra elaborar cartas politémicas de la información actual y relacionarlas con bases de datos alfanuméricas que representan y caracterizan homomórficamente el sitio y la condición. El conjunto de estas categorías ecológicas proporcionan la información suficiente como para realizar un algoritmo de diagnóstico inicial y determinar si es que se requieren exámenes específicos en ciertas áreas. Estos estudios en ocasiones son requeridos para determinar con mayor precisión la condición y tendencia de una unidad territorial, y su posible tratamiento para llegar a un estado deseado.

Una vez realizado el examen del ecosistema se conocen las variables de estado, las cuales se pueden clasificar en dos subconjuntos: las variables de estado de arquitectura o signos endógenos, y el otro abarca las variables de estado de funcionamiento o signos exógenos.

1.1.1.6 Diagnóstico

Como parte del proceso de diagnóstico, luego del examen, se evalúa la importancia relativa de los diversos signos y síntomas y se clasifican de acuerdo a su jerarquía. En seguida se hace un diagnóstico diferencial, en que se comparan los síntomas del paciente con una lista de enfermedades y se eliminan aquellas que no correspondan a los síntomas del paciente. Por

último, se emite el fallo en el cual se indica la o las enfermedades localizadas o si todavía se tienen dudas o se está a la espera de mayor información. Esta etapa comprende dos procesos fundamentales:

- Ordenamiento de la información.
- Valoración de la información.

Para estar en condiciones de realizar un diagnóstico acertado es necesario que se cumplan los siguientes requisitos:

- Que recuente con un volumen de información pertinente y específica para el ecosistema en estudio.
- Que se conozcan las unidades homomórficas que regulan el comportamiento del ecosistema.

En una primera etapa la información recabada en el proceso de examen debe ordenarse y almacenarse de modo que pueda utilizarse en el proceso de diagnóstico. De este modo, el análisis de la información ordenada permite, en algunos casos, hacer diagnósticos acertados. En caso contrario, es necesario, efectuar el diagnóstico con base en la valoración de la información (Nava, Armijo y Gastó, 1996).

Una vez representado el ecosistema homomórficamente, para obtener una respuesta dada, es posible utilizar dos estrategias de tratamiento diferentes:

- Hacer variar la función de arquitectura Λ
- Hacer variar los estímulos ε

Un paso intermedio entre el diagnóstico y el tratamiento es la prognosis pretratamiento, que se define como la predicción del curso probable de una enfermedad, si es que el tratamiento no se lleva a cabo. En el sistema de clasificación de ecorregiones esto en cierta medida se expresa en la categoría ecológica llamada “tendencia”.

El diagnóstico se puede considerar como una caja negra, en donde los signos provenientes del examen, correspondientes al estímulo, se conjugan con los conocimientos del profesional y

fijan el comportamiento del sistema de diagnóstico. La hipótesis de diagnóstico emitida, corresponde a la respuesta del sistema. Las leyes de la lógica y de las ciencias de los recursos naturales deben estar dentro de esta caja negra, las cuales son los elementos con que debe construirse el algoritmo que permita resolver el problema metodológico clínico que se haya planteado. Por lo tanto para emitir un diagnóstico, es necesario construir un modelo homomórfico para poder conjugar estímulos y algoritmos que sean susceptibles de resolverse cuantitativamente a través de la aplicación de funciones matemáticas (Nava, Armijo y Gastó, 1996).

2.4.2 Tratamiento. Operadores de transformación.

Es el sistema o método que se emplea para curar un enfermo. El tratamiento debe tener como meta la transformación del ecosistema hasta alcanzar el grado normal u óptimo.

Antes de proceder a tomar decisiones definitivas de transformación de ecosistemas, debe estudiarse cuidadosamente las siguientes interrogantes: ¿Es necesario hacer transformaciones? ¿Dónde hacer las transformaciones? ¿Cuándo transformar el ecosistema? ¿Cómo ejecutar el proceso? y ¿Qué elementos transformar? Para responder estas preguntas primero hay que definir el estado inicial del ecosistema y los procesos naturales de organización de éste. Para lo cual es necesario primero caracterizar el ecosistema y luego diagnosticar su estado.

El cambio de estado de un ecosistema es la modificación en el tiempo de cualquiera de las variables de estado. Para que un cambio de estado ocurra es necesario aplicar un operador funcional. Una operación funcional es una transformación que se lleva a cabo en un espacio cuyos elementos son funciones (Kolmogorov, 1970). Conceptualmente, los ecosistemas se definen dentro de un espacio de estado, en el cual cada estado es, en sí, una función que depende del estímulo, del comportamiento y de la respuesta en un tiempo determinado.

En general se puede decir que si $E_i(t_i)$ es el estado inicial del sistemas y $E_k(t_k)$ el estado final, el cambio de estado de $E_i \rightarrow E_k$ requiere de la aplicación de un operador funcional π_{ik}^ℓ definido para la ruta ℓ . La ruta de transformación ℓ se define como el conjunto de estrategias e_m utilizadas en la transformación. En esta forma se tiene:

$$E_i \xrightarrow{\pi_{ik}^\ell} E_k$$

Lo anterior debe asegurar que la enfermedad f tiende a desaparecer conforme E_i se aproxima al estado óptimo E_o puesto que:

$$C \longrightarrow (G \longrightarrow f)$$

Al hacer $f \longrightarrow 0$, lo anterior implica que $G \longrightarrow 0$. Ahora bien, si $f \longrightarrow 0$, indica que desaparece la enfermedad (f') y por ende los síntomas (G'), representándose así:

$$C \longrightarrow (f' \longrightarrow G')$$

Los estímulos implican la aplicación de un trabajo, ya que corresponden a la suma de materia energía e información que se agregan al sistema. La dependencia del operador funcional $\pi_{ik} \ell$ con respecto a los estímulos, implica la existencia de una función ω_{ik} que mide la cantidad de trabajo requerido para lograr la transformación. El término trabajo se utiliza bajo la acepción de energía generalizada e incluye la energía requerida para su transformación y aplicación. Este trabajo se puede cuantificar en unidades de energía, empleadas en la transformación ecosistémica que se expresan en joules, ergios, calorías o en cualquier otra unidad energética (Pimentel et al, 1973).

La transformación de un estado del ecosistema en otro, es en sí un proceso probabilístico, que precisa tomar en cuenta la probabilidad que hay de efectuar el cambio. Lo anterior motiva la siguiente definición: sea P_{ik} la probabilidad de llegar de un estado E_i a un estado E_k a través de una ruta con la aplicación de n operador funcional $\pi_{ik} \ell$, esta probabilidad estadística está dada por:

$$P_{ik} = P(\Delta E_{ik}, \pi_{ik} \ell) = \frac{N(E_i)}{N(E_k)} \text{ para } \pi_{ik} \ell$$

Donde:

ΔE_{ik} : El cambio de estado producido con $\pi_{ik} \ell$

$N(E_k)$: El número de casos en el cual se llega al estado k , a través de la aplicación de $\pi_{ik} \ell$.

$N(E_i)$: el número de casos en que se llega al estado j cualquiera incluyendo al estado k meta.

En general el operador ecosistémico $\pi_{ik} \ell$ (Figura 8) que permite transformar de E_i a E_k , está dado por una relación R_e tal que:

$$\pi_{ik}^{\ell} = R_e(\omega_{ij}, t_{ik}, P_{ik})$$

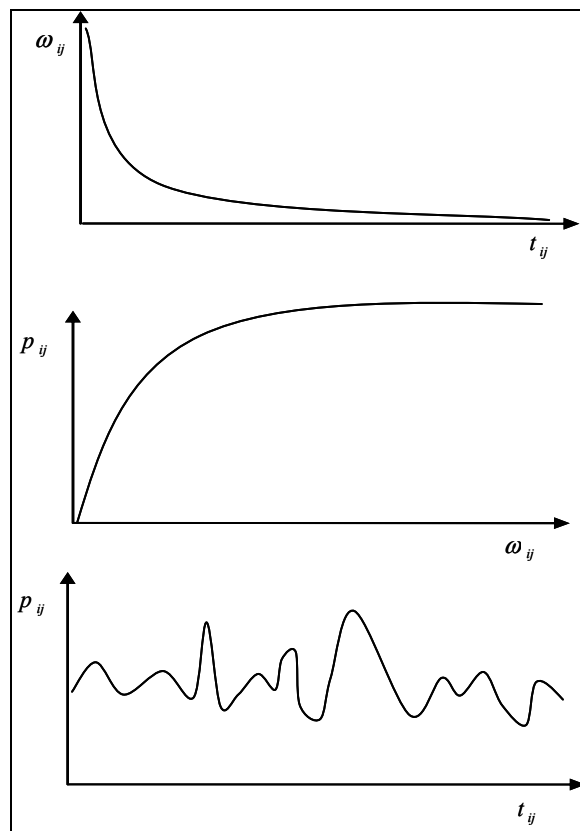
Donde:

ω_{ij} : Trabajo requerido para transformar el ecosistema desde el estado i al k .

t_{ik} : Tiempo para efectuar el estado i al k .

p_{ik} : Probabilidad de efectuar la transformación desde el estado i al k

p^{ℓ} Relación entre ω_{ij} , t_{ik} y P_{ik} al seguir una ruta ℓ y pasar del estado i al k



Fuente: Nava, Armijo y Gastó, 1996

Figura 8: Relaciones paramétricas hipotéticas entre ω_{ij} , t_{ik} y P_{ik}

En la Figura 8, en el primer gráfico se aprecia que a mayor trabajo (ω) menor es el tiempo (t) requerido. En el segundo gráfico, a mayor trabajo a mayor trabajo una mayor probabilidad de éxito de transformación. A la vez en el tercero se ve que la probabilidad (P) no depende del tiempo.

Un operador funcional es por lo tanto, el estímulo que debe aplicarse a un ecosistema en un estado E_i para transformarse en un estado E_k , en un tiempo t_{ik} , con cierta probabilidad P_{ik} , de éxito de transformación y con cierto trabajo ω_{ij} .

Los mejores ambientes bióticos ofrecen mayores probabilidades de éxito en la edificación de la nueva arquitectura. Los primeros ecosistemas que se elijan para ser transformados deben ser aquellos con suelos profundos, con atributos físicos adecuados, fértiles y de buena calidad; y que corresponden a los ambientes más favorables. El crecimiento de las especies invasoras puede ser utilizado como indicador del potencial abiótico del medio. Las disponibilidades hídricas son importantes para predecir el éxito del establecimiento (Gastó, 1983).

El ecosistema tiende a un estado de equilibrio en el cual se equiparan las fuerzas de integración de las categorías y niveles con las de degradación. Este mecanismo representa el aspecto de control del ecosistema, el cual debe ser estudiado en base a los fundamentos cibernéticos. El funcionamiento del ecosistema pone de manifiesto los procesos generales de control de la transformación de los niveles y categorías del complejo, formando de procesos de integración y degradación. Este proceso al operar en el tiempo va generando en forma continua y discontinua una nueva arquitectura y comportamiento (Thom, 1975, citado por Gastó, 1983).

De la dilucidación de la sistemogénesis o génesis del estado ecosistémico, es factible plantear los siguientes problemas:

1. Determinación de la arquitectura que produzca el comportamiento deseado para un estímulo dado, y
2. Provocar una génesis de la arquitectura que permita alcanzar el estado requerido para producir el comportamiento deseado.

Lo anterior significa que no basta con determinar el estado óptimo o meta del ecosistema, sino que es necesario establecer la génesis de transformación del mismo. Esta transformación debe permitir, a través de la aplicación de un operador funcional, el cambio de estado inicial y conducirlo en un tiempo dado al estado final probable, luego de aplicarse un trabajo (Gastó, 1983).

El planteamiento de transformación debe hacerse a través de la elaboración de algoritmos de transformación, en los cuales se expliciten las etapas analíticas de desarrollo, por lo tanto el concepto de operador funcional involucra la aplicación de cierto trabajo regido por una estrategia definida, de tal manera que provoque el cambio de estado programado. La ruta (ℓ) engloba representa de transformación, donde se designan los distintos operadores que actuarán para lograr llegar al estado E_k .

El algoritmo que se elabore para resolver el problema debe contemplar:

1. Definición del estado actual del sistema.
2. Definición del cambio de estado, incluye los respectivos operadores funcionales para lograr la transformación.

Una transición de $E_j(t)$ a $E_k(t)$ en n etapas puede ocurrir mediante diferentes rutas:

$$E_j \longrightarrow E_{j_1} \longrightarrow E_{j_2} \longrightarrow \dots \longrightarrow E_{j_{n-1}} \longrightarrow E_k$$

La probabilidad condicionada de que E_k sistema pase por esa ruta en particular, si se encuentra en el estado E_j en cierto tiempo, está dada por:

$$P_{j_1j_1} P_{j_1j_2} P_{j_2j_3} \dots P_{j_{n-1}j_n}; P_{jk}(s \cdot t) = p \{E(s) = k \mid E(t) = j\}$$

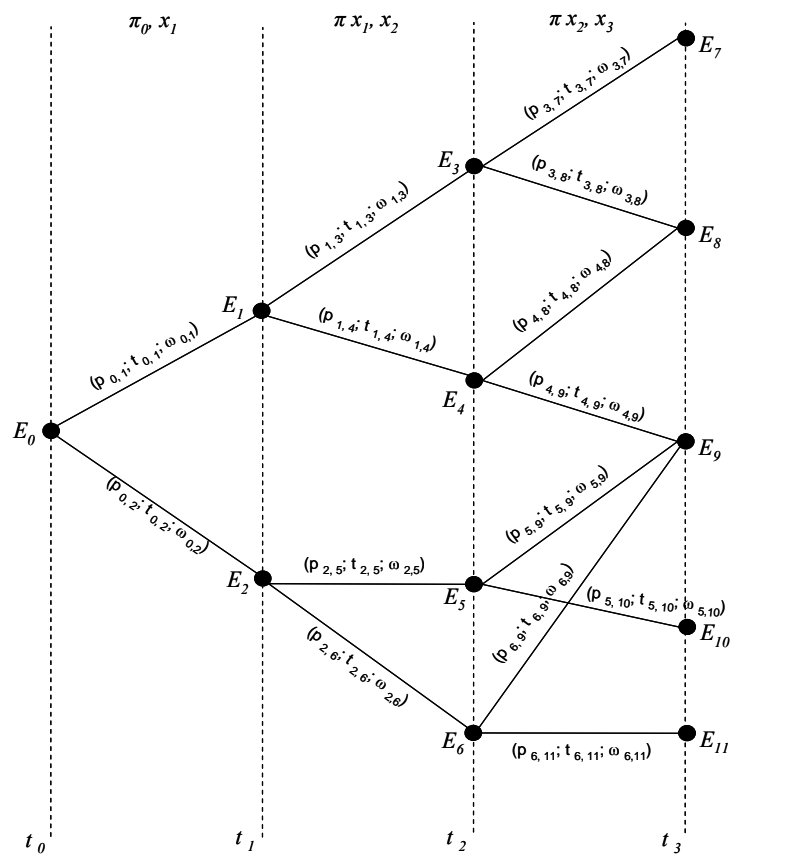
La suma de las expresiones que corresponden a todas las rutas posibles es la probabilidad, de encontrar al sistema al tiempo $t_{n,s}$ en el estado E_k dado que se encontraba en el estado E_j en cierto tiempo t . En general se tiene que:

$$P_{jk}(n, s) = \sum_j p_{ji}(b, m) p_{ik}(m, s)$$

La ecuación anterior se conoce como la ecuación de Chapman Kolmogorov (Feller, 1957; Parzen, 1960; Bharucha-Reid, 1960; Kelmeny y Snell, 1960, citados por Nava, Armijo y Gastó, 1996), para probabilidades de transición de un proceso markoviano.

La aplicación de un operador π a un ecosistema en un estado inicial E_i produce un conjunto finito de estados finales E_k , caracterizado por tener ciertos valores ω , t , p . El algoritmo de transformación debe diseñarse contemplando el conjunto de operadores susceptibles de ser aplicados, cada uno de los cuales a su vez, genera un conjunto de estados resultantes.

En la programación de algoritmos de transformación (figura 9) es necesario seleccionar, dentro del conjunto de operadores funcionales, al subconjunto ordenado de operadores y determinar las probabilidades, el trabajo y el tiempo necesarios para alcanzar el estado final óptimo. En vista de que existe necesidad de describir los procesos de cambio de estado de ecosistemas con un enfoque cuantitativo, la consideración de este tipo, o tipos, de procesos dentro del campo de la teoría de procesos estocásticos, ha requerido presentar ciertos rudimentos de la teoría de procesos de Markov.



Fuente: Nava, Armijo y Gastó, 1996.

Figura 9: Ejemplo de un algoritmo de transición probabilística del conjunto de estados E_j a través de la aplicación de operadores funcionales; $\sum_j P_{ij} = 1$ para todas las i . Representado como una cadena de Markov

Según Nava *et al*, los distintos operadores de transformación se pueden dividir en: destrucción, construcción y mantención. Los primeros son aquellos que reducen los elementos o componentes topológicos menos deseables. Los operadores de construcción son aquellos que mejoran las condiciones de los elementos y permiten el incremento de la carga de los

componentes topológicos iniciales. Se denomina operadores de mantenimiento a los que se aplican para mantener la arquitectura diseñada en un estado dado.

Llevar a cabo la modificación del estado predial, implica aplicar operadores de transformación sobre la arquitectura predial, estructura, unidades espaciales y componentes prediales, modificando su funcionamiento y por ende el resultado sobre el estado final del predio

Estos operadores de transformación pueden ser físicos (mecánicos o manuales), químicos (agroquímicos) y biológicos, los que se refieren a la acción de organismos vegetales o animales tales como parásitos, predadores o patógenos sobre otros organismos o elementos inanimados con el objeto de alterar su arreglo topológico. Para aplicarlos es necesario conocer tanto al operador como al elemento que se debe modificar y la función que define sus interrelaciones. Uno de los operadores biológicos más frecuentes es el pastoreo, que se basa en la acción selectiva del herbívoro sobre la fitocenosis y ecotopo, y resulta adecuado cuando se combinan correctamente distintas especies animales, considerando también la intensidad, circunstancias y frecuencias de utilización.

Para llevar al ecosistema desde un estado inicial (E_i) a un estado final (E_f) restaurado o rehabilitado se aplica una serie de operadores (π_n) a lo largo del tiempo (Figura 10). La gama de colores representa distintas familias de operadores: azul (operadores tecnoestructurales), verde (operadores biogeoestructurales), rojo (operadores tecnoestructurales) y amarillo (operadores espacioestructurales). Estos no necesitan ser aplicados todo el tiempo y tampoco requieren la misma intensidad de trabajo y energía, manifestados en la figura por tamaño del círculo y tono de color, tonos mas fuertes y tamaños mas grandes implican mayor intensidad. Los distintos operadores, representan acciones a lo largo del tiempo, que permiten una probabilidad de llegar a un estado deseado. Por ejemplo el operador π_1 , representa el hecho de cercar un área, acción que limita la entrada de ganado a un área en recuperación favoreciendo su regeneración. El operador π_2 , significa replantar con especies forestales el área, así el primer año implica un gran esfuerzo, pero en los años venideros, el operador se limita a solo reemplazar aquellas plantas que no tuvieron éxito. El resto de los operadores, pueden significar acciones como estabilización de laderas, creación de zanjas de infiltración, aplicación de herbicidas para control de especies invasoras, etc.

La implementación del plan de diseño predial, debe contemplar el planteamiento de restauración. Éste debe hacerse a través de la elaboración de algoritmos de transformación en los cuales se expliciten las etapas analíticas de desarrollo, esto es, qué operadores y en qué etapas éstos actuarán.

Según Nava *et al.* (1996) la transformación de las variables de estado de la arquitectura tiene dos fases. La primera corresponde al diseño y no difiere conceptualmente con respecto al diseño de otros sistemas. La segunda se refiere a la fase de implantación y ejecución, donde la naturaleza física de las variables es diferente. Para así lograr el cambio de estado del ecosistema hacia el estado deseado. El diseño de la ruta o algoritmo de aplicación de los operadores debe seguir cierta jerarquía, ya que a nivel predial primero se debe definir el estado final a nivel del paisaje predial y luego ver cómo se opera sobre los ecosistemas prediales para lograr el estado deseado. El diseño predial debe englobar por lo tanto la propuesta de diseño para un estado final a nivel de predio y a la vez, la ruta de operadores funcionales necesarios en cada ecosistema predial, de manera de llevar al predio como un todo a un estado final. Para determinar la ruta (ℓ), en el diseño de ésta no solo se aplican la ecología de ecosistemas sino también la ecología de paisajes, el ordenamiento territorial y las ciencias silvoagropecuarias.

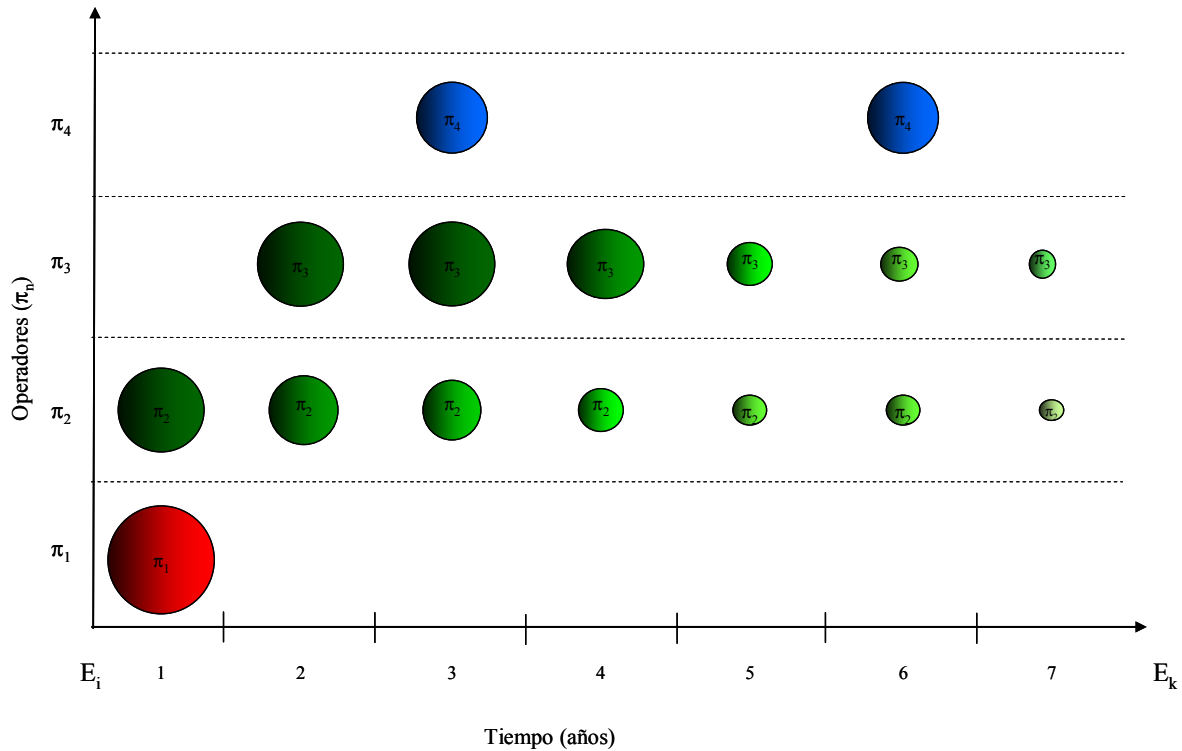


Figura 10. Operadores de restauración (π_n), aplicados a lo largo de distintos años, a distintos niveles de intensidad (tamaño y color de los círculos)

El estudio de las transformaciones debe incluir: estado original, equilibrio natural o clímax, alternativas de metas u objetivo final, causas singenéticas y estrategias de transformación, donde se incluya el esfuerzo requerido, el tiempo necesario para lograr el objetivo y probabilidad de alcanzar la meta (Gastó, 1980)

2.4.3 Estrategia

Es la ciencia y el arte de proyectar y dirigir la aplicación de un elemento, en este caso, corresponde al tratamiento recomendado. Este es el aspecto logístico de la aplicación del tratamiento. La estrategia de tratamiento se debe resolver buscando un equilibrio entre el enfoque ecológico, económico y sociológico (Nava, Armijo y Gastó, 1996). En el caso de la rehabilitación de ecosistemas prediales, se debe trabajar en conjunto con los procesos de sistemogénesis, se debe trabajar con la naturaleza no contra ella.

2.4.4 Ejecución del tratamiento.

Se evalúa la información acumulada y se aplica en el ecosistema tipo, por lo que tiene que considerar el tratamiento de acuerdo a la estrategia proyectada (Nava, Armijo y Gastó, 1996).

En base al diseño predial se ejecutan los operadores que permitan comenzar con el proceso de mejora de las enfermedades ecosistémicas y por ende, reestablecer el equilibrio del ecosistema predial.

2.4.5 Comprobación.

Se verifica el resultado de las transformaciones efectuadas en el ecosistema al comparar la ejecución del tratamiento recomendado con las predicciones establecidas en la prognosis postratamiento. Se llega a la conclusión que si los resultados de la comprobación no están de acuerdo con las predicciones, debe revisarse el examen diagnóstico, el tratamiento, la estrategia, o la ejecución, hasta lograr determinar la causa del error (Nava, Armijo y Gastó, 1996).

2.5 DISEÑO PREDIAL PARA LA RESTAURACIÓN.

2.5.1 Hiperproblema predial

Los problemas prediales son de naturaleza tan compleja que es menester adoptar una perspectiva tal que permita manejarlos de manera que sea factible llegar a la solución. Los problemas que presentan este nivel de complejidad se denominan hiperproblemas y se pueden definir de la manera siguiente: “Es una situación compleja y difusa que tiene una solución posible, pero que no puede ser resuelta en forma directa, es decir, en su estructura primitiva” (Gastó, Rodrigo y Aránguiz, 2002). Es factible representar el problema predial como un hiperproblema H_p , que se encuentra a un nivel de complejidad N ; el cual se puede transformar a través de un proceso de análisis F , en un conjunto finito de problemas específicos (P_i), que por lo tanto, se transforman en discretos (Gastó, Rodrigo y Aránguiz, 2002).

2.5.2 Planificación y diseño predial

Se puede definir como restauración predial al proceso, de diseño e implementación de los operadores de transformación que permitan reestablecer la estabilidad de las funciones ecosistémicas del predio y las condiciones de sustentabilidad predial acordes con las metas del propietario. El punto de partida es rediseñar el predio, de manera de actuar de acuerdo al potencial que posee cada ámbito, respetando los principios de vulnerabilidad y riesgo de contraer enfermedades ecosistémicas. El proceso de diseño del territorio es darle forma intencional a la materia, a la energía, a la información y a los procesos en un territorio, para

satisfacer las necesidades, las posibilidades y los deseos. Es la actividad de construir modelos con el propósito de optimizar un territorio.

La solución para la gestión y conservación de ámbitos vulnerables y degradados, se logra a través de tres argumentos fundamentales: la incorporación de la teoría del uso múltiple sustentable del territorio, la aplicación de las tecnologías disponibles y, la ordenación territorial (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

De acuerdo con Gastó *et al.* (1984), el proceso de diseño procura crear modelos con el objetivo de optimizar un fenómeno. En el contexto del sistema predial, una alternativa de diseño satisfactoria será aquella que:

- Posibilite la sustentabilidad ecológica y económica del sistema.
- Permita el logro de una adecuada calidad de vida para el ser humano individual, siendo, a la vez, socialmente aceptable.
- Exprese una concordancia estético–visual con la identidad del paisaje

El sistema predial está compuesto por distintos subsistemas para cada uno de los cuales existe una meta antrópica (Cuadro 1) que lleva a cumplir la meta final de un predio sustentable en el tiempo y que satisfaga las necesidades del dueño. La meta es el estado final más probable de un sistema, en este caso el predio, que evoluciona internamente bajo la acción de fuerzas externas. En forma natural, sin la intervención del hombre, la naturaleza evoluciona modelando su geofoma por la acción combinada de la geodinámica externa, dada fundamentalmente por la radiación solar, precipitaciones y la temperatura, y por la geodinámica interna dada por la gravedad, la tectónica y el transporte de materiales. De esta forma se generan las diversas cuencas que caracterizan la superficie de la tierra. Simultáneamente, los procesos sistemogénicos que ocurren en la cubierta terrestre van evolucionando direccionalmente hacia el estado de mayor desarrollo, representado por el clima. La naturaleza evoluciona, por lo tanto, independientemente de la acción del hombre hacia un estado-meta dado por la cuenca y una cobertura dinámica (Castro, 1998).

Cuadro 1. Metas antrópicas del sistema predial y subsistemas componentes

Sistema	Meta Antrópica
Agroproductivo	Generación sustentable de productos agropecuarios. <ul style="list-style-type: none">· Producción de alimentos y fibras de modo cuantitativa y cualitativamente apropiado.· Mantención o restauración de la capacidad de carga del ecosistema natural.· Mantención del balance entre las entradas y salidas al sistema.· Adecuado reciclaje interno del sistema.· Adecuación entre Usos y Sitios.
Natural (En el subsistema natural predomina una meta propia (no antrópica) vinculada al desarrollo de su flexibilidad adaptativa)	Facilitar el desarrollo de servicios ecosistémicos de interés humano. Desarrollo de espacios aptos para la proyección de la necesidad biofílica del hombre, conservación de ecosistemas naturales
Disipación y Asimilación	Asimilación y/o disipación de los desechos generados en el sistema predial.
Doméstico	Satisfacción de los requerimientos de hábitat acordes con una calidad de vida apropiada.
Predial	Integración de las metas parciales precedentes.

Modificado de D'Angelo, 2002b.

En el diseño predial se requiere primeramente, establecer el estado-meta que se desea alcanzar. La meta es el fin último al cual se dirigen las acciones o deseos de una persona o de un grupo de personas o de una sociedad entera. El estado final de un sistema también puede alcanzarse en forma natural o espontánea, sin que exista un proceso planificado para alcanzarlo. La representación que se haga de una finca debe ser tal, que contenga la información, modelación y estructura de base de datos que permita eventualmente determinar la meta y lograr llevar a cabo las etapas para alcanzar ese estado (Castro, 1998).

Los operadores de transformación de la naturaleza, permiten el cambio de estado entre el estado inicial y el estado meta. Estos deben actuar según la jerarquía de permanencia propuesta en esta metodología (Figura 6). El clímax constituye el “ser” del ecosistema; a las distintas etapas hasta llegar al clímax se las puede considerar el “estar”, con toda su connotación de temporalidad que el verbo implica. El ser lo dará el material parental y el clima, el estar se puede alterar mediante actuación directa (Poblete, 2005). Los operadores de transformación actúan en las categorías de menor permanencia, que son las más susceptibles al cambio, por lo que operan sobre las categorías del “estar”.

El uso y el estilo, son parte del estar y corresponden al sistema ecológico, por lo que al modificar estas categorías se administra el sistema natural. Al referirse a las categorías de condición y tendencia, se evalúa cómo se ha actuado en el ecosistema, en relación a un patrón de estado óptimo y de dirección del cambio respectivamente.

La meta que se pretende alcanzar en un predio cualquiera está dada por cuatro elementos fundamentales:

1. Las características físicas del predio, dadas por la superficie total que éste ocupa y por su receptividad tecnológica.
2. La racionalidad del propietario, dada por la percepción de sus necesidades, funciones, y caprichos.
3. La tecnología aplicada, condicionada por la receptividad tecnológica del predio y por la racionalidad del propietario.
4. La capacidad de llevar a cabo las acciones que permitan aproximarlos al estado-meta buscado.

El diseño es el proceso de generar un modelo con el fin de optimizar un fenómeno (Wymore, 1976). Para Castro (1998) luego de desarrollada la imagen o modelo del fenómeno territorial que se desea ordenar, se procede a su diseño. El diseño predial se plantea desde cuatro perspectivas diferentes, las cuales deben ser complementarias y coherentes, así:

En la primera etapa se procede a planificar la organización funcional del espacio, lo cual se hace necesario para permitir su operatividad y llevar a cabo las funciones productivas y las labores. Esto implica ordenar los espacios productivos y establecer sus conexiones viales, hídricas, eléctricas y de información. En otras palabras, el diseño o funcionalidad operativa se asienta en los diversos principios que establecen las características que se le debe dar al espacio para alcanzar determinadas metas antrópicas y a través de la articulación de la naturaleza y la sociedad por medio de la tecnología.

Este diseño está regulado por las restricciones ecológicas propias del sistema, las cuales se sobreponen a la anterior, modificándolo de manera que, además de su funcionalidad operativa se incorporen los elementos y condicionantes ecológicos que sean necesarios minimizándose los conflictos de interés entre ambos. La perspectiva ecológica incorpora sistemáticamente la integración de la naturaleza con la tecnología, formando un todo como ecosistema de tecnonaturaleza. Se incorporan en esta forma los elementos ecológicos naturales que cumplen funciones específicas en el sistema natural y combinado con lo tecnológico. Se establecen de esta forma los límites de cada uno y las condiciones que deben darse para alcanzar la armonía. En esta dimensión también se incorpora el impacto ambiental, el cual consiste en determinar y

plantear metodologías de mitigación de impacto ecológico de los elementos generados por el hombre. Su finalidad está en alcanzar la sustentabilidad del ecosistema predial aplicando métodos científicos en la cuantificación y mitigación de los impactos negativos en el ambiente.

Una tercera dimensión se relaciona con la organización del predio con fines de generar condiciones para los asentamientos humanos y el ocio. Extensos espacios rurales han quedado gradualmente despoblados al no quedar acondicionados para ser habitados o visitados. Otros en cambio, son ocupados densamente, generando condiciones de hacinamiento.

El diseño estético viene a complementar todo lo anterior. No basta con que el diseño predial sea operativo y ecológico, debe además ser hermoso. Debe buscarse una nueva armonía que incorpore restricciones y elementos de la forma, color y ubicación, que permitan alcanzar conjuntamente con los anteriores un desarrollo global del recurso, que sea armónico desde estas cuatro perspectivas. El diseño estético en algunas circunstancias puede ser conflictivo con los anteriores y en otros es complementario.

2.5.3 Principios del diseño predial

D' Angelo (1998) considera que el problema del diseño predial involucra tres niveles anidados: el paisaje (nivel contextual superior), el predio (nivel focal del problema) y los subsistemas prediales (niveles constitutivos inferiores). Según el mismo autor, los principios del diseño predial pueden discriminarse en tres grandes categorías, definidas por la escala y el nivel de abstracción del fenómeno al que se aplican:

Principios referenciales: Son los principios que se aplican al problema del diseño predial como parte del marco conceptual general en que éste se sitúa. El nivel de abstracción es el máximo posible y el fenómeno considerado es el complejo formado por un ecosistema cualquiera y su entorno. Estos principios derivan de las bases conceptuales del diseño predial expuestas anteriormente, por lo tanto en este trabajo no se referirá a ellos con mayor detalle.

Principios a escala de paisaje: Éstos se aplican al problema del diseño predial en las situaciones de flexibilidad y continuidad mencionadas antes. El fenómeno considerado es el paisaje y sus elementos componentes. En este trabajo, a nivel de paisaje se analizarán sobre todo principios y conceptos ecológicos relacionados con ellos.

Principios a escala predial: Éstos se vinculan al problema del diseño predial en sus diferentes dimensiones que son funcionalidad, impacto ambiental, asentamiento y ocio, y estética. El fenómeno considerado es el espacio predial con sus subsistemas componentes.

El paisaje es el contexto del diseño predial e impone un marco superior de restricciones (D'Angelo, 1998). Por lo tanto, en una primera etapa se deben analizar los principios ecológicos relacionados con el paisaje.

2.5.3.1 Principios ecológicos a escala de paisaje

Forman y Gordon (1986) distinguen siete principios ecológicos básicos del paisaje. La sustentabilidad del predio, depende en parte de la correspondencia entre éstos y la solución de diseño predial.

El principio de estructura y función del paisaje enuncia que los paisajes son estructuralmente heterogéneos y difieren funcionalmente en el flujo de especies, energía y materiales entre sus elementos componentes (Forman y Gordon, 1986). Los paisajes son combinaciones heterogéneas de parches, corredores y matrices de fondo, donde cada uno de estos elementos presenta características diferentes según la distribución de las especies, la materia y energía. Por su importancia, este principio se desarrolla en mayor detalle a continuación bajo ecología de paisajes (Castro, 1998).

El Principio de diversidad biológica de las especies enuncia que *a medida que se incrementa la heterogeneidad del paisaje aumenta el potencial de coexistencia de especies* (Forman y Gordon, 1986). La diversidad de los paisajes disminuye la cantidad de especies raras del interior pero aumenta la cantidad de especie de los bordes que requieren de varios elementos del paisaje para su desarrollo. Este principio también será analizado a continuación en mayor detalle dentro del concepto de diversidad (Castro, 1998).

El Principio del cambio de paisaje enuncia que *los cambios en el paisaje ante los disturbios dependen del tipo e intensidad de éstos* (Forman y Gordon, 1986). Luego de un disturbio, el paisaje suele experimentar una cierta homogeneización de los ecotopos asociada a la expansión de especies colonizadoras. Sin embargo, esta homogeneidad nunca es absoluta por las diferencias en las tasas de cambio de los diferentes elementos del paisaje y la reiteración de los disturbios. Disturbios moderados suelen incrementar la heterogeneidad de los paisajes. Los disturbios severos pueden aumentar la homogeneidad o reducirla (Castro, 1998).

El principio de la estabilidad del paisaje enuncia que *la estabilidad del paisaje puede manifestarse de diferentes maneras de acuerdo a la magnitud de biomasa presente* (Forman y Gordon, 1986). La estabilidad se refiere a la resistencia del paisaje a los disturbios y su recuperación ante ellos. Donde la biomasa es mínima la estabilidad puede alcanzarse por una elevada constancia biológica. Donde la magnitud de la biomasa es intermedia la estabilidad puede derivar de una rápida recuperación ante los disturbios. Donde la biomasa es elevada la estabilidad puede manifestarse en una elevada resistencia ante los disturbios (Castro, 1998).

El principio de la redistribución de nutrientes enuncia que la tasa de redistribución de los nutrientes minerales entre los elementos del paisaje aumenta con la intensidad de los disturbios que los afectan (Forman y Gordon, 1986). Los nutrientes pueden pasar de un ecosistema a otro transportados por el viento, el agua o animales. En general, disturbios en los ecosistemas, como por ejemplo los disturbios humanos, interrumpen los ciclos naturales y sus mecanismos de conservación o regulación, extrayendo o conservando nutrientes en un ecosistema particular (Castro, 1998).

El principio de flujo de energía enuncia que a medida que aumenta la heterogeneidad del paisaje se incrementa el flujo de energía calórica y de biomasa a través de los límites que separan los parches, corredores y matriz (Forman y Gordon, 1986). Al aumentar la heterogeneidad crece el número de parches y el flujo a través de sus límites. Esto ocurre por el incremento de la relación perímetro-superficie de los elementos del paisaje y por el aumento en el número de especies ecotónicas, estas últimas suelen moverse y transportar distintos tipos de materiales entre elementos paisajísticos adyacentes (Castro, 1998).

El principio de los flujos de especies enuncia que la expansión y contracción de las poblaciones en los diferentes elementos del paisaje afectan a éste y son controladas por su heterogeneidad (Forman y Gordon, 1986). Los disturbios humanos o naturales que afectan el paisaje, causan la expansión espacial de ciertas poblaciones y la contracción de otras. Al mismo tiempo, la reproducción y dispersión de las especies puede eliminar, crear o modificar elementos paisajísticos enteros. La heterogeneidad derivada de las diferencias entre localidades es una causa fundamental del movimiento de especies y otros flujos (Castro, 1998).

2.5.3.2 Principios a escala predial

A escala predial, D'Angelo (1998) postula que además de los principios particulares a cada una de las dimensiones del diseño predial, existen cuatro principios primarios y comunes a

todas las dimensiones prediales. Estos son los principios de diversidad, unidad, flexibilidad adaptativa e identidad que se definen a continuación.

El principio de diversidad enuncia que las alternativas de ordenación de un sistema dado y por extensión, de su flexibilidad adaptativa, dependen de la diversidad de elementos de ordenación presentes. Los predios bien organizados no son excesivamente complejos, pues esto dificultaría en exceso su manejo y organización. La diversidad predial no debe rebasar la necesaria para alcanzar el objetivo, que debe necesariamente relacionarse con la estabilidad del sistema, y el nivel cualitativo y cuantitativo de productividad y calidad de vida. Por otro lado, los espacios excesivamente simplificados no logran alcanzar el estado óptimo ni disponen de suficientes elementos como para poder demostrar flexibilidad frente al cambio. En definitiva este principio demuestra que la diversidad de un sistema predial debe ser lo suficientemente compleja como para lograr estabilidad y capacidad de adaptación pero a su vez lo suficientemente simple como para permitir el aprovechamiento antrópico del sistema.

El principio de flexibilidad adaptativa enuncia que la capacidad adaptativa de un sistema predial a un entorno y ámbito global dados depende de la flexibilidad con la que el sistema pueda adecuarse a las variaciones de éstos. Los cambios que se producen constantemente en el mundo exterior al predio lo afectan en las condicionantes propias de los componentes del interior, por lo cual su estructura debe modificarse constantemente. La meta de optimización buscada debe ser diferente, lo cual implica que la estructura del sistema también debe cambiar. Cada uno de los elementos de un predio presenta un distinto grado de permanencia, algunos son más permanentes como el clima y las pendientes, otros más flexibles como la cobertura vegetal y el aporte en agua y fertilizante para un sitio. Algunas estructuras como construcciones de alto valor son de difícil y costosa modificación. En la planificación predial, se debe tener presente que el espacio evoluciona constantemente en función de los cambios del entorno. Deben tomarse las providencias del caso de manera de no llegar a destruir los elementos permanentes de mayor costo. Algunos de los componentes deben tener una flexibilidad mayor de adaptación al cambio que otros.

El principio de unidad enuncia que para que la continuidad de un predio de cierta complejidad sea factible, debe existir unidad de cada espacio o potrero con el predio en su conjunto y de éste con el entorno. Cada uno de los elementos que componen un sistema es una parte del todo, sin lo cual deja de existir. Existe una interdependencia entre las partes, que al integrarse en un sistema la dan una unidad mayor que la correspondiente a la suma de sus

partes independientes. Friederichs (1930, citado por Castro, 1998) establece que cada uno de los factores o elementos de un sistema tiene un efecto individual, pero el efecto conjunto de todos ellos es diferente que la suma de los efectos de cada uno actuando separadamente. La unidad puede ser percibida en el campo de la lógica, donde se identifica con una completa conformidad de las cualidades de un objeto, lo que también se llama belleza. Existe también el concepto de unidad ética y de unidad económica, en la que el predio y cada uno de sus espacios debiera encontrarse con el entorno extrapredial. La unidad debe ser visual y operacional, es decir, no solo debe haber una unidad funcional y ecológica, sino también estética. No son deseables por ejemplo los cortes visuales bruscos de paisaje, a menos que respondan a aislar o bloquear visualmente un sector determinado. En tal caso, el aislamiento contribuye a mantener la unidad funcional del predio.

El principio de identidad enuncia que *es importante que el diseño permita expresar y realzar el carácter propio del paisaje en el que se inserta el predio*. En un predio, el sistema global que constituye el predio tiene una identidad propia que lo diferencia de los otros predios y que debe ser realizada por el diseño predial. Habitualmente esta identidad se expresa en alguna combinación particular de fisionomías y contrastes, rincones o puntos especialmente altos, elementos de mucha antigüedad o donde se producen efectos muy particulares de iluminación.

Estos cuatro principios pueden ser adaptados a cada una de las dimensiones del diseño predial. Sin embargo existen numerosos otros principios particulares a los cuales responde cada dimensión de diseño, como los que se señalan a continuación.

2.5.4 Dimensiones del diseño predial

2.5.4.1 Dimensión funcional

Permite la operatividad de la unidad organizada en parches, corredores y matriz de fondo de manera de realizar allí, las actividades del predio. Según Gastó (2007) los principios involucrados en la funcionalidad de éste son:

- *Naturalidad*. Los lindes del espacio de la plantación deben coincidir en cuanto a su función con los lindes naturales del territorio. Cuando se define la zonificación de un predio, es más operativo o se facilita el manejo cuando los distintos espacios están delimitados por características naturales del predio, tales como quebradas, cambios en pendientes, altas

cumbres o ríos. De esta forma, las características de cada espacio tienden a ser homogéneas, lo que facilita el manejo y cuidado de éste.

- *Simpleza*. Los lindes de los espacios deben tender a la regularidad de la forma. Los espacios más regulares (rectángulos, círculos, etc.) potencian la funcionalidad del predio ya que facilitan las labores mecánicas. Este principio debe ajustarse con el anterior de modo de llegar a un óptimo entre ambos.

- *Conectividad*. Las conexiones de los espacios deben ser óptimas. Para lograr una buena gestión del predio debe existir fácil acceso a todos los sectores de este, de manera de lograr el cumplimiento de la meta predial.

- *Canónico*. El número de los espacios debe ser mínimo. Mientras menos espacios administrativos más fácil se hace la gestión.

- *Congruencia*. El tamaño, forma y estructura de los parches debe coincidir con su función. Si el propósito del parche es aumentar la biodiversidad conviene que la forma sea irregular.

- *Unidad*. Debe existir una unidad de cada espacio o potrero con el predio en su conjunto, y de éste con el entorno, esta unidad debe ser visual y operacional.

- *Identidad*. La ordenación de un sistema predial resulta en una identidad particular que lo define y distingue de cualquier otro.

2.5.4.2 Dimensión ambiental o ecológica:

Se refiere a la integridad del ecosistema predial, es decir, su estructura y funcionamiento deben ser “saludables”. Esta dimensión incorpora arreglos y estructuras que minimizan los impactos negativos y maximizan los positivos.

El predio está constituido por distintos ecosistemas, que en su conjunto conforman el ecosistema predial. El proceso de restauración debe ser enfocado tanto a los ecosistemas específicos como al predio en su conjunto, por lo que se requiere una restauración tanto a nivel de paisaje como a nivel de ecosistemas. A nivel de paisaje se actúa bajo los principios de la ecología de paisajes y a nivel de ecosistemas bajo las bases de la ecología de la restauración

En esta dimensión, es posible identificar principios de diseño basados en la “ecología del paisaje”, una disciplina que surgió a mediados del siglo XX con Carl Troll. Esta disciplina clasifica los elementos de cualquier paisaje en parches, matrices y corredores (Forman y Godron, 1986). Basado en los escritos de Forman y Godron (1986) se encuentran los principios de diseño relativos a la dimensión ecológica, que se describen a continuación.

-Estructura del paisaje. Los paisajes son heterogéneos y difieren estructuralmente en la distribución de especies, materia y energía entre los parches, corredores y matriz de fondo.

-Heterogeneidad biótica. La heterogeneidad del paisaje disminuye la abundancia de las especies raras en su interior, aumenta las especies de los bordes y de los animales que requieren dos o más elementos del paisaje y mejora la coexistencia total de especies.

-Flujo de energía. El flujo de energía calórica y de biomasa a través de los bordes que separan parches, corredores y matriz de fondo, aumenta al aumentar la heterogeneidad del paisaje.

-Cambio del paisaje. Sin alteración la estructura de los paisajes horizontales tiende hacia la homogeneidad; con alteración moderada aumenta rápidamente; y con alteración severa puede aumentar o disminuir.

-Jerarquía. Los caracteres de los sistemas ecológicos están ordenados en diversos sistemas de control sobre el sistema, de manera que algunos de ellos (dominantes), controlan a otros (subordinados).

-Simetría. Entre los caracteres de los sistemas ecológicos existen relaciones constantes de manera que la presencia de uno exige la presencia de otro, tal como ocurre en la relación de una especie y su nicho, o una planta y su sitio.

-Persistencia y crecimiento. El ecosistema tiende a crecer y sobrevivir hasta alcanzar la máxima biomasa persistente compatible con el ambiente y su variabilidad.

-Efecto borde. Se debe evitar aislar unidades ecológicas para no desfavorecer especies que requieren de dos o más elementos del paisaje para su subsistencia. Se debe mantener comunicación entre espacios, mantener el ecotono entre ecosistemas debido a la existencia de especies que se desarrollan en este espacio.

-Estabilidad. Este principio se refiere a la resistencia del paisaje a los disturbios y su recuperación ante ellos. Enuncia que la estabilidad puede manifestarse de diferentes maneras de acuerdo a la magnitud de la biomasa presente. Se debe lograr un diseño estable en el tiempo.

En el caso de los predios degradados, esta dimensión suele estar en un estado crítico, dado que en el pasado no se respetó ninguno de los principios antes mencionados. En este caso lo que se debe hacer es tratar de restaurar la funcionalidad y equilibrio del ecosistema, de manera que la salud de éste se restablezca. Para llevar a cabo esto se debe realizar un proceso de restauración ecológica sobre los ecosistemas que componen el predio, esto es trabajar bajo los principios de la ecología, operar con la naturaleza y no contra ella, aprovechando la sistemogénesis del sistema y el proceso de la sucesión ecológica.

Restauración

La restauración ecológica se define como “el proceso de alteración intencional para establecer un ecosistema histórico nativo” (SER, 2004). El objetivo de este proceso es emular la estructura, función, diversidad y dinámica del ecosistema en cuestión (Primack y Massardo, 2001). También es definido como “el proceso de ayudar al restablecimiento de un ecosistema que se ha dañado destruido” (SER, 2004). Es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad (SER, 2004). La ecología de la restauración se refiere al estudio e investigación científica acerca de los métodos para realizar restauraciones (Cairns y Heckman, 1996).

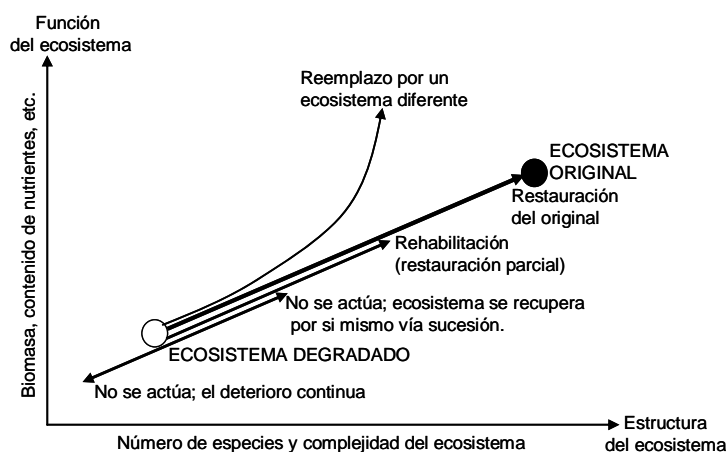
Cambiar el estado actual del ecosistema hacia otro, requiere planificación de las actividades a realizar, es decir, de los operadores que actuarán sobre el ecosistema. La restauración implica eliminar o modificar una alteración específica, para permitir que los procesos ecológicos se recuperen por sí solos (SER, 2004). Por ejemplo la reintroducción de especies autóctonas que se habían perdido y la eliminación o control, hasta donde sea posible, de especies exóticas invasoras o dañinas.

A veces, la trayectoria de desarrollo de un ecosistema degradado queda totalmente bloqueada y su reestablecimiento a través de procesos naturales parece demorarse indefinidamente. En todos estos casos, sin embargo, la restauración ecológica busca iniciar o facilitar la

reanudación de estos procesos, los cuales retornarán el ecosistema a la trayectoria deseada. (SER, 2004)

Se han distinguido cuatro aproximaciones referidas a la recuperación de hábitats o ecosistemas, como se ilustra en la figura 11 (Bradshaw, 1990; Primack y Massardo, 2001).

1. Ausencia de acción.
2. Reemplazo de un ecosistema degradado por otro productivo. También es llamado “creación de hábitat”, porque establece una comunidad biológica en un sitio y restaura ciertas funciones ecológicas, como control de inundaciones y retención de suelo.
3. Rehabilitación de un ecosistema dañado, busca la reparación, no su “recreación”, y al menos la recuperación de algunas de la especies originales y ciertas funciones del ecosistema. La rehabilitación se centra en las especies dominantes, y retrasa su acción sobre las especies raras y menos comunes.
4. Restauración o reconstrucción de un ecosistema degradado, considerando la estructura comunitaria, la composición de especies y el restablecimiento de procesos ecológicos a través de un activo programa de modificación del sitio y reintroducción de especies.



Fuente: Bradshaw, 1990

Figura 11. Aproximaciones a la recuperación de hábitats

Los ecosistemas degradados han perdido su estructura (en términos de especies y sus interacciones con los ambientes biológicos y químicos) y sus funciones (acumulación de biomasa y procesos del suelo, agua y nutrientes). En cada caso debe decidirse si lo más indicado es restaurar, rehabilitar o reemplazar el sitio degradado, o si lo mejor es no actuar (Bradshaw, 1990).

En el caso de la restauración de ecosistemas prediales, el objetivo de la restauración, no siempre es la restauración del ecosistema original, sino más bien, llevar a los ecosistemas prediales a un óptimo adecuado para las funciones del predio, reemplazando ecosistemas degradados por otros productivos o dedicados a la conservación, con todos los servicios ecosistémicos que estos producen. El objetivo final del diseño predial es dar la mejor combinación de usos posibles al ecosistema predial en su conjunto.

Los bordes prediales, los corredores herbáceos y los parches de vegetación nativa son equivalentes a corredores para el movimiento de flora y fauna. Cumplen la función de refugio para periodos invernales, protección contra depredadores, fuente de alimento, proveen de una mezcla de hábitat y estados sucesionales que requieren de esa variedad y lugar de dispersión hacia parches de hábitat naturales, siempre y cuando cumplan con ciertas características naturales, en cuanto a estructura y composición de especies (Gálvez, 2003). Estos parches y corredores contribuyen también a la cosecha de agua, elemento fundamental para las actividades agrícolas.

En un mismo predio, se puede actuar desde las distintas aproximaciones de la recuperación de ecosistemas, reemplazando ecosistemas degradados por uno diferente que sea productivo, de manera de reestablecer la producción en las áreas de mayor potencial productivo como serian distritos planos y ondulados con cultivos y praderas. Por otra parte en aquellas areas de menor potencial, restaurando o rehabilitando el ecosistema original de manera de generar una matriz productiva con parches de vegetación nativa o viceversa, según sea la vocación del territorio.

2.5.4.3 Dimensión estética.

Ésta le da armonía al sistema, lo cual se expresa en la incorporación de componentes que le dan belleza y simetría al sistema. Pretende darle belleza escénica al paisaje: colores, formas, bordes, lugares de observación, escalas de trabajo.

A continuación se describen principios de diseño estético a escala predial, que son relevantes para potenciar el valor del predio y su habitabilidad (FRDA, 1994).

Forma. La forma tiene un efecto poderoso y evocativo en la manera que se percibe el entorno.

Fuerza visual. El ojo y la mente responden a la fuerza visual de manera predecible.

Escala. La escala es un asunto de tamaño relativo y tiene un efecto mayor en la percepción.

Diversidad. El paisaje debe incorporar elementos diversos que rompan la monotonía del paisaje.

Unidad. El conjunto de elementos que integran el paisaje debe relacionarse y constituir un todo.

Espíritu de lugar. Los elementos del paisaje deben integrarse de manera que el todo corresponda a una identidad propia del lugar.

2.5.4.4 Dimensión de vida y ocio.

El concepto que sintetiza todas aquellas manifestaciones de la esencial libertad del ser humano, como la creación artística, el descanso del cuerpo y de la mente, o las actividades recreativas en todas sus expresiones, es el ocio; cuya importancia es razón suficiente para incorporarlo en el tema de la ordenación del espacio rural (Vogel, 2002). Así se genera un espacio propicio para la vida y el esparcimiento de los actores sociales.

El ocio cumple diversas funciones para el ser humano, las que se resumen en tres acciones: descanso, diversión y desarrollo personal. El descanso ofrece la posibilidad de liberar a las personas de la fatiga producida por el trabajo; la diversión crea las condiciones para escapar de la rutina y el aburrimiento; y el desarrollo personal propicia la libre creatividad (Vogel, 2002).

Así se puede decir que el ocio dentro del espacio predial permite al ser humano desarrollar y expresar su libertad, sincronizándose tanto con su medio externo como interno, logrando un equilibrio que le permite llenar la vida.

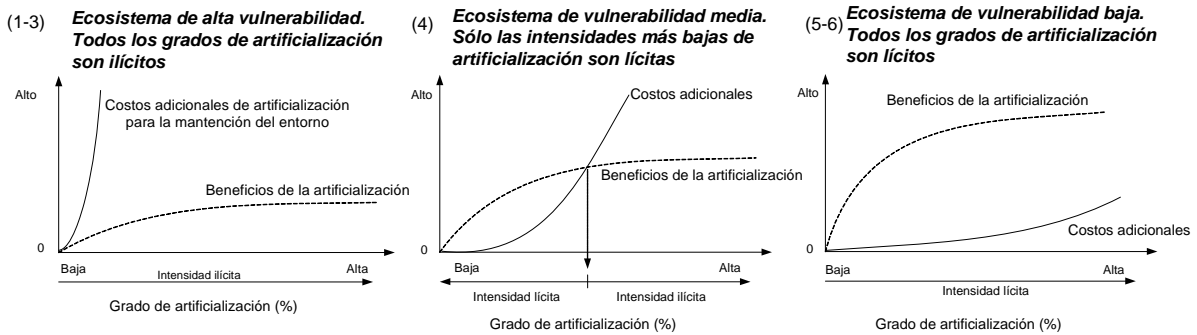
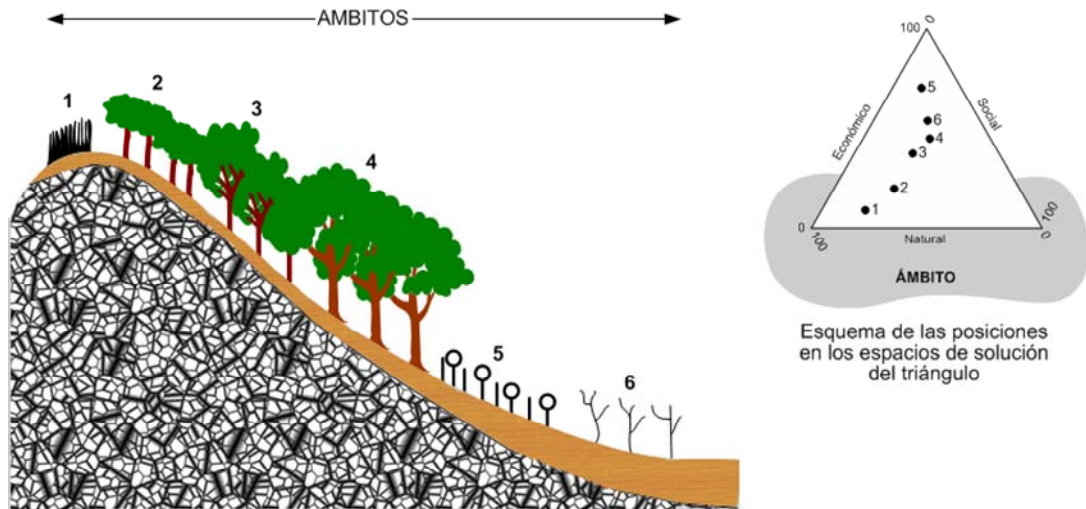
2.5.5 Restricciones para el diseño predial. Uso múltiple, sostenibilidad y vulnerabilidad.

El proceso de diseño predial consiste en aplicar las decisiones tomadas en base al diagnóstico, abordando las distintas dimensiones que deben ajustarse al espacio de solución antes mencionado. El conocimiento del ecosistema permite establecer su receptividad tecnológica, definida como la cantidad de tecnología que puede aplicarse a un ecosistema en términos de “*input*” (ϵ) y de estructuras de artificialización, o modificación de la arquitectura (Λ), para producir un efecto en el “*output*” (ρ), sin deteriorar la sustentabilidad (S) del sistema (Gastó *et al.*, 1995). La receptividad tecnológica considera no solo la cantidad, sino también el tipo de

tecnología que se aplica, ya que un ecosistema puede tener una baja receptividad a un tipo de tecnología y aceptable receptividad a otro tipo de tecnología (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002). De este modo, la receptividad tecnológica puede definirse como el gradiente de artificialización que puede aplicarse en un ámbito dado, tal que la diferencia entre los beneficios y los costos adicionales sea cero o positiva. A partir de la relación entre beneficios y costos adicionales, es posible diferenciar tres grandes tipos de ecosistema: de alta, media y baja vulnerabilidad. En la figura 12 se representan las variaciones en los costos adicionales y en los beneficios obtenidos, al variar el grado de artificialización de un ecosistema dado. El costo adicional al que se hace referencia, se define como el esfuerzo adicional necesario para mantener al sistema por debajo del umbral de sustentabilidad – equidad (Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002).

El diseño y elección de los operadores de artificialización correspondientes, para la restauración de predios degradados, debe tomar en cuenta la receptividad tecnológica y la vulnerabilidad de los ámbitos a restaurar, cuestión fundamental a la hora de actuar sobre ecosistemas prediales que se encuentran degradados.

Según Gastó *et al* (2002), el triángulo de Möbius utilizado por Nijkamp y Dourojeanni señala los principales conflictos que deben resolverse para establecer un marco de referencia para el desarrollo de modelos de estilos de agricultura y de uso múltiple, representados en condiciones abstractas y en relación con la vulnerabilidad del sistema. Aunque este modelo difícilmente identifica los elementos completos para evaluar y contrastar las actividades de los diversos estilos de agricultura, permite determinar la vulnerabilidad del ámbito, sus impactos y posibilidades, cuando se analiza un estilo desde las distintas perspectivas posibles (Figura 12).



Modificado de Gastó, Vélez y D'Angelo, 2002

Figura 12. Esquema de la posición del espacio de solución representada por el triángulo de Nijkamp y receptividad tecnológica, de acuerdo con las características de los ámbitos.

Según la Figura 12 si los niveles de artificialización en los costos adicionales superan los beneficios, se definen como ilícitos y ubican al sistema fuera de los límites de factibilidad. En este caso, éstos se representan esquemáticamente por la variación que ocurre en una ladera cualquiera

La coherencia ecológica está relacionada con el uso de los recursos naturales según su aptitud y función en la naturaleza. Desde un punto de vista económico existe una acción socioestructural sobre la biogeoestructura, tecnoestructura, entorno y sistemas externos incidentes. Tal acción puede generar ecosistemas estabilizados en condiciones de alto “input”, “output” y cosecha, aun cuando el grado de artificialización sea mayor que el óptimo. El “input” desde el exterior de grandes cantidades de masa, energía o información (tecnología) puede producir rendimientos elevados; pero al mismo tiempo puede provocar una degradación de la arquitectura del ámbito, no permitiendo una cosecha sostenida (Nava, Armijo y Gastó, 1996).

El uso múltiple del territorio implica la mejor combinación de usos de éste, de manera de satisfacer las necesidades de las personas, como son demanda de alimentos, materias primas, espacios urbanos, de recreación o conservación de la naturaleza. Esto en base a la vocación de un territorio o una porción de éste. Esta vocación está dada por la vulnerabilidad del ecosistema en particular, lo cual definirá sus potencialidades y limitantes.

2.5.6 Elementos del Modelo predial

Realizar el cambio de estado de un ecosistema predial, implica operar sobre los distintos elementos que constituyen el modelo predial. Estos han sido definidos homomórficamente por Odum (1972) como: arquitectura predial, estructura, unidades espaciales y componentes.

Arquitectura Predial: Es la modalidad de ordenación espacial de las estructuras ecosistémicas conectadas a través de patrones definidos de flujo.

Simbólicamente se tiene que:

$$\Lambda = G(\sigma, k)$$

Donde:

σ : representa el arreglo topológico de las diversas estructuras del ecosistema predial, siendo, por lo tanto, la parte estática espacial; y

k : representa el patrón de conectividad entre las estructuras o relaciones de flujo.

Estructura: Son las partes en que se descompone la arquitectura de un ecosistema predial. Las categorías de estructura son: biogeoestructura, tecnoestructura y socioestructura. Dentro de la biogeoestructura se tiene, a manera de ejemplo, los bosques, praderas, tierras, aire, agua, ganado, lomeríos y matorrales, entre otros. Algunos elementos de la tecnoestructura son las bodegas, corrales, maquinaria, canales, caminos, viviendas y teléfonos, entre otros. En el último caso se tiene al hombre organizado social, laboral y culturalmente.

Unidades Espaciales: Son divisiones de un predio en las cuales los atributos originales del predio no se pierden, tales como divisiones de usos específicos del campo en: potreros, cultivos, localidades de trabajo, áreas de habitación y otros.

Componentes: Son las partes en que se puede separar un ecosistema predial, que incluye tanto a las estructuras como a las unidades. Los componentes que se emplean para establecer

relaciones entre las estructuras y unidades son los siguientes: conexiones, conectores, impedancia, interruptor, válvula unidireccional.

Conexiones: Son estructuras que permiten establecer el flujo entre dos o más unidades o estructuras, tales como caminos, canales, cables eléctricos y otros.

Conectores: Son elementos estructurales a través de los cuales se establecen las conexiones. El conector cuenta con conductores y nodos.

Unión: Es la contigüidad espacial de unidades o elementos sin que implique necesariamente un flujo. A manera de ejemplo se puede citar dos campos agrícolas contiguos, uno de maíz y otro de alfalfa, entre los cuales no existe flujo, ni necesariamente, conexiones o conectores.

Impedancia: Son las estructuras que se oponen al flujo en forma selectiva. La naturaleza de estas estructuras puede ser física, ecológica, legal, u otras. Un ejemplo de impedancia puede ser un alambrado o un farellón que se oponga al paso del ganado.

Interruptor: Son estructuras que pueden activarse o desactivarse permitiendo u oponiéndose a un flujo. El mecanismo de activación puede estar sujeto a un programa de control. Ejemplos de interruptores prediales son las compuertas de canales y las puertas de los campos de cultivos

Válvula Unidireccional: Es una estructura que permite el flujo de elementos en una sola dirección.

Conexión Aditiva: Esta estructura permite la fusión de dos o más flujos análogos, tal como juntar ganado de dos o más corrales diferentes.

Las características que describen los enlaces entre las partes del sistema son: el flujo, la fuente y el destino.

Flujo: Es el transporte de materia, energía o información. Está dada por:

$$J = K \times F$$

Donde:

K: es la constante de conductividad; y

F: es la fuerza que actúa sobre el elemento que fluye.

Fuente. Es el origen del flujo, tales como el sol que produce energía solar, una cuenca que produce agua y un pastizal que produce forraje.

Destino. Es la meta de un flujo, tal como ocurre con los almacenadores pasivos. Por ejemplo, un estanque destinatario de un flujo de agua, una bodega-destinataria de forraje y un corral-destinatario del flujo de ganado.

3 METODOLOGÍA. CASO DE ESTUDIO DE RESTAURACIÓN PREDIAL.

Aplicando la metodología clínica se procedió a realizar una serie de estudios dentro del proceso de Examen, para así luego lograr un Diagnóstico del estado predial.

Dentro del proceso de examen predial es necesario realizar una serie de estudios que permitan recabar los signos y síntomas de las enfermedades ecosistemas existentes y definir la problemática predial. Entre estos estudios se encuentra la caracterización de la zona de estudio, definiendo así sus características climáticas, geomorfológicas, hidrológicas, biogeoestructurales, hidroestructurales, tecnoestructurales, espacioestructurales y socioestructurales, además de la opción de realizar estudios específicos de praderas, bosques, cultivos, contaminación, paisaje, etc.

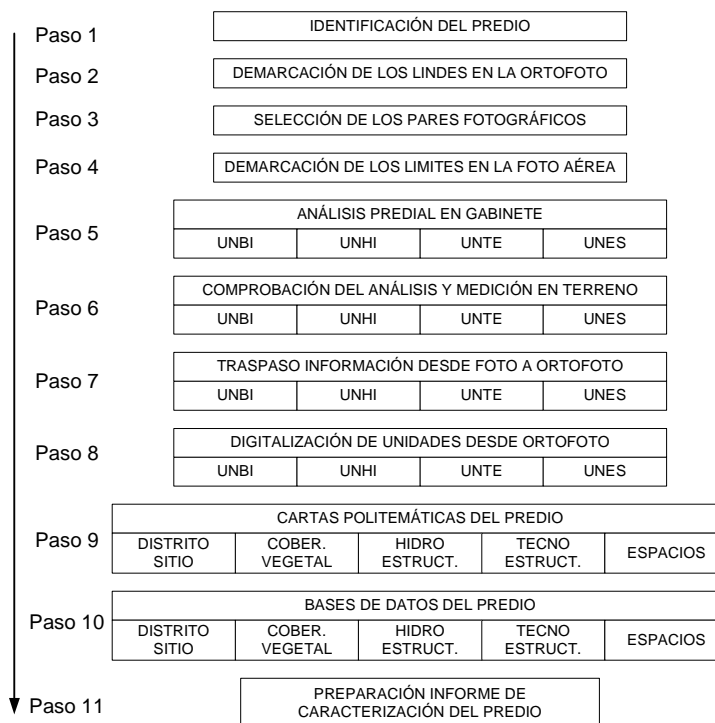
El análisis en retrospectiva de la restauración de predios degradados, permite determinar, el estado original del predio, las bases sobre las cuales se realizó el diseño predial, y los operadores aplicados para su restauración. Así también se puede concluir la efectividad de éstos y si son o no los mas indicados para el predio en cuestión.

En el presente estudio, se presenta el proceso de degradación del paisaje de la zona de estudio, además de una caracterización y diagnóstico predial al momento de la compra de éste por su actual propietario en septiembre 2001. Para ello se utilizará información generada tanto en este estudio como en trabajos realizados anteriormente en el predio Hueñivales y la cuenca del río Cautín.

También se presenta la caracterización territorial al año 2008 y se presenta una descripción de las actividades realizadas a lo largo de 5 años, las que operan sobre los ecosistemas prediales de manera de analizar el proceso ocurrido desde el estado inicial al momento de su compra hasta el estado actual.

A su vez se presentan estudios realizados en otro predio de la misma ecorregión, uno que presenta condiciones severas de degradación, el predio Santa Rosa y otro que presenta el estado original del ecosistema, realizados en la Reserva Nacional Malalcahuello. Para estos casos se realizó estudios del estado de los bosques y la condición química de los suelos. Además en el predio Hueñivales se evaluó la condición actual de las praderas y el proceso de restauración de los bosques que se ha llevado acabo en los últimos 5 años.

Para caracterizar los predios en estudio se utilizara la “*Metodología de aplicación de clasificación de ecorregiones y determinación de sitio y condición*” (Gastó, Cosio y Panario, 1993) el cual consta de las siguientes etapas (Figura 13).



Fuente: Gastó, Rodrigo y Aránguiz, 2002

Figura 13. Etapas de la caracterización del predio

3.1 CARACTERIZACIÓN PREDIAL

Encuadre

Para la caracterización del predio es necesario identificar y ubicar la propiedad. Para esto se identifica con el nombre local, propietario, superficie, localización administrativa y ecorregional.

Para generar la información necesaria del encuadre predial se utilizan diversas herramientas que se presentan en la figura 14.

Fotointerpretación

Es la técnica que permite determinar en la fotografía aérea los elementos presentes en el terreno fotografiado. Se pueden identificar y delimitar unidades vegetacionales, unidades geomorfológicas, formaciones superficiales, aspectos tecnonaturales, redes hidrográficas etc.

(Etienne y Prado, 1982 citado por Gastó Cosio y Panario, 1993). A partir de este proceso se logra la identificación de las unidades biogeoestructurales, hidroestructurales, tecnoestructurales y espacios presentes en el predio, las cuales ya fueron definidas en el marco teórico del presente trabajo.

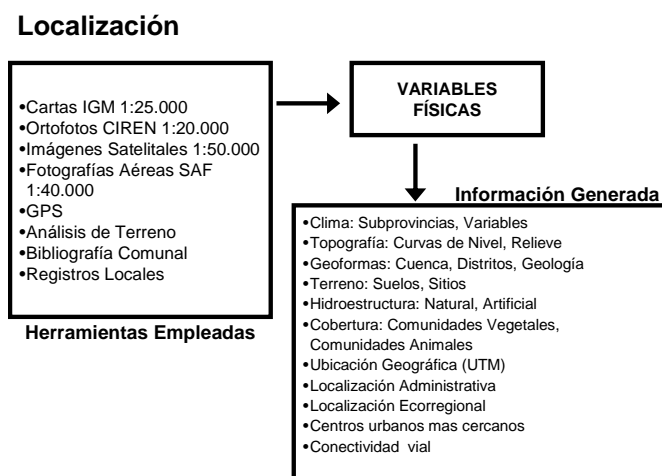


Figura 14. Herramientas necesarias para caracterización de variables físicas del predio.

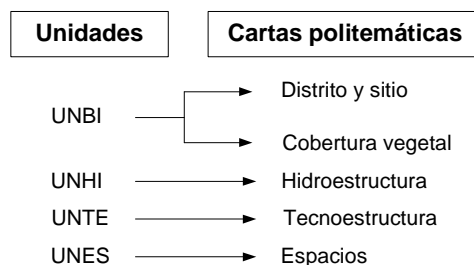
Descripción de las estructuras internas del predio en terreno

Una vez realizada la fotointerpretación se realiza una visita al predio donde se llevan copias de las unidades identificadas y de las fotografías aéreas utilizadas. Cada unidad identificada en la fotointerpretación se recorre en terreno para confirmar lo fotointerpretado, medir todas las variables y llenar los formularios, propuestos por Gastó, Cosio y Panario (1993) para cada unidad. Para esto, se requieren los siguientes instrumentos: cinta de medir, clinómetro, GPS (Global Positioning System), barreno de suelos, cuaderno y cinta adhesiva para herbario, tabla terreno, lápiz mina, cámara de fotos y binoculares.

Ordenación de la base de datos

Las unidades identificadas en las etapas anteriores se digitalizan en la ortofoto digital, de manera de generar una cartografía digital del predio, empleando el software de información geográfica (SIG) desarrollado para tal propósito, en este caso ARC View GIS 3.2.

Como resultado de este proceso se generan cinco cartas politemáticas que caracterizan el espacio físico y administrativo del predio, las cuales se derivan en forma automática de las cartas de unidades en la siguiente forma (Figura 15):



Fuente: Gastó, Rodrigo y Aránguiz, 2002.

Figura 15. Cartas politemáticas del predio, obtenidas en forma automática de las cartas de unidades

Para elaborar estas cartas se utilizaron los siguientes antecedentes cartográficos:

- Fotografías Aéreas FONDEF-SAF 94. N° 31410 – 31411. Escala 1: 20.000.
- Carta IGM. Manzanar 382230 – 713730 G. N° 64 SO. Escala 1: 25.000.
- Ortofoto IGM. Manzanar 3823 – 7137. Escala: 1: 20.000
- Proyección cartográfica: UTM. Datum Sud Americano '69. Huso 19.

3.2 PROCESO DE DEGRADACIÓN DEL PAISAJE.

A partir del proyecto “*Expansión de la frontera en la Cordillera de Los Andes de La Araucanía*” esta investigación pretende hacer una descripción holística contextualizada, desde un paradigma ecológico y de tipo histórico, del proceso de expansión de la frontera en la Cordillera de Los Andes de la Araucanía, para comprenderlo y darle gobernabilidad. Para ello es necesario identificar las diferentes acciones y operadores por medio de los cuales se ha transformado el paisaje original, pasando por distintos estados, hasta llegar al paisaje cultural actual; y los futuros posibles escenarios que existen. (Vera, 2008).

Para plantear la historia-ecológica del proceso de colonización y expansión de la frontera, se revisaron trabajos de historiadores, cronistas, relatos de colonos, intelectuales, sacerdotes y políticos de las distintas épocas. Esto se complementó con entrevistas semiestructuradas realizadas a descendientes de colonos que vivieron el proceso desde sus inicios. Como parte del análisis ecológico propiamente tal, se recopiló información presente en diversos textos, tesis y revistas especializadas. Además, se levantó información en terreno, gabinete y laboratorio acerca del territorio y sus características ecorregionales de clima, geomorfología, sitio, cobertura vegetal y suelo. Con esta información se desarrollaron bases de datos territoriales y SIG prediales con su cartografía politemática correspondiente. Se aplicaron técnicas de observación directa cualitativa y cuantitativa en terreno para la distinción y

discretización de las distintas etapas del proceso de expansión de la frontera, y como una forma de contrastar y complementar parte de la información obtenida con de entrevistas y la revisión de los distintos relatos, trabajos e investigaciones. Se dio énfasis especial al estado de los agroecosistemas, su progresión y retrogradación, la topología de sus componentes y el estado de conservación de sus recursos naturales (Vera, 2008).

3.3 CARACTERIZACIÓN OPERADORES DE RESTAURACIÓN PREDIAL.

Mediante entrevistas con el propietario, visitas al predio y recopilación de la información de estudios realizados anteriormente en el predio, se pretende establecer los operadores de transformación que se han utilizado en el predio, tanto para desarrollar las actividades agrícolas como las de restauración predial.

En el contexto predial se realizaron una serie de funciones que permiten restaurar la estabilidad de este. Para esto se requieren ciertas actividades u operadores, que permitan llevar a los distintos ecosistemas que constituyen el predio desde un estado inicial E_i hacia el estado deseado E_k .

Para explicara esto se estableció 6 sitios distintos dentro del predio a los cuales se les aplicó una serie de operadores con una ruta (ℓ) de ejecución. Los operadores aplicados se expresan temporalmente mediante una línea de tiempo. La valoración del tiempo y trabajo aplicado se realizó en base a jornadas de trabajo (8 horas/día) y megacalorías (Mcal) gastadas en la realización del proceso según los valores de Pimentel, 1999. Por razones de corrección de la escala a los gráficos de trabajo se les hizo un corrección logarítmica, así es posible observar en un mismo gráfico grandes diferencias en cuanto a calorías que implica trabajar con un buldózer o con fuerza humana, sin la necesidad de hacer una serie de gráfico a distintas escalas.

3.4 ESTUDIO DE PRADERAS

Tipos de praderas

La cantidad de hectáreas pastoreables, se determinó según los tipos de pradera presentes en el predio. Estos tipos se establecieron según la caracterización del predio. Los parámetros utilizados son: Distrito, Cobertura y Condición (Figura 17). Por medio de los programas ARCVIEW 3.1 (SIG) y EXCEL 2003, se establecieron las zonas aptas para pastoreo y se

determinó su superficie por poteros y rendimiento esperado en materia seca, y en base a esto se determinó el tiempo de rotación.

Productividad total y composición florística

Se realizó la medición de la disponibilidad de materia seca en pastoreo de las praderas del predio. Para esto se hizo una evaluación por corte. Este método es el procedimiento más exacto y objetivo (Canseco *et al*, 2007). Se hizo énfasis en praderas procedentes de distintos distritos, de manera de ver el potencial de éstos. Se muestrearon solo zonas que hayan estado bajo exclusión por al menos una temporada de crecimiento.

Las evaluaciones se realizan utilizando un marco que puede ser circular, cuadrado o rectangular. Sin embargo lo más importante es el tamaño del marco de muestreo. Cuando el marco es muy pequeño se produce mayor error de borde en la muestra, pero un tamaño razonable es de 0,25 m² o de 0,5 m² (Canseco *et al*, 2007). En este caso se utilizó un marco de 0,7 x 0,7 m (0,49 m²).

Procedimiento de muestreo (Canseco *et al*, 2007):

El forraje se corta a ras de suelo en una superficie conocida, abarcando distintos lugares que representen la variabilidad de la vegetación existente en el potrero.

Se recolecta el forraje cortado, se guarda en bolsas plásticas, se identifica (fecha, nombre o número del potrero, número de muestra etc.), se le extrae el aire comprimiendo a la bolsa y posteriormente se registra el peso verde. Es importante restar el peso de la bolsa para obtener solo el peso del forraje y así calcular el rendimiento de materia verde por hectárea.

Además a partir de las muestras se seleccionaron submuestras representativas para obtener la composición botánica de las especies que componen la pradera y el porcentaje de esta que representan. También se tomó otra submuestra de mayor tamaño, a la que luego se le determinó el porcentaje de materia seca. Para esto se procedió a secar las muestras por 48 horas a 65° C en estufa de secado.

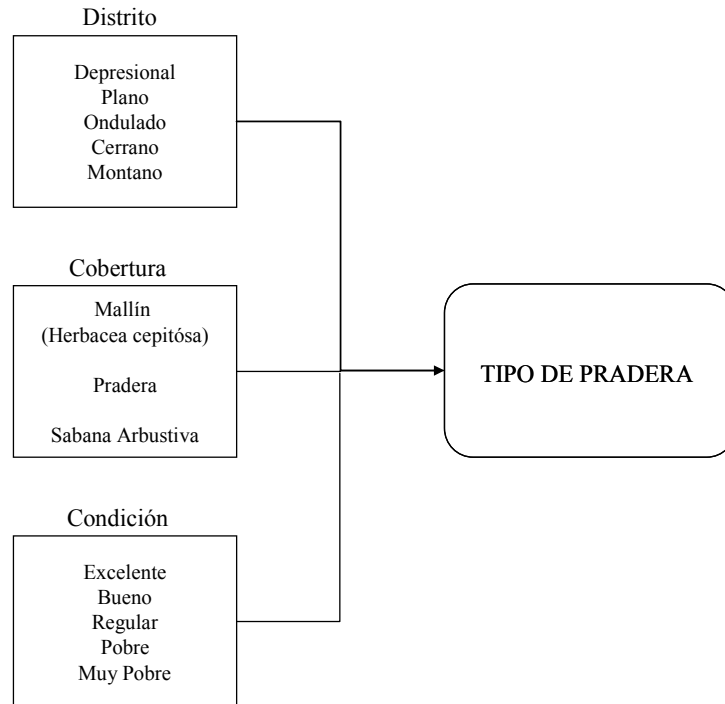
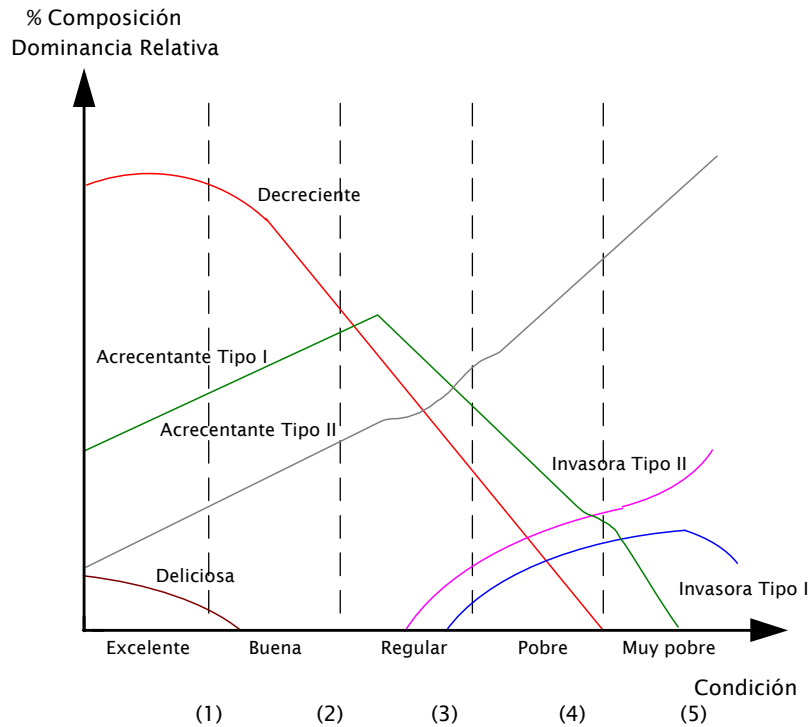


Figura 16. Determinación de tipos de pradera.

Condición, factor de uso y capacidad sustentadora de la pradera

A partir de la composición florística de la pradera y la producción de materia seca se determinó, la condición de la pradera. La condición es una medida que permite valorar el estado de un ecosistema en un instante dado, en relación al estado ideal de acuerdo al uso y estilo que se le esté dando (Gastó, Cosio y Panario, 1993). La condición fue dividida en cinco clases, denominadas “excelente”, “buena”, “regular”, “pobre” y “muy pobre”.

El método de la condición se basa en la teoría de la sucesión ecológica. Clements propuso que la vegetación era dinámica y, como cualquier otro organismo, estaba sometido a un ciclo vital (Aránguiz, 1997). La condición representa la posición del estado de la vegetación a lo largo de un continuo (*continuum*) de fuerzas (naturales y pastoreo) que mueven a este estado a lo largo de la sucesión. La tendencia, en cambio, describe el sentido del movimiento (Aránguiz, 1997).



Fuente: Gastó, Cosío y Panario, 1993

Figura 17. Porcentaje de composición botánica de los diversos grupos de organismos de acuerdo a la condición de la pradera

Según este modelo, las especies decrecientes son aquellas propias de etapas climácicas, pero que al ser utilizadas por herbívoros ajenos al clímax, disminuyen su proporción en la composición botánica. Las especies acrescentantes o crecientes pertenecen al clímax, pero bajo condiciones de pastoreo y a medida que la condición alcanza cierto grado de deterioro, el incremento se invierte y ellas comienzan a decrecer. Las plantas invasoras no son típicas del clímax, pero se encuentran presentes en áreas que han sido alteradas y degradadas (Aránguiz, 1997). Algunos de los grupos se pueden subdividir en subgrupos como la han hecho Flórez y Bryant (1989), lo que se presenta en la Figura 17.

Las características que deben tener las plantas para pertenecer a uno de estos grupos, se resumen en el cuadro 2 (Blair, 1947; citado en Gastó, Cosío y Panario, 1993).

Cuadro 2. Características de las especies Decrecientes, Crecientes e Invasoras.

Plantas decrecientes o deseables:	Plantas crecientes o intermedias:	Plantas invasoras o menos deseables:
Aceptables por el ganado Altamente nutritivas Libre de sustancias tóxicas u otra característica morfológica poco deseable Altos rendimientos De más larga vida y con un período de utilización más prolongado Buenas protectoras y mejoradoras de suelo Abundantes en praderas utilizadas adecuadamente Disminuyen a medida que se deteriora la condición	Consumidas por el ganado o por la fauna silvestre Utilizables con menos preferencia que otras especies Sólo moderadamente buenas como mejoradoras de suelo Con aristas duras u otras características inconvenientes para el ganado Con sistema radical superficial De vida más corta Si el pastizal es hemicriptófito, especies terófitas que cada año deben provenir de semillas Peligro de fuego una vez secas Aumentan temporalmente a medida que la condición se deteriora y luego disminuyen	Escasamente consumidas por el ganado Pobres mejoradoras de suelo y de su estructura Crecen densamente en suelo pobres Tóxicas o causan daño mecánico Proporcionan buen alimento sólo por un período breve Producen una pequeña cantidad de forraje Bajo valor nutritivo No se encuentran presentes en el pastizal en condición óptima

En base a la condición de la pradera se determinó un factor de uso adecuado (FUA). Este es un aspecto que indica la utilización que debe hacerse de una pradera para lograr la mejor productividad sostenida (Cosio, 1999). El factor de uso apropiado busca el aprovechamiento ecológico de la pradera, de modo que el pastoreo sea una herramienta para mantener en el mejor estado posible al pastizal, así como tratar de mejorarlo. Esto se busca a través del incremento de las especies deseables, respecto del total de especies, de modo de darles una adecuada oportunidad para crecer y propagarse (López, 1989).

La determinación del F.U.A requiere de la “reconstrucción” de la productividad total, como si las especies claves no hubiesen sido pastoreadas. Sin embargo, las variaciones anuales en la productividad pueden hacer que esta labor se convierta en una tarea complicada. Debido a esto, se ha sugerido que el establecimiento del F.U.A deba basarse más en el residuo que en la utilización del pastizal (Aránguiz, 1997). En praderas, donde prácticamente la mayor parte de la productividad primaria muere cada año al término de la estación de crecimiento, el proceso de descomposición de la materia orgánica es muy importante. La acumulación de materia orgánica en el mantillo, mantiene atados los nutrientes, deprimiendo en esa forma la productividad primaria, al permanecer en la fitomasa activa (Gastó, 1983).

Una vez establecido el FUA según parámetros de condición y distrito-sitio, se obtiene la cantidad de materia posible de utilizar en el pastoreo y el residuo que se mantendrá en potrero.

Luego se determina la capacidad sustentadora de la pradera. Esta es la carga animal óptima (CAO) que puede soportar un pastizal conservando su estado y condición. Se expresa en unidades animal año (UAA), o su equivalente en mes (UAM), correspondiente a la especie que la utiliza (Gastó, Cosio y Panario, 1993).

En un pastizal, la capacidad sustentadora depende del estado del mismo, de la tecnología que el hombre aplique y de los recursos utilizados. Si la acción del hombre sobre el pastizal se modifica, cambia el estado del ecosistema y por tanto su capacidad sustentadora. A cada conjunto o nivel de actuaciones humanas sobre el pastizal le corresponde una capacidad sustentadora distinta.

Se puede representar como:

$$CS = f (P, \pi_i, E_t, \sigma_r)$$

Donde:

P : representa al ecosistema pastizal

π_i : es la acción que el hombre ejerce sobre el pastizal

E_t : es el estado del ecosistema en el tiempo t

σ_r : es el conjunto de recursos involucrados en la actividad pastoral

Para la determinación de la capacidad sustentadora se debe contar con un único valor de F.U.A. Este valor es aplicado a la productividad junto con la calidad. Ambos valores disminuyen la disponibilidad de materia seca para cada animal, de modo de acercar los valores de productividad a la realidad; es decir, que cada unidad animal (U.A.) pueda disponer de niveles óptimos de forraje sin ir en desmedro, en el largo plazo, de la productividad del pastizal como un todo (Aránguiz, 1997).

La unidad animal utilizada es la definida internacionalmente, citada por López (1986), y de uso por el Servicio Agrícola y Ganadero. En ella la unidad animal bovina básica (U.B.) es una vaca de 500 kg con su ternero (7,5 kg leche día⁻¹). Para el caso de los ovinos se considero una unidad ovina (UO) de 50 kg.

Para el cálculo de los requerimientos alimenticios del animal, según normas de alimentación del ganado se consideró el 3% del peso vivo. Esto quiere decir:

- $1\text{UB} = 500 \text{ kg de peso vivo} \times 0,03 = 15 \text{ kg de materia seca consumo por día}$, esto llevado a un mes promedio (30,4 días) es igual a 456 kg MS animal/día.
- $1 \text{ UO} = 50 \text{ kg de peso vivo} \times 0,03 = 1,5 \text{ kg de materia seca consumo por día}$ esto llevado a un mes promedio (30,4 días) es igual a 46 kg MS animal/día.

Materiales: Cuadrícula de 0,7 x 0,7 m, bolsas plásticas, hojas de diario, tijeras de podar, balanza, balanza electrónica de precisión, estufas de secado, cuaderno de anotaciones, GPS, software ARCVIEW 3.1 y Excel 2003.

3.5 ESTUDIO DE BOSQUES

Para el estudio de la dinámica de la fitocenosis forestal buscamos parcelas que nos permitieran comparar el bosque del paisaje original, no cosechado y sin intervención humana verificable (cercano al clímax, Reserva Nacional Malalcahuello), con el bosque presente en paisajes culturales agonizantes con la máxima retrogradación (caso del predio Santa Rosa), y bosque de paisajes culturales relictuales y en vías de restauración (caso de Hueñivales). Para que dichas comparaciones tuvieran el máximo sentido, se utilizaron casos dentro de la misma ecorregión (Gastó *et al.* 1993) en la Cordillera de Los Andes de La Araucanía

Esto permite determinar el estado inicial de los ecosistemas forestales del predio, y comparar con su estado actual de manera de determinar el estado potencial de éste y su condición. Se realizaron mediciones forestales en la Reserva Nacional Malalcahuello, la cual al igual que el predio, posee el tipo forestal Coigüe-Raulí-Tepa. La metodología fitosociológica utilizada es la de *Braun Blanquet* (1979). Esta se basa en la elaboración de una lista completa de las especies vegetales presentes en un área limitada, homogénea, y representativa de un tipo de vegetación. La importancia de cada especie se estima a partir de su cobertura (superficie ocupada por cada especie en proyección horizontal de las partes aéreas de todos los individuos presentes en la parcela), usando una escala graduada. Para caracterizar una asociación de plantas se necesita información sobre cobertura vegetal y grado de sociabilidad, es decir de la densidad de plantas en el área (Steubing, Godoy y Alberdi, 2002). La escala de Braun Blanquet, que permite designar las coberturas parciales para cada especie vegetal en la parcela de estudio, se indica en el Cuadro 3, y la clasificación del grado de sociabilidad para cada especie en el Cuadro 2.

Cuadro 3 . Escala de coberturas de Braun Blanquet.

Escala de coberturas de Braun Blanquet	
1	(r) Individuo solitario, cobertura insignificante.
2	(+) Pocos individuos con cobertura poco significativa.
3	(1). Numerosos individuos con cobertura < 5%
4	(2m) Numerosos individuos > 50, con cobertura < 5%
5	(2a) Numerosos individuos con cobertura entre 5 - 15%
6	(2b) Cobertura entre 16 - 25%
7	(3). Cobertura entre 26 - 50%
8	(4). Cobertura entre 51 - 75%
9	(5). Cobertura entre 76 - 100%

Fuente: Steubing, Godoy y Alberdi, 2002.

Se determinaron las formas de vidas predominantes por especie, en cada estrata del ecosistema (Cuadro 2). Así se logra determinar de manera simplificada la estructura vertical del área de estudio, es decir, qué lugar de la estrata arbórea ocupan las especies presentes y el estado de la sucesión en que se encuentra éste.

A la vez se estudió la estructura de la vegetación. Esta puede ser definida como la organización en el espacio, de los individuos que componen un tipo de vegetación o asociación vegetal. La estructura considera la extensión horizontal (distribución espacial de los individuos) y vertical (ordenamiento de la vegetación en estratos). El análisis de la estructura espacial de un bosque, permite la comparación con inventarios de bosques congéneres en diferentes fases de desarrollo. (Steubing, Godoy y Alberdi, 2002). Además es posible inferir y evaluar efectos de alteración natural o bien impactos por intervención antrópica. La determinación de la estructura de un bosque posee también aplicaciones prácticas, tales como la estimación de la producción de madera (Steubing, Godoy y Alberdi, 2002).

Cuadro 4 .Escala de sociabilidad para inventarios fitosociológicos

Escala de sociabilidad	
1	Crecimiento aislado
2	Crecimiento agrupado
3	Crecimiento agrupado en pequeños cojines o manchones
4	Crecimiento en grandes colonias o grandes manchones
5	Crecimiento formando un tapiz o grandes agrupaciones densas.

Fuente: Steubing, Godoy y Alberdi, 2002.

Cuadro 5 .Clasificación de diferentes formas de vida en plantas vasculares

Formas de vida	
1 Caméfitas	Plantas en cojín, arbustos enanos con yemas de renuevo sobre los 50 cm.
2 Hemicriptófitas	Yemas de renuevo justo en la superficie del suelo, muerte parte superior en invierno.
3 Criptófitas	Porción epígea muere en épocas desfavorables quedando con vida bulbos, tubérculos y rizomas
4 Terófitas	Plantas anuales y bianuales
5 Nanofanerófitas	Árboles y arbustos cuyas yemas de renuevo se ubican como mínimo, sobre los 50cm de la superficie del suelo, altura < a 2mt.
6 Microfanerófitas	Árboles y arbustos de entre 2 a 4 mt. de altura
7 Mesofanerófitas	Árboles y arbustos de entre 4 a 8 mt. de altura
8 Megafanerófitas	Árboles y arbustos > a 8 mt. de altura

La información recabada en el área de estudio es:

- Especie vegetal de cada individuo (mayor a 2 metros de altura).
- Diámetro a la altura del pecho (DAP) en árboles mayores a 4 metros de altura. En los individuos menores a 4 metros y mayores a 2 metros de altura, se midió el diámetro a la altura del cuello (DAC). En árboles más bajos que esta altura no se realizan mediciones.
- Estado del individuo. Se evaluó la forma del árbol con fines de cosecha, daño mecánico, salud (presencia de enfermedades o plagas) y forma de vida, esto es, si se trata de individuos en regeneración (menor a 4 m. de altura), renoval (4 a 6 m. de altura) de monte alto (regeneración a partir de semillas) o bajo (rebrote o regeneración a partir de tocón), o adultos. Así se logró estimar el lugar que ocupa cada individuo en la estructura vertical de la asociación vegetal en particular.

Para estudiar y cartografiar la vegetación, se seleccionó una parcela homogénea y representativa de la comunidad a investigar y se delimitó con dimensiones de 20 x 20m. En primer lugar se debe caracterizar el sitio a registrar, registrando en un formulario la ubicación geográfica, altitud, exposición y pendiente de la parcela. Luego se efectuó un registro de la fitosociología de la vegetación que compone cada estrata, indicando la cobertura correspondiente, grado de sociabilidad y forma de vida de cada especie presente en la parcela (Anexo 1). Luego se inició el inventario de los individuos presentes para determinar la estructura vegetacional, recabándose la siguiente información de cada individuo: Especie vegetal, diámetro a la altura del pecho o diámetro a la altura del cuello según corresponda y el estado del individuo (deformación, daño mecánico, salud y forma de vida). Finalmente se recogieron las muestras de suelo y se fotografió la parcela en estudio. En caso de existir alguna información de interés como por ejemplo árboles muertos, efecto de ramoneo, incendios, zonas aradas en el pasado, debe indicarse como observación.

En base a las mediciones de fitosociología y estructura se elaboró el perfil de vegetación o bisecto de cada una de las áreas estudiadas, identificándose las distintas especies arbóreas y arbustivas que caracterizan a cada zona, su altura e importancia dentro de la cobertura.

Materiales: Huincha de medir, forcípula, brújula, GPS, clinómetro, hipsómetro.

3.6 EVALUACIÓN DE RESTAURACIÓN DE BOSQUES.

En base a la experiencia de restauración realizada por el dueño del predio, se procedió a hacer una evaluación de este proceso en algunos de los puntos del campo donde se ha realizado un proceso de restauración de las especies forestales, ya sea por medio de enriquecimiento artificial plantando individuos o por regeneración natural, una vez excluido el pastoreo. Se evaluaron los siguientes ítems, utilizando una escala de uno a cinco (Cuadro 6).

Hábitat. Se refiere al lugar de morada de un organismo o comunidad que proporciona las condiciones necesarias para sus procesos vitales (SER, 2004). Espacio vital o ambiente donde se desarrolla un organismo que incluye tanto elementos bióticos como abióticos (Gastó, 1980). Se evaluó la condición de éste según si las condiciones que presentaba eran aptas para la regeneración de bosque. Entre los datos que se especula que influyen en esto se encuentran los siguientes: relación distrito-sitio-hidromorfismo (CODECO), cobertura vegetal actual, presencia de árboles semilleros, cantidad de sombra sobre el área a evaluar, presencia de especies arbóreas introducidas como *Quercus sp.*, si el área de estudio fue arada o no en el pasado, situación que se sospecha que influye en la potencial regeneración.

Cuadro 6: Índice de evaluación de hábitat, regeneración, plantación y prendimiento.

Índice de Estado	
1	Muy Pobre
2	Pobre
3	Regular
4	Bueno
5	Excelente

Regeneración. Se evaluó si en zonas con exclusión de ganado, había regeneración natural de especies arbóreas y en qué estado se encuentran estas. Al igual que en el caso de la evaluación de hábitat se utilizó un índice desde excelente a muy pobre.

Prendimiento. En los lugares donde se ha hecho plantaciones de especies forestales, se evaluó un índice de prendimiento de las zonas reforestadas. Para esto se entrevistó al dueño del predio, el cual estableció el índice para determinar los resultados de crecimiento de los individuos que plantaron, ya que no se maneja el número total de árboles plantados por sitio. En el predio se ha reforestado principalmente con especies como *Nothofagus dombeyi* y *Nothofagus alpina*. En hábitats que no se encontraban plantados pero que tenían similitudes con algún otro sector en que sí se había hecho, se homologaron los resultados.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN ZONA DE ESTUDIO.

Como parte del examen predial se establecen los antecedentes generales del predio que se resumen en el cuadro, además de la ubicación, clima, geomorfología e hidrología de la zona de estudio.

Cuadro 7. Encuadre predial

Antecedentes del predio			
NOMBRE	HUEÑIVALES		
PROPIETARIO	JUAN GASTÓ CODERCH.		
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	(UTM SAD 69. 19H): 263.050 - 263.720 / 5.736.280 – 5.737.730		
SUPERFICIE	53, 01 ha (52,77 ha (Área predio) + 0,24 ha (servidumbre de paso))		
Localización administrativa		Localización ecorregional	
PAÍS	CHILE (5 04)	REINO	TEMPLADO (3)
REGIÓN	ARAUCANÍA (9)	DOMINIO	HÚMEDO (4)
PROVINCIA	MALLECO (01)	PROVINCIA	HÚMEDA DE VERANO FRESCO Y MESICO “LOS LAGOS” (01)
COMUNA	CURAUTIN (11)		
CODIGO AMINISTRATIVO	5 04 09-01 11	CODIGO ECOLÓGICO	3401-000

Ubicación

El predio se ubica en la precordillera de la región de la Araucanía, en la comuna de Curacautín.

Hueñivales y otros lugares de estudio, como son el fundo Santa Rosa y la Reserva Nacional Malalcahuello, se ubican en la parte superior de la cuenca del río Cautín (Carta 1)

Los accesos al predio Hueñivales son por la ruta internacional R-89 que va desde Curacautín a Lonquimay y que llega finalmente hasta la República de Argentina. Por esta ruta se deben recorrer 10 Km hacia el este, hasta llegar al cruce que la une con el Parque Nacional Conguillío. Por esta vía que es no pavimentada se debe continuar por aproximadamente 5,8 Km hasta la entrada del predio (Figura 18).

Carta 1. Cuenca del río Imperial y sus afluentes entre ellos el río Cautín

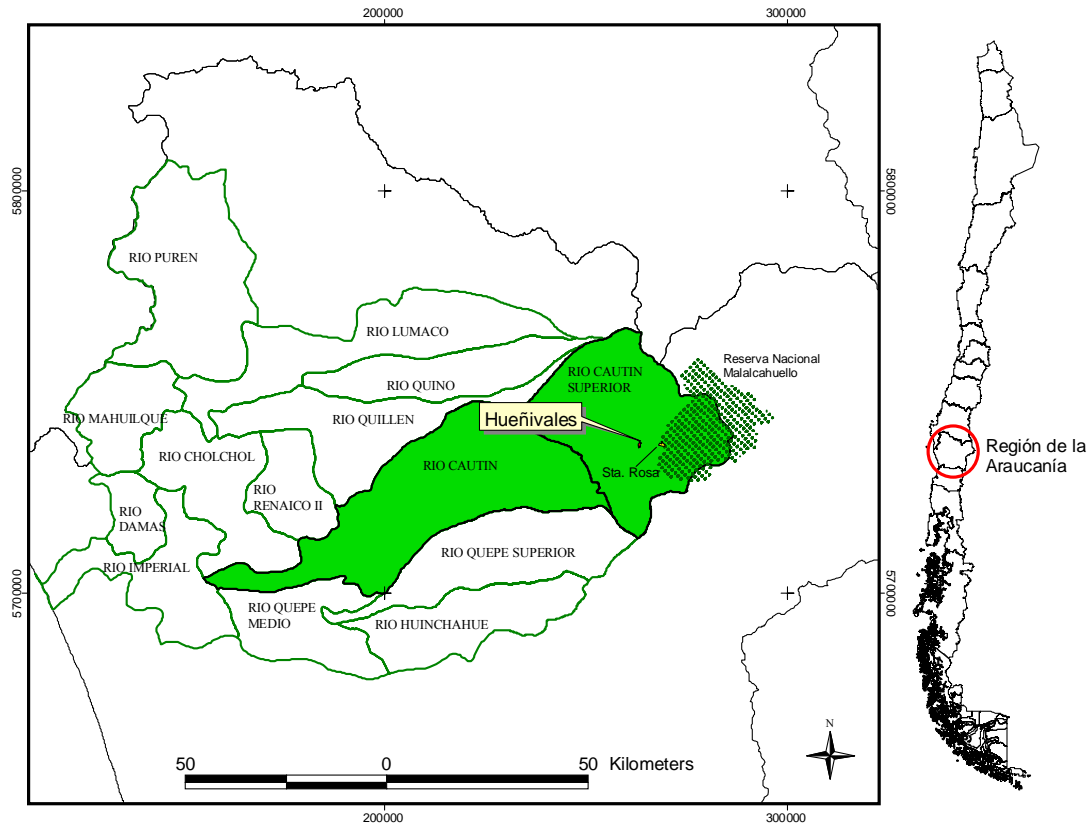


Figura 18: Vías de acceso al predio Hueñivales.

Clima

Su clima es templado húmedo, pertenece la provincia del tipo húmeda de verano fresco y méxico “los lagos. Característico de esta provincia ecológica es que en los meses de verano,

las precipitaciones tienden a disminuir hasta montos insuficientes para mantener la vegetación, lo cual no perdura más de un mes. La vegetación natural no se ve afectada debido a que los montos anuales sobrepasan los requerimientos (Gastó, Cosio y Panario, 1993).

De acuerdo a Santibáñez y Uribe, 1993, el predio pertenece al distrito agroclimático 89.11. Es del tipo infratermal estenotérmico mediterráneo perhúmedo. Este régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 21,6°C y una mínima en julio de 2,0°C. El periodo libre de heladas es de 12 días, con un promedio de 80 heladas por año. Registra anualmente 573 días-grado y 4290 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 2860 mm, un déficit hídrico de 154 mm y un periodo seco de 1 mes. Este distrito posee ciertas características que se resumen en el Cuadro 8.

Cuadro 8: Variables agroclimáticas principales.

Tª MÁXIMA DE ENERO (°C)	21,6	HUMEDAD RELATIVA DE JULIO (%)	72	PERÍODO HÚMEDO (MESES)	9
Tª MÍNIMA DE ENERO (°C)	5,0	SUMA DE DÍAS GRADO AÑO (BASE 10°C)	573	PRECIPITACIÓN ANUAL (MM)	2860
Tª MÁXIMA DE JULIO (°C)	8,4	SUMA HORAS FRÍO ANUALES (BASE 7°C)	4290	ETP ANUAL (MM)	844
Tª MÍNIMA DE JULIO (°C)	2,0	PRIMERA HELADA (DÍA DEL AÑO)	7	DÉFICIT HÍDRICO ANUAL (MM)	-154
RAD. SOLAR DE ENE. (CAL/CM ² /DÍA)	522	ÚLTIMA HELADA (DÍA DEL AÑO)	360	EXCEDENTE HÍDRICO ANUAL (MM)	2170
RAD. SOLAR DE JUL. (CAL/CM ² /DÍA)	87	PERÍODO LIBRE DE HELADAS (DÍAS/AÑO)	12	ÍNDICE HUMEDAD INVERNAL (PP/ETP)	29,03
ETP DE ENERO (MM)	130	TOTAL HELADAS (HELADAS/AÑO)	80	ÍNDICE HUMEDAD ESTIVAL (PP/ETP)	0,59
ETP DE JULIO (MM)	11	DÍAS CÁLIDOS (DÍAS/AÑO)	11	ÍNDICE HUMEDAD ANUAL (PP/ETP)	3,39
HUMEDAD RELATIVA DE ENERO (%)	57	PERÍODO SECO (MESES)	1	PERÍODO DE RECESO VEGETATIVO (MESES)	7,07

Geomorfología y suelos.

Geomorfológicamente, la precordillera posee un carácter de acumulación de sedimentos fluvio-glacio-volcánico, constituido por conos de gran envergadura y potencia, los que tienden a desaparecer como unidad orográfica al del río Allipén (Börgel, 1965 citado por Demanet y Romero, 1988)

En efecto, el carácter fuertemente morrénico del borde más occidental de la precordillera, así como las condiciones climáticas más húmedas de esta zona, minimizan las formas del relieve a simples lomas de gran curvatura externa, con la periferia sometida a la intensa acción erosiva lineal por quebradas y arroyos (Gasto, Gallardo y Contreras, 1985).

El predio está constituido por tres terrazas, que ascienden desde las orillas del estero Ñanco, por medio de lomajes bien definidos que unen las distintas zonas planas. Este es atravesado por una serie de quebradas que se originan en las zonas altas del predio (Carta 2).

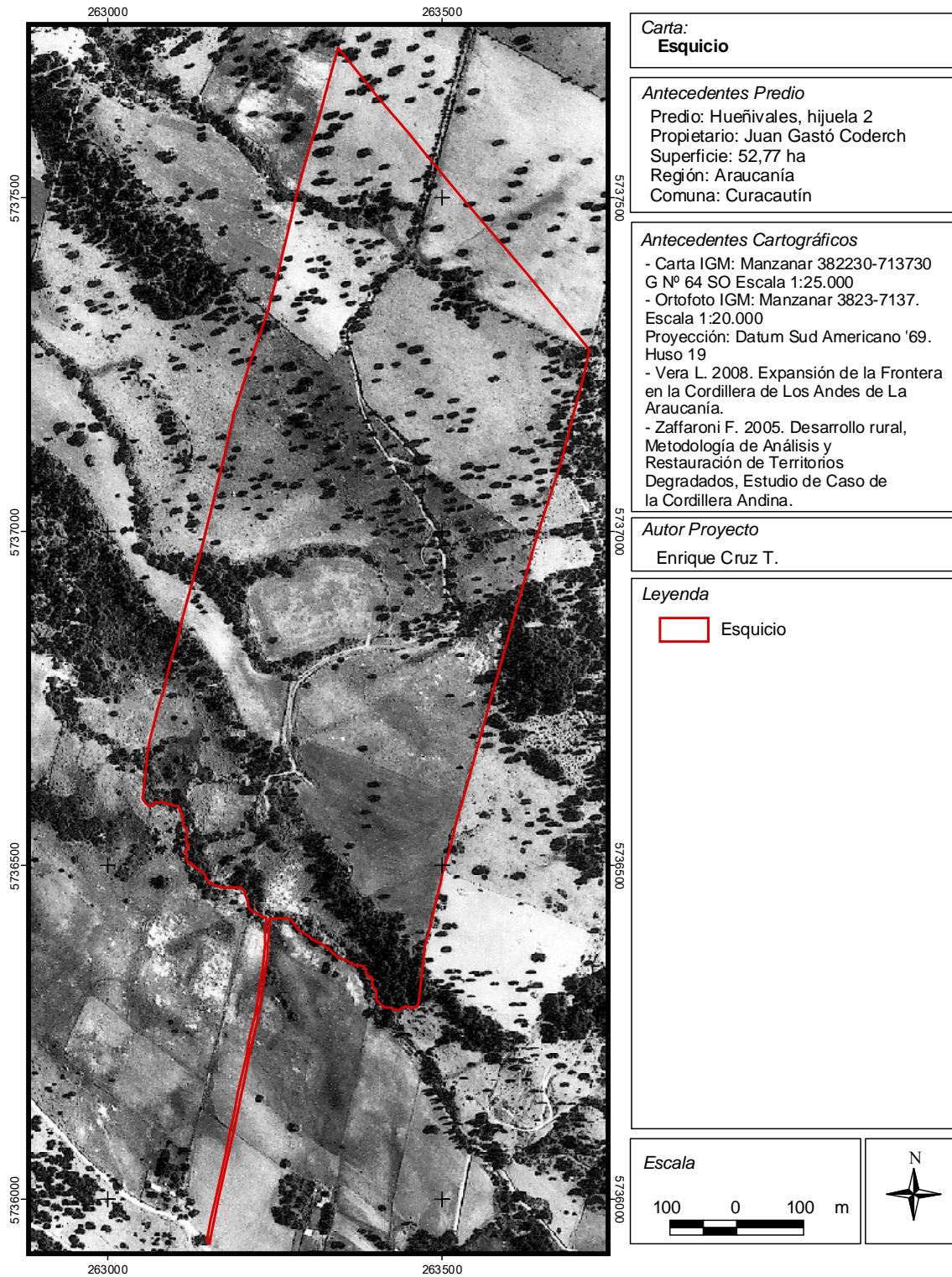
Los suelos corresponden preponderantemente a trumaos, de acuerdo a la clasificación realizada por Roberts y Díaz (1960). Este tipo de suelo es originado a partir de cenizas volcánicas (basáltico-andesíticas) y sólo se desarrollan bajo un régimen de temperatura méxico o térmico (Besoain, 1985 citado por Demanet y Romero, 1988).

Este tipo de suelo es muy poroso, con densidades aparentes bajas ($0,6-0,9 \text{ g/cm}^3$), pH ácido y capacidad de intercambio catiónico que fluctúa entre 47 y 77 meq/100 g. la saturación de básica, disminuye de norte a sur, fluctuando entre 21 y 6%, debido a la presencia de una mayor precipitación (sobre 1900 mm anuales), lo que favorece la acumulación de materia orgánica y la acidez del suelo. La acidez extractable varía entre 40 y 65 meq/100g. los índices de adsorción de fósforo fluctúan entre 39 y 98%, son mayores en horizontes superficiales debido a la presencia de aluminio extractable. En relación al contenido de óxido de hierro (Fe_2O_3), fluctúa entre 2,8 y 6,4%. (Sadzawka y Carrasco, 1985 citado por Demanet y Romero, 1988). Pese a esto estos suelos poseen excelentes propiedades físicas (porcentaje de agregación, densidad aparente, capacidad de retención de agua, color y otros), su uso agrícola se ve seriamente limitado por la carencia de fósforo disponible, producida por la alta capacidad de fijación de sus coloides inorgánicos (Demanet y Romero, 1988)

Hidrología

El predio limita al sur con el estero Ñanco (Carta 2), afluente del río Cautín, a partir del cual luego se forma el río Imperial (Figura 17). El régimen hidrográfico de este estero, es pluvial, es decir que el caudal crece en correspondencia con las precipitaciones, más abundantes en la estación invernal. Esta característica se asocia a que el origen de esta cuenca se produce en cumbres bajas de la precordillera, donde no se produce abundante acumulación de nieve, por lo tanto en los meses estivales se registran disminuciones en los caudales.

Carta 2. Esquicio o limites del predio Hueñivales.



La parte superior y centro se encuentra el área correspondiente al predio propiamente tal (52,77 ha), en la parte inferior se aprecia una delgada faja correspondiente a la servidumbre de paso (0,24 ha).

4.1.1 Socioestructura.

En el predio, en la actualidad habita permanentemente un cuidador que baja al pueblo de Curacautín una o dos veces a la semana.

Éste recibe periódicamente la visita de sus dos hijos, los cuales pasan en el predio fines de semana y periodos de vacaciones. Esto debido a que van a la escuela de Curacautín, donde vive su madre.

Los propietarios del predio lo visitan a lo menos dos veces al mes por periodos no menores a tres días. Durante el periodo que va de diciembre a febrero y la segunda quincena de julio, se establecen en el lugar.

En los alrededores del predio se encuentran dos propiedades, la de Leonidas Parra, ubicada al sur de ésta, y la de un ciudadano suizo, que rodea la propiedad por el norte, este y oeste. Estos se dedican a la ganadería y producción de madera, y crianza de caballos respectivamente.

4.1.2 Biogeoestructura

1.1.1.7 Distrito y sitio

De las 52,77 ha estudiadas la mayor parte corresponde al distrito plano. Los espacios planos y cerranos le siguen en dominancia (Cuadro 9 y Carta 3). Las zonas depresionales solo cubren un mínimo porcentaje de la superficie predial. Áreas de distritos montanos son inexistentes el predio.

Cuadro 9. Superficies de los distritos presentes en el área de estudio.

Distrito	Descripción de las pendientes (%)	Superficie	
		(ha)	(%)
Depresional	<0,0	1,30	2%
Plano	0,0-10,4	32,40	61%
Ondulado	10,5-34,4	9,62	18%
Cerrano	34,5-66,4	9,45	18%
Montano	>66,5	0,00	0%
Total		52,77	100%

El sitio corresponde a un área de tierra que difiere de otras en su capacidad potencial de producción de una cierta cantidad y calidad de vegetación (Dyksterhuis, 1949; Soil Conservation Service, 1962 citados por Gastó et al. 1993).

En el código ecológico los primeros cuatro dígitos corresponden al código de la provincia ecológica, definida por variables climáticas, en este caso del tipo reino templado (3), dominio húmedo (4) y provincia húmeda de verano fresco y mésico “los lagos” (01), tal como se ha expuesto en el cuadro del encuadre predial.

Las variables del sitio se incorporan en los siguientes tres dígitos, bajo las variables de textura, profundidad e hidromorfismo asignándose un dígito a cada uno.

En el predio se determinaron 10 tipos distintos de códigos ecológicos que caracterizan cada sitio (Cuadro 10).

Según se observa en la Carta 3 y el Gráfico 1, en el predio el área más representativa es aquella de distrito plano con suelos profundos de textura media y drenaje moderado y suelos de profundidad media y drenaje moderado. El resto del área de estudio presenta principalmente distritos ondulados y cerranos de profundidad media, textura media a liviana y drenaje moderado a rápido. Cabe destacar la presencia de zonas con hidromorfismo tanto permanente como estacional en zonas bajas del predio.

1.1.1.8 Exposición

Es la exposición de la superficie del terreno en relación a variables ambientales específicas del ambiente que circunda a la unidad, entre las cuales sobresale la exposición solar, al viento y la neblina (Gastó, Cosio y Panario, 1993).

En relación a la exposición a los elementos como son, los rayos solares y el viento, un 73% del área no tiene exposición a éstos, lo que se explica por tratarse de un área con dominancia de distritos planos y ondulados. Un 26% del área de estudio tiene exposición sur, es decir, son laderas umbrías y solo un 1% de la superficie es de exposición solana

Cuadro 10. Superficies de distrito-sitio presentes en el caso de estudio y su representatividad expresada en porcentaje del total

Código Ecológico.	Distrito	Sitio		Superficie	
		Textura-Profundidad	Hidromorfismo	(ha)	(%)
3401-131	Depresional	Pesada delgado	Hidromórfico permanente superficial	0,52	1%
3401-151	Depresional	Media mediano	Hidromórfico permanente superficial	0,32	1%
3401-154	Depresional	Media mediano	Hidromórfico estacional superficial	0,45	1%
3401-258	Plano	Media mediano	Drenaje moderado	7,13	14%
3401-288	Plano	Media profundo	Drenaje moderado	25,27	48%
3401-358	Ondulado	Media mediano	Drenaje moderado	5,94	11%
3401-359	Ondulado	Media mediano	Drenaje rápido	0,16	0%
3401-379	Ondulado	Liviana profundo	Drenaje rápido	3,51	7%
3401-458	Cerrano	Media mediano	Drenaje moderado	6,11	12%
3401-459	Cerrano	Media mediano	Drenaje rápido	3,34	6%
Total general				52,77	100%

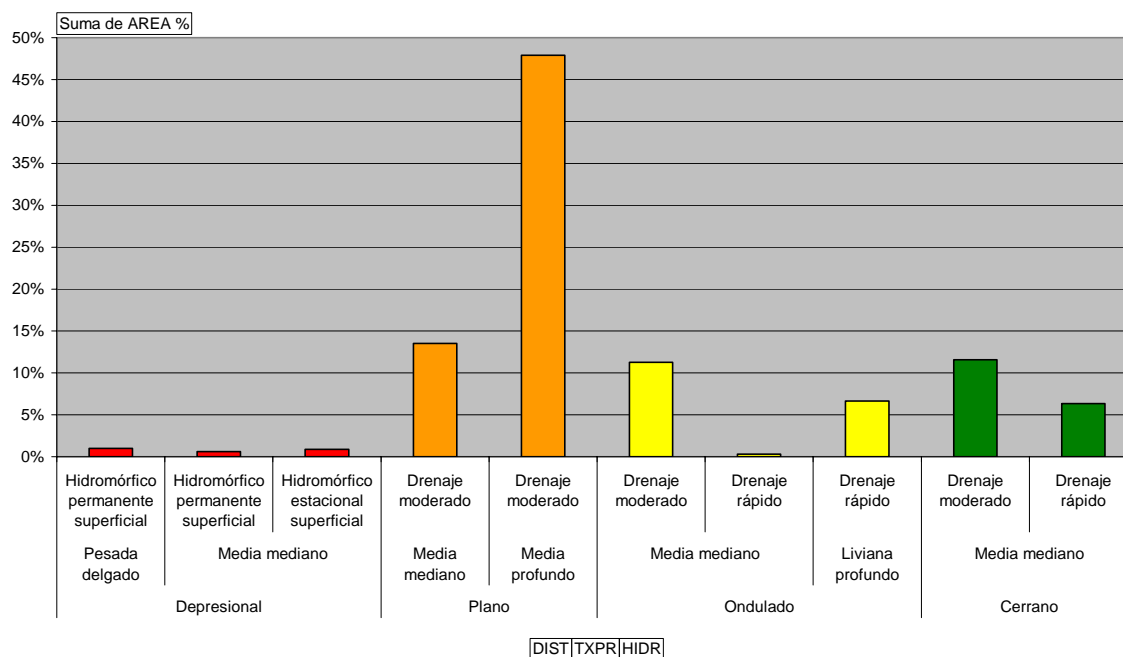
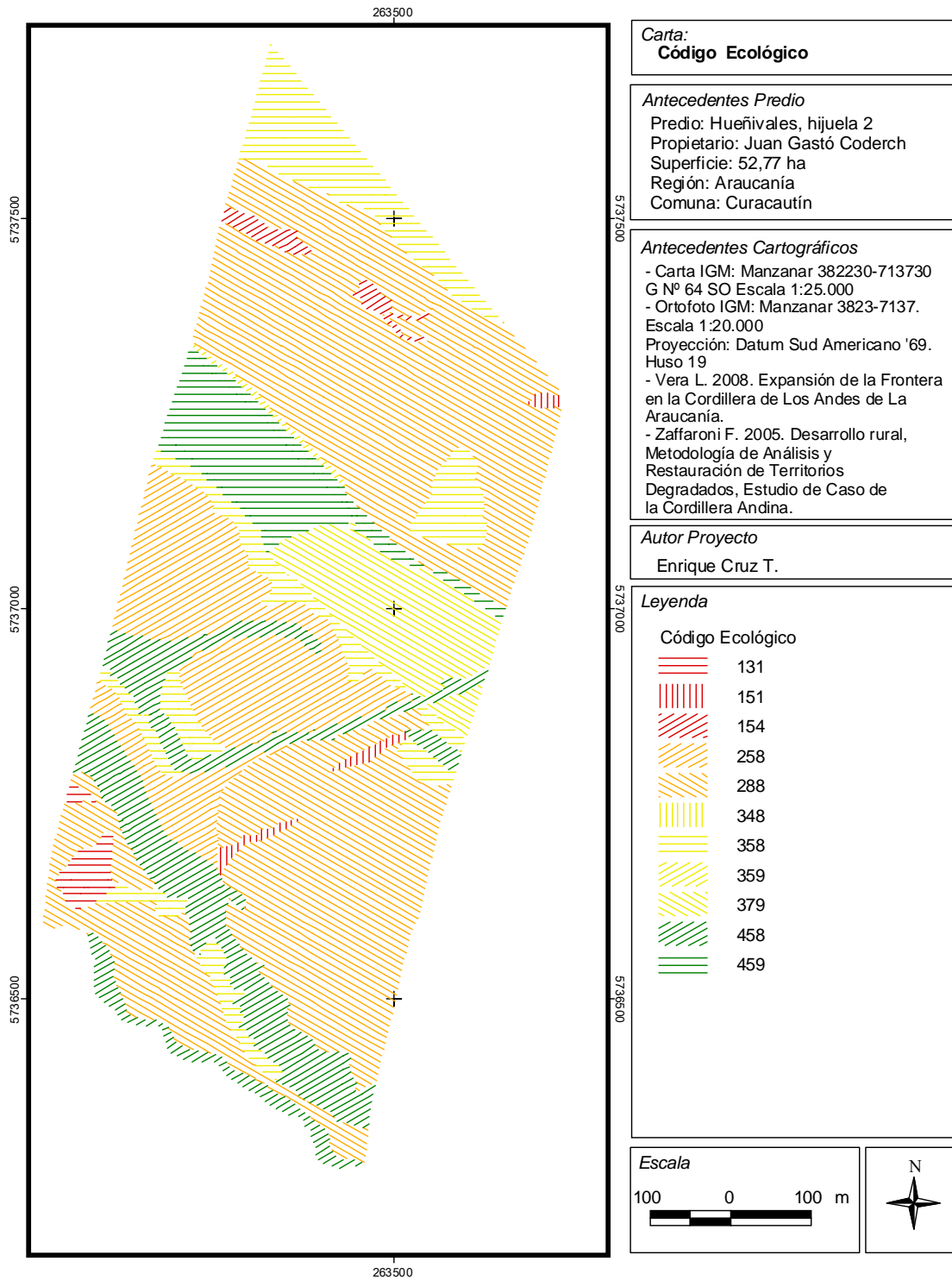


Gráfico 1. Superficies de distrito-sitio presentes en el caso de estudio y su representatividad expresada en porcentaje del total

Carta 3. Carta tipos de códigos ecológicos de distrito sitio, predio Hueñivales



Carta:
Código Ecológico

Antecedentes Predio
 Predio: Hueñivales, hijuela 2
 Propietario: Juan Gastó Coderch
 Superficie: 52,77 ha
 Región: Araucanía
 Comuna: Curacautín

Antecedentes Cartográficos
 - Carta IGM: Manzanar 382230-713730
 G Nº 64 SO Escala 1:25.000
 - Ortofoto IGM: Manzanar 3823-7137.
 Escala 1:20.000
 Proyección: Datum Sud Americano '69.
 Huso 19
 - Vera L. 2008. Expansión de la Frontera
 en la Cordillera de Los Andes de La
 Araucanía.
 - Zaffaroni F. 2005. Desarrollo rural,
 Metodología de Análisis y
 Restauración de Territorios
 Degradados, Estudio de Caso de
 la Cordillera Andina.

Autor Proyecto
 Enrique Cruz T.

Leyenda

Código Ecológico	Patrón
131	Red horizontal lines
151	Red vertical lines
154	Red diagonal lines
258	Orange horizontal lines
288	Orange diagonal lines
348	Yellow horizontal lines
358	Yellow diagonal lines
359	Yellow vertical lines
379	Yellow horizontal lines
458	Green diagonal lines
459	Green horizontal lines

Escala
 100 0 100 m



1.1.1.9 Cobertura 2001-2003

La cobertura de la unidad biogeoes estructural representa a la formación vegetal que ocupa el espacio y el sitio, en el caso de que se trate de una biocenosis. La cobertura también puede ser tecnológica. (Gastó, Cosio y Panario, 1993).

En general dicha área presenta un mosaico de estados vegetacionales, donde se distinguen praderas naturales y naturalizadas de terófitas asociadas a hémicriptófitas, principalmente *Agrostis tenuis*. La formación de nanofanerófitas se asocia a terrenos de postcultivo y al bosque nativo intervenido dominado por el matorral de *Chusquea quila* (Demagnet y Romero, 1988). En relación a la presencia de micro y megafanerófitas es frecuente encontrar formaciones aisladas de *Nothofagus dombeyi*, que forma comunidades con *Nothofagus alpina*, *Laureliopsis philippiana*, *Aextoxicon punctatum*, *Dasyphyllum diacanthoides*, *Lomatia hirsuta*, *Chusquea culeu* y *Luma apiculata* entre otros.

La cobertura vegetal del predio al momento de su compra y en la actualidad está compuesta por una matriz de praderas y sabanas de especies nativas e introducidas, tanto forestales como frutales. Existen parches de relictos de bosques, matorrales de especies nativas e introducidas como zarzas y rosas, y mallines de herbáceas cespitosas (Carta 4 y Cuadro 11).

Cuadro 11. Tipos de cobertura vegetal en el año 2003, según superficie y porcentaje.

Cobertura 2003	Superficie	
	(ha)	(%)
Bosque	6,68	13%
Cultivo forestal	0,11	0,2%
Cultivo frutal	0,69	1%
Herbácea cespitosa	0,53	1%
Matorral	6,86	13%
Pradera	14,78	28%
Sabana arbustiva	23,1	44%
Total general	52,77	100%

Los tipos de coberturas presentes en el predio son las siguientes:

Bosque: Compuesto por especies del bosque templado de Chile como *Nothofagus dombeyi*, *Nothofagus alpina*, *Dasyphyllum diacanthoides* y algunos pocos individuos de *Aextoxicon punctatum*. En general se trata de relictos de bosque adulto el cual en el año 2003 se encontraba bastante degradado producto del floreo y el pastoreo de ganado (Foto 1). Este tipo de cobertura domina principalmente las zonas depresionales y cerranas del predio, tanto en el momento de su compra como en la actualidad (Gráfico 2 y 15).

Cultivo Forestal: Definido así por la presencia de especies de *Quercus sp*, *Acer sp*, y *Populus sp*, en general en el predio se presentan como sabanas con especies forestales, lo cual permite una utilización del forraje herbáceo presente bajo la estrata arbórea por parte del ganado (Foto 2).

Cultivo frutal: Al igual que el cultivo forestal se presenta en forma de sabana de árboles frutales (Foto 3). Éstos se ubican específicamente en las zonas donde antiguamente se encontraban las pueblas o zonas de viviendas en el predio, donde estas zonas de especies frutícolas correspondían a la antigua quinta que luego fue invadida por especies herbáceas. Las principales especies que componen este tipo de cobertura son manzanos (*Malus sp.*) e individuos del género de los *Prunus*, como el cerezo.

Herbácea cespitosa: Compuesta por las zonas de mallines. El hidromorfismo ya sea estacional o permanente solo permite el crecimiento de especies tolerantes a la humedad, como son las especies del género *Juncus sp.* que crecen en las zonas inundadas la mayor parte del año (distritos depresionales), mezclándose con otras especies de mayor valor como *Holcus lanatus* y *Agrostis castellana*, en zonas donde la humedad no es permanente (Foto 4).

Matorral: Corresponde a zonas dominadas por especies arbustivas nativas como: *Chusquea culeu*, *Chusquea quila* (Foto 5), *Arsitotelia chilensis*, *Azara serrata*, *Lomatia dentata* y *Luma apiculata* entre otros y especies introducidas como: *Rubus ulmifolius* y *Rosa eglanteria* (Foto 6).

Pradera: Son definidas así las áreas dominadas principalmente por especies herbáceas forrajeras como *Dactylis glomerata*, *Bromus sp*, *Agrostis sp* y *Trifolium sp*, además de otras especies de menor valor forrajero como *Anthoxantum odoratum*, *Achillea millenfolium* y *Rumex acetocela* (Foto 7). También se encuentran especies de malezas arbustivas como *Rubus ulmifolius* y *Rosa eglanteria*.

Sabana Arbustiva: Zonas que están compuestas por dos estratas, una herbácea con potencial de uso forrajero y dominada por las mismas especies ya mencionadas en la cobertura de praderas. Una segunda estrata de carácter arbustivo-arbóreo de entre 3 a 8 metros de altura dominada por individuos presentes en los bosques naturales de esta zona, principalmente *Dasyphylium diacanthoides* y pocos especímenes de *Nothofagus dombeyi* y *Nothofagus alpina* (Foto 8). En la actualidad, las áreas que en el 2003 se encontraban con este tipo de

cobertura en distritos ondulados y cerranos (Gráfico 2), se han destinado a la restauración de bosques.

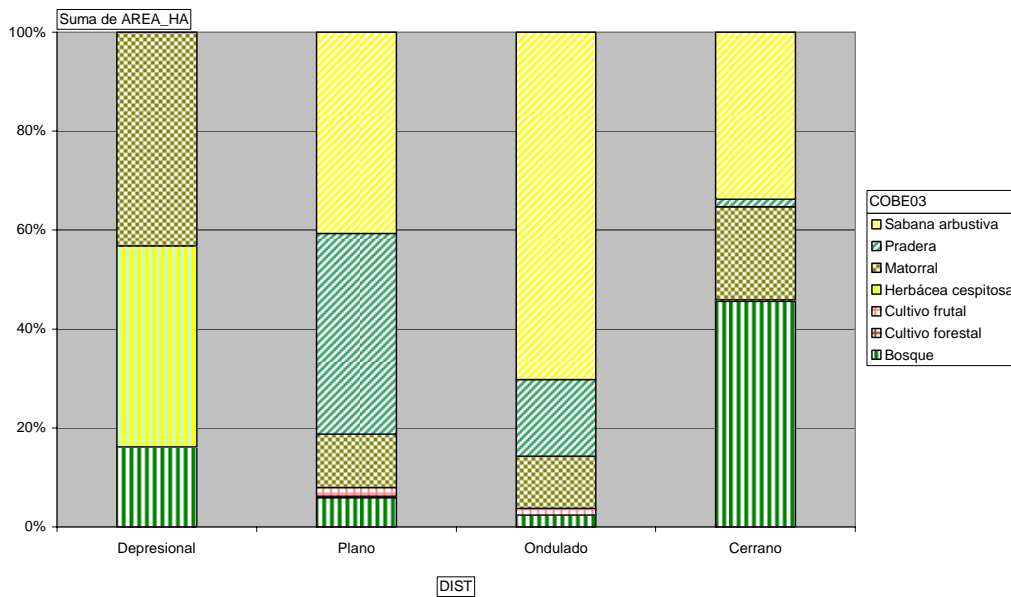


Gráfico 2. Relación entre cobertura vegetal (COBE03) y su superficie en porcentaje según distrito (DIST), año 2003



Foto 1. Cobertura de bosques en Hueñivales.



Foto 2. Cobertura de cultivo forestal



Foto 3. Cobertura de cultivo frutal



Foto 4. Cobertura de herbácea cespitosa (mallín)



Foto 5. Cobertura de matorral *Chusquea* sp.



Foto 6. Cobertura de matorral Zarza (*Rubus ulmifolius*)

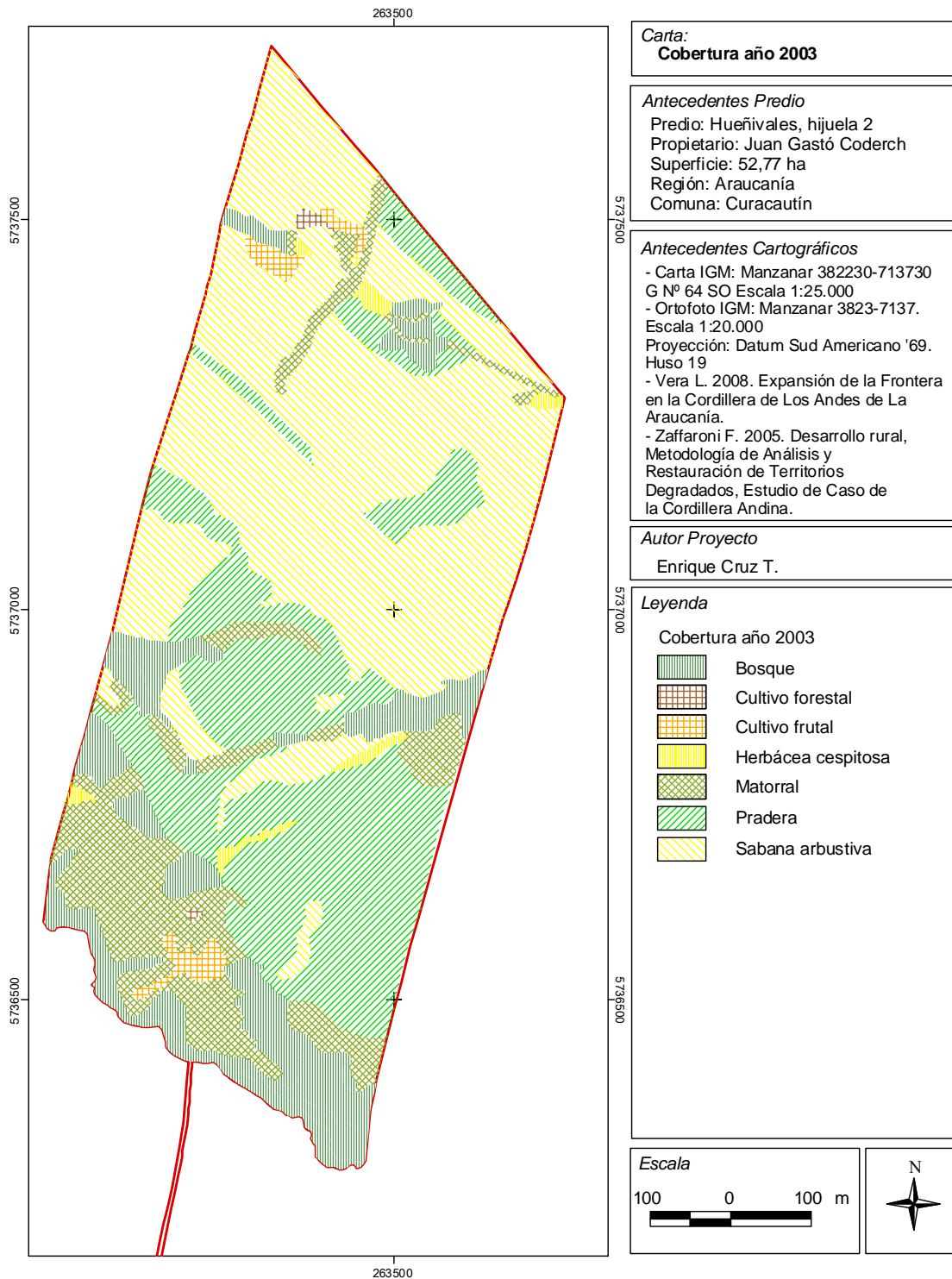


Foto 7. Cobertura de pradera



Foto 8. Cobertura de sabana arbustiva

Carta 4. Tipos de cobertura vegetal presentes en el predio en el año 2003



1.1.1.10 Fauna

A pedido del propietario, se realizó un listado de la fauna presente en el predio, y el tipo de ambiente en que se observó. Esta lista se estableció principalmente mediante observación, durante las visitas al predio y relatos de quienes habitan en el fundo. Las especies identificadas, su orden, familia, nombre científico, hábitat y lugar de observación se resumen en el Cuadro 12.

Según los datos recabados por Zaffaroni (2005), se rescata el siguiente relato de la visita del puma ocurrida en la primavera del año 2004.

La visita del Puma

“...durante cuatro noches, desde el 30 de septiembre al 3 de octubre (2004), el puma visitó la casa del cuidador, el señor Tibaldo. Su objetivo fue comer las gallinas alojadas a lado de la casa. El felino aprovechó de la presencia de una rama de Trevo justamente puesta sobre el gallinero. La primera noche se comió una gallina: probablemente una vez capturada el ave fue sacada y llevada a otro sitio para su consumación.

La segunda noche se puso una ampolleta encendida en las cercanías del gallinero para asustar al depredador. Sin embargo el animal visitó igualmente el lugar y raptó otra presa. Algunos pavos y algunas gallinas huyeron lejos de la casa y del puma.

Se cortaron entonces algunas ramas del árbol pero no se tuvo ningún efecto: la tercera noche desapareció otra gallina.

La semana siguiente el puma era el sujeto más famoso del valle...”

Relato señor Tibaldo de las Nieves (cuidador del predio Hueñivales)

Cuadro 12. Listado de Fauna observada en el predio Hueñivales.

Familia	Nombre común	Nombre científico	Hábitat típico	Lugar observado
AVES				
ORDEN CHARADRIIFORMES				
<i>Charadriidae</i>	Queltehue	<i>Vanellus chilensis</i>	Praderas, pastizales, campos abiertos. Riberas de lagos y estuarios	Praderas
ORDEN CICONIIFORMES				
<i>Cathartidae</i>	Jote cabeza negra	<i>Coragyps atratus</i>	Diverso desde la cordillera a la costa	Praderas
<i>Threskiornitidae</i>	Bandurria	<i>Theristicus melanopsis</i>	Praderas y campos con algunos árboles aislados	Praderas
ORDEN COLUMBIFORMES				
<i>Columbidae</i>	Torcaza	<i>Columba araucana</i>	Bosques y bordes de bosque	Bosques y encinos
ORDEN FALCONIFORMES				
<i>Falconidae</i>	Tiuque	<i>Milvago chimango</i>	Muy diverso, campos, bosques, ciudades.	Orillas de bosque y vuelo
<i>Falconidae</i>	Traro	<i>Caracara plancus</i>	Variado desde praderas a bosques abiertos y estepas patagónicas	Relato
ORDEN GALLIFORMES				
<i>Odontophoridae</i>	Codorniz	<i>Callipepla californica</i>	Zonas agrícolas, bordes de pastizales, matorrales, suburbios	Canto
ORDEN PASSERIFORMES				
<i>Emberizidae</i>	Chirihue	<i>Sicalis luteola</i>	Bosques templados y sus bordes. Tierras de cultivo, matorral y jardines	Pradera
<i>Fringillidae</i>	Diuca	<i>Diuca diuca</i>	Campo, matorral, jardines, bordes de bosque	Pradera
<i>Furnariidae</i>	Churrete	<i>Cinclodes patagonicus</i>	Cerca de corrientes, lagos o zonas húmedas	Mallín bajo
<i>Furnariidae</i>	Comesebo	<i>Pygarrhichas albogularis</i>	Árboles, especialmente bosques de <i>Nothofagus</i>	Canto
<i>Furnariidae</i>	Rayadito	<i>Aphrastura spinicauda</i>	Bosques templados y matorrales	Bosque
<i>Icteridae</i>	Loica	<i>Sturnella loyca</i>	Se alimenta en el suelo. Pastizales, cultivos, matorral y estepa.	Pradera baja
<i>Icteridae</i>	Tordo	<i>Curaeus curaeus</i>	Bordes de bosque, matorrales, jardines y cultivos	Vuelo
<i>Phytotomidae</i>	Rara	<i>Phytotoma rara</i>	Praderas, matorrales, bordes de bosque, jardines urbanos	Jardín casa
<i>Rhinocryptidae</i>	Chucao	<i>Scelorchilus rubecula</i>	Bosque templado con sotobosque denso especialmente de <i>Chusquea</i>	Bosque
<i>Rhinocryptidae</i>	Churrin	<i>Scytalopus megellanicus</i>	Matorral denso y sotobosque de bosques templados, generalmente cerca de agua	Canto

Rhinocryptidae	Hued-Hued	<i>Pteroptochos tarnii</i>	Bosque templado húmedo y bordes de bosque. Quila.	Bosque
Troglodytidae	Chercán	<i>Troglodytes musculus</i>	Matorral, arbustos, parques urbanos, costa.	Bosque y matorral
Turdidae	Zorzal	<i>Turdus falcklandii</i>	Muy variado desde jardines hasta bosques y praderas.	Jardín
Tyrannidae	Fío fío	<i>Elaenia albiceps</i>	Variado desde praderas a bosques, pero requiere árboles altos	Bosque
Tyrannidae	Viudita	<i>Colorhamphus parvirostris</i>	Bosques con sotobosque denso. También matorral denso	Canto
ORDEN				
PICIFORMES				
<i>Picidae</i>	Carpinterito	<i>Picoides lignarius</i>	Bosques abiertos y matorrales densos	Dehesa trevo y al vuelo
<i>Picidae</i>	Carpintero Negro	<i>Campephilus magellanicus</i>	Árboles nativos de gran tamaño como Araucarias	Relato Dehesa trevo, borde de bosque y al vuelo
<i>Picidae</i>	Pitío	<i>Colaptes pitius</i>	Bosques, bordes de bosques y zonas agrícolas	
ORDEN				
PSITTACIFORMES				
<i>Psittacidae</i>	Choroy	<i>Enicognathus leptorhynchus</i>	Bosques de <i>Nothophagus</i> y Araucaria. Terrenos agrícolas	Vuelo
ORDEN				
STRIGIFORMES				
<i>Tytonidae</i>	Lechuza	<i>Tyto alba</i>	Campos abiertos, pajonales, matorral abierto	Relato
MAMÍFEROS				
ORDEN				
CARNIVORA				
<i>Canidae</i>	Zorro chilla	<i>Pseudalopex griseus</i>	Desierto, matorrales abiertos, estepas y sectores costeros. Parches arbustivos de baja estatura.	Relato
<i>Canidae</i>	Zorro culpeo	<i>Pseudalopex culpaeus</i>	Variado desde montañas arriba de la línea de bosques, hasta valles profundos y desiertos abiertos, pampas de matorrales, y bosques templados	Relato
<i>Felidae</i>	Puma	<i>Puma concolor</i>	Bosques, estepas y zonas cordilleranas en general	Relato
<i>Mustelidae</i>	Quique	<i>Galictis cuja</i>	Llanuras, zonas semipantanosas y quebradas con agua	Relato
<i>Mustelidae</i>	Chingue	<i>Conepatus chinga</i>	Matorrales, terrenos con árboles dispersos y tierra suelta. Zonas de sabana, cordillera, altiplano y estepa	Relato
ORDEN				
LAGOMORPHA				
<i>Leporidae</i>	Liebre	<i>Lepus capensis</i>	Praderas, matorrales, campos de cultivo	Pradera



Foto 9. Bandurria (*Theristicus melanopis*)



Foto 10. Rayadito (*Aphrastura spinicauda*)



Foto 11. Comesebo (*Pygarrhichas albogularis*)



Foto 12. Jote cabeza negra (*Coragyps atratus*)



Foto 13. Carpinterito (*Picoides lignarius*)



Foto 14. Pitío (*Colaptes pitius*)

Fotógrafo: Enrique Cruz T.



Foto 15. Rara (*Phytotoma rara*)



Foto 16. Fío-fío (*Elaenia albiceps*)



Foto 17. Chucao (*Scelorchilus rubecula*)



Foto 18. Churrete (*Cinclodes patagonicus*)



Foto 19. Tordo (*Curaeus curaeus*)



Foto 20. Zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*)

Fotógrafo: Enrique Cruz T.

4.1.3 Hidroestructura 2001-2003

El predio posee una red de vegas o mallines y quebradas que se originan en las zonas altas de éste, atravesando las zonas planas y formando distritos depresionales.

Los distintos tipos de conductos hídricos encontrados en Hueñivales se pueden definir de la siguiente manera:

Vegas. Son terrenos bajos o depresionales que poseen una alta humedad que le otorga ciertas características especiales a su vegetación que suelen ser juncáceas y ciperáceas (Foto 21). Cada una de las terrazas que componen el predio tiene zonas de vegas como se aprecia en la Carta 5. Las vegas fueron clasificadas según el código ecológico de los distritos que éstas componen, siendo el hidromorfismo el parámetro que más las caracteriza. Las características del sitio de cada mallín y su superficie se resumen en el Cuadro 13. Estas vegas y quebradas proveen de agua para el ganado a los distintos potreros.

Cuadro 13. Tipos de vegas presentes en Hueñivales según código ecológico (CODECO) y superficie.

CODECO	Sitio			Superficie (ha)
	Distrito	Textura-Profundidad	Hidromorfismo	
Vega - 131	Depresional	Pesada Delgado	Hidromórfica estacional superficial	0,52
Vega - 151	Depresional	Media Mediano	Hidromórfica permanente superficial	0,32
Vega - 154	Depresional	Media Mediano	Hidromórfica permanente superficial	0,45
Total				1,30

Cauce. Se define así a aquellos conductos de agua en que no se genera una transición abrupta del tipo quebrada, sino que existe una transición continua entre un distrito plano u ondulado a uno depresional, sin zonas de fuertes pendientes (Foto 23). En el predio en general se trata de zonas que encauzan aguas hacia las vegas y quebradas.

Estero. Es un arroyo o riachuelo, conducto de agua de tamaño medio. Como ya se mencionó anteriormente el predio limita en su extremo sur con las riveras del estero Ñanco, el cual se utiliza como fuente de agua para el ganado que se encuentra en el potrero bajo (22). Éste posee un régimen hídrico anual con crecida invernal y en su paso por el predio tiene una longitud de 654 metros.

Quebrada: Conducto de agua que corre por un corte abrupto en la superficie de la tierra (Foto 24). Presenta poco caudal y su régimen de aguas puede ser anual, pluvial o limitarse a ciertas estaciones del año.

Bebadero de ganado: Áreas de acceso al agua por parte del ganado. Estas pueden ser naturales o artificiales.



Foto 21. Vega



Foto 22. Estero

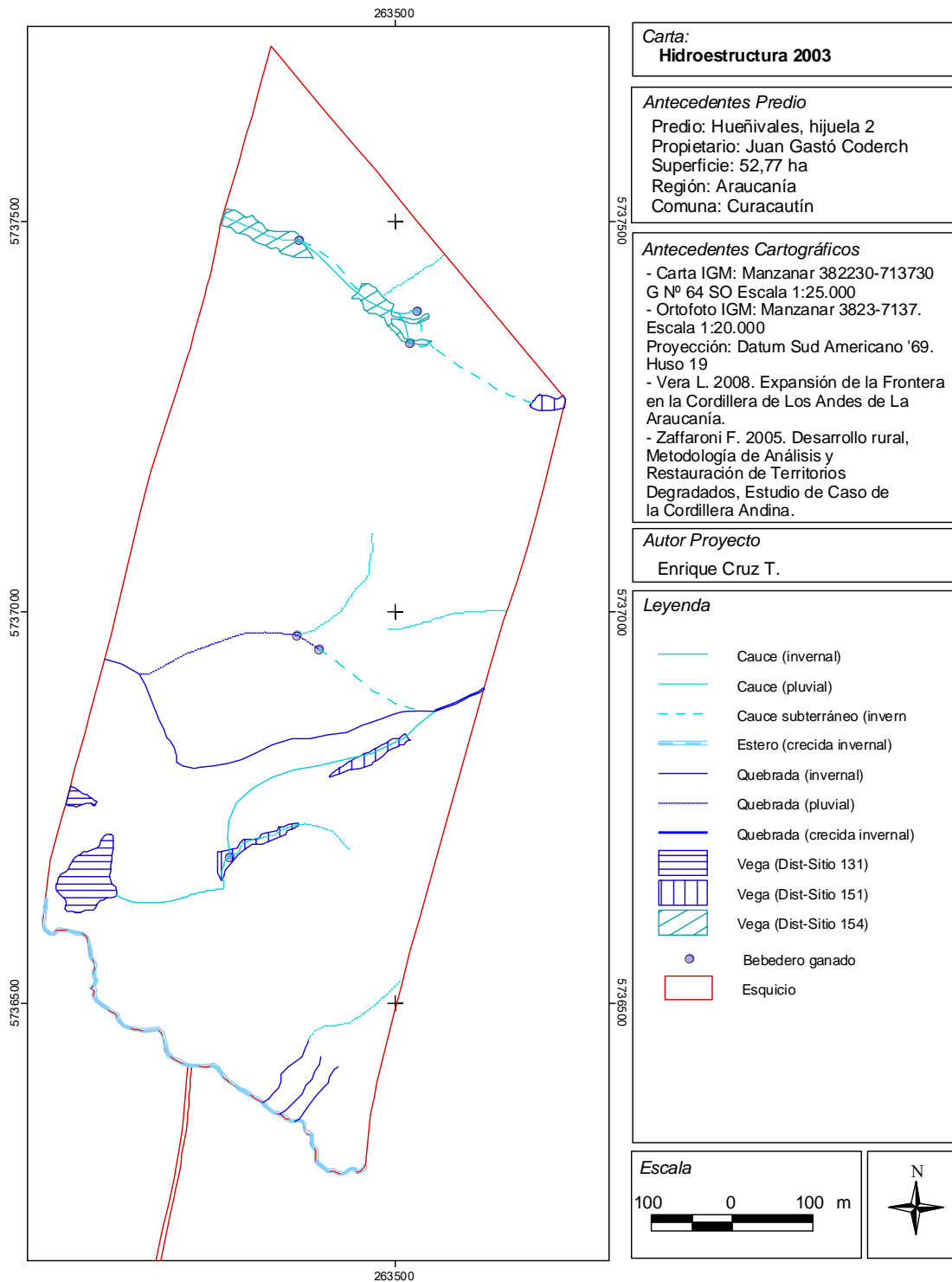


Foto 23. Cauce hídrico



Foto 24. Quebrada

Carta 5. Hidroestructura presente en Hueñivales, en el año 2003



Carta:
Hidroestructura 2003

Antecedentes Predio
Predio: Hueñivales, hijuela 2
Propietario: Juan Gastó Coderch
Superficie: 52,77 ha
Región: Araucanía
Comuna: Curacautín

Antecedentes Cartográficos
- Carta IGM: Manzanar 382230-713730
G Nº 64 SO Escala 1:25.000
- Ortofoto IGM: Manzanar 3823-7137.
Escala 1:20.000
Proyección: Datum Sud Americano '69.
Huso 19
- Vera L. 2008. Expansión de la Frontera en la Cordillera de Los Andes de La Araucanía.
- Zaffaroni F. 2005. Desarrollo rural, Metodología de Análisis y Restauración de Territorios Degradados, Estudio de Caso de la Cordillera Andina.

Autor Proyecto
Enrique Cruz T.

Leyenda

- Cauce (invernal)
- - - Cauce (pluvial)
- · · Cauce subterráneo (invern)
- Estero (crecida invernal)
- Quebrada (invernal)
- · · Quebrada (pluvial)
- Quebrada (crecida invernal)
- Vega (Dist-Sito 131)
- Vega (Dist-Sito 151)
- Vega (Dist-Sito 154)
- Bebedero ganado
- Esquicio

Escala
100 0 100 m



4.1.4 Tecnoestructura. 2001-2003

La tecnoestructura al momento de la compra del predio, se encontraba en pobre condición. Los tipos de tecnoestructura se muestran en el Cuadro 14 y la ubicación espacial se explica en la Carta 16.

Cercos. En el predio coexisten distintos tipos de cercos. El predio al encontrarse ampliamente subdividido requería en gran cantidad de éstos. Los distintos tipos son:

- Alambre Púa. Cerca de estacas y alambres de púa galvanizados, al momento de la compra se ubicaban principalmente en los lindes del predio (Foto 25).
- Natural. En esta categoría se encuentran las aguas del río que actúan como impedancia para el ganado y el hombre (Foto 26).
- Tocón. Constituidos a partir de los restos forestales sin valor maderable como son los tocones, se los aprovechaba como cercos, despejando además las praderas de estos desechos. Se utilizaban preferentemente para las subdivisiones internas del predio (Foto 37).
- Vivo. Zonas de matorral y bosques, que actúan como límite para el paso (Foto 27).

Puertas. Al momento de la compra en general se encontraban en estado muy pobre, cumpliendo con problemas su función. Los tipos son los siguientes:

- Cancela. Compuesta por varillas de 1,3 m y alambre de púas.
- Madera. Hechas de maderas de la zona contaban de 2 secciones verticales, tres horizontales y dos cruzada en sentido contrario para darle firmeza. Estas utilizaban además bisagras de madera. Al estar hechas completamente de madera con el paso del tiempo suelen caerse si no son mantenidas, tal y como había ocurrido en el predio.

Caminos. Se encontraban los siguientes tipos de caminos de circulación interna del predio:

- Jeep y Camioneta. Recorrían el predio de un extremo a otro. Requerían vehículos con tracción en las cuatro ruedas, debido a las pobres condiciones en

que se encontraban, principalmente por problemas de evacuación de las aguas, formando zonas de mucho barro (Foto 28).

- Carreta. Se encontraban en condición pobre ya que estaban diseñados para la circulación animal y no vehicular
- Huella ganado. Huellas de ganado que se formaron de manera natural con el continuo paso de los animales.
- Sendero Hechos para la circulación peatonal o ecuestre (Foto 29).

Hornilla. Se utilizaba para hacer carbón. A diferencia de los de la zona central, no era hecho en la superficie del terreno sino que se cavaba un hoyo en el suelo (Foto 30).

Cuadro 14. Longitud de distintos tipos de tecnoestructuras presentes en el predio, año 2003.

Tipo	Longitud (km)
Cerco alambre de púa	4,15
Cerco tocón	3,02
Cerco natural (río)	0,36
Cerco vivo	0,38
Camino carreta	0,67
Camino jeep y camioneta	1,73
Huella ganado	0,04
Sendero	1,61
Total general	11,96



Foto 25. Cerco almbre púas



Foto 26. Cerco natural



Foto 27. Cerco vivo



Foto 28. Camino jeep y camioneta

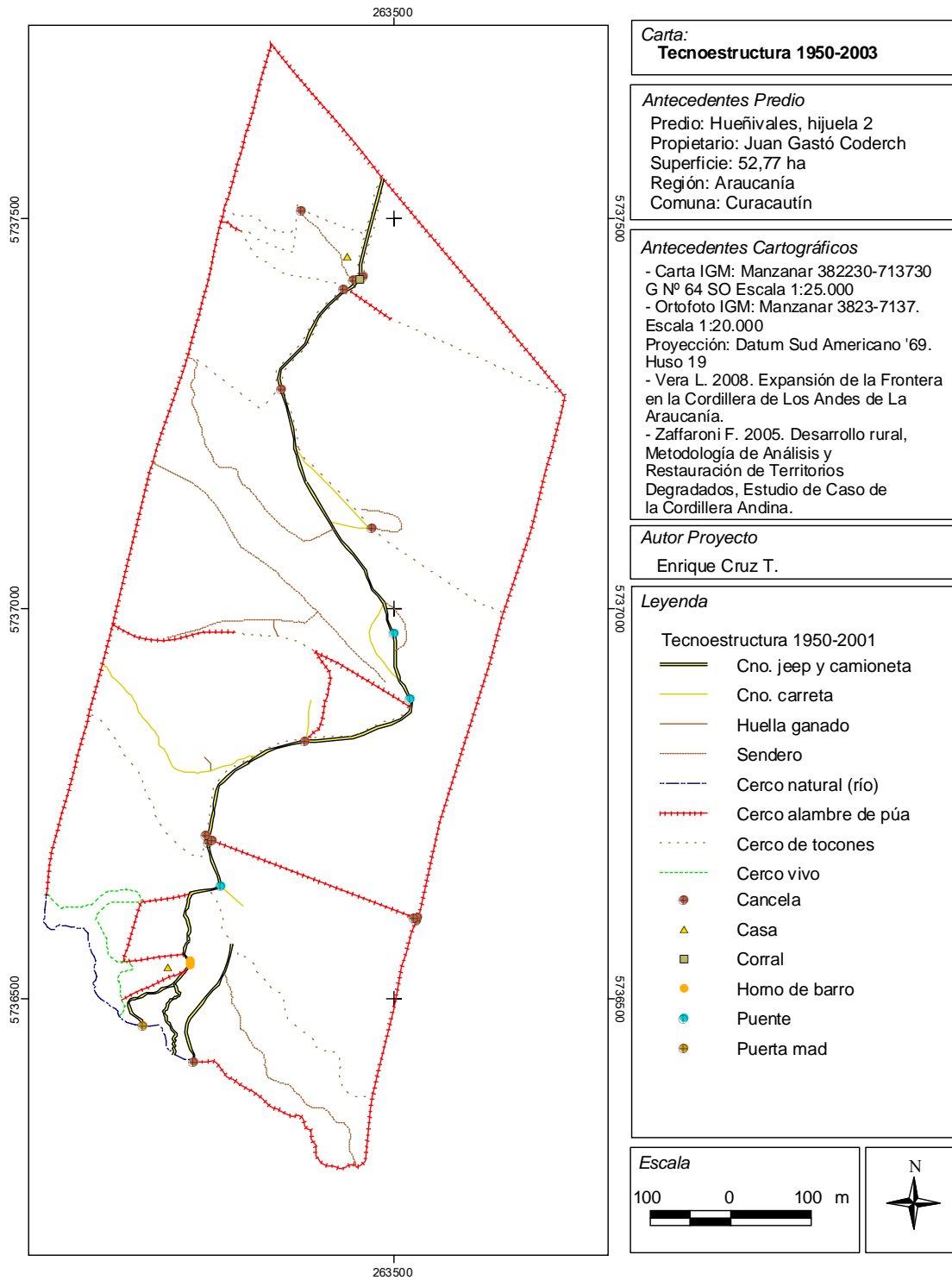


Foto 29. Sendero



Foto 30. Hornilla

Carta 6. Tecnoestructura acumulada en el predio Hueñivales entre los años 1950-2003



4.1.5 Espacioestructura 2001-2003

Al momento de la compra, el predio se encontraba subdividido en quince espacios administrativos. Su uso no estaba totalmente definido, pero todas cumplían funciones de producción ya sea de ganado, leña, fruta o cultivos en el pasado. El listado de estos espacios y su superficie se encuentra en el Cuadro 15, su distribución espacial se detalla en la Carta 7. La descripción de los espacios es la siguiente:

Bosque ribereño. Zona de relicto de bosque que se encuentra a orillas del estero Ñanco, en el extremo suroeste del predio.

Potreros. Áreas de pastoreo, al encontrarse subdivididos permitían la administración de los recursos forrajeros del predio. Constituían 9 sectores que tenían superficies desde las 2 a 17 ha aproximadamente. En el pasado esto se complementaba con una rotación de usos entre pradera y cultivos.

Chancheras. Para la producción de cerdos. Ubicada en el inicio de una quebrada, se utilizaba para encerrar el ganado en ciertos periodos.

Puebla. Antiguas áreas que conjugaban zonas de vivienda, huerta, quinta y chacra (Foto 31 y 32). En el predio se encontraban dos pueblas una en el sector alto y otra a orillas del estero. En estos sectores abunda la vegetación exótica de especies forestales de *Quercus sp* y frutales (quinta) de cerezos y manzanos.

Quebrada. Cauce de aguas, con relictos de vegetación arbórea y abundante matorral.

Camino. Área destinada a camino y su borde. Esta se determina como un área en particular, ya que se encuentra en una depresión, rodeada por taludes y con árboles que van por los bordes altos de éste.

Cuadro 15. Superficie de los espacios administrativos del predio Hueñivales al año 2003

Tipo	Superficie (ha)
Bosque ribereño	0,58
Camino	0,23
Chanchera	0,67
Potrero 1	2,71
Potrero 2	2,34
Potrero 3	2,32
Potrero 4	8,65
Potrero 5	16,84
Potrero 6	5,16
Potrero 7	2,81
Potrero 8	4,46
Potrero 9	4,06
Puebla abajo	1,08
Puebla arriba	0,80
Quebrada	0,20
Total	52,77

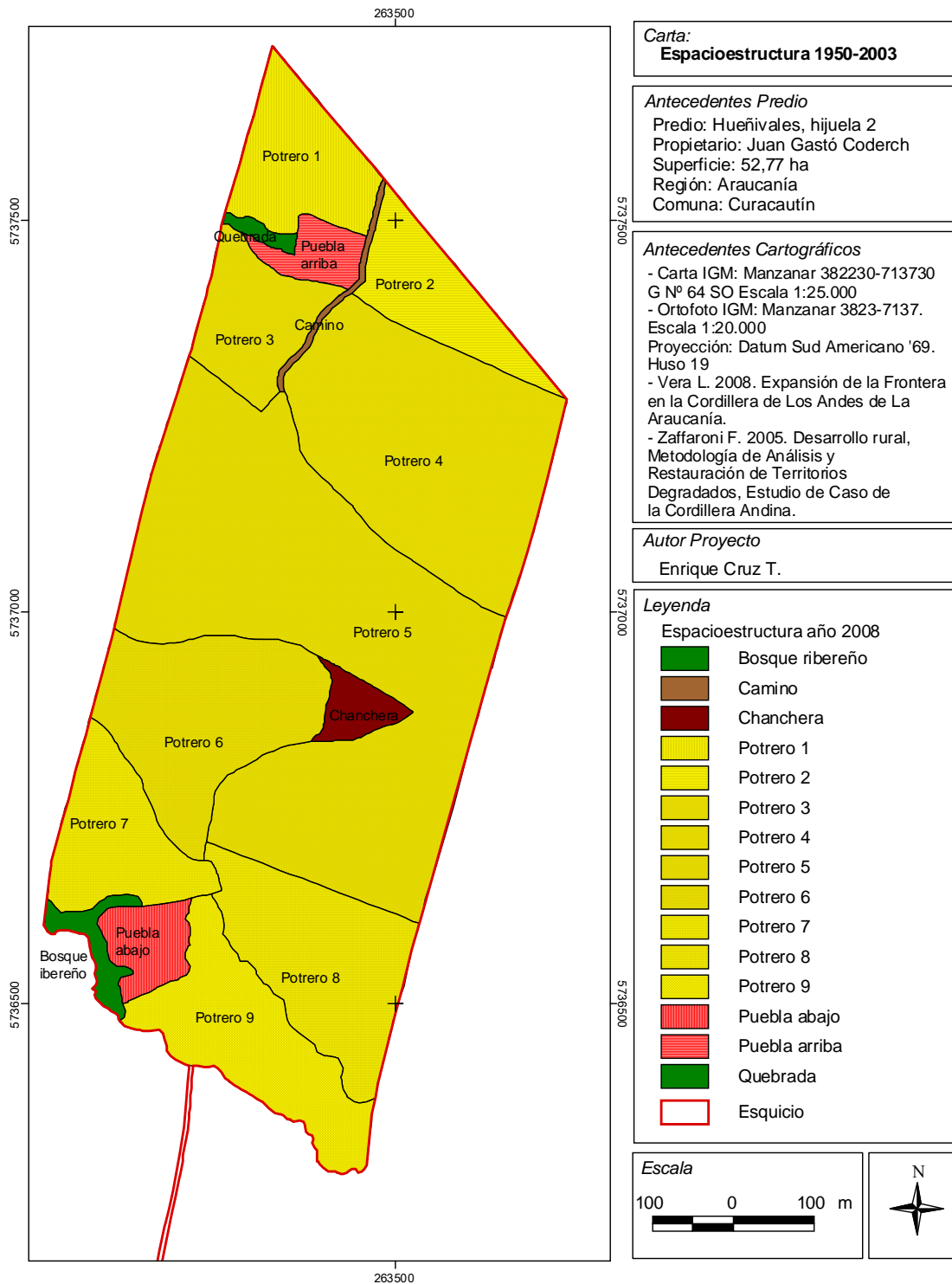


Foto 31. Pueblas



Foto 32. Pueblas

Carta 7. Zonificación de espacios prediales para el predio Hueñivales en el año 2003



4.2 PROCESO DE APERTURA DE TIERRAS Y DEGRADACIÓN DEL PAISAJE.

Durante el siglo XX especialmente y gatillada de modo importante por la entrega de concesiones de las reservas forestales, creadas en las áreas forestales cubiertas por los bosques de Coigüe, Raulí, Tapa y Araucaria, en la cordillera andina de la región central sur de Chile, se inició la extracción indiscriminada de madera de estos bosques. A ella se unieron incendios forestales de gran magnitud por la década de 1950 (Donoso, 1983, 1998). Los predios Hueñivales y Santa Rosa, pertenecían en sus orígenes a una de estas reservas forestales, la Reserva Nacional Malalcahuello.

El proceso de apertura de la frontera horizontal, entendida como la colonización antrópica y apertura del bosque para la agricultura, se produjo extensivamente sólo a partir de la pacificación de la Araucanía y su incorporación al estado chileno a fines del siglo XIX. Dicho paisaje, descrito como selva impenetrable hasta mediados del siglo XIX (Verniory, 2001; Peri, 1989), se ha transformado en un paisaje cultural con evidentes signos de deterioro ambiental, presentándose en amplias zonas un acelerado proceso de desertificación y agonía. Esto se manifiesta en la degradación de los suelos; la pérdida del potencial productivo de los recursos naturales; la deforestación, sobrepastoreo y abandono de predios; la fuerte migración campo-ciudad por falta de empleo y oportunidades; los desequilibrios territoriales; etc. (Montalba *et al.* 2005; Montalba y Carrasco, 2003; Altieri y Rojas, 1999).

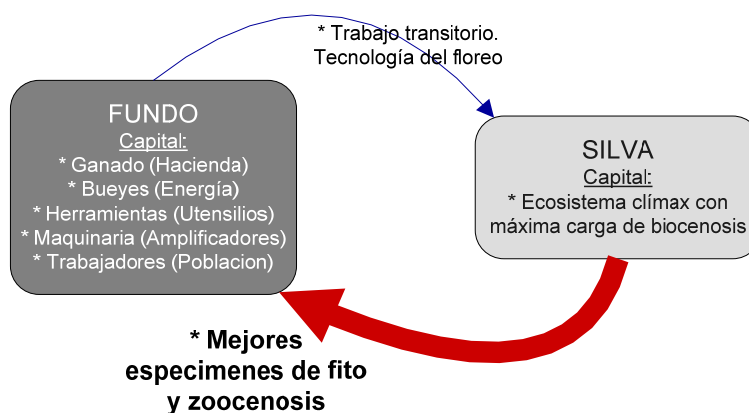
La intervención antrópica sobre la zona, comienza con la eliminación de la cobertura vegetal existente, el establecimiento de praderas y la explotación ganadera. Esta última etapa se podría dividir en dos subetapas; aquella en que se extraen ganancias de la explotación del territorio y aquella en que la producción decae con el subsecuente abandono por parte de los colonos (Ramírez, 2002).

Vera (2008) en el proyecto “Expansión de la Frontera horizontal en el paisaje cultural de la Cordillera de Los Andes de La Araucanía: Impacto, restauración y gobernabilidad” del cual este proyecto de título es parte, define en base al modelo de las etapas y rutas de la transformación de las fitocenosis forestales de Gastó (1980); una serie de etapas y rutas de transformación de los ecosistemas forestales en la Cordillera de los Andes de la Araucanía, por medio de entrevistas hechas en la comuna de Curacautín a familiares de colonos pioneros de la zona; y observaciones cualitativas y cuantitativas hechas en terreno.

Dichas etapas son:

Etapa 1: Floreo de la *Silva*. Inicio de la apertura de la frontera horizontal.

Al comienzo del proceso de apertura de la frontera, los fundos de la época (fines del siglo XIX) eran los únicos que poseían el capital necesario para abrir las tierras hasta ese entonces impenetrables. Este capital consistía principalmente en el ganado, las yuntas de bueyes, las herramientas, las maquinarias y la población. Por otra parte, la *silva* es un ecosistema clímax que, por acción de la sistemogénesis natural, tiene la carga máxima de biocenosis antes de su antropización. Gracias al capital de los fundos de la época, se constituyó una población transitoria de cazadores y cultivadores forestales que floreoó en esta época la biocenosis de la *silva* de la Cordillera de Los Andes de la Araucanía, extrayendo los mejores ejemplares animales y vegetales que estaban a su alcance (Figura 19). Se produce una descarga de los mejores componentes del ecosistema (Fito y zoocenosis), sin producirse un asentamiento permanente de población en él. Los grosores de las flechas indican la magnitud de los flujos de materia, energía e información



Fuente: Vera, 2008. Modificado de Gastó, 1980.

Figura 19. Primera etapa de la expansión de la frontera horizontal.

Etapa 2: Destrucción de la *Silva*. Apertura de la frontera horizontal.

En esta etapa, llegan los colonos a limpiar (abrir el bosque) y establecerse. En esta época se instala una población transitoria en la zona que vive fundamentalmente de la cosecha del renewal y que limpia terrenos para cultivos y praderas (Vera, 2008). El proceso de transformación antrópica de los ecosistemas forestales se ajusta a un modelo generalizado de retrogradación.

En su estado inicial (E_i), previo a la llegada de los colonos, el predio de estudio (Carta 8), al igual que toda la cuenca, se encontraba cubierto por bosques templados, compuestos principalmente por especies arbóreas como *Nothofagus dombeyi*, *Nothofagus antarctica*, *Laureliopsis philippiana*, *Dasyphyllum diacanthoides* y *Aextoxicon punctatum*, además de especies arbustivas como *Aristotelia chilensis*, *Lomatia hirsuta*, y *Chusquea culeu*. La situación del predio fue determinada en base a entrevistas a los primeros colonos que llegaron a la zona alrededor del 1900.

En 1900 aproximadamente se inicia la colonización del área, el gobierno incentiva la llegada de colonos a cambio de tierras. Estos comienzan la apertura del bosque, mediante las siguientes etapas:

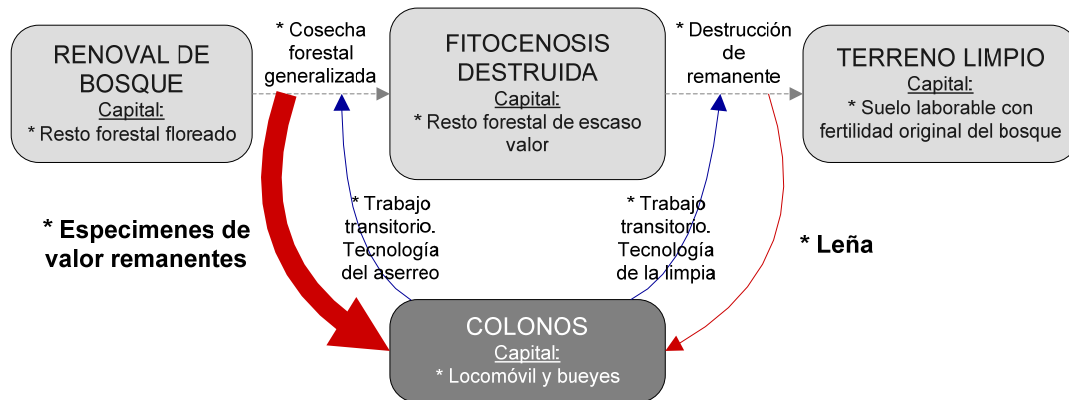
Elección del sitio, se seleccionaban, idealmente distrito plano suelos profundos y drenaje moderado.

Floreo y aserreo de la madera Comienza la extracción de madera con el floreo de la biocenosis, se seleccionaban los mejores árboles y se cortaban, luego se aserraba la madera (Foto 33). Este proceso ocurría en los meses de diciembre a marzo. La extracción se concentraba preferentemente sobre *N. Alpina*, ya que su valor era tres veces mayor que el del *N. dombeyi* y otras especies. El transporte de la madera se realizaba mediante bueyes (Foto 34). y aprovechando los cursos fluviales

Habilitación de tierras para la agricultura y ganadería. La etapa de extracción finaliza una vez que los recursos forestales empiezan a escasear y/o el aumento de la necesidad de tierras para el uso agrícola, por lo que se procede a eliminar el bosque mediante incendios. Luego de ocurrida la quema, los palos se arrumaban y se quemaban las rumas (Foto 35) por varios años hasta que los restos desaparecían, lo cual no siempre se lograba, como aun se puede apreciar en la zona de estudio (Foto 36). Alrededor de 1930 hubo un gran incendio que quemó todo el valle, arrasando con las casas y construcciones de los colonos.

Algunos restos de tocón se utilizaban ocasionalmente como materia prima para realizar cercos (Foto 37) los cuales son efectivos pero requerían bastante trabajo para su construcción, ya que era necesario quemar los tocones durante años para que éstos se soltaran del suelo y así luego poder moverlos mediante yuntas de bueyes, al lugar a cercar.

Para Vera (2008) con este proceso los colonos dejan un potrero limpio y en condiciones de ser laboreado. En esta etapa, por medio de un aserreo itinerante, efectúan una cosecha forestal generalizada y terminan por destruir la fitocenosis. Los suelos de los terrenos limpios cuentan con el horizonte O y con la fertilidad del bosque clímax (Figura 20). Los grosores de las flechas indican la magnitud de los flujos de materia, energía e información



Fuente: Vera, 2008. Modificado de Gastó, 1980

Figura 20. Segunda etapa de la expansión de la frontera horizontal

Etapa 3: Preparación del terreno. Cultivos agrícolas y praderas.

En esta etapa, los colonos se hacen agricultores y ganaderos. Algunos terrenos limpios son manejados con ganado y praderas naturales, y otros los habilitan y preparan para el cultivo agrícola y de praderas. Tanto los terrenos cultivados como las praderas naturales son sobreexplotados y cosechados insustentablemente, y van perdiendo la fertilidad natural (originaria del bosque) con lo que hay una baja en el rendimiento y la necesidad de incorporar más tecnología, o limpiar más tierras (Figura 21). Los grosores de las flechas indican la magnitud de los flujos de materia, energía e información (Vera, 2008)

Las coberturas vegetales presentes en esa época se encuentran en la Carta 9. La cobertura del tipo Cultivo-Pradera. Corresponde a una rotación utilizada hasta fines de la década de los 80 en el predio. Esta consistía en rotaciones de 4 años de praderas por uno de trigo.

Una vez abierto el bosque se comienzan a realizar cultivos, en especial el trigo, con rotaciones de trigo-pradera-trigo, en que el trigo volvía cada 3 o 4 años al mismo potrero. Los rendimientos en un principio fueron bastante altos, ya que los incendios forestales promueven la solubilización de los compuestos de Ca, P y K, y los hacen disponibles para las plantas en las cenizas. Esto aumenta la fertilidad del suelo, aunque el efecto es

temporal, pues si bien es cierto que los minerales quedan disponibles para las raíces, también lo es que las se pierden rápidamente por lixiviación con las lluvias posteriores. La liberación de las bases por otro lado eleva el pH del suelo, lo que produce un medio favorable para el desarrollo de la flora bacteriana del suelo y de la nitrificación. Esto producirá por un tiempo un aumento del NO_3^- disponible para las plantas, y un aumento en la tasa de crecimiento (Donoso, 1981). Estas condiciones favorecieron el apogeo económico de la zona hasta la década del 50, con un desarrollo agrícola incipiente y una industria forestal en su máxima expresión, a costa del uso indiscriminado de los recursos existentes en la zona. En esa época en el predio en estudio, se encontraban dos pueblas, asentamientos familiares compuestos una casa, letrina, gallinero, corrales, quinta, huerta y chacra (Foto 68), Además se cultivaba trigo en rotación con praderas en el resto del predio sin discriminar pendientes. La cobertura vegetal como se aprecia en la Carta 9, luego de 50 años. La cobertura vegetal como se aprecia en la Carta 9, luego de 50 años disminuyó significativamente, dando paso a los cultivos y praderas que abarcaban mas del 80% de la superficie del predio (Cuadro 16), sin discriminar distritos (Gráfico 2).



Fuente: Vera, 2008. Modificado de Gastó, 1980.

Figura 21. Tercera etapa de la expansión de la frontera horizontal

Cuadro 16. Cambio de tipo de cobertura en predio Hueñivales entre el año 1900 y 1950.

Cobertura 1950	Cobertura 1900	Total	
	Bosque	ha	%
Cultivo-Pradera	42,7	42,7	80,8%
Bosque	6,7	6,7	12,7%
Matorral	2,4	2,4	4,5%
Cultivo frutal	0,7	0,7	1,3%
Herbácea cespitosa	0,3	0,3	0,5%
Cultivo forestal	0,1	0,1	0,2%
Total general	52,8	52,8	100%

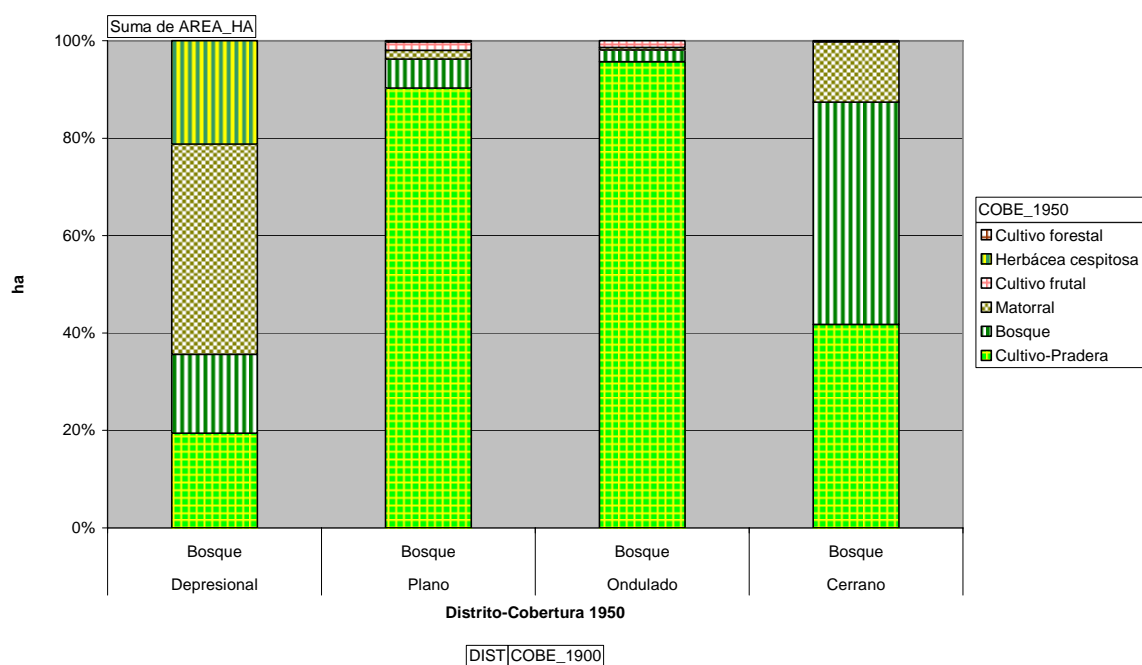
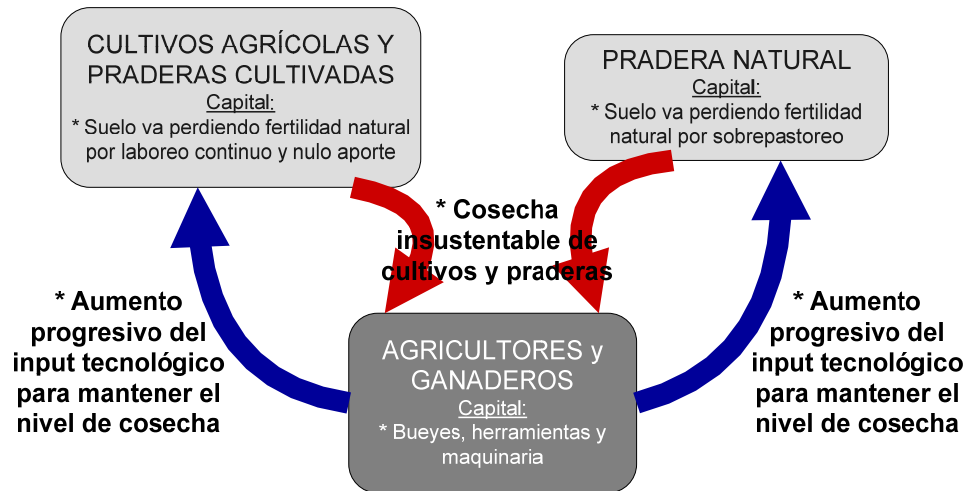


Gráfico 3. Cambio en la cobertura en superficie (ha) según distritos, en predio Hueñivales, entre 1900 (COBE_1900) y 1950 (COBE 1950)

Etapa 4a. Sitios de alta receptividad tecnológica. Aumento progresivo del input tecnológico para mantener los niveles de cosecha.

En esta etapa, en los sitios de alta receptividad tecnológica (distritos con menos pendiente y mejores sitios), los agricultores y ganaderos deben aumentar progresivamente el nivel de input tecnológico para mantener los niveles de cosecha. Dicha cosecha continúa siendo insustentable y degradando el sistema (Figura 22).



Fuente: Vera, 2008. Modificado de Gastó, 1980.

Figura 22: Cuarta etapa (a) de la expansión de la frontera horizontal

Etapa 4b. Sitios de baja receptividad tecnológica. La biocenosis se degrada progresivamente y el biotopo se destruye.

En esta etapa, en los sitios de baja receptividad tecnológica (distritos con más pendiente y peores sitios), se produce un aumento progresivo del input tecnológico para intentar mantener la productividad; la que de todos modos cae por erosionarse los sitios y perder rápidamente su fertilidad original. Esto último por una cosecha insustentable, que termina degradando la biocenosis y destruyendo el ecotopo (Figura 23). Finalmente, los peores de estos sitios se abandonan progresivamente.

La cuarta etapa (a y b) se desarrolla según las investigaciones realizadas, en el valle de la siguiente manera.

En la década del 50 comienza el desarrollo agrícola del valle, con el cultivo de cereales, producción de ganado y la siempre importante industria forestal. La producción de cereales según cuenta don Leonidas Parra, vecino al fundo Hueñivales, luego de abierto el bosque era de rendimientos bastante altos, partiendo con cosechas de 40 kilos por cada kilo de trigo sembrado, independiente de los distritos o pendientes. Los predios se limpiaron hasta 1940 aproximadamente y se cultivaron intensivamente hasta alrededor de 1990.

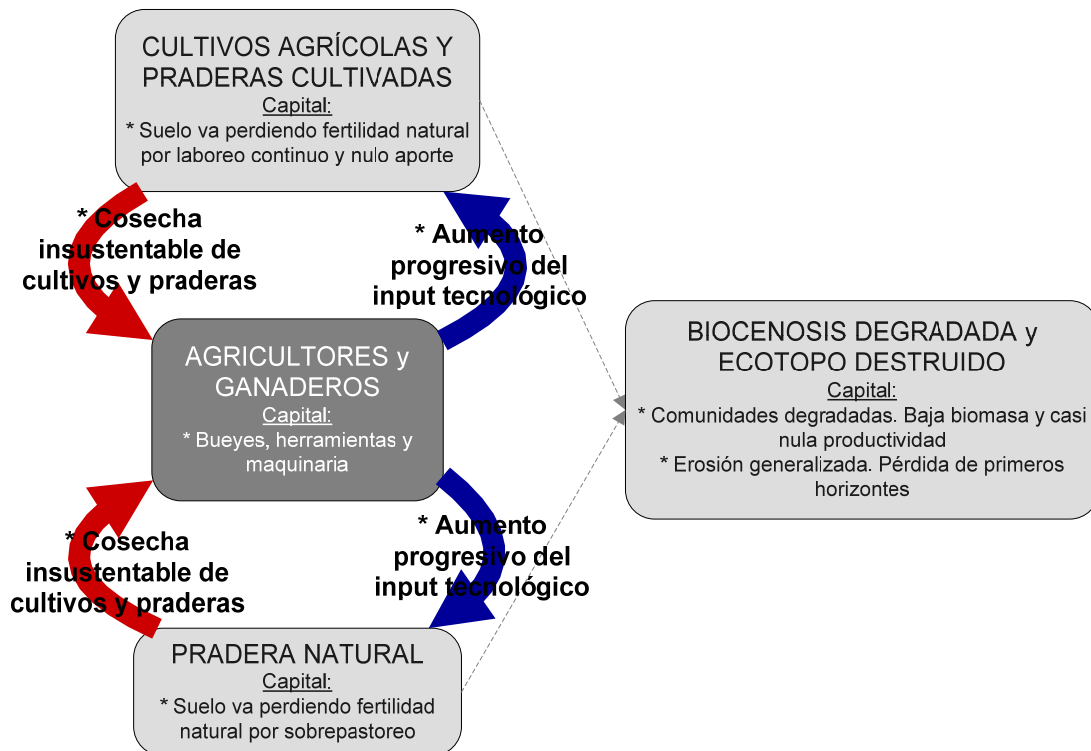


Figura 23. Cuarta etapa (b) de la expansión de la frontera horizontal

El principal cultivo era el trigo candeal el cual se sembraba entre septiembre y octubre, cuando el cultivo se encontraba a 1 metro de altura se realizaba la siembra de semillas de trébol al boleó, lo cual permitía realizar las rotaciones entre trigo y pradera, obteniendo así praderas de calidad para el pastoreo y a la vez enriqueciendo los suelos en las épocas de pradera para así mejorar los rendimientos en las temporadas de cultivo.

Alrededor de 1957 el trigo sin abono ya no rendía como en sus inicios por lo cual se comenzó a aplicar guano rojo, fertilizante natural, proveniente del norte de Chile, su origen son las deposiciones de aves marinas acumuladas durante siglos. Este es guano fosilizado, contiene generalmente 14 a 20% de P_2O_5 total (SQM, 1984). Dadas las condiciones propias de los suelos andisoles, los cuales fijan el fósforo, este tipo de fertilizantes permitió recuperar los rendimientos, como a principios de la década.

El proceso de preparación del suelo y las semillas era el siguiente:

1. Se prepara el suelo, con arado de fierro o de discos, ambos tirados por bueyes.
2. Se juntan semillas de cereal y guano rojo en un cajón, luego se agrega agua y finalmente la mezcla se esparce al boleó en los potreros destinados a cultivo.

Las labores agrícolas de aradura, rastraje y cultivación detienen las sucesiones y hacen que año tras año se repita la misma etapa inicial, caracterizada por su forma vital, composición taxonómica, biomasa en pie, diversidad, homeostasis interna y otros parámetros. El abandono de las tierras agrícolas inicia la continuidad sucesional donde las etapas serales que continúan siguen un ordenamiento característico del medio de acuerdo a la historia y atributos del sistema (Gastó, 1980)

El sometimiento del suelo a periodos continuados de cultivos termina por destruirle los atributos originales. Los suelos arados y cultivados continuamente mantienen una estructura débil, la cual, al ser golpeada por las gotas de lluvia, se desintegra. Ello sella los poros y reduce la infiltración del agua. El agua aportada en lugar de infiltrarse y almacenarse, escurre superficialmente y aumenta la erosión (Albrecht, 1956 citado por Gastó, 1980).

La fertilización mineral difícilmente puede sustituir el efecto deprimente de la productividad, originado en la práctica del monocultivo. Incluso la aplicación de altas dosis de fertilizante no compensan la disminución ecológica de la productividad (Gastó, 1980).

1. Hacia 1960 los rendimientos habían decaído nuevamente, lo cual se solucionó mediante la aplicación de salitre. Para 1970 la sola utilización del salitre se hacía insuficiente por lo que se comenzó a complementar con superfosfato triple. Finalmente en la década de los 80 pese a que también se utilizaban pesticidas como Aldrin y DDT, los rendimientos se hacían insuficientes aunque se doblara la cantidad de abono, por lo que las grandes extensiones de cereales en el valle desaparecieron quedando solo algunos cultivos de cereales para el autoconsumo. La única opción productiva para estos suelos fue la producción de ganado pero lamentablemente un inadecuado manejo del pastoreo llevó a que las praderas perdieran las especies más nobles y fueran invadidas por plantas como *Rubus ulmifolius*, *Rosa eglanteria*, *Lomatia hirsuta* y *Chusquea sp.*
2. Los suelos del valle se encuentran sobre explotados, carentes de nutrientes y con problemas estructurales, generando incipientes zonas de erosión. Luego de estos además surgieron especies invasoras que colonizaron los antiguos potreros.
3. La cobertura vegetal en el predio Hueñivales sufre un proceso de cambio en este periodo terminando las zonas de rotación cultivo pradera (42,7 ha), dando paso a

zonas de praderas (14 ha), sabanas arbustivas (23,1 ha) y matorral (4,5 ha), como se aprecia en el Cuadro 17. Se produce el abandono de las pueblas con la consiguiente degradación de sus construcciones y áreas agrícolas aledañas a éstas, como huertas, chacras y quintas.

Cuadro 17. Cambio de tipo de cobertura en predio Hueñivales entre el año 1950 y 2003.

Cobertura 1950 (ha)	Cobertura 2003 (ha)							Total general	
	Bosque	Cultivo forestal	Cultivo frutal	Herbácea cespitosa	Matorral	Pradera	Sabana arbustiva	(ha)	(%)
Cultivo-Pradera				0,3	4,5	14,8	23,1	42,7	80,8%
Bosque	6,7							6,7	12,7%
Matorral					2,4			2,4	4,5%
Cultivo frutal			0,7					0,7	1,3%
Herbácea cespitosa				0,3				0,3	0,5%
Cultivo forestal		0,1						0,1	0,2%
Total general	(ha)	6,7	0,1	0,7	0,5	6,9	14,8	23,1	
	(%)	12,7%	0,2%	1,3%	1,0%	13,0%	28,0%	43,8%	100%

- El proceso de abandono de los cultivos provoca la invasión de plantas del tipo herbáceas cespitosas como *Juncus sp* en los distritos depresionales. En los planos, ondulados y cerranos la tendencia es que este tipo de vegetación sea reemplazada por áreas de pastoreo de praderas y sabanas arbustivas. Un pequeño porcentaje de estos distritos es invadido por matorral. Las zonas que en la década del 50 ya se encontraban cubiertas de bosque, herbáceas cespitosas, cultivos frutales o forestales, mantuvieron su porcentaje de cobertura sin mayor diferencia (Gráfico 4). Para el año 2003, el predio presentaba la cobertura descrita en la Carta 12.

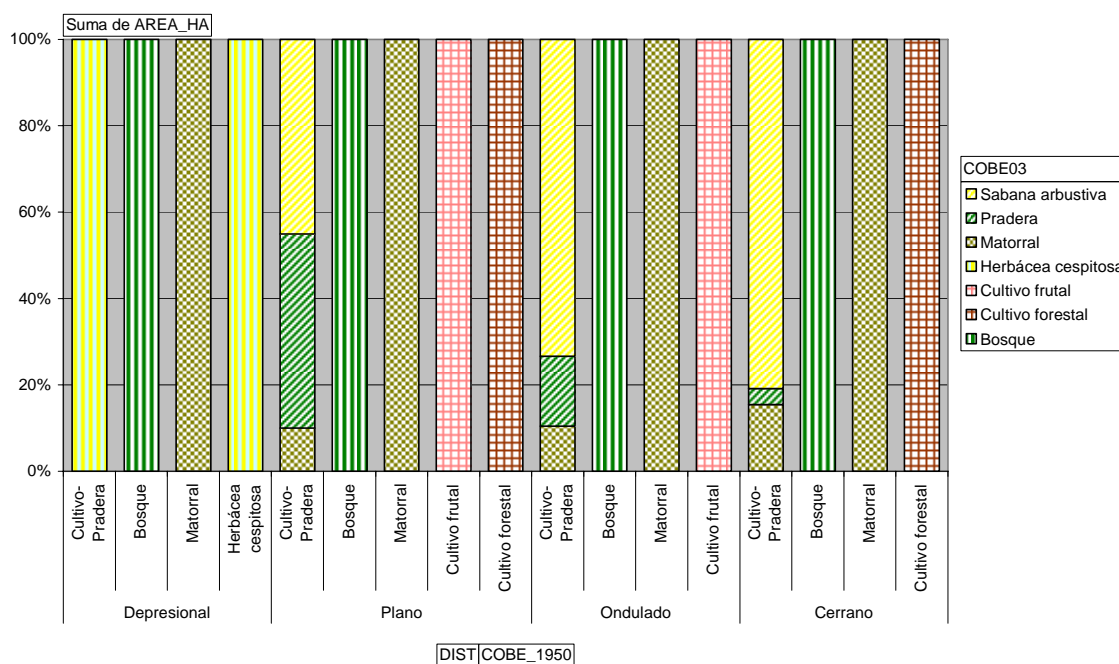
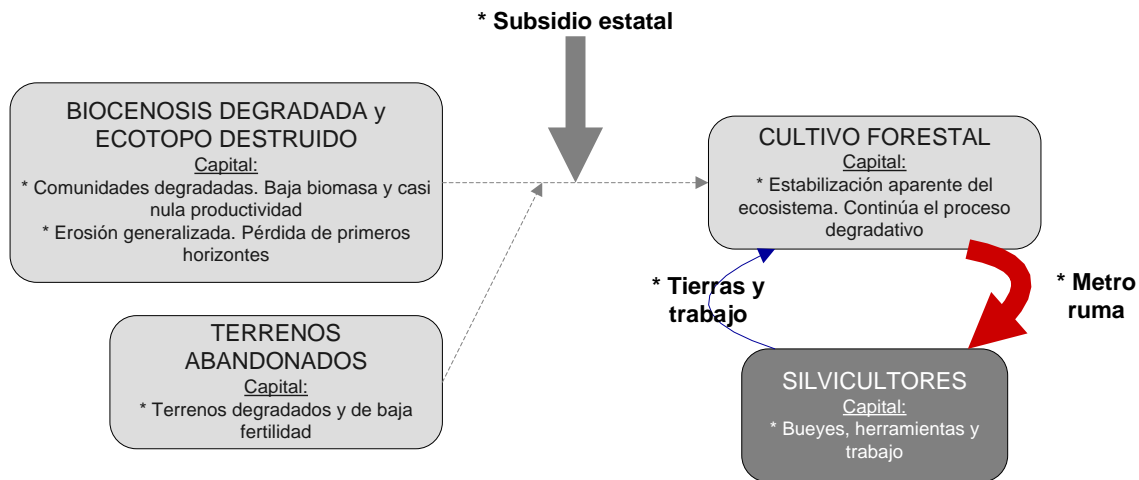


Gráfico 4. Cambio en la cobertura en superficie (ha) según distritos, en predio Hueñivales, entre 1950 (COBE 1950) y 2003 (COBE03)

Etapa 5. Agotamiento de los recursos. Subsidio estatal para los cultivos forestales.

En esta etapa, ya no se puede mantener la productividad de los cultivos ni de la pradera por agotamiento de los recursos y por la apertura a nuevos mercados que exige más competitividad. El estado instaura una política de subsidio a la forestación para impulsar la industria de la celulosa y apoyar a los agricultores a plantar cultivos forestales de especies exóticas (Figura 16). El cultivo forestal produce una estabilización aparente del ecosistema, continuando con el proceso degradativo por la excesiva simplificación del sistema. Esta etapa en particular, no se cumple en el predio, ya que tanto los anteriores propietarios como los actuales tienen como principal actividad la ganadería, por lo que no se utilizaron los incentivos forestales. En predios vecinos y en general en toda la cuenca, sí se cumple esta etapa.



Fuente: Vera, Modificado de Gastó, 1980.

Figura 16: Quinta etapa de la expansión de la frontera horizontal

Etapa 6: Restauración territorial predial

Es esta última etapa la retrogradación de la fitocenosis se detiene por medio de operadores de artificialización (Gastó, 1980; Nava *et al.*, 1996) y, para el caso del predio Hueñivales, se restaura la fitocenosis y el ecosistema en general por medio de apotreramiento (zonificación), segregación del ganado (modificación de la cadena trófica y rescate de la regeneración), limpia (desocupación del nicho) y plantación de especies arbóreas nativas (incremento de la información).

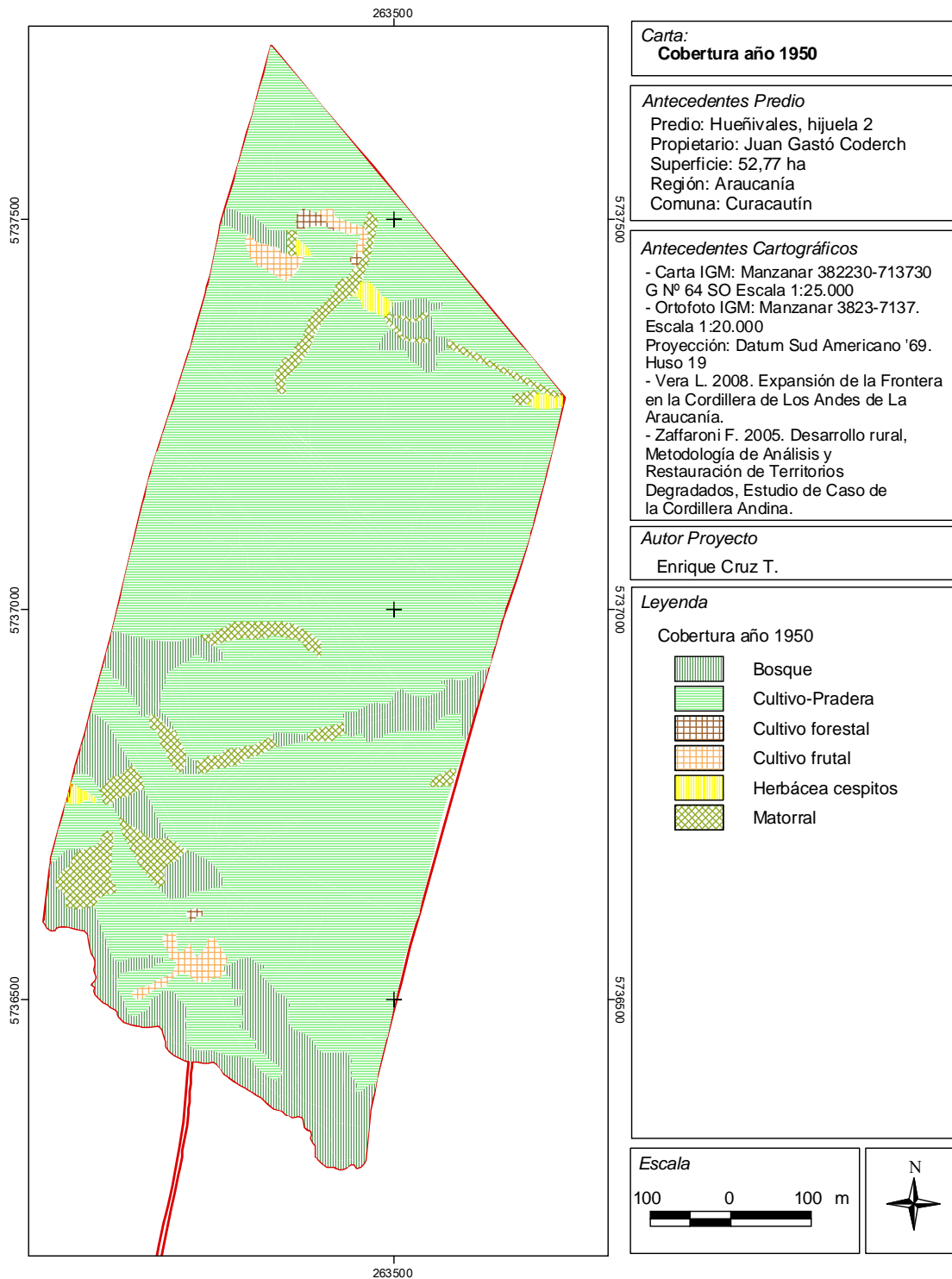
El proceso de restauración predial se analizará en extenso en dicho capítulo.

Carta 8: Carta de cobertura vegetal del predio Hueñivales año 1900



Fuente: Vera, 2008

Carta 9: Carta de cobertura vegetal del predio Hueñivales año 1950



Fuente: Vera, 2008



Foto 33. Cosecha de los árboles de mejor calidad en el sur de Chile durante la primera mitad del siglo XX.



Foto 34. Transporte de madera por medio de fuerza animal.



Foto 35: Utilización del fuego para eliminar restos de madera.



Foto 36. Paisaje resultante de la apretura de tierras desorganizadas. Aún se aprecian restos de madera abandonados.



Foto 37. Cercos de tocón y rumas de madera abandonada.



Foto 38. Puebla que se encontraba en el predio Hueñivales.

4.3 ESTUDIOS

4.3.1 Estudios de bosques y procesos naturales de organización del paisaje.

El ecosistema original presente en el predio, era del tipo de bosques templados, los cuales actualmente cubren solo una parte de éste. Según la clasificación de tipos forestales, al predio Hueñivales le corresponde el tipo forestal Coigüe-Raulí-Tepa, que se encuentra representado por alguna combinación de las especies señaladas, con excepción del caso en que *Nothofagus dombeyi* (Coigüe) y *Nothofagus alpina* (Raulí) constituyen más del 50% de los individuos por ha. Este pertenece al tipo de bosques dominados por especies del género *Nothofagus*, que dominan los llamados bosques templados sudamericanos que se distribuyen desde el paralelo 33° hasta el 56° latitud sur.

Según Luebert y Pliscoff (2006), este tipo de bosques corresponde al bosque caducifolio mixto dominado en el estrato superior por *Nothofagus alpina* y *N. dombeyi*. El estrato arbustivo está compuesto por *Pseudopanax laeterviren*, *Azara lanceolata*, *Chusquea culeu*, *Maytenus magellanica*, *Myceurgenia chrysocarpa*, *Berberis trigona* y ocasionalmente *Laureliopsis philippiana*. La estrata herbácea se caracteriza por la presencia de *Alstromeria aurea*, *Polytichum plicatum* y en las partes más altas por especies propias del bosque de *Nothofagus pumilo* como *Viola reichei* y *Adenocaulon chilense*.

Este tipo de bosques se caracteriza principalmente por la presencia de las tres especies en toda su distribución. Es evidente en todo caso que hay variaciones en la composición florística y en los parámetros que definen la estructura de los bosques según la latitud, la altitud y la exposición, y que *N. dombeyi*, *N. alpina* y *L. philippiana* son constantes y caracterizan muy bien al tipo forestal (Donoso, 1998).

Este tipo de bosques se distribuye en laderas medias andinas de Chile (Biobio y Araucanía, 720-1220 msnm). Su piso bioclimático es supratemplado hiperhúmedo hiperoceánico. Parte de este piso se encuentra dentro de la variante templada submediterránea. También presente en argentina (Luebert y Pliscoff, 2006).

Para Donoso (1998), el tipo forestal Coigüe-Raulí-Tepa, dentro de cuyo rango de distribución se ubican, por efectos catastróficos naturales o antrópicos, renovales o bosques degradados correspondientes al tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe, empieza por el norte donde hace su aparición, junto a *N. Dombeyi* y *N. Alpina*, la especie *Laureliopsis*

philippiana (Tepa). Ello ocurre aproximadamente a la latitud 37°30' sur, especialmente en la Cordillera de los Andes y un poco más al sur en la Cordillera de la Costa (Nahuelbuta), el fin de la distribución es al sur del lago Ranco (40°30'), donde termina la presencia de *N. Alpina* (Anexo 2).

En los estudios realizados en la Reserva nacional Malalcahuello, el fundo Hueñivales y otros predios ubicados en los alrededores de éste (Figura 17), se determinó el estado clímax de este tipo de bosques, además de las etapas previas a éste. También se estableció la condición y la etapa de la sucesión en la que se encuentran, los bosques que han sido degradados en los predios debido al proceso de apertura de la frontera horizontal. Los resultados fueron los siguientes:

Mediante los estudios realizados en la reserva se confeccionó los perfiles vegetacionales para un bosque adulto climácico, dominado por especies emergentes como *Nothofagus dombeyi* (Figura 28, Foto 40), especies semitolerantes a la sombra como *Nothofagus alpina* (Figura 29, Foto 42), tolerantes a la ausencia de luz como *Laureliopsis philippiana* (Figura 25, Fotos 39 y 41) o una combinación de alguna de estas especies (Figuras 26 y 27).

El clímax forestal, se encuentra dominado por *L. philippiana* que domina la cobertura de la estrata arbórea superior en un 51 a 75%., seguido en dominancia en la cobertura por especies como *N. alpina* y *N. dombeyi*, en el caso de etapas de bosque adulto cercano al clímax se aprecia la dominancia de estas dos especies.

La simbología para interpretar los perfiles vegetacionales se encuentra en el Anexo 3.



Figura 24. Ubicación Reserva Nacional Malcahuello (mapa)

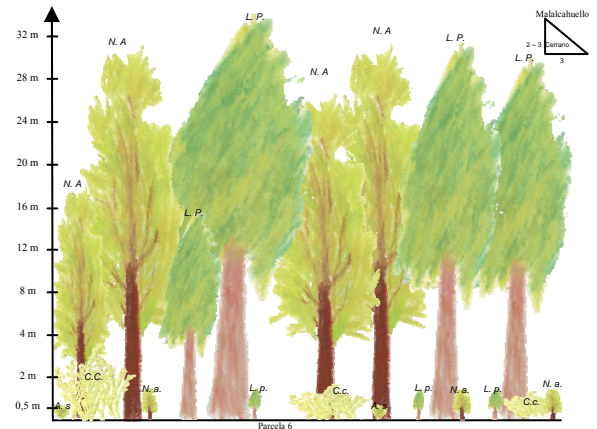


Figura 25. Perfil vertical de distribución de la vegetación, tipo forestal Co-Ra-Te, en estado clímax

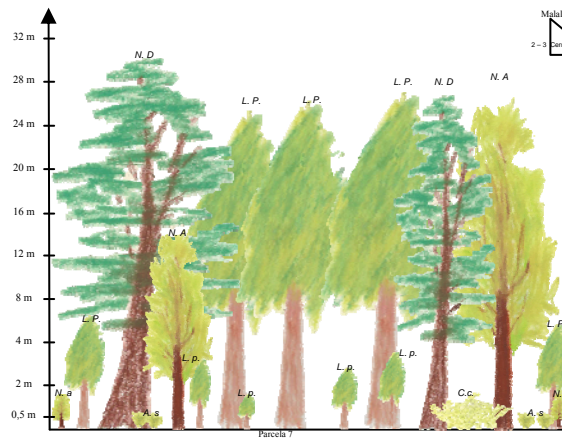


Figura 26. Perfil vertical de distribución de la vegetación, tipo forestal Co-Ra-Te, en estado clímax.

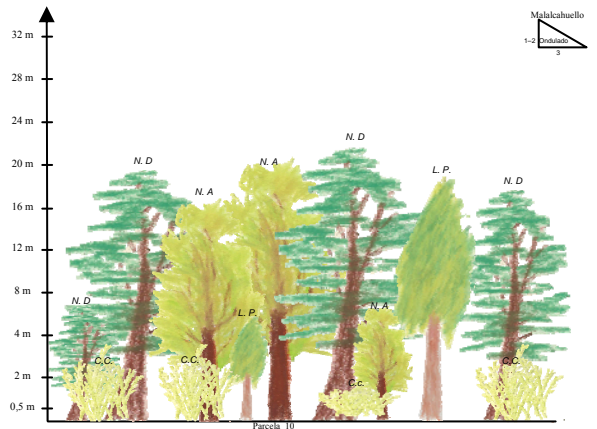


Figura 27. Perfil vertical de distribución de la vegetación, tipo forestal Co-Ra-Te, previo al clímax.

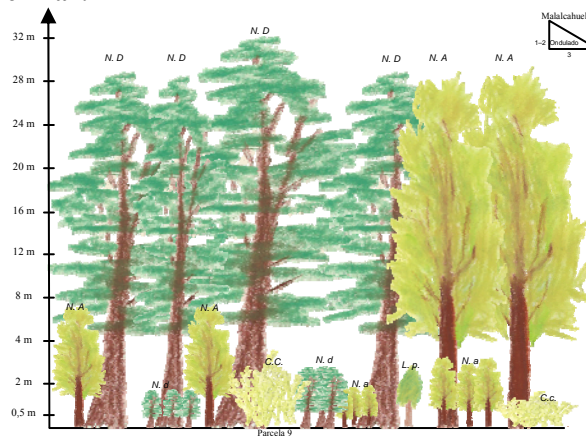


Figura 28. Perfil vertical de distribución de la vegetación, tipo forestal Co-Ra-Te, dominado por *N. alpina* y *N. dombeyi*.

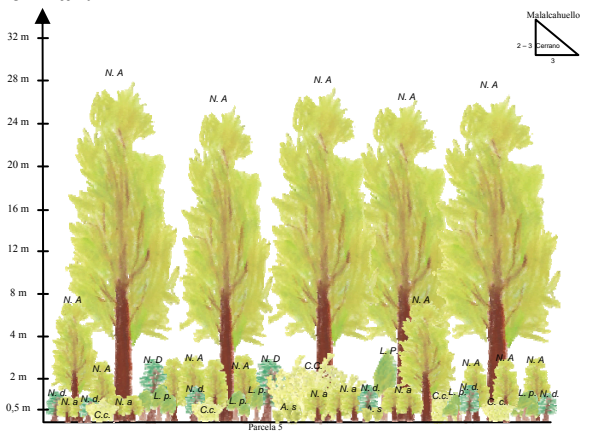


Figura 29. Perfil vertical de distribución de la vegetación, tipo forestal Co-Ra-Te, dominado por *N. alpina*.

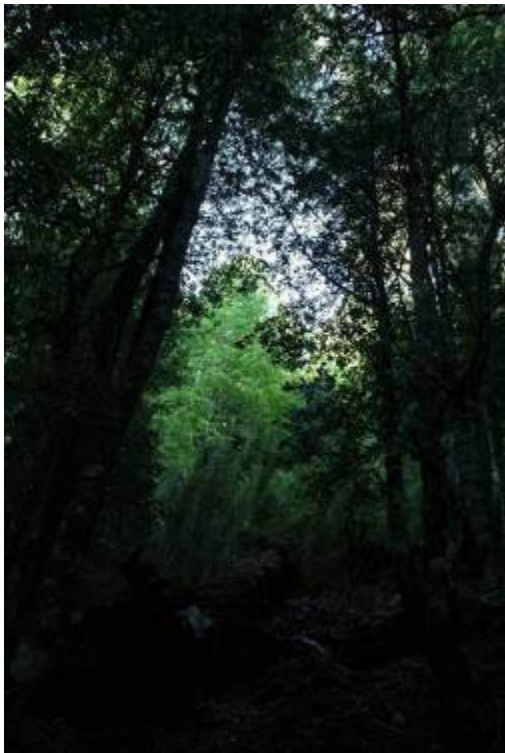


Foto 39. Tipo forestal Co-Ra-Te, dominado por *L. philippiana*



Foto 40. Tipo forestal Co-Ra-Te, dominado por *N. dombeyi*



Foto 41. Tipo forestal Co-Ra-Te, dominado por *L. philippiana*..



Foto 42. Tipo forestal Co-Ra-Te, dominado por *N. alpina*.

Para Luebert y Plissock, (2006) La dinámica de este tipo de vegetación se caracteriza porque el estrato caducifolio superior favorece la entrada de luz al interior del bosque, lo que permite por un lado un desarrollo importante de *Chusquea culeu* en el sotobosque (Veblen *et al*, 1979), como se aprecia en los perfiles descritos, y por otro la regeneración continua de *Nothofagus alpina* y *N. dombeyi*, por lo que la estructura forestal tiende a ser multietánea (Pollmann 2005). Perturbaciones a gran escala (e.g. incendios, volcanismo) conducen a estructuras coetáneas que luego se vuelven a transformar en multietáneas debido a la regeneración permanente de las especies dominantes y la existencia de perturbaciones de menor escala como caída de árboles o corta selectiva, las que a su vez contribuyen a la mantención de la composición del bosque en el tiempo (Veblen, 1996, Pollmann 2005 citado por Luebert y Plissock, 2006).

La estructura de los sistemas maduros es más compleja que la de los pioneros. La diversidad de especies y bioquímica es inicialmente baja, luego aumenta en las etapas maduras, para finalmente disminuir levemente en el clímax. La estratificación alcanza su máximo desarrollo en las etapas maduras anteriores al clímax. En los sistemas artificiales se sacrifica la estructura de la comunidad en pro del mejoramiento de la productividad. La diversidad de especies y bioquímica disminuye, la estratificación se hace poco desarrollada y la biomasa en pie es reducida. La resultante de estas transformaciones afecta la homeostasis del sistema (Gastó, 1980).

Dentro de este patrón general de sucesión que es propio de los bosques de Coigüe-Raulí-Tepa de la región central sur de Chile, puede presentarse gran cantidad de variaciones. Ellas dependerán, además de la etapa sucesional que está viviendo el rodal, de otras características como son: el sustrato en que está ocurriendo el proceso, la situación topográfica (exposición y pendiente), la altitud sobre el nivel del mar y la latitud. Todas estas características van a significar una expresión diferente de las respuestas fisiológicas y ecológicas de las especies al medio ambiente y, por lo tanto, alguna variación en las estrategias regenerativas y habilidades competitivas. Así por ejemplo, en algunas situaciones podrá no encontrarse en el proceso de dinámica a la especie *N. alpina* lo que puede deberse a una condición altitudinal en que la especie ya no aparece o, simplemente, a que el proceso sucesional está tan avanzado que ya la especie no fue capaz de continuar regenerando y desapareció (Donoso, 1998). En este caso, la comunidad clímax esta representada por especies tolerantes como *Laureliopsis philippiana*, *Saxegothaea*

conspicua, y *Dasyphyllum diancanthoides* (Trevo). En todas las situaciones se aprecia la tendencia normal es la declinación de la importancia de las especies de *Nothofagus*, a medida que avanza la sucesión, hasta que muy pocos individuos permanecen entre los emergentes y dominantes. Mientras tanto las otras especies, en particular *L. philippiana*, establece miles de brinzales, especialmente bajo los pequeños claros del dosel, sobre la base de la reproducción vegetativa o por semillas (Veblen, 1985). En la etapa mas avanzada de la sucesión del tipo forestal Coihue- Raulí-Tepa, *Dasyphyllum diancanthoides* puede establecerse también bajo los claros con mucho vigor, pero menor que el de *Laureliopsis* (Donoso, 1998).

La intervención antrópica más profunda y permanente de estos bosques produce la penetración de elementos introducidos como *Rumex acetosella*, *Prunella vulgaris* y *Rubus ulmifolius* y la expansión de elementos arbustivos como *Aristotelia chilensis*, *Berberis darwinii* y *B. microphylla* (Eskuche 1999). En territorios desprovistos de su cobertura boscosa original, algunas gramíneas perennes siguen a las anuales durante periodos que se prolongan hasta 10 años. Otras especies perennes que requieren condiciones méxicas invaden en las etapas siguientes, a las anuales y perennes: los árboles y arbustos invaden posteriormente. En la última etapa invaden los árboles intolerantes (Gastó, 1980). En comunidades vegetales de praderas mezcladas con especies leñosas la tendencia general es hacia el incremento de las leñosas. Las especies leñosas y algunas herbáceas leñosas perennes no palatables desaparecen o se minimizan durante el periodo de manejo y utilización pratense. El abandono de la fitocenosis origina condiciones favorables para su crecimiento (Gastó, 1980). El efecto de la intervención antrópica sobre la vegetación en este tipo de ecosistemas descrito por medio de bisectos es el siguiente:

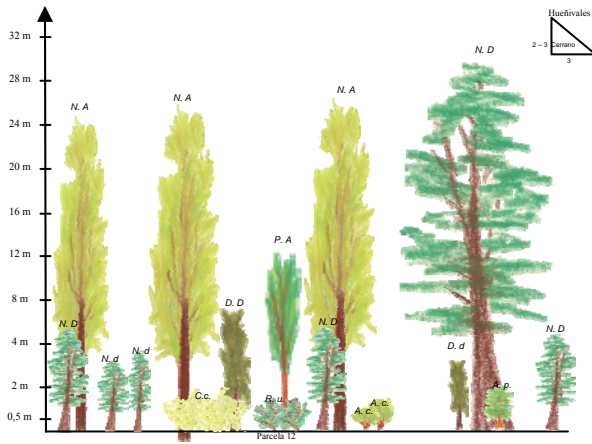


Figura 30 Perfil vertical de distribución de la vegetación de bosque floreado

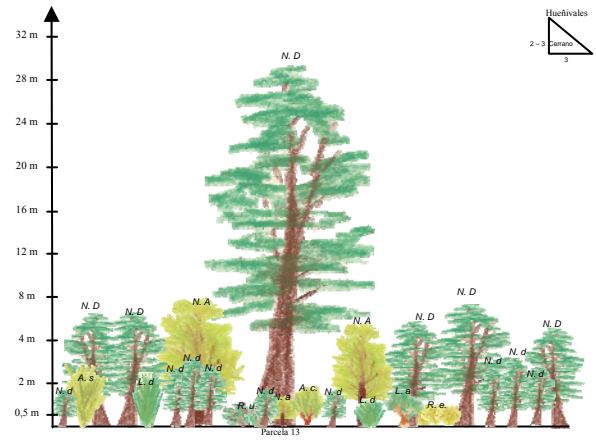


Figura 31. Perfil vertical de distribución de la vegetación de bosque, efecto de árbol semillero

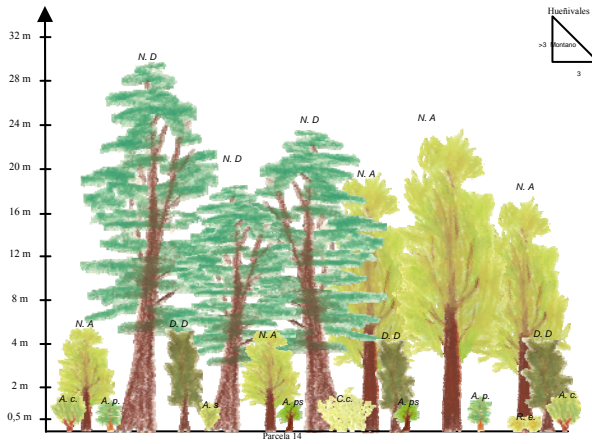


Figura 32. Perfil vertical de distribución de la vegetación relicto de bosque adulto Hueñivales



Figura 33. Perfil vertical de distribución de la vegetación,, efecto de cosecha y ramoneo.

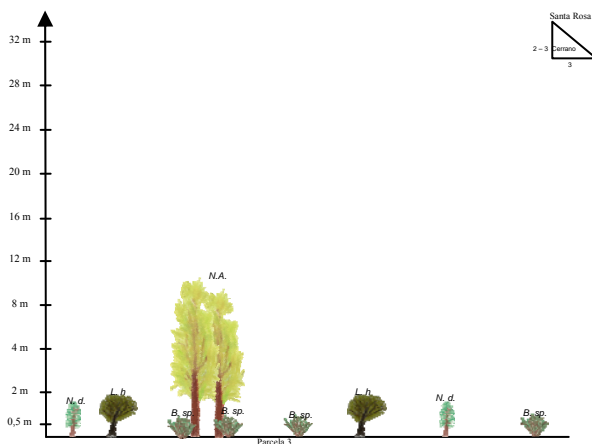


Figura 34. Perfil vertical de distribución de la vegetación efecto de cosecha, Santa Rosa

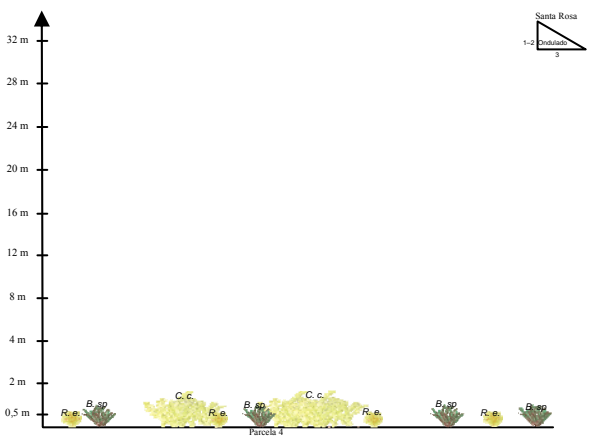


Figura 35. Perfil vertical de distribución de la vegetación efecto de cosecha, Santa Rosa



Foto 43 Efecto de ramoneo sobre crecimiento *N. dombeyi*



Foto 44. Vegetación predio Santa Rosa

En las Figura 32 se aprecia un relicto, ubicado en un distrito cerrano, del bosque en el fundo Hueñivales, en cual se floreo o se cosecho solo los mejores individuos, en el perfil se aprecia la dominancia de las especies del genero *Nothofagus* en el estrato arbóreo superior además de la presencia de renovales de estas especies que no superan los 4 metros. Este patrón de renovales se repite con más fuerza en la Figura 31, donde la presencia de un solo espécimen de *Nothofagus dombeyi* en estado adulto colonizado toda el área inmediatamente circundante, a partir de la actuación de este único relicto como semillero y generador de microclima y suelo a partir de su sombra y mantillo.

El efecto del floreo o cosecha de los mejores árboles se aprecia las Figuras 31 y 30 donde se aprecia la presencia de unos pocos individuos adultos en conjunto con renovales mas recientes.

En la Figura 33 se observa un parche de matorral ubicado en predio inmediatamente al costado del bosque representado por la Figura 32, pero en el predio vecino a Hueñivales. Esto demuestra los disímiles manejos realizados, y en particular el efecto del ramoneo por parte del ganado, que ha provocado la regeneración de las especies de *Nothofagus* sea

limitada en su tamaño por el continuo efecto del ramoneo generando formaciones arbustivas de Raulí y Coigüe (Foto 43)

En el caso del predio Santa Rosa (Foto 44), ubicado en una localidad cercana al fundo en estudio, los resultados de los estudios forestales son los que se aprecian en la figuras 34 y 35. En este caso la cobertura vegetal se encuentra dominada por especies de matorral nativas como son *Chusquea culeu* y *Berberis sp*, además de otras introducidas como *Rosa eglanteria* y *Rubus ulmifolius*. También se aprecia la presencia de individuos aislados de *Nothofagus alpina* (figura 34) y especies frutales como *Malus sp* (figura 35).

El porcentaje de cobertura según estrata para las áreas estudiadas se resume en el Cuadro 18 y Gráfico 5, en base a estos datos y los resultados explicados anteriormente se determino gráficamente el momento de la sucesión en que se encontraban las distintas areas de estudio (Gráfico 6), ya sea por causas naturales o de origen antrópico.

Cuadro 18. Porcentaje de cobertura según estrata, para las áreas de muestreo forestal en distintas localidades de la cuenca del río Cautín

ID	COBERTURA (%)									
	S.R 4	S.R 3	H.V 15	H 12	H 13	M 5	H 14	M 9	M 7	M 6
ESTR. ARBÓREO SUPERIOR	0%	1%	0%	15%	70%	55%	60%	60%	85%	75%
ESTR. ARBÓREO MEDIO:	0%	0%	0%	5%	20%	1%	10%	2%	1%	0%
ESTR. ARBUSTIVO:	15%	55%	25%	8%	10%	7%	1%	45%	9%	20%
ESTR. HERBÁCEO:	70%	60%	50%	15%	25%	0%	0%	3%	0%	0%
MUERTOS:	0%	5%	1%	2%	2%	8%	1%	3%	10%	18%
	Sucesión →									

S.R. =Sta. Rosa, H=Hueñivales, H.V.=Hueñivales vecino, M=Malalcahuello

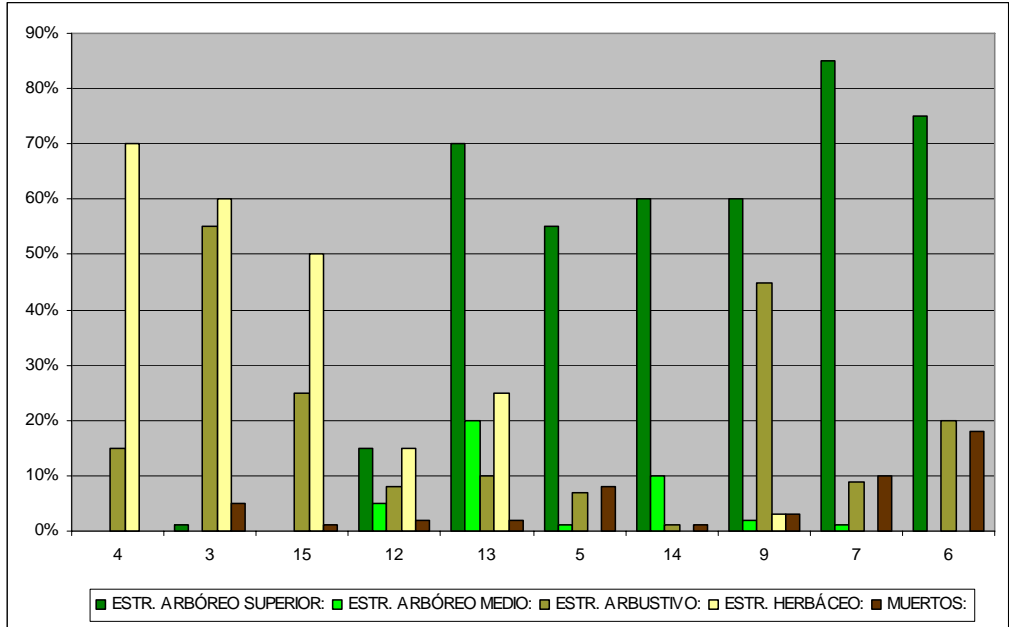


Gráfico 5. Porcentaje de cobertura según estrata, para las áreas de muestreo forestal en distintas localidades de la cuenca del río Cautín.

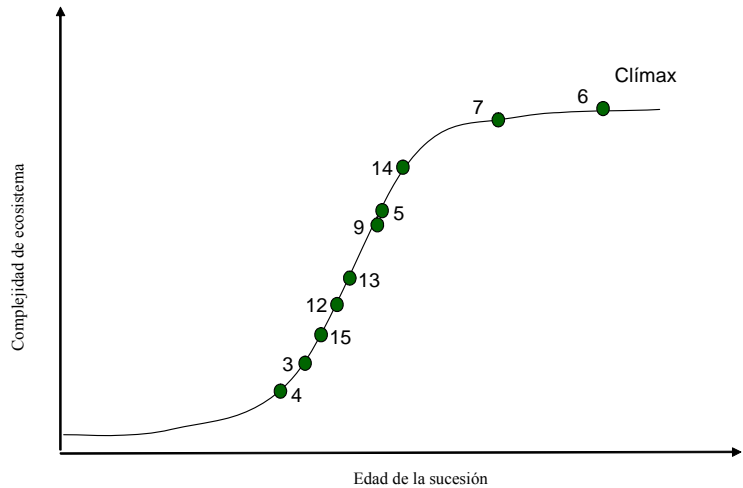


Gráfico 6. Estimación del estado de la sucesión ecológica en que se encuentran las distintas unidades de estudio

4.3.2 Estudio Praderas

El tipo de praderas presente en la zona se define como praderas naturalizadas, ya que se encuentra constituida por especies foráneas al ecosistema natural que corresponde al de bosque templado ya explicado anteriormente.

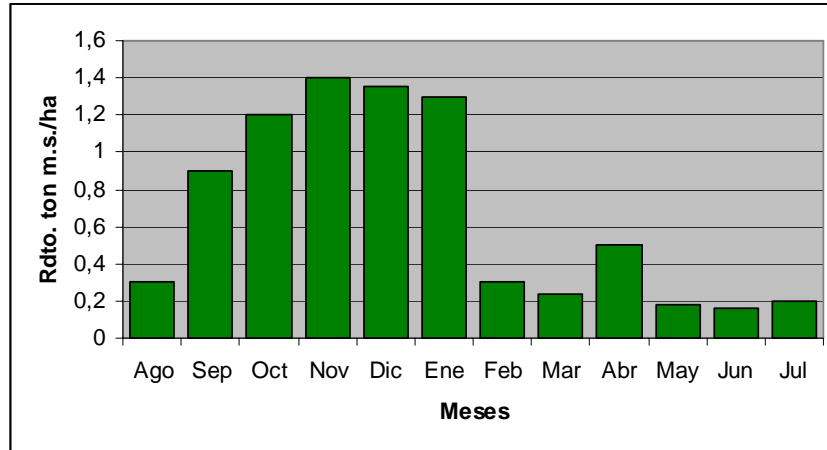
Este tipo de praderas está constituida principalmente por *Agrostis tenuis* (Chépica), *Holcus lanatus* (Pasto miel), *Lotus uliginosus* (Alfalfa chilota), *Plantago lanceolata* (Siete venas), *Rumex acetocela* (Vinagrillo) e *Hypochoeris radicata* (Hierba del chanco) (Romero,

1981). Junto a dichas especies se encuentran en áreas de mayor intervención antrópica especies como *Taraxacum officinalis* (Diente de león), *Achillea millenfolium* (Mil en ramas), *Cynosorus echinatus* (Cola de zorro), *Crysanthemum leucanthemum* (Margarita), *Arrhenatherum elatius* var. *Bulbosum* (Pasto cebolla) y *Dichondra repens* (Cola de ratón) (Demanet y Romero, 1988)

En sitios donde ha sido mayor la artificialización, la pradera corresponde al tipo natural mejorada de secano, donde se encuentran especies de valor forrajero superior. La composición botánica está constituida por *Agrostis tenuis* (Chépica), *Trifolium repens* (Trébol blanco), *Lotus uliginosus* (Alfalfa chilota), *Medicago* sp. (Hualputras), *Plantago lanceolata* (Siete venas), *Holcus lanatus* (Pasto miel), *Lolium perenne* (Ballicas), *Bromus* sp. (Bromo), *Rumex acetocela* (Vinagrillo), *Hypochoeris radicata* (Hierba del chanco), *Dactylis glomerata* (pasto ovillo) y otras gramíneas compuestas. Este tipo de praderas produce aproximadamente 5 ton m.s./ha. Si es sometida a un manejo que incluya fertilización de mantención y uso de pastoreo rotativo, puede aumentar su producción a valores de 7 a 8 ton m.s/ha (Granzotto, 1984). Valores que dependerán del distrito donde se ubique la pradera y la condición de ésta.

En relación a la curva de producción de forraje (Gráfico 7), la mayor producción se logra a mediados de noviembre, desciende a fines de verano y repunta a principios de abril por efecto de las lluvias, para, finalmente descender bruscamente en los meses de mayo y junio, periodo crítico y de bajas temperaturas (Romero, 1981).

Las malezas son otro bioantagonista que están limitando la expresión del potencial productivo y la persistencia de las pasturas, corresponden principalmente especies de hoja ancha de difícil control, tales como *Echium vulgare*, *Achillea millenfolium*, *Crysanthemum leuchanthemum* (Demanet y Romero, 1988).



Fuente: Romero, 1995.

Gráfico 7. Distribución mensual de materia seca (m.s.) de una pradera natural fertilizada. Ton m.s./ha. Precordillera andina de la IX región. Cunco

El ecosistema pratense de la precordillera andina de la Región de la Araucanía se ve enfrentado en la actualidad a diversos estados de degradación, tales como erosión, desertificación devastación. Pestización y enmalezamiento. Estos procesos de degradación de la pradera se expresan en una pérdida de la productividad (Demagnet y Romero, 1988)

La disminución del potencial productivo se debe, en parte, a la mala utilización de la pradera, producto de la carencia de normas ganaderas congruentes con los recursos naturales. Así, en la precordillera se practica una ganadería extensiva, caracteriza por la falta de apotreramientos, bajos aportes de fertilización orgánica e inorgánica al suelo, presencia de plagas de insectos e invasión de malezas (Demagnet y Romero, 1988).

Para el caso específico del predio Hueñivales los estudios realizados presentaron los siguientes resultados en cuanto a la composición florística de la pradera (Cuadro 21) y la producción de materia seca (Cuadro 19).

Cuadro 19. Rendimiento en kg materia seca por hectárea por muestra.

ID	Pendiente	Distrito	Exclusión	% MS	P Seco kg/Ha
PA1	4%	Plano	1 año	19%	3331
PA2	5%	Plano	1 año	21%	4622
PA3	45%	Cerrano	1 año	26%	1730
PA4	42%	Cerrano	3 años	23%	1406
PA5	24%	Ondulado	3 años	19%	2452
PA6	18%	Ondulado	1 año	21%	1655

En base a la composición florística se determina la condición de la pradera según la clasificación de especies decrecientes, crecientes e invasoras de Gastó *et al*, 1996. Los

resultados de esta clasificación se encuentran en los Cuadros 20 y 21 . Los resultados de estos se expresan gráficamente en el Gráfico 8.

Cuadro 20. Resumen porcentaje de composición florística según clasificación de especies por condición.

Clasificación sp. condición	Suma de % Composición florística					
	ID					
	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6
Crecientes	51%	1%	64%	41%	44%	48%
Decrecientes	9%	99%	9%	23%	27%	24%
Invasoras	40%	0%	26%	36%	29%	28%
Total general	100%	100%	100%	100%	100%	100%

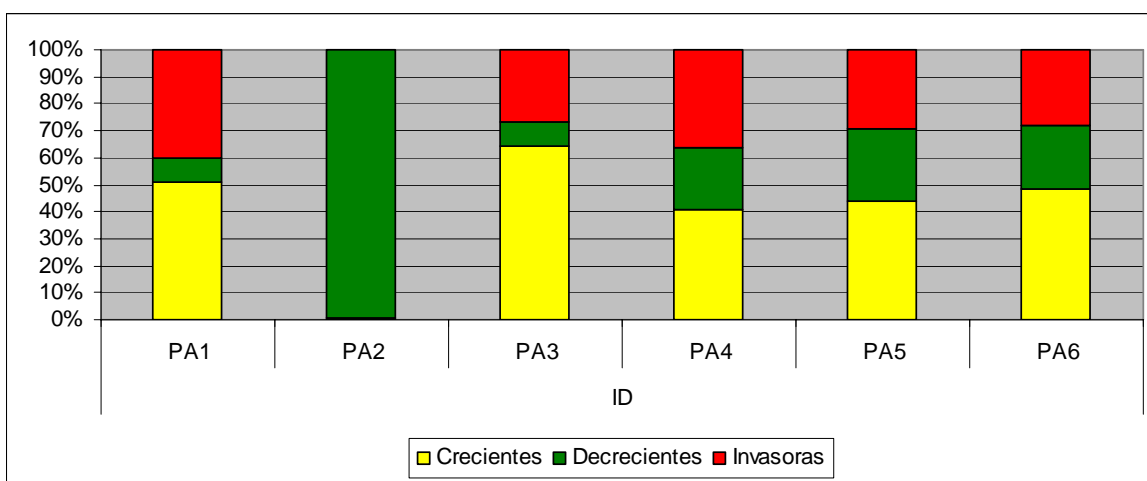


Gráfico 8. Porcentaje de especies decrecientes, crecientes e invasoras.

Cuadro 21. Composición florística según clasificación de especie-condición por muestra.

Suma de % Composición florística		ID					
Clasificación	sp. condición	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6
Crecientes	<i>Agrostis tenuis</i>	10,5%		22,0%	20,9%		5,6%
	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	24,7%	0,7%	32,8%	19,6%		37,9%
	<i>Linum usitatissimum</i>	3,5%					
	<i>Prunela vulgaris</i>	3,8%		9,6%	0,3%		0,7%
	<i>Rumex acetocela</i>	8,1%					
	<i>Trifolium dubium</i>	0,5%			0,1%		2,6%
Total Crecientes		51,0%	0,7%	64,3%	40,9%	44,2%	48,1%
Decrecientes	<i>Arrhenatherum elatius subsp. Bulbosum</i>		1,0%	1,1%			
	<i>Avena fatua</i>			0,6%			
	<i>Bromus sp.</i>		27,2%	2,2%			4,3%
	<i>Dactylis glomerata</i>		61,1%				
	<i>Holcus lanatus</i>	0,4%	9,0%				
	<i>Lolium perenne</i>		0,9%				
	<i>Lotus uliginosus</i>	2,1%		1,2%	2,2%		8,1%
	<i>Plantago lanceolata</i>	0,5%		4,1%	20,5%		14,3%
	<i>Trifolium pratense</i>	4,2%					
	<i>Trifolium repens</i>	1,0%					0,1%
	<i>Vicia atropurpurea</i>	0,5%					
Total Decrecientes		8,6%	99,2%	9,2%	22,7%	26,7%	23,8%
Invasoras	<i>Achillea millefolium</i>	39,1%		0,1%	0,3%		4,1%
	<i>Chrysanthemum sp.</i>			20,3%	5,3%		12,9%
	<i>Echium vulgare</i>						8,9%
	<i>Leontodon sp.</i>	1,3%		6,1%	11,3%		
	<i>Rumex acetocela</i>			0,1%	19,5%		3,2%
Total Invasoras		40,4%	0,1%	26,5%	36,4%	29,1%	28,1%
Total General		100%	100%	100%	100%	100%	100%

Por medio de los estudios de caracterización territorial, a través de la fotointerpretación y digitalización en el SIG, se determinó la superficie por hectárea por potreros y el área correspondiente a cada distrito, cobertura vegetal y condición evaluada al año 2008 (Cuadro 22).

Los resultados de los estudios *in situ*, revisión bibliográfica y consulta a expertos de rendimientos esperados para la ecorregión templada húmeda de verano fresco y méxico, según distrito y tipo de pradera se encuentran en el Cuadro 23. En éste se clasificó la disponibilidad de forraje en el predio en las siguientes coberturas vegetales: praderas, sabana arbustiva, sabana de frutales y sabana de especies forestales introducidas como *Quecus sp.*

Cuadro 22. Área en hectáreas según distrito, cobertura vegetal, condición y potreros al año 2008.

Suma de AREA_HA			Potrero				Total general
Distrito	Cobertura Vegetal 2008	Condición 2008	P. Bajo	P. Corrales	P. Herradura	P. Puebla	
Depresional	Herbácea cespitosa	Buena		0,25			0,25
		Regular	0,39			0,22	0,61
	Total Herbácea cespitosa		0,39	0,25		0,22	0,86
Total Depresional			0,39	0,25		0,22	0,86
Plano	Cultivo forestal	Regular				0,07	0,07
	Total Cultivo forestal					0,07	0,07
	Cultivo frutal	Pobre				0,33	0,33
		Regular	0,23				0,23
	Total Cultivo frutal		0,23			0,33	0,56
	Pradera	Buena	1,33		0,56		1,89
		Regular	0,72	6,93	3,59	5,11	16,35
	Total Pradera		2,05	6,93	4,15	5,11	18,24
	Sabana arbustiva	Buena		1,70	1,51	4,93	8,14
		Regular				1,53	1,53
Total Sabana arbustiva			1,70	1,51	6,46	9,67	
Total Plano			2,28	8,63	5,66	11,97	28,54
Cerrano	Pradera	Buena	0,00				0,00
		Pobre		0,17			0,17
		Regular	0,07		0,01	0,31	0,39
	Total Pradera		0,07	0,17	0,01	0,31	0,56
	Sabana arbustiva	Buena			0,18	0,04	0,22
Regular					0,21	0,21	
Total Sabana arbustiva				0,18	0,25	0,43	
Total Cerrano			0,07	0,17	0,19	0,56	0,99
Ondulado	Pradera	Buena	0,04				0,04
		Pobre		0,13			0,13
		Regular	0,14	0,24		1,30	1,68
	Total Pradera		0,18	0,37		1,30	1,85
	Sabana arbustiva	Buena			1,18	2,11	3,29
Pobre				0,23		0,23	
Total Sabana arbustiva				1,41	2,11	3,52	
Total Ondulado			0,18	0,37	1,41	3,41	5,37
Total general			2,92	9,42	7,26	16,16	35,76

En base a los rendimientos de materia seca por hectárea resumidos en el Cuadro 23 y la superficie de cada tipo de pradera por potrero (Cuadro 22) corregidos por un factor de uso adecuado determinado según distrito (Cuadro 24), se calculo el rendimiento en kilos por hectárea por potrero y el total para el predio Hueñivales (Cuadro 25)

Cuadro 23. Rendimiento en kilos por hectárea según distrito, tipo de pradera y condición de esta.

Condición/ Tipo pradera	Distrito						
	Depresional		Plano		Cerrano		Ondulado
	Herbácea cespitosa	Pradera	Sabana arbustiva, frutal o forestal	Pradera	Sabana arbustiva, frutal o forestal	Pradera	Sabana arbustiva, frutal o forestal
Excelente	1500	4663	4622	1687	2076	2940	2940
Buena	1200	3964	3929	1547	1903	2695	2695
Regular	500	3264	3235	1406	1730	2450	2450
Pobre	200	2565	2542	984	1211	1715	1715
Muy Pobre	120	1865	1850	703	865	1225	1225

Cuadro 24. Factor de uso adecuado de la pradera según distrito.

Distrito	FUA
Depresional	0,6
Plano	0,8
Ondulado	0,6
Cerrano	0,3

Cuadro 25. Rendimiento en kilos por hectárea por potrero, según distrito, tipo de pradera y condición de esta, corregido por el factor de uso adecuado (FUA) según distrito.

Suma de AREA_HA		Potrero						
Distrito	Cobertura Vegetal 2008	Condición 2008	P. Bajo	P. Corrales	P. Herradura	P. Puebla	Total general	
Depresional	Herbácea cespitosa	Buena		242,8			242,8	
		Regular	464,2			262,8	726,9	
		Total Herbácea cespitosa	464,2	242,8		262,8	969,7	
Total Depresional			464,2	242,8		262,8	969,7	
Plano	Cultivo forestal	Regular				188,9	188,9	
		Total Cultivo forestal				188,9	188,9	
	Cultivo frutal	Pobre				664,6	664,6	
		Regular	346,3				346,3	
	Total Cultivo frutal			346,3		664,6	1010,9	
	Pradera	Buena	129,5				129,5	
		Regular	1892,7	18081,7	9378,6	13344,3	42697,3	
Total Pradera			2022,2	18081,7	9378,6	13344,3	42826,8	
Sabana arbustiva	Buena			5371,2	4773,1	15510,1	25654,4	
	Regular					3951,7	3951,7	
Total Sabana arbustiva				5371,2	4773,1	19461,9	29606,1	
Total Plano			2368,5	23452,9	14151,6	33659,8	73632,8	
Cerrano	Pradera	Buena	0,8				0,8	
		Pobre			50,8		50,8	
		Regular	28,5			5,0	164,7	
	Total Pradera			29,3	50,8	5,0	131,3	216,4
	Sabana arbustiva	Buena				100,6	21,8	122,4
Regular						108,5	108,5	
Total Sabana arbustiva					100,6	130,3	230,9	
Total Cerrano			29,3	50,8	105,7	261,6	447,3	
Ondulado	Pradera	Buena	66,1				66,1	
		Pobre			179,2		179,2	
		Regular	207,4	351,8		1912,4	2471,7	
	Total Pradera			273,5	531,0		1912,4	2716,9
	Sabana arbustiva	Buena				1904,4	3413,1	5317,5
Pobre					1211,9	2172,0	3383,8	
Total Sabana arbustiva					3116,3	5585,0	8701,3	
Total Ondulado			273,5	531,0	3116,3	7497,4	11418,2	
Total General			3135,5	24277,5	17373,5	41681,5	86468,0	

El rendimiento promedio para el predio por hectarea, corregido por el factor de uso es de 2.418 kg/MS.

A partir del rendimiento de materia seca, calculado en el cuadro anterior y tomando los valores de consumo para bovinos y ovinos por día, mensual y para una rotación de 8 meses y 1 año (cuadro 26), se calculo la carga animal total para el predio Hueñivales para ambas especies y rotaciones resumidas en el Cuadro 27.

Cuadro 26. Consumo según especie animal y rotación

Especie Animal	Peso (kg)	Consumo %		Consumo Mensual	Rotación 8 meses	Rotación Anual
		Peso Vivo/día				
Bovino	500	3%		456	3648	5472
Ovino	50	3%		46	365	547

Cuadro 27. Carga animal para el predio Hueñivales según especie y rotación.

Total kg MS	Carga animal rotacion 8 meses		Carga animal rotación anual	
	Bovino	Ovino	Bovino	Ovino
86468	24	237	16	158

En base al rendimiento en materia seca por hectárea para el total del predio y sus respectivos potreros, se calcularon las rotaciones en días por potrero para los dos sistemas de rotación de ganado (Cuadro 28).

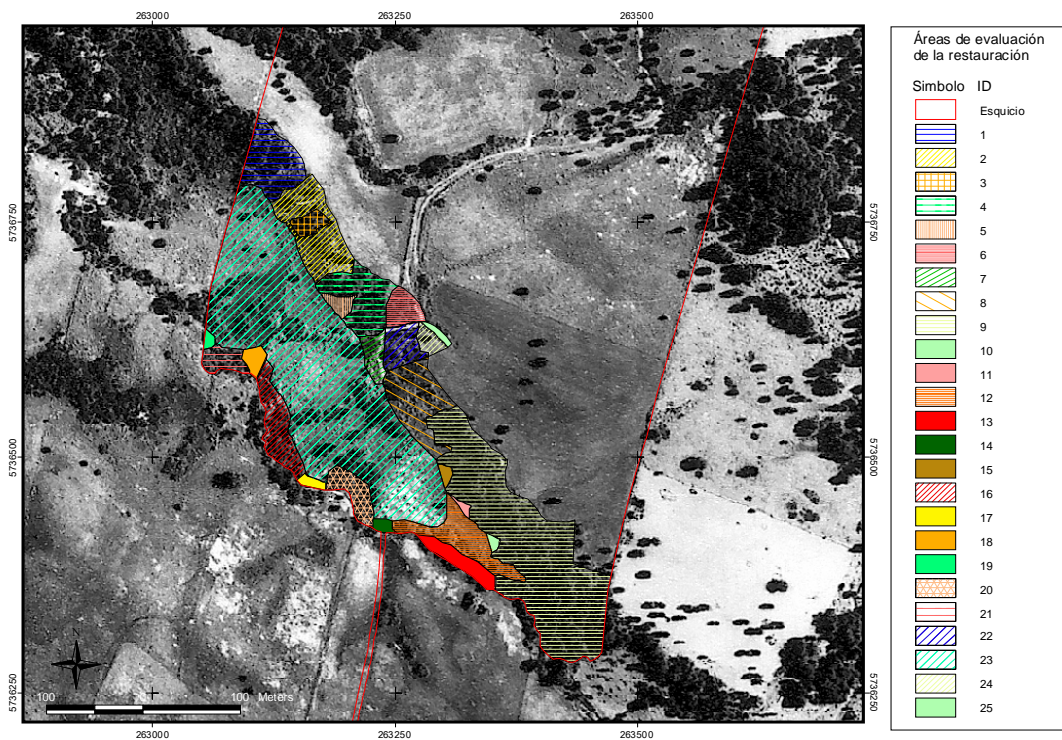
Cuadro 28. Rotación potreros presentes en Hueñivales.

Potreros	Dias	
	Rotación 8 meses	Rotación 1 año
P. Bajo	9	13
P. Corrales	67	101
P. Herradura	48	72
P. Puebla	116	174
Total	240	360

4.3.3 Evaluación de Restauración de Bosques

En el predio se ha comenzado el proceso de restauración de bosques en una superficie que corresponde a 13,7 ha. Para evaluar esta restauración se realizó una evaluación del éxito de esta y calidad de hábitat de las zonas con el fin de determinar las zonas con mayor potencial y los operadores de transformación a aplicar para lograr una restauración exitosa (Foto 45).

Por razones de tiempo solo se evaluó una parte del predio que se muestra en la siguiente Carta 10. En esta se incluyen áreas de relictos de bosque, matorral, plantaciones de especies de *Nothofagus*, plantaciones forestales de *Quercus sp*, praderas y mallines. Se evaluó la regeneración de especies nativas, prendimiento y crecimiento en zonas donde se ha reforestado con especies nativas.



Carta 10. Áreas donde se evaluó el proceso de restauración de los bosques.

Los resultado de la evaluación de la restauración de encuentran en el Cuadro 29. Gráficamente se expresan en las Gráficos 9 a 14. Según los dataos recopilados en este estudio se observa que la presencia de sombra no afecta mayormente la regeneración

(Gráfico 9) pero si tiene influencia cuando su presencia no es excesiva en el prendimiento de los árboles plantados (Gráfico 10).

La calidad de hábitat que se manifiesta en la cobertura vegetal actual que influye en la humedad, calidad de suelo, etc. y la presencia de semilleros, que influye en la regeneración natural (Foto 46). Según lo estudiado para el caso de la regeneración natural la las zonas de hábitat catalogado como excelente y presentas una excelente y buena regeneración en el 100% de los casos estudiados (Gráfico 11). Para el caso del prendimiento de plantaciones el tipo de hábitat también influye en el éxito del establecimiento de la población (Gráfico 12).

Otra de las hipótesis para establecer que variables medir fue que la aradura o laboreo de la tierra en el pasado para el establecimiento de cultivos, influye en el éxito de la regeneración y plantación. Según los resultados presentados en los Gráficos 13 y 14 se establece una posible influencia, supuestamente debido al agotamiento de los suelos.

Cuadro 29. Evaluación hábitat, plantación y regeneración del lado sur de Hueñivales

Id	Hábitat	Aradura	Sombra	Regeneración	Plantación	Prendimiento	Observaciones
1	Excelente	No	Si	Excelente	No	-	
2	Bueno	Si	No	Muy Pobre	Si	Pobre	
3	Excelente	Si	Si	Excelente	Si	Bueno	
4	Excelente	Si	Si	Excelente	Si	Bueno	Exceso de sombra perjudica el crecimiento
5	Bueno	Si	No	Muy Pobre	Si	Pobre	
6	Excelente	No	Si	Bueno	Si	Bueno	
7	Bueno	Si	No	Regular	Si	Bueno	Presencia de <i>Quercus</i> megafanerófitos y su regeneración Semilleros de especies nativas en polígonos 4 y 6
8	Bueno	Si	Poca	Pobre	Si	Regular	Mucho crecimiento. Regeneración en borde con bosque
9	Excelente	No	Si	Bueno	No	-	Bosque ribereño adulto mucha sombra.
10	Excelente	No	Poca	Excelente	No	-	Operadores; Limpieza de especies arbustivas (zarza, quila y rosa) y poda de árboles
11	Excelente	No	Poca	Excelente	No	-	
12	Bueno	Si	No	Muy Pobre	Si	Regular	
13	Excelente	No	No	Muy Pobre	No	-	Terraza aluvial. <i>Salix sp</i> , <i>Chusquea sp</i> y <i>Acer sp</i> .
14	Excelente	No	No	Muy Pobre	Si	Bueno	
15	Excelente	No	Poca	Excelente	Si	Excelente	Mejor lugar. Con luz y sombra
16 ⁱ	Excelente	No	Si	Regular	No	Bueno	
17	Bueno	No	No	Muy Pobre	Si	Regular	
18 ⁱⁱ	Excelente	No	No	Excelente	No	Bueno	
19 ⁱⁱⁱ	Excelente	No	No	Excelente	No	Bueno	
20	Bueno	No	Si	Muy Pobre	No	-	Cerrano. <i>Salix sp</i> , <i>Acer sp</i> y <i>Quercus sp</i> .
21	-	No	No	-	No	-	No forestal. depresional, continuación del mallín
22	Excelente	No	Poca	Excelente	Si	Excelente	
23 ^{iv}	Bueno	Si	No	Muy Pobre	No	Regular	
24	Pobre	No	No	Muy Pobre	Si	Pobre	Sin suelo, prendimiento mejora al aplicar tierra de hoja.
25	Bueno	No	No	Muy Pobre	Si	Regular	Quebrada que está cicatrizando.

ⁱⁱ Hábitat homologado al 14, por lo que los resultados debiesen ser similares, pese a que no se plantó.

ⁱⁱⁱ Hábitat homologado al 14, por lo que los resultados debiesen ser similares, pese a que no se plantó.

^{iv} Hábitat homologado al 12, por lo que los resultados debiesen ser similares, pese a que no se plantó.

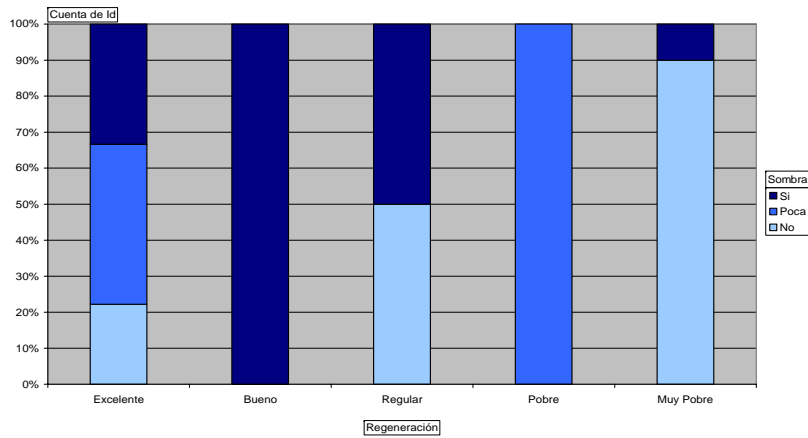


Gráfico 9. Condición de la regeneración según niveles de sombra

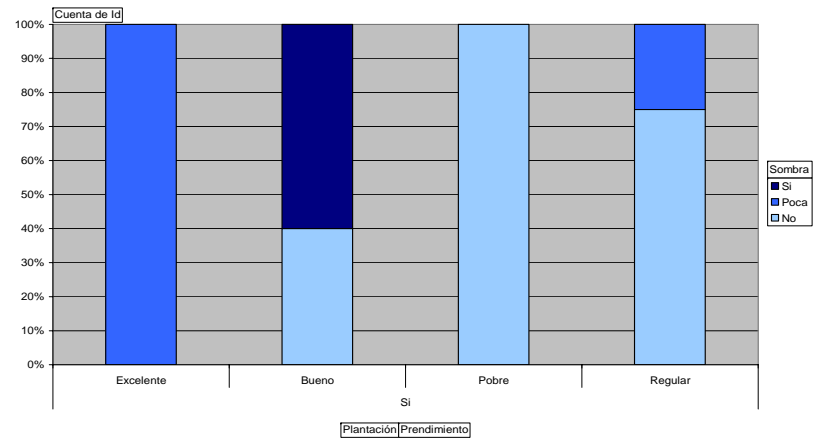


Gráfico 10. Prendimiento de plantaciones según niveles de sombra

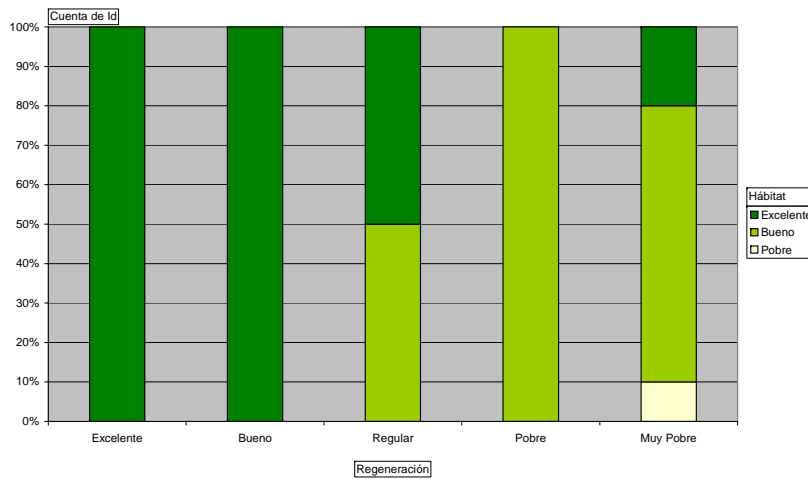


Gráfico 11. Condición de la regeneración según calidad de hábitat

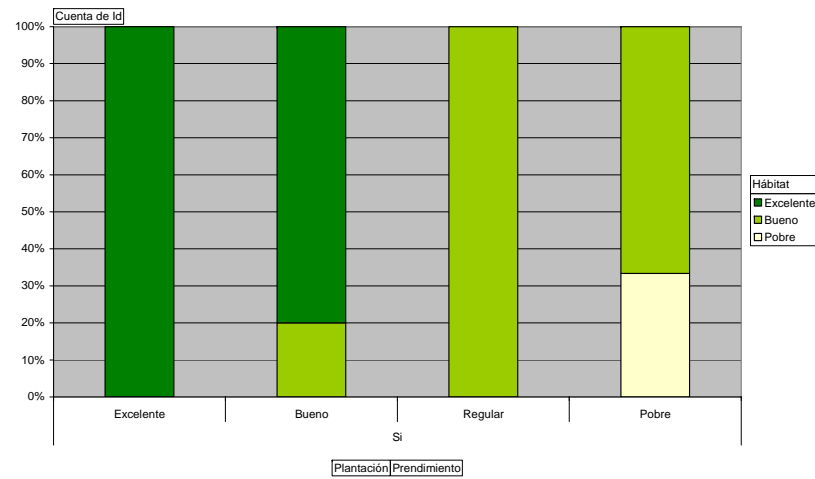


Gráfico 12. Prendimiento de plantaciones según calidad de hábitat

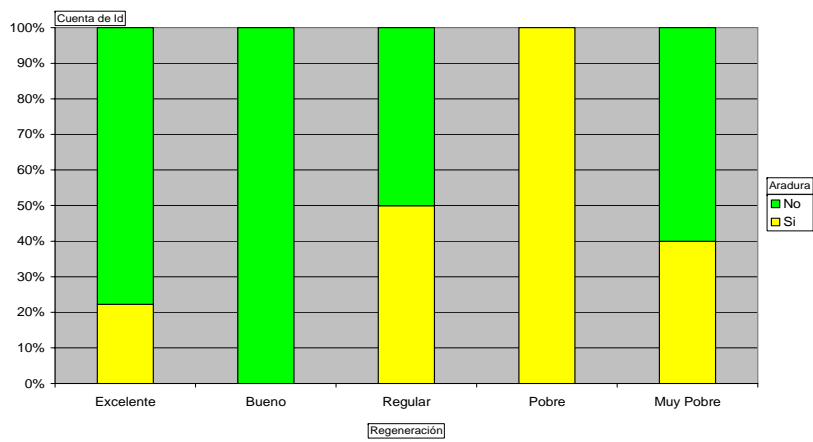


Gráfico 13. Condición de la regeneración en presencia de aradura.



Foto 45 Evaluación del crecimiento regeneración natural y plantación de especies nativas

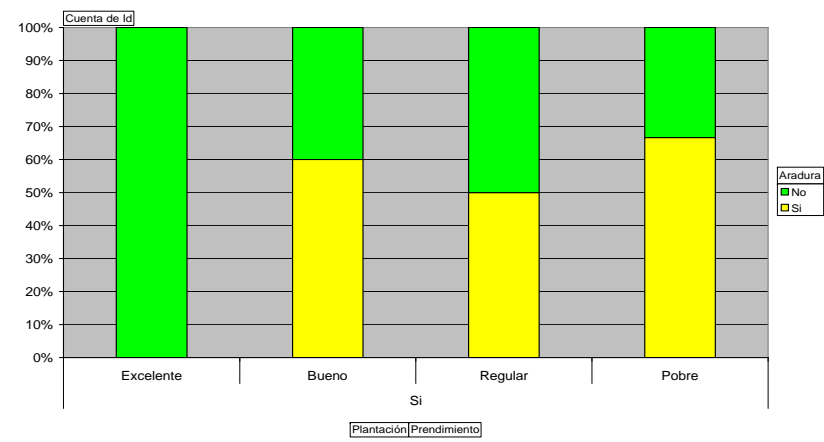


Gráfico 14. Prendimiento de plantaciones en presencia de aradura.



Foto 46 .Restauración de áreas de bosque.

4.3.4 Diagnóstico de Enfermedades Ecosistémicas Presentes en Hueñivales

El predio Hueñivales al momento de su compra presentaba una serie de enfermedades ecosistemas que lo afectaban, en base a la gestión realizada por el propietario estas anomalías se han ido solucionando.

En base al proceso de caracterización y diagnóstico por medio del sistema de clasificación de ecorregiones se determinó las enfermedades ecosistémicas presentes en el predio.

1.1.1.11 Biogeoestructura

Erosión. Debido a la sobreexplotación del recurso con fines de cosecha forestal, cultivo de cereales o pastoreo, sin discriminar distritos, durante los últimos 100 años, sumado al efecto de las intensas lluvias que se presentan en la zona. El predio presenta zonas afectadas por erosión del tipo laminar, por surcos y de cárcavas. Las áreas más afectadas corresponden a antiguas áreas de praderas en distritos cerranos y ondulados donde existe una alta intensidad de tránsito de ganado y a los caminos los cuales actúan como cauces de escurrimiento de las aguas lluvias. (Foto 47).

Esterilización. La productividad del predio en general es menor que el potencial ecológico de este debido a un intensivo uso. La productividad de las praderas no se encuentra en una condición óptima ya que según se describió en los estudios de praderas se determinó que alrededor de un 30% de las áreas con vocación pastoril se encuentran en condición regular o inferior.

Enmalezamiento. Invasión de especies vegetales de inferior calidad, debido al deterioro de la cubierta vegetal por la sobreutilización. Tanto praderas como bosques se encontraban invadidas por malezas arbustivas como *Rubus ulimifolius* y *Rosa eglanteria*. Las praderas además se presentan con una amplia cobertura de *Achillea millenfolium*, maleza de muy bajo valor pastoril (Foto 48).

Simplificación de la fauna. La reducción y pérdida de hábitat ha afectado principalmente a las especies de mamíferos que inicialmente se encontraban en el predio, como cérvidos como el Pudú y felinos como la Guiña y el Puma. Para el caso de las aves el efecto es mayor sobre las especies que habitan bosques y matorrales que no vuelan como Chucao, Hued-hued y Churrín.

Simplificación de la flora. El ramoneo y la cosecha de los mejores especímenes también ha afectado la diversidad de especies presentes en el predio debido principalmente a la ausencia de regeneración y el impedimento de llegar a etapas de la sucesión más avanzadas, en el caso de los bosques. Para el caso de las praderas también ha ocurrido un proceso de simplificación ya que el pastoreo descontrolado que se producía antes de la llegada de los actuales propietarios provocó una disminución de las especies más nobles de la pradera aumentando la cobertura de especies de poco valor forrajero.

Fragmentación de hábitat. La fragmentación de los bosques por la utilización de los territorios para la instalación de praderas o por la cosecha forestal ha provocado la transformación de lo que originalmente era una matriz de bosque (Carta 8) en parches de relictos de bosque sin conexión con una matriz de fondo de praderas en el 2003. (Carta 4).

Retrogradación de la sucesión. La intensa cosecha forestal, los incendios y la actividad agrícola provocó una retrogresión en la sucesión ecológica para el caso de los ecosistemas del bosque templado de *Nothofagus*, estableciéndose de manera inducida en estados anteriores al las seres de bosque como son el matorral, el mallín o praderas.

1.1.1.12 Tecnoestructuras

Degradación. El abandono y falta de mantenimiento de ciertas infraestructuras ha provocado su degradación con la consiguiente pérdida de funcionalidad (Foto 49). Las tecnoestructuras que se encontraban degradadas son entre otras corrales, cercos, caminos y viviendas que se encontraban en las antiguas pueblas.

Desubicación. Existían caminos y sendas que no seguían las rutas más adecuadas, ubicados en de altas pendientes, con la consiguiente degradación de estos, debido a las precipitaciones y circulación del ganado. La existencia de las antiguas pueblas, una ubicada en la terraza inferior en las cercanías del estero y la otra en la terraza, incorporaban infraestructuras que además de presentar un estado de degradación importante, no se acoplaban bien con la nueva estructura de ordenamiento que los nuevos propietarios querían imponer.

Contaminación visual. Presencia de diversas estructuras en pobre estado genera contaminación visual de los espacios prediales. Entre estas estructuras se cuentan los restos de las antiguas pueblas, cercos, puertas y caminos en condición pobre (Foto 50).

Ausencia. Al momento de su compra el predio carecía de una serie de tecnoestructuras que permitieran hacerlo habitable y realizar una adecuada gestión. Entre las infraestructuras faltantes se encontraban las viviendas, camino vehicular de acceso, redes de energía eléctrica, redes de agua para consumo humano, bebederos para el ganado en ciertos potreros, bodegas, etc. En la actualidad aun faltan ciertas infraestructuras como son corrales, mangas, bodega de forraje, cargadero de ganado y algunos bebederos.

1.1.1.13 Espacioestructura

Fragmentación de espacios. Al adquirir la propiedad esta contaba con más de 15 espacios distintos, con potreros que muchas veces no superaban las 3 ha, considerando que este predio posee alrededor de 60 ha, el predio en su condición inicial tenía una excesiva fragmentación de sus espacios, lo cual dificultaba la gestión del predio (Carta 7).

1.1.1.14 Socioestructura

Despoblamiento. En el año 2003 el predio se encontraba sin habitantes permanentes establecidos, la dos pueblas que habían sido la base de la estructura poblacional de este desde la primera mitad del siglo XX, se encontraban degradadas y abandonadas. Los habitantes residentes, habían emigrado a Curacautín inicialmente y luego a otras zonas del país en busca de trabajo.

Perdida de las condiciones de ocio y recreación. El aumento de las necesidades de la población mundial, el despoblamiento de la zona con la consiguiente pérdida de la vida social entre los habitantes del valle y un inadecuado diseño predial para abastecer a los habitantes del predio, provoco una pérdida de las condiciones de ocio y recreación



Foto 47. Erosión



Foto 48. Enmalezamiento



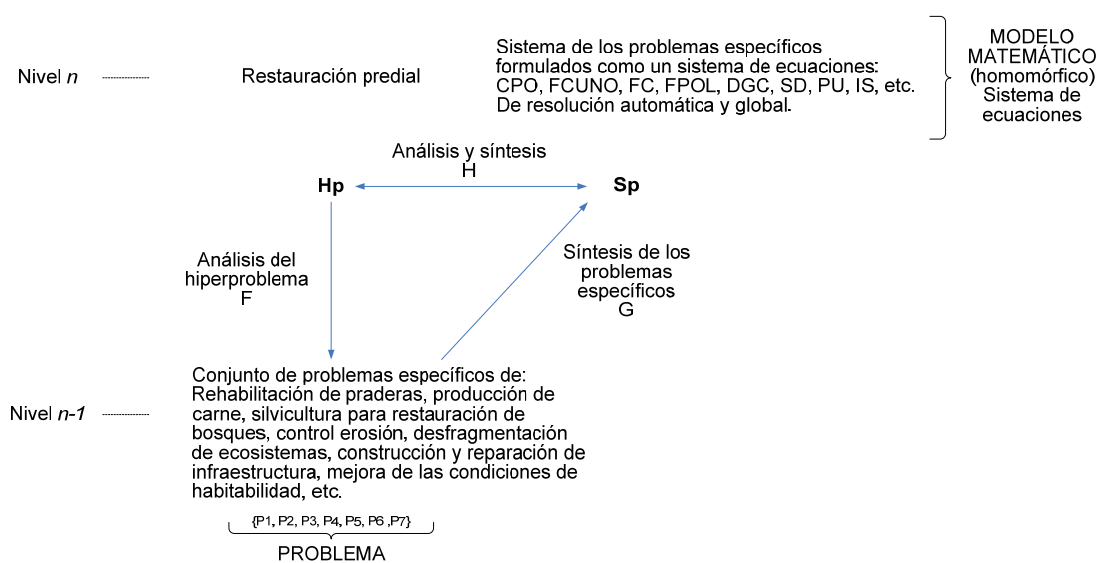
Foto 49. Degradación de Tecnoestructura



Fotos 50. Contaminación visual

4.4 HIPERPROBLEMA PREDIAL

Para definir el hiperproblema cada uno de los problemas específicos deben ser planteados en forma jerárquica. En la primera etapa del proceso resolutivo que considera a un complejo independientemente de los demás, se pretende encontrar una parte de la solución que es independiente del problema global. En la segunda etapa de este proceso, se busca la integración del problema del complejo específico con otros complejos, de manera de plantear y resolver los proyectos relacionados con el problema global (Figura 36) (Gastó, Rodrigo y Aránguiz, 2002).



Adaptación del autor al esquema de Gastó, Rodrigo y Aránguiz, 2002

Figura 36. Esquema del modelo de restauración del predio Hueñivales

La Figura 36 es una representación del Hiperproblema y conjunto de problemas, que luego se transformó en un modelo Homomórfico matemático en forma de un sistema de ecuaciones interrelacionadas (Gastó, Rodrigo y Aránguiz, 2002).

Se debe transformar a través de un proceso de análisis (F) en un conjunto finito de problemas específicos (P_i) al nivel $n-1$ que, por tanto se transforman en discretos. En este caso se los ha transformado en seis problemas específicos a resolver para el caso del predio Hueñivales, los cuales se han planteado de la siguiente manera luego de realizar el proceso de examen y diagnóstico predial:

- P₁ Rehabilitación de praderas
- P₂ Producción de carne
- P₃ Silvicultura para la restauración de bosques
- P₄ Producción de madera de calidad
- P₅ Control erosión y mejora de la fertilidad
- P₆ Construcción y reparación de infraestructura
- P₇ Mejora de las condiciones d habitabilidad del predio

Cada uno, a su vez, puede transformarse en varios problemas específicos, tal como el problema P₁ se descompone en:

- P_{1.1} Control de especies invasoras de bajo valor forrajero.
- P_{1.2} Enriquecimiento de especies forrajeras.
- P_{1.3} Gestión de las praderas.

Una vez definido el hiperproblema predial se procede a realizar la propuesta que permitirá resolver este sistema de problemas por medio del plan de ordenamiento y gestión predial, lo que dentro del contexto de la metodología clínica correspondería al tratamiento.

4.5 PROCESO RESTAURACIÓN DEL PAISAJE PREDIAL Y CARACTERIZACIÓN DE OPERADORES DE RESTAURACIÓN PREDIAL

El predio Hueñivales, fue planteado bajo los principios de diseño predial. Para esto se realizó una caracterización territorial predial por parte de integrantes del Laboratorio de Ecosistemas de esta Facultad, en el año 2003. Por otra parte Zaffaroni (2005), planteó una metodología de análisis y restauración predial, para el mismo predio. El diseño planteado en estos proyectos aportó para las decisiones que tomaron los propietarios para tener como resultante el estado actual del predio.

La zonificación planteada en la Carta 11 explica la distribución actual de los espacios del predio. Ésta se basa en la creación de una matriz de praderas con parches y corredores de bosque, que conectan áreas más extensas de estos que se encuentran en las afueras del predio.

Las superficies correspondientes a la nueva zonificación se encuentran en el Cuadro 29. La zonificación correspondiente se divide en tres macrozonas:

Potreros. Dedicados al pastoreo de ganado, a diferencia de la zonificación anterior, en la actual solo se encuentran 4 potreros entre los cuales debe lograrse la rotación del ganado.

Parques y jardines. Esta zona conforma el casco predial, la que tiene por vocación la instalación de las unidades de vivienda, administración y almacenamiento

Bosque en restauración. Área prioritaria para la restauración de los bosques nativos que en su origen cubrían el predio. Su uso es la producción de madera, conservación de fauna, control de erosión, protección de cauces y cosecha de agua.

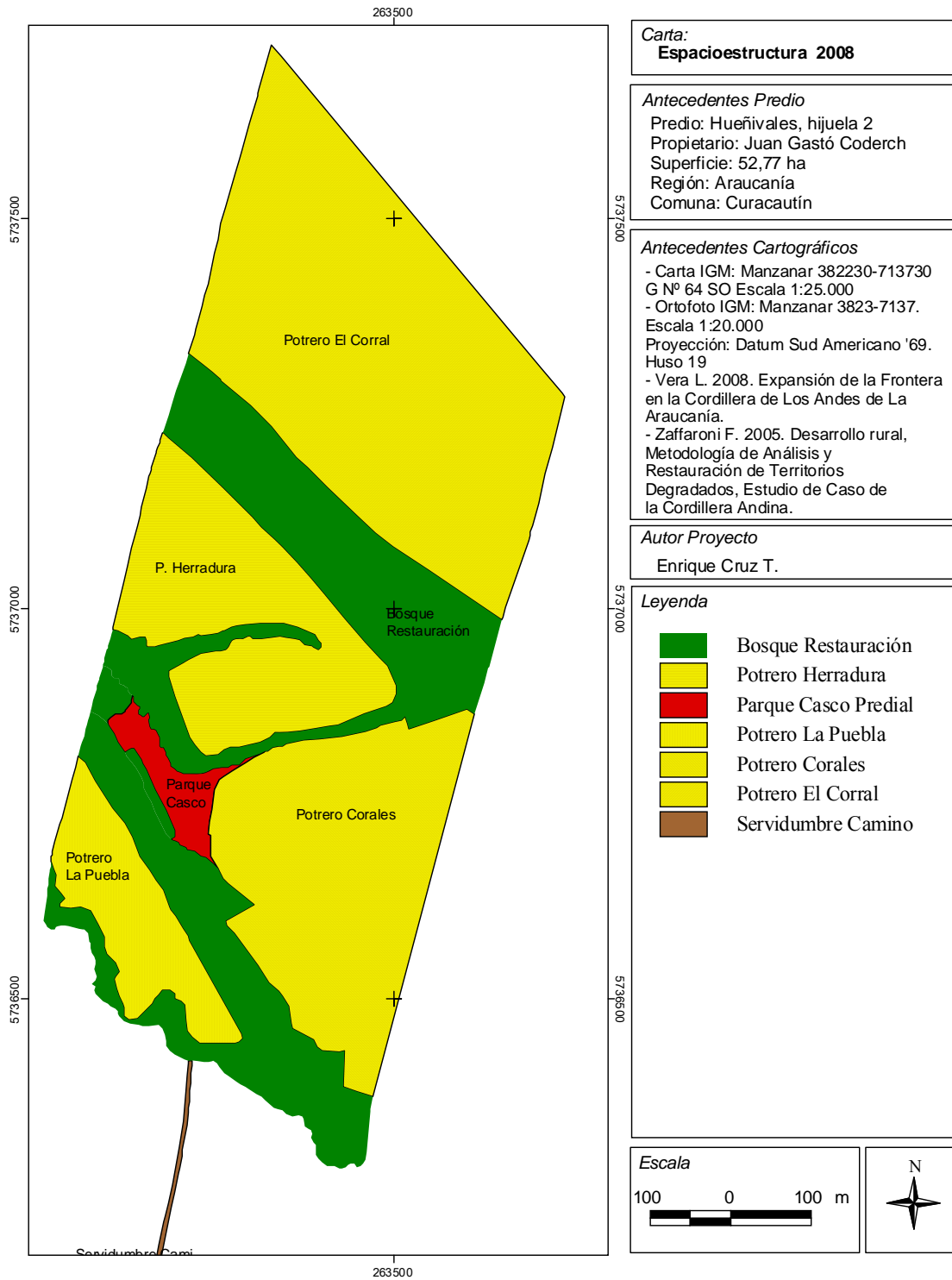
El diseño y gestión de los espacios respecto al momento de su compra se aprecia al comparar las cartas 7 y 11. Para determinar las zonas que se iban a destinar a las praderas, bosques o casco del fundo, se utilizaron las dimensiones y principios del diseño enunciados en el marco teórico, es decir bajo criterios, funcionales, ambientales, estéticos y de vida y ocio. Además de principios de unidad, identidad, diversidad y flexibilidad adaptativa. El establecimiento de las áreas prioritarias para la restauración de los bosques, se basó en los distritos, dejándose para este fin zonas cerranas y algunas onduladas que presentan un escaso valor como zonas de pastoreo, debido al alto costo ecológico de cosecha, ya sea por

la baja ganancia de peso por parte del ganado en estos distritos o por la vulnerabilidad al pastoreo que estos presentan. También ha habido preocupación de incluir en las zonas con exclusión de ganado y restauración del bosque a zonas de quebradas, cauces de agua y zonas erosionadas.

Cuadro 30. Superficie de cada espacio en el predio Hueñivales al año 2008.

Tipo	Superficie (ha)
Bosque en restauración	13,71
Parque, Jardín	1,04
Potrero Corales	9,64
Potrero Corral	17,58
Potrero Herradura	7,43
Potrero La Puebla	3,37
Total	52,77
Servidumbre Camino	0,24
Total	53,01

Carta 11. Zonificación de espacios prediales para el predio Hueñivales en el año 2008.



4.5.1 Operadores de Planificación y Diseño predial.

La transformación del paisaje requiere una serie de operadores que transforman el ecosistema predial. También hay operadores que cambian la percepción del planificador respecto al fenómeno de estudio, en este caso el predio, y cómo llegar a una solución para el diseño y gestión predial.

Lo primero es caracterizar el desafío, esto es, definir el problema que se pretende resolver. Un problema está compuesto por datos, incógnitas y restricciones, por lo que al definir el desafío, se impondrán las restricciones determinadas por el propietario para definir el problema. Se deben considerar las definiciones relativas tanto al territorio como a los actores, en especial, lo relativo a las tendencias generales, a los recursos naturales y artificiales, y a la relación entre los problemas y sus causas, atendiendo los temas que el planificador puede intervenir. Incluye las funciones y presiones que se ejercen sobre el territorio y su uso (Gastó *et al*, 2005). Localizando una parte del fenómeno sus limitantes y metas por parte de los actores sociales que habitan el territorio. Esto se hace mediante una reseña basada en entrevistas con lo propietarios del predio, o quien esté a cargo de la gestión de un territorio, como sería el caso de una comuna o región. En esta entrevista se hace una pequeña reseña donde se caracteriza el desafío a realizar en un territorio, es decir cuál es el fin del plan de ordenamiento territorial. Lo anterior equivale a la reseña del paciente en la metodología clínica.

El planificador en este caso es un articulador, entre el propietario que plantea un desafío generando restricciones, y el territorio a planificar que posee una serie de limitantes y potencialidades a determinar. El planificador, mediante el estudio del territorio y el desafío planteado por el propietario, determinará una meta para el territorio predial a planificar (Figura 37).

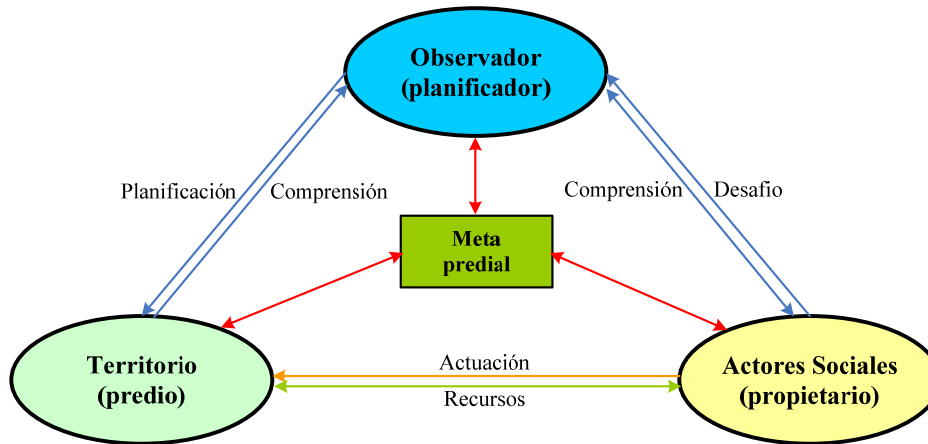


Figura 37. Articulación territorio, propietario y planificador.

Para esto, se requiere transformar el fenómeno predial en una imagen y luego en un modelo predial que permite determinar el conjunto de problemas, definiendo el hiperproblema predial y las posibles soluciones que éste tenga (Figura 38).

Siguiendo la metodología clínica propuesta por Ledley y Lusted (1959), este proceso comienza con el “Examen” del predio de manera de caracterizarlo y diagnosticar sus posibles problemas o enfermedades ecosistémicas, a resolver.

Dentro del examen se encuentran una serie de operadores que permiten cambiar la percepción que el evaluador tiene sobre el ecosistema predial, transformando la imagen del predio en un modelo homomórfico de cartas politemáticas que finalmente permitirán diagnosticar y definir el hiperproblema predial. Luego de esto el grupo encargado de la restauración predial dispondrá de las herramientas necesarias para realizar una propuesta de ordenamiento para el predio, donde se encuentra una zonificación y un estilo de agricultura determinado y una propuesta de gestión predial donde se proponen medidas concretas para llevar a cabo el ordenamiento y la restauración del predio (Figura 38).

Una vez elaborada la propuesta de ordenamiento y gestión predial, comienza la aplicación de ésta. Aquí el propietario plantea la estrategia a seguir para llevar a cabo el tratamiento, según sus limitantes económicas y caprichos. Para el caso de estudio, no existe una propuesta concreta de diseño por escrito, sino que más bien ésta fue realizada por el propietario, en base a sus conocimientos y experiencia en el tema, lo cual concuerda con lo propuesto en este proyecto.

Los operadores de planificación y diseño predial no producen un cambio directo sobre el estado inicial del predio (E_i), sino que permiten a los investigadores modelar la problemática, y así proponer los cambios necesarios para producir un cambio de estado en el ecosistema.

4.5.2 Operadores de Transformación de Ecosistemas Prediales.

Una vez definida la ruta o plan de acción (ℓ) a seguir comienzan las acciones para llevar a cabo el proceso de restauración del predio. Esto es lo que llamamos los operadores de transformación predial, logrando que el predio pase desde un estado inicial (E_i) hasta un estado final (E_f), proceso que requiere de la aplicación de una serie de operadores de transformación (π) del ecosistema predial. Cada operador implica tres variables: trabajo (ω), tiempo (t) y probabilidad (P). El efecto de los operadores de transformación provocará en el predio estados intermedios entre el E_i y E_f . Estos operadores pueden ser tanto de transformación como de mantenimiento, y a la vez su naturaleza puede ser física, química o biológica.

Dentro de esta investigación se logró definir una serie de operadores aplicados al cambio de estado de los ecosistemas del predio Hueñivales, los cuales son definidos como operadores aplicados a la biogeoestructura, tecnoestructura e hidroestructura. Los primeros se aplicaron de manera de transformar las coberturas vegetales presentes en el predio, ya sea, en ecosistemas de bosques y matorrales o praderas y mallines. Los tecnoestructurales se refieren a modificaciones en las unidades tecnológicas del predio como caminos, cercos, viviendas, etc. Los hidroestructurales son todas aquellas unidades de esta clase que se construyeron, modificaron o repararon.

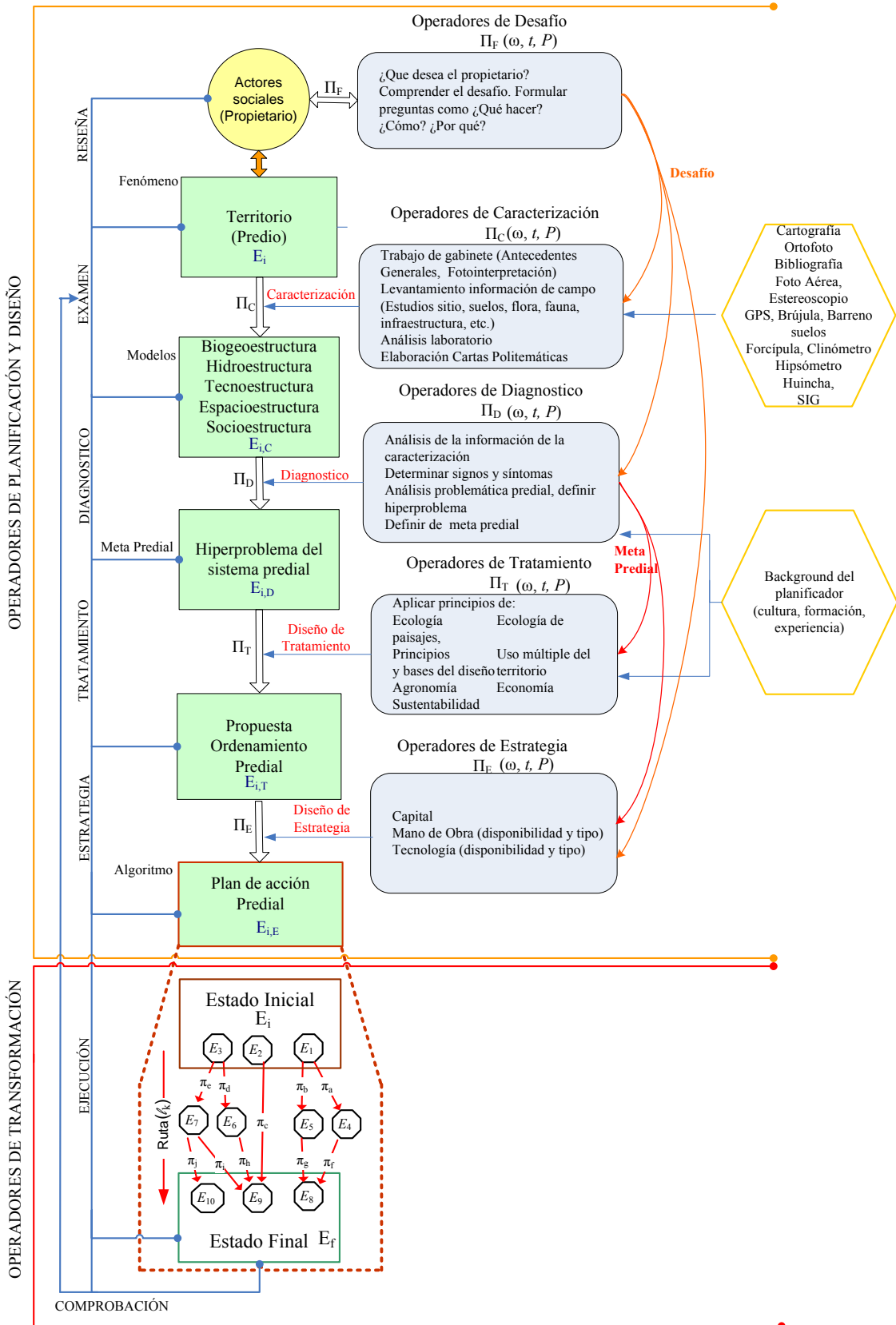


Figura 38. Etapas del proceso de restauración predial.

1.1.1.15 Operadores Biogeoestructurales (π_b)

Control físico de malezas (π_{br})

La roza de malezas es un tipo de operador físico de control de especies vegetales indeseadas o malezas. Puede realizarse mediante herramientas operadas a través de energía humana como guadañas, hoces, machetes o hachas, o por medio de maquinaria como desbrozadoras o motosierras. Actúa como un operador de transformación del ecosistema, eliminando los elementos indeseables y permitiendo priorizar el crecimiento de ciertas especies. Equivale a lo que en lenguaje silvicultural se le llama limpieas.

En malezas perennes la época más oportuna para controlarlas es cuando han alcanzado el máximo desarrollo foliar y al inicio de la floración. En este tipo de malezas, este estado generalmente coincide con el momento en que las reservas nutritivas de los órganos subterráneos están a un nivel mínimo (Espinoza y Díaz, 1996). En el caso del predio Hueñivales se aplicó roza mecánica a especies invasoras como *Chusquea sp*, *Rubus ulmifolius* y *Rosa eglantheria*.

Se aplica una quema para eliminar residuos provenientes de limpieas y clareos. Este es uno de los operadores más antiguos y el responsable en gran medida de la apertura de tierras que se realizó en todo el sur de Chile.

La quema realizada es del tipo controlado, desarrollándose solo en días de lluvias suaves o inmediatamente después de las precipitaciones. La quema siempre se desarrolla bajo la supervisión del trabajador del predio. Este tipo de operador no es muy demandante en trabajo y energía pero sí requiere que siempre el operario se encuentre en el lugar para controlar cualquier emergencia, por lo cual no se puede dedicar a otras labores.

Control Químico de Malezas (π_{bh})

Al igual que la roza el fin de este operador es controlar las especies indeseadas. Este es un operador del tipo químico, que por medio de herbicidas permite reordenar la topología del sistema ecológico, priorizando ciertas especies en desmedro de otras.

En el mercado existen una serie de productos para el control de malezas, en el caso de estudio para el control de *Rubus ulmifolius* y *Rosa eglantheria* se utilizaron herbicidas cuyo

ingrediente activo es Triclopir. Para el control de *Chusquea sp*, se utiliza Haloxyfop-metil, un importante inhibidor de la síntesis de lípidos, utilizado para el control de malezas gramíneas. Las características de ambos se resumen en el Cuadro 31.

Cuadro 31. Características de los herbicidas utilizados en el predio Hueñivales

Maleza	Tipo Cultivo	Ingrediente Activo	Nombre Comercial	Modo de Acción	Dilución
Rubus ulmifolius (Zarzamora) Rosa eglantheria (Rosa mosqueta)	Poaceae (gramíneas),	Triclopir	Trident y Garlon	Absorbidos con facilidad a través de las raíces y de las hojas, transportado por el xilema y floema, acumulándose en regiones de activo crecimiento (sumideros), tales como órganos en crecimientos y meristemas	Al 0,6% (0,6 kg. i.a./100 L agua
<i>Chusquea sp</i> (Coligüe y Quila)	Gramíneas	Haloxyfop-metil	Galant Plus	Absorbidos vía foliar y transportados a través del floema a zonas meristemáticas, donde inhibe la síntesis de lípidos y ácidos grasos	Al 1%.

Fuente. AFIPA (2005), Kogan (1996). Kogan y Pérez (2003).

El Triclopir pertenece al grupo de herbicidas llamados reguladores de crecimiento y es derivado del ácido benzoico. Los herbicidas con actividad reguladora de crecimiento son principalmente utilizados para controlar malezas dicotiledóneas siendo muy efectivo para el control de malezas perennes. Se debe aplicar con malezas en activo crecimiento y con suficiente follaje expuesto (AFIPA, 2005). Mejores resultados se obtendrán si las aplicaciones se realizan sobre el rebrote (0,6–1 m de altura) de las malezas. Se debe mojar bien el follaje y la base de las malezas (Kogan, 1996). No se debe aplicar con temperaturas menores a 10°C o heladas inminentes ni con temperaturas sobre 25°C (AFIPA, 2005).

Este tipo de productos se aplica directamente sobre la planta que se desee por medio de una bomba de espalda. Se debe capacitar al operario para que tome todas las medidas precautorias ya que se utilizan elementos altamente tóxicos.

Raleo (π_{br})

Una vez establecidas las plantas y si es que presentan un alto crecimiento (mayor a 3,5 m), en las zonas de alta densidad comienza la etapa del raleo. En este caso solo se ha aplicado en zonas de renoval natural donde la competencia por luz es muy alta como es el caso de la Figura 31.

Consiste en efectuar cortes de limpieza en la cual se cortan los individuos que presentan problemas de crecimiento, daño mecánico o patológico, deformidad. Así se prioriza el crecimiento de los mejores individuos desminuyendo la competencia por luz y nutrientes. Se efectúa por medio de sierras que se utilizan manualmente.

Dentro de este operador está lo que en silvicultura se llama clareos y raleos, la diferencia entre ambos se da principalmente por el tamaño de los árboles a los que se les aplica esta corta selectiva. Clareo en el caso de individuos que están en etapas de regeneración y raleo para aquellos que son adultos o próximos a esta etapa. En el primer caso el producto de esta operación tal vez podría ser utilizado para leña, pero para el caso del raleo pueden obtenerse productos maderables de mayor valor, al tratarse de individuos de mayor tamaño. Para el caso de Hueñivales no es necesario diferenciarlos ya que no existen grupos de individuos homogéneos y el manejo que se está realizando es mas bien específico para cada árbol y no para el grupo, por lo que se eligen cuidadosamente los árboles que se quedan y los que salen.

Se eliminan gradualmente los árboles que son obstáculo de manera de no perder el hábitat y dejar espacio suficiente de que se desarrolle.

Enriquecimiento de especies forestales nativas (π_{be})

En el predio se realiza en la actualidad un proceso de enriquecimiento de especies arbóreas, mediante la plantación de individuos de *Nothofagus dombeyi* y *Nothofagus alpina*. Esto con el fin de restaurar ciertas áreas de bosques.

La plantación es un operador de transformación del ecosistema, es del tipo biológico, ya que implica la incorporación de nuevos individuos vegetales lo que provoca el cambio de estado del ecosistema.

Entre las especies que participan en el proceso de enriquecimiento para Donoso (1991) *N. Alpina* crece más rápidamente que *N. dombeyi* bajo condiciones de claros, lo que demuestra su estrategia, puesto que en campo abierto, *N. dombeyi* crece más rápidamente *N. Alpina*. Esto condiciona el desarrollo del proceso al tipo de hábitat donde se desarrolle.

Para realizar este proceso se utilizaron plantas de distinta procedencia, algunas de viveros ubicados aledaños a Curacautín y otras provenientes de predios vecinos.

La época adecuada es durante el otoño e invierno (mayo, junio, julio, y agosto) antes que comience la brotación de las plantas.

En el caso del predio Hueñivales existen dos objetivos para desarrollar ecosistemas forestales, uno es la función de protección que realiza el bosque en zonas de alta vulnerabilidad como son distritos cerranos y quebradas. Lo que se busca en estos sectores además es desarrollar hábitats para la fauna. El segundo objetivo es la obtención de productos forestales madereros y de alto valor, a partir del manejo individual de cada árbol, enfocado es especies nativas de alto valor como es el caso de *Nothofagus alpina*. Para el caso de *N. dombeyi*, pese a que no presenta alta calidad maderable, su rápido crecimiento y establecimiento lo hacen ideal para mejorar las condiciones de hábitat.

Se establecen criterios productivos, de vulnerabilidad y paisajísticos, para la elección de los sitios donde se establecerán los rodales. Los criterios productivos van por parte de la elección de zonas que no poseen un alto potencial praterense, es decir, existe un bajo potencial ganadero, como es el caso de zonas montanas, cerranas o con un alto grado de erosión. Estas áreas también son las más vulnerables a los desplazamientos de tierras y aumento del proceso erosivo. Los criterios paisajísticos tienen que ver con los ejes de diseño territorial, estableciendo zonas de restauración del bosque por motivos ecológicos funcionales, estéticos y/o del ámbito de la vida.

La tierra de hoja aporta un alto contenido de materia orgánica, con niveles altos de N y medios de P y K. Presenta pH ácido y un elevado porcentaje de saturación de aluminio. Su capacidad de intercambio catiónico se encuentra en rangos normales. Según esto el efecto que este tipo de fertilizante tiene sobre el árbol va principalmente por el parte de materia orgánica y nutrientes como N, P y K, los cuales en las zonas donde en el pasado hubo cultivo y sobrepastoreo se encuentran en concentraciones muy bajas.

Durante el proceso de enriquecimiento se ha fertilizado mediante tierra de hoja proveniente de los bosques del predio. El fin de esto es mejorar las cualidades del suelo tanto a nivel físico, químico y biológico, ya que la tierra de hoja mejora la estructura y los nutrientes del suelo.

El proceso se realiza de manera manual y en conjunto con el proceso de plantación. Se incorpora al interior de la casilla y luego sobre la superficie del suelo una vez plantado el árbol. La aplicación superficial se repite una vez al año para aquellos individuos que presenten problemas de crecimiento o se encuentren en sectores donde no se acumule mantillo en forma natural. La tierra de hoja se traslada mediante una carretilla y se aplica de manera manual por pala en cada árbol.

El proceso se realiza de manera manual cavando casillas de aproximadamente 0,4x0,4x1,0 m. La ubicación de las plantas no ha seguido un patrón específico, en general éstas no se encuentran a más de 3 m de distancia entre sí. Se han realizado plantaciones en distintos hábitats, desde lugares planos y soleados hasta distritos cerrados y bajo el dosel de relictos de bosque.

Este proceso lo realiza el trabajador del predio, durante los meses de otoño e invierno. Se debe procurar mover bien el suelo y realizar un adecuado proceso de fertilización con abundante tierra de hoja. Según el trabajador 2/3 de los árboles plantados, sobreviven a este proceso en las áreas de mejor calidad de hábitat (relictos de bosque y sombríos), en las áreas de antiguos cultivos y praderas la sobrevivencia es de un 40%. Los que no se establecen son reemplazados.

Poda (π_{pp})

Este es un operador físico de transformación del ecosistema, consiste en realizar cortas de algunas de las ramas del árbol.

Para el caso de las podas en las zonas de restauración de bosque se intenta lograr un mayor índice de área foliar, se cortan los fustes y se prioriza un eje central recto. Los árboles pueden provenir de la regeneración natural o de plantación, el tipo de poda depende de la clase de individuos. A los más pequeños (menor a 1,5 m) se les aplica una poda que aumente su índice de área foliar, al resto de los individuos se les comienza a dar forma priorizando un eje central, podando las ramas inferiores para incentivar el crecimiento

apical. En ambos casos se eliminan ramas muertas y enfermas. La poda se realiza de manera manual mediante tijeras o sierras. La idea de esto es dar forma para producir madera.

Como parte del proceso de rehabilitación de praderas se conformaron formaciones de dehesa, para lo cual se podan (π_{bp}) los árboles, cortando las ramas inferiores de éstos generando una mejora del hábitat al aumentar la luz pero manteniendo parte de la sombra y humedad. Estas zonas también sirven de resguardo para el ganado, para los días de muy altas o bajas temperaturas. Las condiciones de humedad, luz, aporte de mantillo de los árboles, orinas y excrementos animales, han generado a lo largo de los años una mejora de la composición botánica alrededor de los árboles. Este es un operador físico de transformación del ecosistema.

Riego (π_{bw})

Existen ciertos sectores cercanos a la casa donde hay agua disponible y existe una mayor urgencia de que los árboles plantados crezcan por razones del tipo paisajístico, para esto se aplico el operador riego, donde se regó los individuos en épocas de sequía mediante mangueras y riego manual. Es un operador de naturaleza física, puede ser de transformación como de mantención. Consiste en realizar un aporte extra de agua a las especies vegetales de manera de mejorar las condiciones ambientales donde estas se desarrollan.

Gestión ganadera: Pastoreo (π_{ba}) y exclusión (π_{be})

El pastoreo se visualiza como una fuerza externa que mueve a la vegetación en sentido contrario a la sucesión, alejándola de la situación de clímax, la cual se suponía más estable y productiva (Aránguiz, 1997). Es uno de los operadores biológicos más frecuentes, se basa en la acción selectiva del herbívoro sobre la fitocenosis y ecotopo, y resulta adecuado cuando se combinan correctamente distintas especies animales, considerando también la intensidad, circunstancias y frecuencias de utilización (Nava, Armijo y Gastó, 1996).

La exclusión del ganado de áreas pastoreadas normalmente, es de por si un agente causal de sucesiones de mucha importancia en regiones ganaderas. La diferencia más evidente entre las áreas pastoreadas y rezagadas, es la densidad de vegetación. El pastoreo continuado induce a sucesiones que tienden a reducción de la cubierta vegetal; además

ocurren importantes cambios en la composición botánica. La exclusión del ganado por ciertos periodos es fundamental para la recuperación de praderas degradadas, permitiendo la acumulación de mantillo y la semillación, aumentando la regeneración. Esto también es válido para la restauración de otras coberturas vegetales como bosques y matorrales que ven limitado su crecimiento por la acción del ganado.

El control de malezas también se relaciona con el manejo del pastoreo que incentiva la regeneración natural de las especies de la pradera, impidiendo la llegada de las invasoras arbustivas. El principio esencial de cualquier programa de control de malezas debería ser la existencia de una pradera densa y vigorosa, particularmente durante el otoño y principios de la primavera, periodos en los cuales ocurre una mayor germinación y establecimiento de malezas (Espinoza y Díaz, 1996).

El tipo de sistema de pastoreo es del tipo rotativo donde los cuatro potreros se van rotando según su capacidad de carga. Los potreros que presentan mayor humedad se rezagan para las épocas en que las precipitaciones son escasas. La rotación de los potreros es la que señala el cuadro en la sección de estudios de praderas.

Las razas de ganados utilizadas en el predio son doble propósito, enfocadas en la producción de carne. Las razas son Overo colorado (clavel alemán) y Normanda, produciéndose mezclas entre ambos. Aprovechando las cualidades cárnicas y maternas de estas razas (producción y calidad de la leche).

El ganado se encuentra en el predio durante el periodo de Agosto hasta Mayo del siguiente año, permaneciendo excluido durante el periodo de invierno.

Las hembras entran al predio durante el mes de agosto, al final de su preñez, produciéndose las pariciones en los meses de agosto y septiembre.

Los terneros listos se encuentran en condiciones de ser destetados desde fines de febrero, saliendo a la venta generalmente entre fines de marzo y abril, dependiendo del comprador. Sus pesos fluctúan entre 210 kg las hembras y 230 kg machos. Las madres salen a mas tardar a fines de Abril o comienzos de Mayo.

1.1.1.16 Operadores Tecnoestructurales (π_t)

Construcción y reparación de caminos (π_{tr}).

Operador de transformación de naturaleza física. Estos permiten la conectividad tanto con el exterior como interior del predio. Se trata de caminos de ripio, que conectan el predio interior y exteriormente. La construcción del camino tiene varias fases:

1. Trazado de camino y compra de servidumbre de paso (operadores de planificación y diseño)
2. Cercado del camino
3. Escarpe. Eliminación de la cubierta vegetal
4. Nivelación
5. Instalación de obras de arte (tuberías)
6. Relleno con ripio y escoria

Construcción de las viviendas (π_v)

Las viviendas del predio mantienen un estilo arquitectónico similar entre si. Ambas se ubican dentro del contexto del casco predial. Estas responden a las necesidades prediales según tamaño y calidad

Este operador es de naturaleza física, generando cambios respecto a las dimensiones de tecno y socioestructura.

La construcción de las viviendas posee una serie de etapas, estas son: ubicación y emplazamiento, diseño arquitectónico, en la fase de construcción se parte por la excavación de los cimientos (heridos), construcción de red hídrica y eléctrica, radier, pilares y vigas, techumbre (tijerales), revestimiento de muros y terminaciones,

Arreglo puente (π_{tb}).

El puente que permite cruzar el estero Ñanco, debió ser reparado, reforzando su estructura que pasó de poseer tres basas a cinco para así permitir el paso seguro de camiones. Es un

operador de naturaleza física que permite la conexión, superando una impedancia como es un cauce mayor.

Limpieza de pueblas (π_{tl})

Como parte de la nueva ordenación de los espacios prediales, se procedió a limpiar los restos de las antiguas pueblas, entre los que se encontraban restos de antiguas viviendas, corrales en desuso, los cuales debido a su condición y ubicación fueron desechados por el propietario. Se reciclaron los elementos que podían ser reutilizados como estacas de madera, alambre o leña. Los elementos no reciclables se eliminaron mediante fuego.

Reapotreramiento construcción de cercos (π_{tc}) y puertas (π_{tp})

El ordenamiento de los potreros y la construcción de cercos y puertas es una labor fundamental dentro de la gestión predial. El diseño de los nuevos espacios califica dentro de los ya mencionados operadores de planificación y diseño, pero es la acción de cercar la que en este caso actúa como un operador sobre el ecosistema. Cercar es un tipo de operador físico que por sí solo no genera una transformación del ecosistema, pero sí desencadena procesos naturales de organización de éstos, que lo transforman. En el momento de su instalación se trata como un operador de transformación, pero una vez listo actúa como operador de mantención. Los cercos son calificados por Odum (1972) como impedancias, estas son estructuras que se oponen al flujo de forma selectiva, inhabilitando el paso del ganado para el cual se ha diseñado pero permitiendo el paso del viento, semillas, polen, insectos y otros organismos.

Para este caso se cercaron los potreros y lindes del predio, para así dejar los rodales de bosque y zonas de restauración de éstos conectados entre sí y con los parques y jardines.

La instalación de cercos es fundamental para un adecuado manejo del ganado y para la restauración de las coberturas vegetales, ya que es el ganado una de las principales limitantes para la regeneración natural. El ramoneo y pisoteo del renoval disminuye la regeneración en el caso de las especies forestales. Tener cercos que limiten el paso del ganado es necesario si es que se va a realizar cualquier esfuerzo de enriquecimiento plantando nuevos individuos. Para el caso de praderas, al tener un pastoreo descontrolado el animal elegirá solo las mejores especies para su alimentación, provocando un cambio en la composición botánica de la pradera dejando solo las especies de menor valor. También

puede ser que el ganado consuma preferentemente solo en ciertas áreas, pudiendo llegar a eliminar totalmente la cobertura vegetal.

El tipo de cerco utilizado es de alambre de púas con cuatro hebras y con los postes a una distancia de 3 metros entre si. Los postes (\$ 700 c/u) se producen en su mayoría en el predio, utilizando postes de antiguos cerco o aprovechando la madera de árboles caídos o especies introducidas que fueron cortadas.

Construcción tendido eléctrico (π_{te}).

El predio carecía de electricidad por lo cual se construyó el tendido eléctrico. Este consta de dos sectores uno con tendido en superficie que va a un costado de la servidumbre de paso e ingresa al predio en el mismo sector del camino de acceso. La segunda sección es subterránea y va a un costado del camino vehicular y bajo ciertas zonas de praderas. El hecho que sea subterráneo permita que el predio no pierda parte de su valor estético paisajístico con la presencia de postes y cables. La realización de esta tecnoestructura era el paso previo para la construcción de las viviendas.

Construcción de Gallinero (π_{tg})

El gallinero provee de alimento al cuidador del predio, el cual además vende pollos y pavos a predios vecinos y en el pueblo de Curacautín. Esta tecnoestructura además de proveer estos servicios, obliga la constante presencia del cuidador en el predio, ya sea porque los animales necesitan ser alimentados o defendidos de posibles robos o ataques animales. De esta manera el propietario encontró una solución para que en los periodos que él está ausente del predio, el cuidador no se ausente por largos periodos

1.1.1.17 Operadores aplicados Hidroestructurales (π_h)

Como parte del proceso de restauración predial se realizaron las siguientes actividades sobre la hidroestructura predial.

Protección y mantenimiento de cauces (π_{hc}).

Se realizó la mantención de los cauces de agua, limpiándolos de restos vegetales u otro tipo de elementos que obstaculizaban el paso de las aguas.

Redes de agua potable (π_{hr})

La construcción de las viviendas incluye también la implementación de las redes de agua potable, además de fosas sépticas para la evacuación y tratamiento de aguas servidas. Para lograr acumular agua potable se instaló un estaque acumulador en la parte alta de una quebrada, abasteciendo a las viviendas del predio de agua potable durante todo el año. Para el correcto funcionamiento se requiere además de la construcción de la red de cañerías, la instalación de un decantador previo al estaque, para eliminar las partículas gruesas y evitar que ingresen al estanque.

Construcción de Drenes (π_{hd})

De manera de drenar el agua de ciertos sectores de posibles inundaciones se construyeron drenes. Estos son conductores de agua de origen antrópico que cumplen con la función de evacuar aguas de zonas con exceso de humedad, como las vegas. Pueden ser de distintos tipos, abiertos al exterior o subterráneos y se construyen con piedras, tuberías permeables u otro material. En el predio estos son abiertos y fueron hechos por los actuales dueños para drenar parte del mallín bajo y el camino de acceso al predio (Carta 14).

4.5.3 Operadores por Sector

Para tratar el caso de estudio se analizarán los operadores aplicados a zonas específicas del predio. La ruta (ℓ) o algoritmo de aplicación de éstos, su efecto y los procesos de organización de la naturaleza una vez ejecutados se explicarán a continuación.

A partir de las 6 macro zonas presentes en el predio (potreros, parques o jardines y áreas de restauración de bosques) se analizarán las rutas de aplicación de 5 de estas zonas, según se presenta en la Figura 40, donde se aprecian los cambios de cobertura, tecnoestructura y administración de las áreas del predio entre el año 2001 y 2008.

De estas zonas las dos primeras corresponden a problemáticas a nivel predial o de ordenación territorial, como son la ausencia de casco predial o la desconexión del predio por falta de caminos al exterior. Los otros sectores corresponden a la problemática a nivel de potrero o de gestión predial, en estos ya se procede a plantear una ruta de restauración para la resolución de problemas específicos (Figura 39).

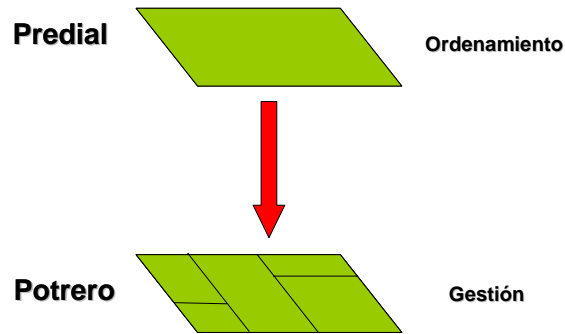


Figura 39. Escalas de resolución de la problemática predial

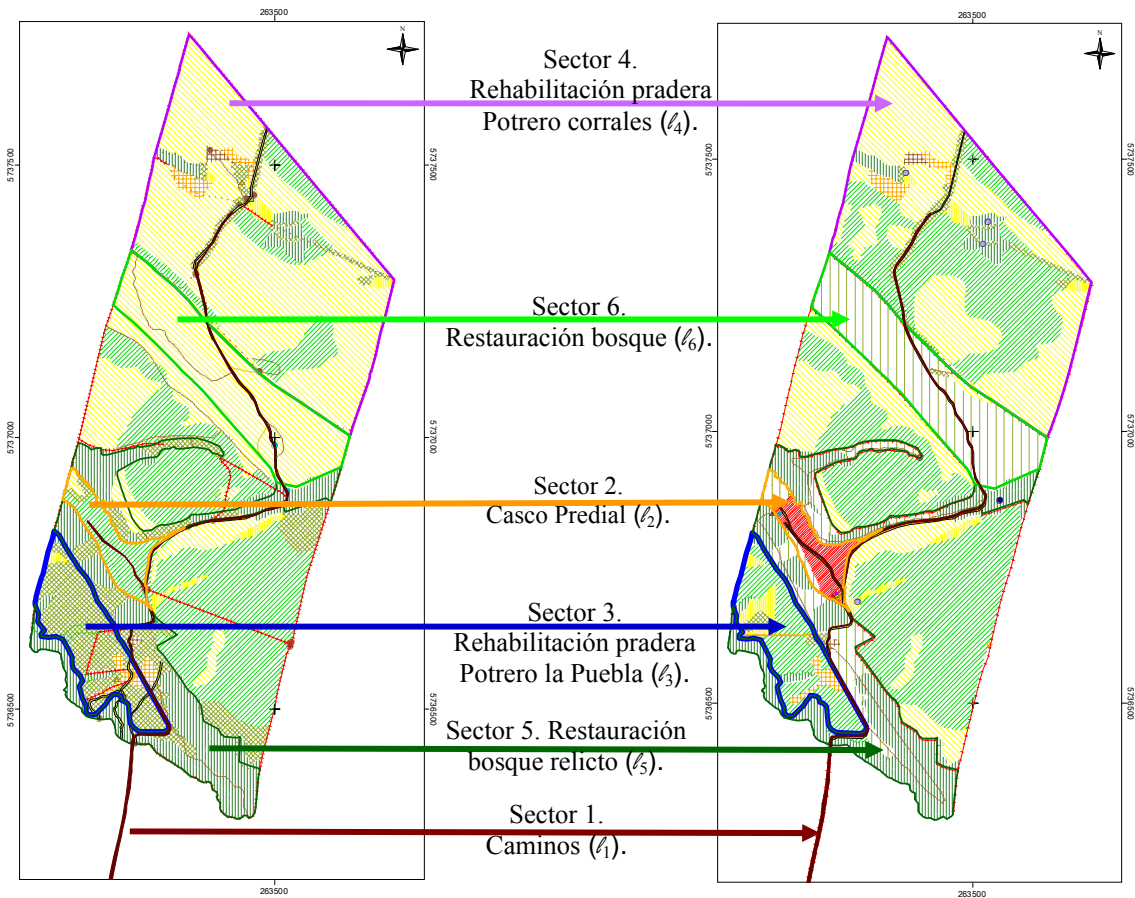


Figura 40. Ruta (ℓ_i) a analizar según sector o a nivel predial

1.1.1.18 Sector 1 Operadores de construcción de caminos (ℓ_1)

Al momento de la compra, el predio no contaba con conectividad hacia el exterior, lo que impedía su funcionamiento según las necesidades de los propietarios actuales. Para solucionar esto, se compró una franja de servidumbre de paso al predio vecino y se

construyó un camino ripiado, el cual se conectó con el antiguo camino que recorría el predio de un extremo a otro. Los operadores aplicados son los siguientes: el tipo de trabajos, su valoración en megacalorías (Mcal) y el tiempo de duración (Cuadro 32). El orden en que se aplicaron y la representación gráfica del trabajo que implicó, se encuentra en la Figura 41.

Construcción y reparación de caminos (π_{tr}). La construcción se realizó durante el mes de noviembre y diciembre del año 2001. Este, se reparó y ripió (Fotos 51 y 52), hasta la zona de las casas, permitiendo así un acceso vehicular, necesario para llevar a cabo su construcción, el cual es funcional prácticamente todo el año.

Durante agosto del año 2002 fue necesario mantener y mejorar los caminos, debido a los efectos del invierno.

Construcción de cercos (π_{tc}). Como parte de la construcción del camino fue necesario cercar la servidumbre de paso, de manera de delimitar la propiedad e impedir el paso. En este caso se trata de operadores de transformación y de mantención, ya que no solo se requiere construir esta tecnoestructura sino también realizar su mantención en forma permanente.

Construcción portón (π_{tp}). Para controlar el acceso al predio fue necesaria la construcción de un portón de madera.

Arreglo puente (π_{tb}). En enero del año 2006 se hicieron las reparaciones necesarias (Foto 54) al puente para que este queda en condición óptima (Foto 55).

Construcción dren (π_{hd}). De manera de tener un acceso de calidad al predio durante todo el año, fue necesario realizar drenes a ambos lados del camino para evacuar las aguas acumuladas a lo largo de la superficie y drenar un sector de hidromorfismo superficial temporal, que inundaba el camino ocasionalmente (Foto 56). Además de la construcción del dren éste requiere de mantención.

La aplicación de estos operadores y su mantención, permite que en la actualidad (E_f) el predio posea acceso vehicular durante todo el año (Foto 53) y habilitó el predio para la construcción de nueva tecnoestructura como las casas.

En resumen se establece que la conectividad del predio es función de todos los operadores nombrados lo que se manifiesta en la siguiente ecuación:

$$l_1 = f(\pi_r, \pi_{ic}, \pi_{ip}, \pi_{hd})$$

Cuadro 32. Trabajo (Mcal) y tiempo (jornadas) aplicado por operador para el Sector 1

Operador	Tipo trabajo (ω)	Jornadas de trabajo (t)	Mcal./Jornada	Total (Mcal.)	%	
Caminos	Construcción	Buldózer	5	1825,6	9.128	55,8%
	Arreglo	Buldózer	1	1825,6	1.826	11,2%
	Mantenión	Humano	3 al mes	4,35	13	
	Total Mantenión 6 años				940	5,7%
	Total Caminos				11.893	72,7%
Portón	Construcción		3	4,35	13	0,1%
			2	4,35	9	0,1%
		Motosierra	2	114,1	228	1,4%
	Total				250	1,5%
Dren	Construcción	Buldózer	1	1825,6	1.826	11,2%
	Mantenión	Humano	3 al año	4,35	13	
	Total Mantenión 2 años				26	0,2%
Total Dren				1.839	11,2%	
Arreglo puente	humano	bueyes	20	4,35	87	
		camión	10	22,7	227	
			1	273,84	274	
		Total				587,84
Cercos	Elaborar postes	humano	7	4,35	29	0,2%
		motosierra	7	114,1	760	4,6%
					789	4,8%
	Construcción	humano	30	4,35	131	0,8%
	Total Construcción				920	5,6%
	Mantenión	humano	3,7/mes	4,35	11	
	Total Mantenión 6 años				864	5,3%
Total Cercos				1.784	10,9%	
Total				16.353,44	100,0%	

1 jornada equivale a 8 horas de trabajo

Figura 41. Operadores aplicados a la construcción de caminos. (Sector 1)

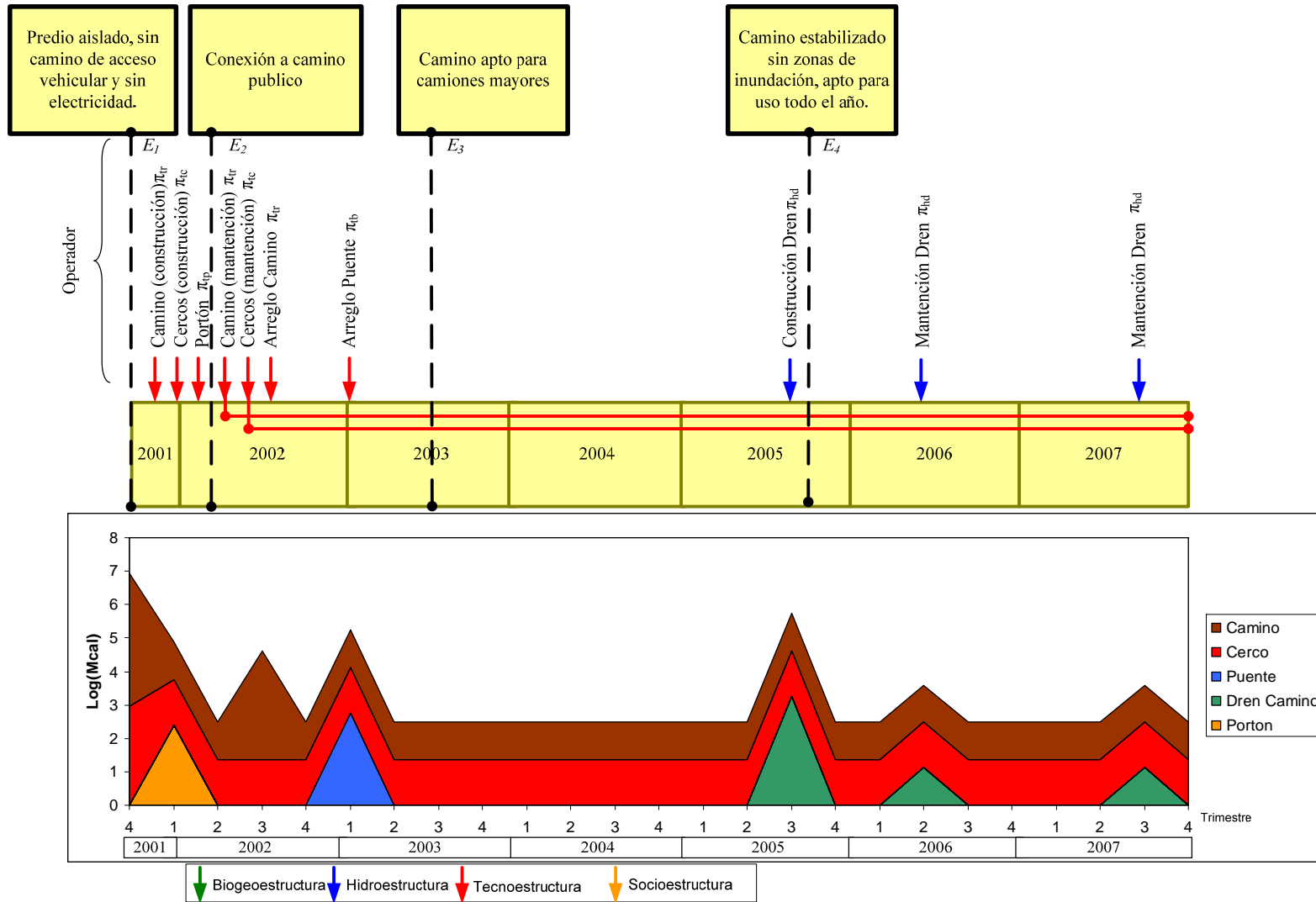




Foto 51. Arreglo caminos, .rellenos de zonas de barro con piedras.



Foto 52. Camino estabilizado con ripio



Foto 53. Servidumbre de paso, camino, cercos y tendido eléctrico



Foto 54. Construcción Puente



Foto 55 . Puente que cruza el estero Ñanco



Foto 56 . Dren

1.1.1.19 Sector 2. Casco predial (L₂)

Corresponde a la zona que en términos de cobertura se denomina “Parque, Jardín” (Carta 12), además de ciertas zonas aledañas de restauración de los bosques que forman parte del parque. Son áreas destinadas al esparcimiento y recreación, en las zonas donde se encuentran las viviendas. Fueron creadas por los actuales propietarios (Gráfico 15) y en éstas se privilegian zonas de césped, acompañado por especies ornamentales y nativas, que han sido plantadas en los últimos años. Es un área común tanto para la casa del propietario como la del trabajador. En ellas no está permitido el pastoreo de ganado pero sí de aves. Además de fines de habitabilidad, en este sector se desarrollan las tareas de administración y gestión del predio. Aquí se ubican las casas, bodegas y a futuro debiesen ubicarse los corrales, mangas y cargaderos de ganado.

La elección de este lugar para ubicar el casco predial se fundamenta bajo los siguientes argumentos:

Estratégicos. El hecho de ubicarse en la segunda terraza del predio, lo ubica en un lugar central de respecto a los desplazamientos. El lugar cuenta con el espacio suficiente para la construcción de los futuros corrales y otras infraestructuras. Además en este lugar las temperaturas no son tan bajas como en la terraza inferior a orillas del estero. El lugar elegido para la casa patronal es un morro por lo cual no presenta riesgo de inundaciones. La zona además cuenta con fuentes de agua limpia en las cercanías y con una pendiente adecuada como para que ésta llegue con suficiente presión.

Paisajísticos. Desde el punto de vista del paisaje sujeto, esto es desde el punto de vista de la valoración que el sujeto hace de su entorno, el paisaje es la interfaz entre un organismo y su entorno (Varela, 1999). Así este lugar presenta una serie de ventajas, ya que posee una hermosa vista a la Sierra Nevada (Foto 57) y a los bosques. La presencia de quebradas provee del sonido del agua y la posibilidad de anexar áreas de vegetación nativa al parque. Además de los aspectos escénicos, la ubicación de éste permite observar desde la casa del cuidador el camino de acceso y a la vez ambas casas se encuentran protegidas de la visión desde el exterior, ya que están protegidas por la vegetación.

Los operadores aplicados son los que se mencionan a continuación. El algoritmo de ejecución o ruta ℓ_2 y la representación energética del trabajo realizado se encuentra en la Figura 42, el detalle de los valores se encuentra en el Cuadro 33.

Construcción tendido eléctrico (π_{te}). En diciembre del 2002, como parte del proceso de habilitación del casco predial se provee al predio de electricidad (Foto 58). Fue realizado en 5 jornadas de trabajo y requirió la participación de tres personas, más un camión con grúa para la instalación de los postes.

Redes de agua potable (π_{hr}). Requisito indispensable para el funcionamiento e instalación de las viviendas, fue necesario la construcción de una red de cañerías desde el estanque acumulador (Foto 59), ubicado en la parte alta de la quebrada que está al costado noreste del casco predial. Se debió construir un decantador para eliminar el exceso de partículas previo al estanque.

Construcción de las viviendas (π_{tv}). Se realizó desde enero a agosto del año 2003. Ambas casas se construyeron simultáneamente, finalizándose primero la del cuidador (Foto 60) del predio (π_{vt1}) y una bodega (π_{bt}) para guardar insumos, que se encuentra contigua a ésta. Esto permitió la llegada del cuidador y que el predio estuviese habitado permanentemente además de la disponibilidad de mano de obra en forma continua para comenzar a realizar otras tareas. La casa patronal (π_{vt2}) (Foto 61) que se ubica en las cercanías de la otra vivienda, se finalizó en agosto de ese mismo año. Junto con ésta se construyó una bodega para almacenar la leña durante todo el año, para mantenerla seca y disponible cuando se requiera.

Construcción de Gallinero (π_{tg}). Implementación de gallinero para la crianza de pavos y gallinas.

Enriquecimiento de especies (π_{be}). Con el objetivo de formar un parque con especies nativas, se realizó un proceso de plantación de especies de *N. dombeyi*, *N. alpina* y *Araucaria araucana* (Foto 62).

Control químico de malezas (π_{bh}). Para la construcción del actual parque fue necesario eliminar malezas como *Rubus ulmifolius* y *Rosa eglanteria*.

Arreglo de jardín (π_{bj}). A excepción de los meses de invierno, es necesario arreglar y mantener los jardines, cortando el pasto y evitando el crecimiento de especies indeseadas.

Riego árboles (π_{bw}). Durante los meses estivales se regó los árboles plantados en esta área de manera de suplir el déficit hídrico que implica esta época.

Por lo tanto la construcción del casco predial es función de los operadores que se encuentran en la siguiente función:

$$l_2 = f(\pi_{te}, \pi_{hr}, \pi_{tv}, \pi_{ig}, \pi_{be}, \pi_{bh}, \pi_{bj}, \pi_{bw})$$

Cuadro 33. Trabajo (Mcal) y tiempo (jornadas) aplicado por operador para el Sector 2

Operador		Tipo trabajo (ω)	Jornadas de trabajo (t)	Mcal./Jornada	Total (Mcal.)	%
Línea eléctrica	Construcción	Humano (3)	15	4,35	65,3	
		Camión	5	273,84	1.369,2	
	Total				1.434,5	9,50%
Red hídrica	Construcción	Humano	11	4,35	47,9	
		Camión	1	273,84	273,8	
	Total				321,7	2,13%
	Mantenición (3 veces/trimestre)	Humano	3	4,35	13,1	
Total mantención 5,25 años			21 trimestres		274,1	1,81%
Casas	Construcción (8 meses)	Humano (4)	640	4,35	2.784,0	
		Humano (jefe obra)	32	4,35	139,2	
		Camion	32	273,84	8.762,9	
	Total				11.686	77,39%
Herbicida malezas	Año 1	Humano	4,3	4,35	18,5	0,12%
	Año 2	Humano	8,5	4,35	37,0	0,25%
	Año 3	Humano	4	4,35	18,5	0,12%
	Año 4	Humano	2	4,35	9,3	0,06%
	Año 5	Humano	1	4,35	4,6	0,03%
	Año 6	Humano	0,5	4,35	2,3	0,02%
	Total				90,2	0,60%
Enriquecimiento	Año 1	Humano	3,54	4,35	15,4	0,10%
	Año 2	Humano	2,124	4,35	9,2	0,06%
	Año 3	Humano	1,2744	4,35	5,5	0,04%
	Año 4	Humano	1	4,35	4,4	0,03%
	Año 5	Humano	1	4,35	4,4	0,03%
	Total				38,9	0,26%

Limpieza de cauces		Humano	20	4,35	87,0	0,58%
Arreglo jardín	Mantenión (3 veces/trimestre)	Humano	2	4,35	8,7	
		Maquina cortar pasto	2	29,0955	58,2	
	Total				66,9	
Total mantención 3,25 años			13 trimestres		869,6	5,76%
Riego árboles	Año 1	Humano	6	4,35	26,1	0,17%
	Año 2	Humano	6	4,35	26,1	
	Año 3	Humano	6	4,35	26,1	
	Año 4	Humano	6	4,35	26,1	
						104,4
Gallinero	Construcción	Humano	5	4,35	22,0	0,15%
	Mantenión (3 veces/trimestre)	Humano	3	4,35	12,9	
	Total mantención 3 años			12 trimestres		154,8
Cerco casa cuidador	Construcción	Humano	4	4,35	17,0	0,11%
Total					15.100,1	100%

1 jornada equivale a 8 horas de trabajo

Figura 42. Operadores de formación de 1 caso predial. (Sector 2)

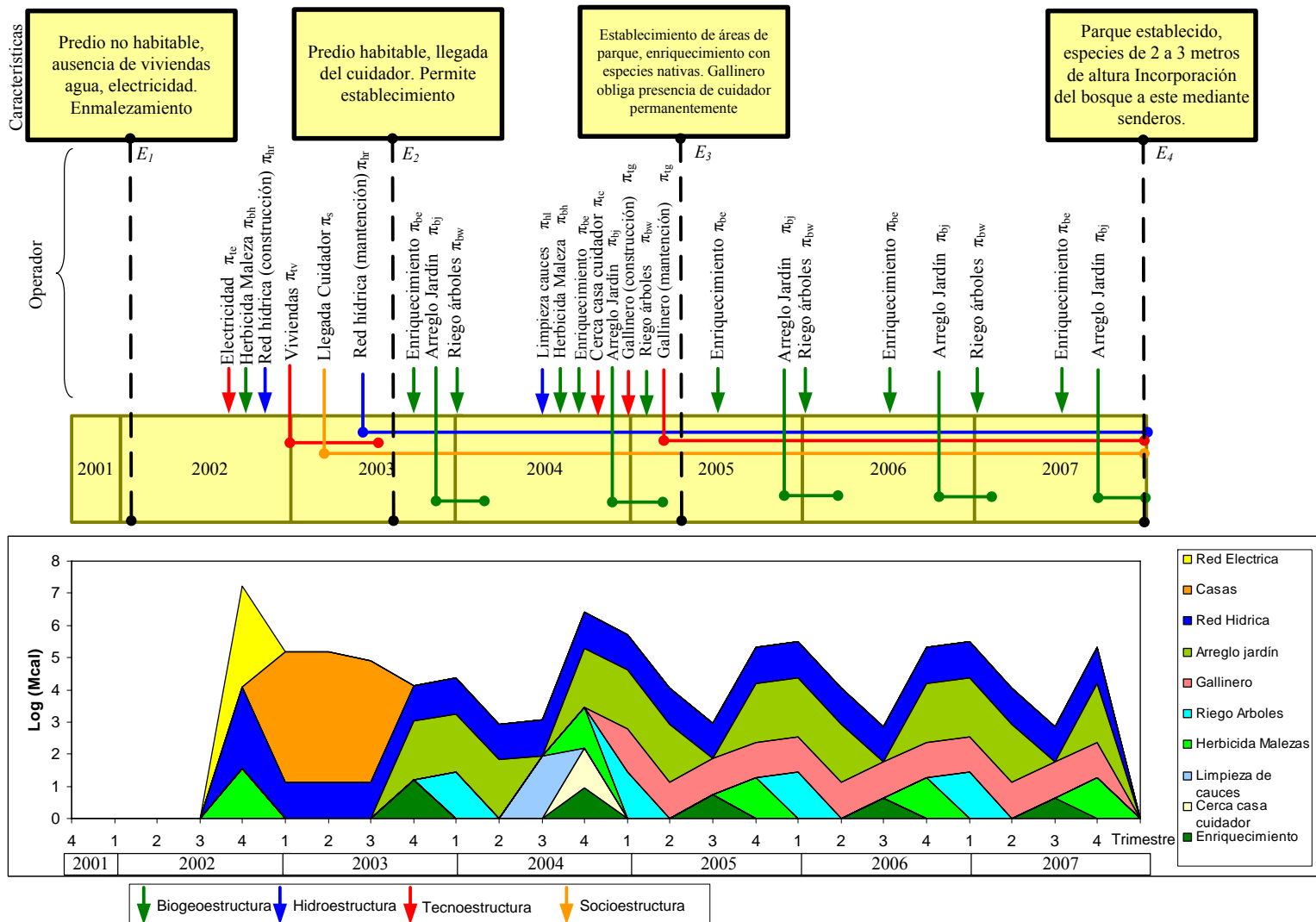




Foto.57 Vista de paisaje que se aprecia desde el casco predial, de fondo la Sierra Nevada



Foto 58. Red eléctrica con sectores superficiales y subterráneos.



Foto 59. Red hídrica



Foto 60 Casa trabajador del predio



Foto 61 Casa principal



Foto 62. Enriquecimiento para formar parque

1.1.1.20 Sector 3, Potrero La Puebla (ℓ₃) y Sector 4, Potrero Corrales (ℓ₄)

Ambas zonas son áreas de praderas en rehabilitación. Por tratarse de áreas con estados iniciales y finales similares, es conveniente tratarlas en conjunto.

Para el caso del potrero la Puebla, en su estado inicial (E_i) (Foto 63), se encontraba ampliamente invadido por malezas de zarza (*Rubus ulmifolius*), mosqueta (*Rosa eglantheria*) y michay (*Berberis sp.*). El área de mallines, presentaba enmalezamiento con *Chusquea sp.* Además antiguamente en esta área se encontraba una de las pueblas, quedando solo sus restos, manifestados en los restos de una quinta, cercos y piedras.

El potrero Corrales también se presentaba en condiciones similares al caso anterior, encontrándose áreas enmalezadas en los sectores de mallines, praderas y cercos antiguos. En este sector se encontraban los antiguos corrales del predio, además de una puebla y diversas subdivisiones de cercas de tocón (Foto 64).

Para ambos casos, la amplia presencia de malezas en la pradera dificultaba el pastoreo y el surgimiento de especies más nobles.

Los operadores aplicados a ambos sectores se describen a continuación. El trabajo y tiempo que implicaron se encuentran en el Cuadro 34, para el caso del Sector 3 y el Cuadro 35 para el Sector 4.

Pastoreo (π_{ba}). Operador que actúa como factor de descarga del ecosistema pratense (Foto 62). Se aplica durante 8 meses al año, bajo rotación de estos dos sectores más el potrero Corrales y la Herradura. Desde hace décadas y en particular bajo la dirección del actual propietario, este operador ha sido parte del sistema, mediante épocas de pastoreo y exclusión, en las temporadas de menor crecimiento de la pradera. Los primeros 4 años (2001-2005), además de ganado vacuno para crianza, se sumó al sistema ganado ovino. En la actualidad se combinan los primeros con una crianza de pavos a baja escala, los cuales se alimentan de brotes tiernos e insectos.

Reapotreramiento (π_{tc}), construcción de cercos y puertas. En ambos casos se eliminaron las antiguas cercas ya sean de alambre, madera o tocón y restos vegetales que se encontraban en el predio. Se repararon y reemplazaron las secciones de cercos en mal estado (Fotos 63). Se construyó la nueva red de cercos en base a la planificación de

espacios diseñada (Carta 11). En particular solo en el Sector 2 se dejaron zonas de cercos de tocón, como medida de protección para un talud, zona sensible a la erosión debido a la circulación del ganado (Foto 64).

Limpieza puebla (π_{tl}). En ambos sectores, la presencia de restos de las antiguas pueblas hacía necesario dedicarle tiempo a su limpieza. Para esto el primer cuidador que tuvo el predio debió dedicar cerca de tres meses en desocupar ambas pueblas, incluyendo corrales, mangas, cercos y restos de inmuebles. Los restos fueron reciclados, transformados en leña o quemados (Foto 65).

Control de malezas (π_{br} , π_{bh}). El control de malezas es un proceso que se inicia el año 2002-2003, dependiendo de la especie a controlar el proceso es distinto. Para el caso del control de *Rubus ulmifolius* y *Rosa eglanteria*, se aplicó herbicida (π_{bh}) (Foto 66) en la época entre noviembre y mayo, para luego rozar tumbar y quemar (π_{br}) (Fotos 67 y 68) a fines del otoño, cuando estas ya estaban secas. En las áreas invadidas por *Chusquea sp.*, el proceso es inverso, se roza (π_{br}) y quema para luego eliminar el rebrote a la temporada siguiente mediante herbicidas (π_{bh}). Los procesos de roza, quema y control químico de malezas se hacen de manera continua y complementaria según las necesidades, así en un principio actúan como operador de transformación y luego de mantención.

Dren (π_{hd}). Para el caso del sector del portero La Puebla, debido a la presencia de un mallín de hidromorfismo superficial permanente, se debió implementar un dren de aproximadamente 50-70 cm de profundidad. Logrando así disminuir el área de inundación, factor no menor si se considera que el mallín tiene 0,52 ha de superficie, representando un 15% del potrero.

Cerco eléctrico (π_{tt}). Como modo de aislar el dren instalado en el Sector 3, del resto de la pradera, y así mantenerlo estable y evitar la caída del ganado, se emplazó un cerco eléctrico en el sector del potrero La puebla (Carta 11).

Poda (π_{bp}). Como parte del proceso de rehabilitación de praderas, para el caso del Sector 4 y otros poteros, se comenzó la conformación de una dehesa (Foto 69). Para ello se podaron (π_{bp}) las ramas inferiores de los árboles, principalmente *Dasyphyllum diacanthoides*. Este proceso se complementó con la eliminación de matorral de *Rubus ulmifolius* y *Rosa eglanteria*.

La ruta de aplicación de los operadores descritos para ambos casos se encuentra en las Figuras 43 y 45.

Cuadro 34. Trabajo (Mcal) y tiempo (jornadas) aplicado por operador para el Sector 3

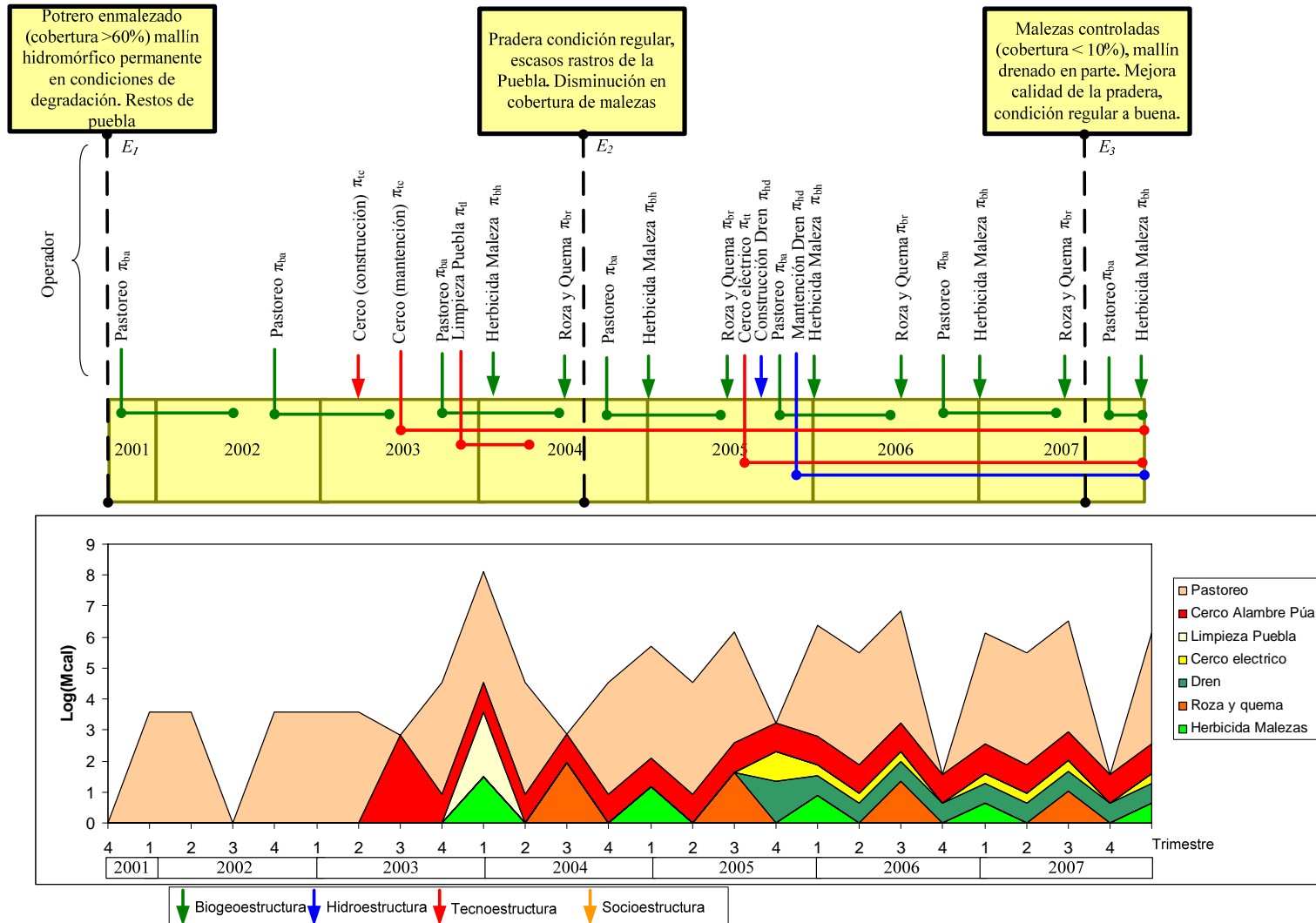
Operador	Tipo trabajo (ω)	Jornadas de trabajo (t)	Mcal./Jornada	Total (Mcal.)	%	
Pastoreo Vacuno (28 madres + crias)	Ganado	10/mes	14	3.920,0	57,73%	
Cerco Elaborar postes	Humano	4,94	4,35	21,5		
		Motosierra	4,94	114,1	563,7	8,30%
	Humano	22,23	4,35	585,1	8,62%	
		Construcción	22,23	4,35	96,7	1,42%
	Total construcción			681,8	10,04%	
Mantenición	Humano	2,8/mes	4,35	8,5		
Total mantenimiento 4,5 años				459,0	6,76%	
Total cercos				1.140,8	16,80%	
Herbicida malezas	Año 1	Humano	4,3	4,35	18,5	0,27%
	Año 2	Humano	8,5	4,35	37,0	0,54%
	Año 3	Humano	4	4,35	18,5	0,27%
	Año 4	Humano	2	4,35	9,3	0,14%
	Año 5	Humano	1	4,35	4,6	0,07%
	Año 6	Humano	0,5	4,35	2,3	0,03%
	Total				90,2	1,33%
Roza y quema	Año 1	Humano	20	4,35	87,0	1,28%
	Año 2	Humano	10	4,35	43,5	0,64%
	Año 3	Humano	5	4,35	21,8	0,32%
	Año 4	Humano	2,5	4,35	10,9	0,16%
	Año 5	Humano	1,25	4,35	5,4	0,08%
	Total				168,6	2,48%
Limpieza puebla	Humano	30	4,35	130,5	1,92%	
Dren	Construcción	Humano	5	4,35	21,8	0,32%
	Mantenición	Humano	1/trimestre	4,35	4,4	0,06%
	Total mantenimiento 2,25 años				39,2	
Total dren				26,1	0,38%	
Cerco eléctrico	Construcción	Humano	2	4,35	8,7	0,13%
	Mantenición (3 veces/trimestre)	Humano	1	4,35	43,5	0,64%
	Total mantenimiento 2,25 años				1.305,0	
Total cerco eléctrico				1.313,7	19,35%	
Total				6.789,9		

1 jornada equivale a 8 horas de trabajo

Para estado final del el portero la puebla se excluyo las construcciones, se reapotréro, controló malezas y construyó un dren, el condición actual se aprecia en la Foto 70. la expresión matemática de la restauración de este sector es la siguiente:

$$\ell_3 = f(\pi_{ba}, \pi_{bh}, \pi_{br}, \pi_{tc}, \pi_{tl}, \pi_{tt}, \pi_{hd})$$

Figura 44. Operadores de rehabilitación de praderas Potrero la Puebla (Sector 3)



Cuadro 35. Trabajo (Mcal) y tiempo (jornadas) aplicado por operador para el Sector 4

Operador	Tipo trabajo (ω)	Jornadas de trabajo (t)	Mcal./Jornada	Total (Mcal.)	%	
Pastoreo , vacunos (28 madres + crías)	Ganado	44,0	14	17.248,0	51,82%	
	Ganado	33,0	14	12.936,0	38,86%	
	Total	77,0		30.184,0	90,68%	
Cerco Elaborar postes	Motosierra	Humano	6,1	4,35	26,5	0,08%
			6,1	114,1	694,9	2,09%
					721,4	2,17%
	Construcción	Humano	27,5	4,35	119,4	0,36%
		Total Construcción			840,8	2,53%
	Mantención	Humano	2, 4/mes	4,35	10,5	1,70%
Total Mantención 4,5 años				567,0	1,70%	
Total Cercos				1.407,8	4,23%	
Herbicida malezas	Humano	año 1	18,0	4,35	78,3	0,24%
		año 2	9,0	4,35	39,2	0,12%
		año 3	4,5	4,35	19,6	0,06%
		año 4	2,3	4,35	9,8	0,03%
		año 5	1,1	4,35	4,9	0,01%
		Total			151,7	0,46%
Roza y quema	Humano	año 1	90,0	4,35	391,5	1,18%
		año 2	45,0	4,35	195,8	0,59%
		año 3	22,5	4,35	97,9	0,29%
		año 4	11,3	4,35	48,9	0,15%
		año 5	5,6	4,35	24,5	0,07%
		Total			758,5	2,28%
Limpieza puebla	Humano	30,0	4,35	130,5	0,39%	
Poda (Rebaje árboles)	Humano	año 1	60,0	4,35	261,0	0,78%
		año 2	60,0	4,35	261,0	0,78%
		año 3	10,0	4,35	43,5	0,13%
		año 4	10,0	4,35	43,5	0,13%
		año 5	10,0	4,35	43,5	0,13%
		Total			652,5	1,96%
Total				33.285,0	100,00%	

1 jornada equivale a 8 horas de trabajo

Para el caso del potrero corrales su condición actual se aprecia en la Foto 71. Ésta es el resultado de la siguiente función:

$$l_4 = f(\pi_{ba}, \pi_{bh}, \pi_{br}, \pi_{bp}, \pi_{tc}, \pi_{tl})$$

Figura 45. Operadores de rehabilitación de praderas Potrero Corrales (Sector 4)

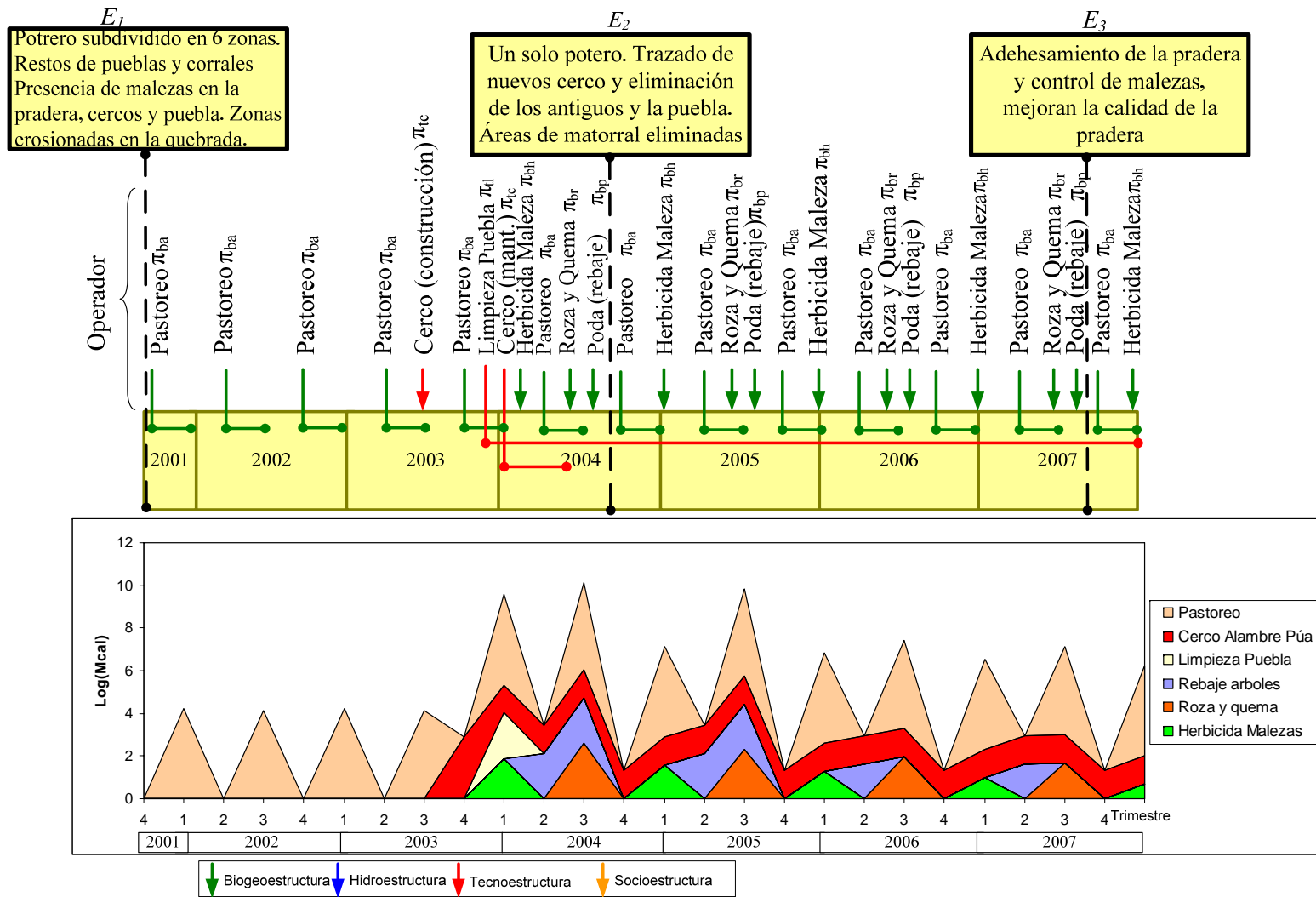




Foto 63. Estado inicial (2001) potrero la puebla



Foto 64 Estado inicial (2001) potrero corrales



Foto 65. Pastoreo



Foto 66. Roza de cercos vivo y construcción de nuevos cerco de púa



Foto 67. Reapotreramiento y exclusión de zonas de erosión



Foto 68. Limpieza de las pueblas



Foto 69. Control químico de malezas



Foto 70. Roza de malezas



Foto 71. Quema de restos vegetales



Foto 72. Rebaje de los árboles para la formación de dehesas



Foto 73. Estado potrero la puebla en el año 2008



Foto 74. Estado potrero corrales en el año 2008

1.1.1.21 Sector 5 y 6. Restauración bosques a partir de relictos (5) y praderas (6)

En el predio se privilegia la restauración de los bosques en aquellos distritos que no fuesen adecuados para la producción animal, es decir las áreas cerranas y las quebradas. El proceso de restauración posee dos estados iniciales diferentes, los que serán tratados como sectores diferentes, pero que cuentan con operadores en común.

El sector 5 es un área de relictos de bosque. Históricamente fue floreado y ramoneado, con lo cual la regeneración natural del bosque en su estado inicial E_i era bastante escasa. De manera de comenzar el proceso de restauración se aplicaron una serie de operadores, los que unidos con la dinámica natural de regeneración de estos bosques fueron el punto de partida de este proceso. En este sector se intenta que idealmente se produzca regeneración natural, sin embargo igual se ha complementado esto con la plantación de especies nativas. Para Vita (1996), en la propagación por regeneración se deben cumplir una serie de condiciones necesarias para el éxito de la regeneración natural por semillas. Entre estas condiciones está la producción de una semillación suficiente, lo que requiere un mínimo de individuos adultos de la especie que se desea regenerar. Los factores que afectan la producción de semillas son el potencial genético y estado de desarrollo del árbol (posición en el dosel, espaciamiento) y factores ambientales. Existen especies que tienen buena semillación todos los años y otros son cíclicos. Para el caso de Raulí y Coigüe los ciclos son mayores, con predominancia de los años malos. Para que un suelo pueda recibir las semillas y continuar el proceso de regeneración éste debe estar libre de obstáculos. En la práctica, dichos obstáculos están constituidos por los desechos de la explotación y por la vegetación del sotobosque o invasora, la cual además compite con las plantas por el agua, luz y nutrientes. Para el caso de Hueñivales especies como *Chusquea sp*, *Rubus ulmifolius*, *Rosa eglanteria*, *Acer sp* y *Quercus sp* son ejemplos de especies nativas e introducidas que pueden afectar el establecimiento de la regeneración. Se requieren ciertas condiciones edáficas para el éxito de la restauración, los problemas más frecuentes son excesiva compactación, presencia de mantillo de hojarasca no descompuesta y humedad excesiva.

Las zonas del sector 6 corresponden zonas cerranas que se utilizaron para cultivo de cereales y posteriormente para el pastoreo. En ellas se pretende restaurar el ecosistema forestal. En general no existen condiciones de suelo ni humedad adecuadas, lo cual lo

convierte en un hábitat poco adecuado para el establecimiento del bosque en forma natural, sin pasar por etapas serales primarias como sería el establecimiento de matorral.

De manera de lograr un establecimiento del bosque más rápido y eficiente, se han aplicado una serie de operadores que se describen a continuación.

Exclusión (π_{bx}). El primer operador a aplicar en este proceso es el reapotramiento y cercado (π_{bc}), con el fin de excluir el ganado (Foto 72 y 74). Jerárquicamente el resto de los operadores van a lograr menor éxito que el potencial que tengan, si es que no se cerca primero. En este caso se cercaron las áreas de pastoreo dejando conectadas las áreas de parques, jardines, bosques y restauración de éstos. En las Figuras 46 y 47 este operador se señala solo como una línea punteada debido a que el trabajo que implica se realiza de manera indirecta sobre estos sectores ya que estos no fueron cercados sino que lo que se cerco son las áreas destinadas a la ganadería.

Control de malezas (π_{bh} , π_{br}). Al igual que en los sectores ya descritos, se aplicaron operadores de control de malezas de manera de reducir el material, logrando así disminuir la competencia con las especies arbóreas. Se aplicó herbicida triclopir (π_{bh}) y luego roza y quema (π_{br}) en los zarzales y en forma inversa en los quilantales (Foto 75). El establecimiento de las especies forestales también contribuye al control de especies invasoras como la mosqueta y la zarzamora, ya que estas requieren ambientes soleados y no sombríos como los de bosques adultos donde ven limitado su crecimiento.

Raleo (π_{br}). Para el caso del sector 5, donde se produjo regeneración natural (Foto 76) de las especies del bosque, fue necesario comenzar un proceso de raleo (Foto 77) luego de dos años y medio de iniciada la exclusión de ganado. Se aplicó una vez establecidas las plantas y si presentaban un alto crecimiento (mayor a 3,5 m) en las zonas de alta densidad donde la competencia por luz es muy alta como es el caso de la Figura 31.

Enriquecimiento (π_{be}). En ambos sectores se llevó a cabo un proceso de enriquecimiento por medio de la plantación de especies (Foto 73 y 74) de *N. dombeyi* y *N. alpina*. El interés principal de este proceso es comenzar el establecimiento de las especies propias del bosque y así generar hábitat y desarrollar el nicho de los distintos organismos que participan en el ecosistema forestal. El éxito del prendimiento fue aproximadamente de un 60% para el Sector 5 y 40% para el 6. Esto se explica debido a la calidad de hábitat del primero al

encontrarse en tierras que no fueron sometidas al laboreo, además de la presencia de sombra, mantillo y mayor humedad al encontrarse en zonas con una cobertura mayor.

Poda (π_{bp}). De manera de lograr una mayor capacidad fotosintética y controlar posibles plagas y enfermedades, continuamente se realiza un proceso de poda por parte del propietario del predio. Para ello se le va dando forma a los árboles, priorizando la captación de luz en los estados tempranos y luego la forma en aquellos individuos que ya superaron los 2 a 3 metros de alto.

La ruta de acción de los operadores aplicados en la restauración de bosques degradados en el Sector 5, se explica en la Figura 46 , en esta se hace un paralelo entre la línea de tiempo en que se aplica cada uno y su equivalente gráfico del logaritmo de las calorías que implica. Los valores reales en cuanto a calorías aplicadas se encuentran en el Cuadro 36. La función de restauración es la siguiente:

$$l_5 = f(\pi_{bx}, \pi_{bh}, \pi_{br}, \pi_{bp}, \pi_{bl}, \pi_{be})$$

En el caso del Sector 6, la ruta de aplicación de los operadores de transformación se encuentra en la Figura 47 y los valores de trabajo para cada operador en el Cuadro 37. La función de restauración es la siguiente:

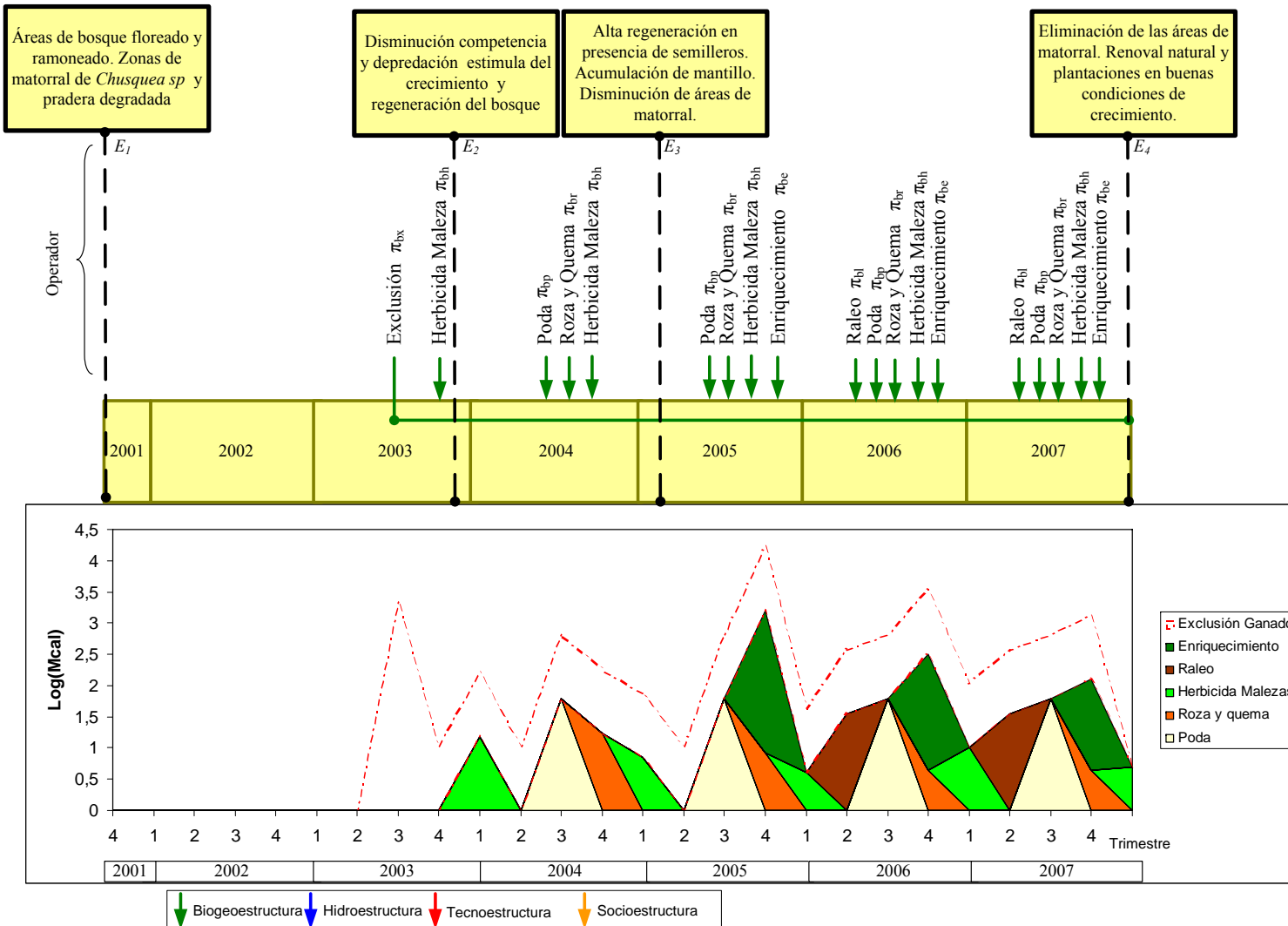
$$l_6 = f(\pi_{bx}, \pi_{bh}, \pi_{br}, \pi_{bp}, \pi_{be})$$

Cuadro 36. Trabajo (Mcal) y tiempo (jornadas) aplicado por operador para el Sector 5

Operador		Tipo trabajo (ω)	Jornadas de trabajo (t)	Mcal./jornada	Total (mcal.)	%
Cerco	Elaborar postes	Humano	15,5	4,35	67	2,17%
		Motosierra	15,5	114,1	1.769	56,96%
	Construcción	Humano	69,6	4,35	1.836	59,14%
						303
	Total construcción				2.139	68,89%
Mantenición	Humano	2/mes	4,35	9	0,29%	
Total mantenimiento 4,5 años				481	15,50%	
Total cercos					2.620	84,39%
Herbicida malezas	Año 1	Humano	3,35	4,35	15	0,47%
	Año 2	Humano	1,675	4,35	7	0,23%
	Año 3	Humano	1	4,35	4	0,12%
	Año 4	Humano	1	4,35	2	0,06%
	Año 5	Humano	1	4,35	1	0,03%
	Total				28,2	0,91%
Roza y quema	Año 1	Humano	17	4,35	74	2,38%
	Año 2	Humano	8,5	4,35	37	1,19%
	Año 3	Humano	4,25	4,35	18	0,60%
	Año 4	Humano	2,125	4,35	9	0,30%
	Año 5	Humano	1,0625	4,35	5	0,15%
	Total				143,3	4,61%
Raleo	Año 1	Humano	8	4,35	34,8	1,12%
	Año 2	Humano	8	4,35	34,8	1,12%
	Total				70	2,24%
Poda	Año 1	Humano	14	4,35	61	1,96%
	Año 2	Humano	14	4,35	61	1,96%
	Año 3	Humano	14	4,35	61	1,96%
	Año 4	Humano	14	4,35	61	1,96%
	Total				243,6	7,85%
Total					3.104,7	100,00%

1 jornada equivale a 8 horas de trabajo

Figura 46. Operadores de restauración de bosques degradados (Sector 5)



Cuadro 37. Trabajo (Mcal) y tiempo (jornadas) aplicado por operador para el Sector 6

Operador		Tipo trabajo (ω)	Jornadas de trabajo (t)	Mcal./Jornada	Total (Mcal.)	%
Cerco	Elaborar postes	Humano	6,5	4,35	28,4	2,10%
		Motosierra	6,5	114,1	745,4	55,05%
	Total construcción	Humano	30,0	4,35	130,4	9,63%
	Mantenimiento	Humano	0,86 al mes	4,35	3,8	
	Total cercos				203,5	15,03%
					333,9	24,66%
Herbicida malezas	Año 1	Humano	5,6	4,35	24,4	1,80%
	Año 2	Humano	2,8	4,35	12,2	0,90%
	Año 3	Humano	1	4,35	6,1	0,45%
	Año 4	Humano	1	4,35	3,0	0,22%
	Año 5	Humano	1	4,35	1,5	0,11%
	Total				47,2	3,49%
Roza y quema	Año 1	Humano	28	4,35	121,8	8,99%
	Año 2	Humano	14	4,35	60,9	4,50%
	Año 3	Humano	7	4,35	30,5	2,25%
	Año 4	Humano	3,5	4,35	15,2	1,12%
	Total				228,4	16,87%
Enriquecimiento	Año 1		54,6	4,35	237,7	17,55%
	Año 2		58,3	4,35	253,6	18,72%
	Año 3		34,2	4,35	149,0	11,00%
	Total				640,2	47,28%
Poda	Año 1	Humano	24	4,35	104,4	7,71%
Total					1.354,1	100,00%

1 jornada equivale a 8 horas de trabajo

Figura 47. Operadores de restauración de bosque a partir de praderas (Sector 6)

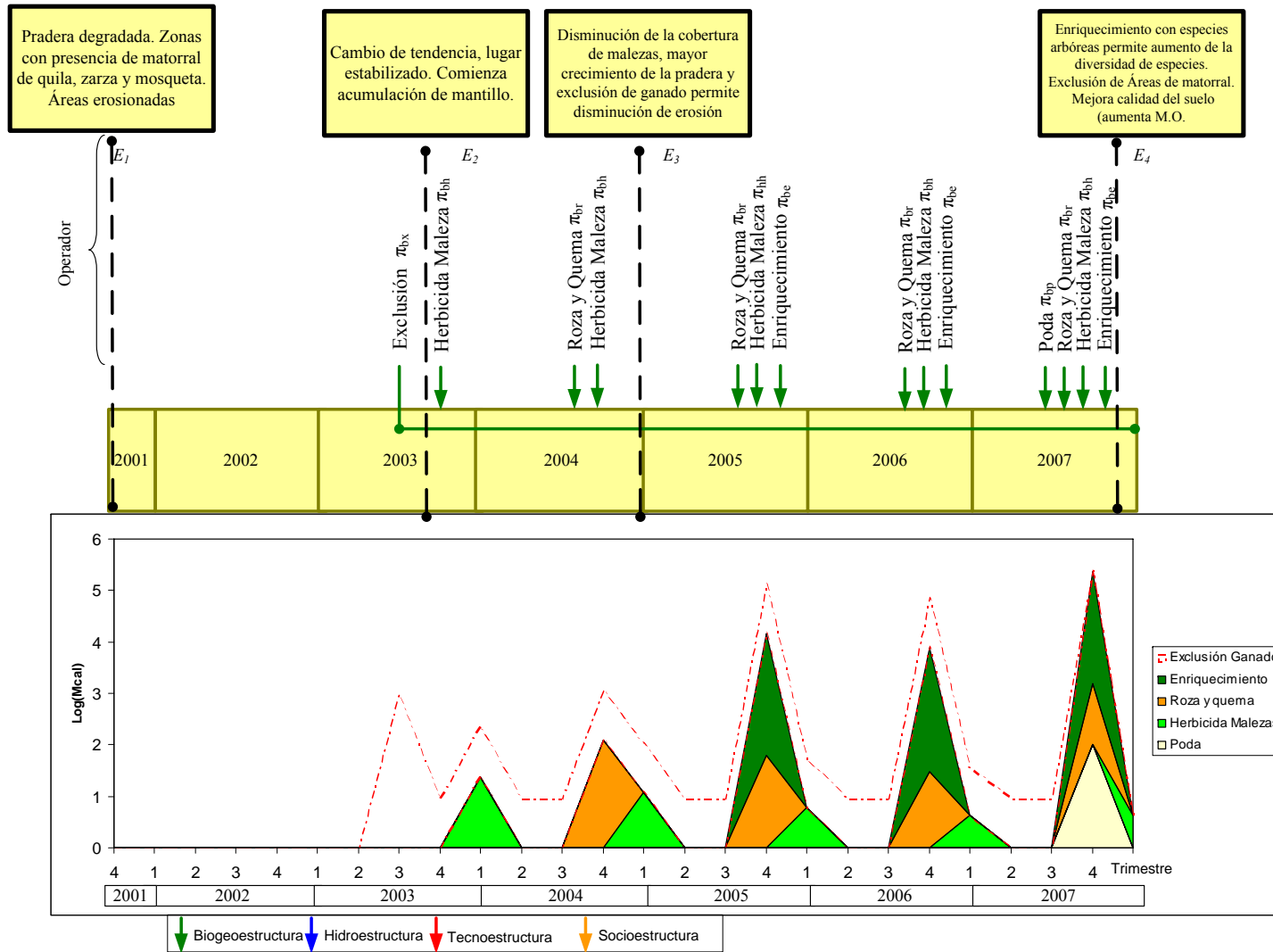




Foto 75. Efecto de exclusión de ganado 75



Foto 76. Enriquecimiento 76



Foto 77. Exclusión y enriquecimiento 77



Foto 78. Control de *Chusquea sp* 78



Foto 79. Regeneración natural 79



Foto 80. Efecto del raleo en la regeneración natural 80

4.5.4 Caracterización Territorial Post Restauración

1.1.1.22 Biogeoestructura. Cobertura 2008.

Los tipos de cobertura desde la compra del predio (año 2003) no han variado sustancialmente en cuanto a tipo, no así su condición y representatividad dentro de la superficie total del predio, como es el caso de las zonas de matorral y sabana arbustiva (Cuadro 38). Se incorporaron áreas a la restauración de los bosques y se designó una zona como parque o jardín para las casas del predio (Carta 12).

Cuadro 38. Tipos de cobertura vegetal en el año 2008, según superficie y porcentaje.

Cobertura 2008	Superficie (ha)	(%)
Bosque	6,80	13%
Cultivo forestal	0,10	0,2%
Cultivo frutal	0,56	1%
Herbácea cespitosa	0,86	2%
Matorral	1,01	2%
Parque, jardín	1,04	2%
Pradera	20,82	39%
Restauración bosque	7,82	15%
Sabana arbustiva	13,76	26%
Total general	52,77	100%

En el año 2003 las zonas de matorral representaban el 13% de la superficie del predio, llegando en la actualidad a solo 2% gracias a un trabajo de limpieza y recuperación de praderas. En el año 2003 este tipo de cobertura cubría no menos de un 10% en los distritos planos, ondulados y cerranos, dominando ampliamente en los depresionales (Gráfico 2). En la actualidad, su superficie ha disminuido en un 11% (Cuadro 39).

Como parte del proceso de restauración predial además de la restauración de la condición de las coberturas ya existentes, se establecieron dos nuevas coberturas vegetales, estas se explican a continuación.

Parque, Jardín: Áreas destinadas al esparcimiento y recreación, ubicadas en los alrededores de las casas y creadas por los actuales propietarios (Figura 47). En ellas se privilegian zonas de césped, acompañado por especies ornamentales y nativas, que han sido plantadas en los últimos años. Es un área común tanto para la casa del propietario como la del trabajador.

Restauración Bosque: Definidas de esta manera son las áreas que han sido cercadas y excluidas del ganado para permitir la regeneración del bosque original. Para esto, se han plantado especies nativas como *N. dombeyi* y *N. alpina*. Además en esta categoría entran zonas donde se encontraban relictos de bosque nativo, que una vez eliminado el ramoneo del renoval por parte del ganado, regeneran vigorosamente. Para la reforestación se han privilegiado zonas de bajo aprovechamiento forrajero que se encuentran en áreas onduladas y cerranas (Carta 12).

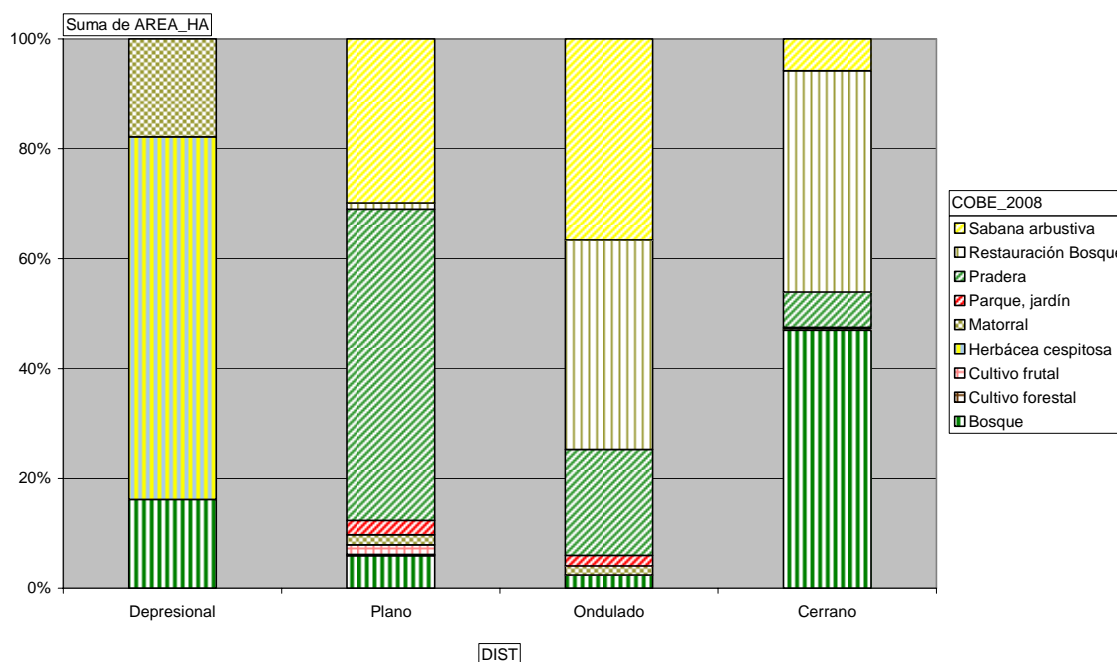


Gráfico 15. Relación entre cobertura vegetal (COBE_2008) y su superficie en porcentaje según distrito (DIST), año 2008.

El resultado del proceso de gestión territorial predial realizado, provocó un cambio en la distribución de las coberturas vegetales presentes en el predio y su condición. Esto se aprecia en las Cartas 4 y 12 y los Cuadros 11 y 38, que representan la superficie para los distintos tipos de cobertura vegetal para los años 2003 y 2008. El cambio entre los tipos de cobertura entre el año 2003 y 2008, se expresa en el Cuadro 39 y gráficamente en el Gráfico 16. En estos se explica claramente la intención de los propietarios por aumentar la superficie de bosque por medio de su restauración, además de disminuir las zonas de áreas poco productivas como el matorral, que se han limpiado para permitir la formación de pastoreo y bosques. La disposición de un área de alrededor de 1 ha establecida como

cobertura de Parque-jardín, también se manifiesta en este gráfico y en la carta de espacios del año 2008 (Carta 12).

Cuadro 39. Cambio de tipo de cobertura en predio Hueñivales entre el año 2003 y 2008.

Cobertura 2003 (ha)	Cobertura 2008 (ha)										Total general	
	Bosque	Cultivo forestal	Cultivo frutal	Herbácea cespitosa	Matorral	Parque, jardín	Pradera	Restauración Bosque	Sabana arbustiva		(ha)	(%)
Bosque	6,62							0,06			6,68	12,7%
Cultivo forestal		0,10			0,01						0,11	0,2%
Cultivo frutal			0,56				0,005	0,13			0,69	1,3%
Herbácea cespitosa				0,53							0,53	1,0%
Matorral	0,19			0,33	0,97		3,02	1,66	0,70		6,86	13,0%
Pradera						1,04	13,35	0,23	0,16		14,78	28,0%
Sabana arbustiva					0,03		4,45	5,74	12,90		23,11	43,8%
Total general	6,80	0,10	0,56	0,86	1,01	1,04	20,82	7,82	13,76		52,77	100%
	(%)	12,9%	0,2%	1,1%	1,6%	1,9%	2,0%	39,5%	14,8%	26,1%		

La gestión del territorio predial y los operadores utilizados para lograr el estado actual en esta tesis se manifiestan como operadores de transformación o mantención, estas acciones han logrado mejorar la condición de las coberturas vegetales presentes en el predio con respecto al momento de inicio de éstas en el año 2003 (Cuadro 40).

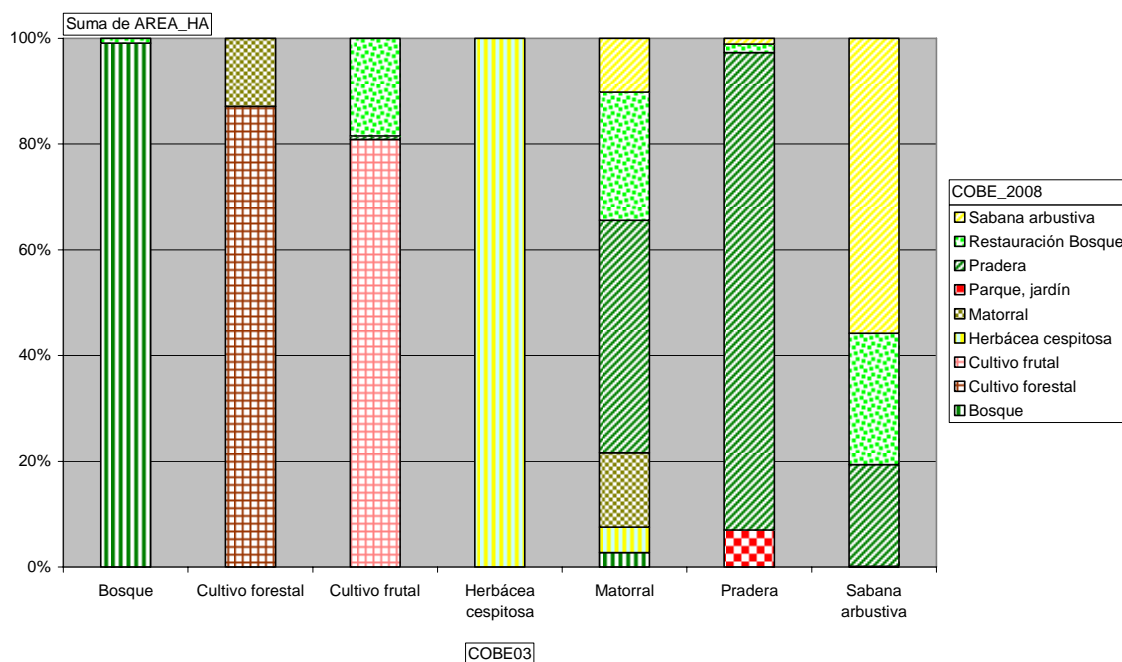


Gráfico 16. Cambio de tipo de cobertura (%) en predio Hueñivales entre el año 2003 (COBE03) y 2008 (COBE_08).

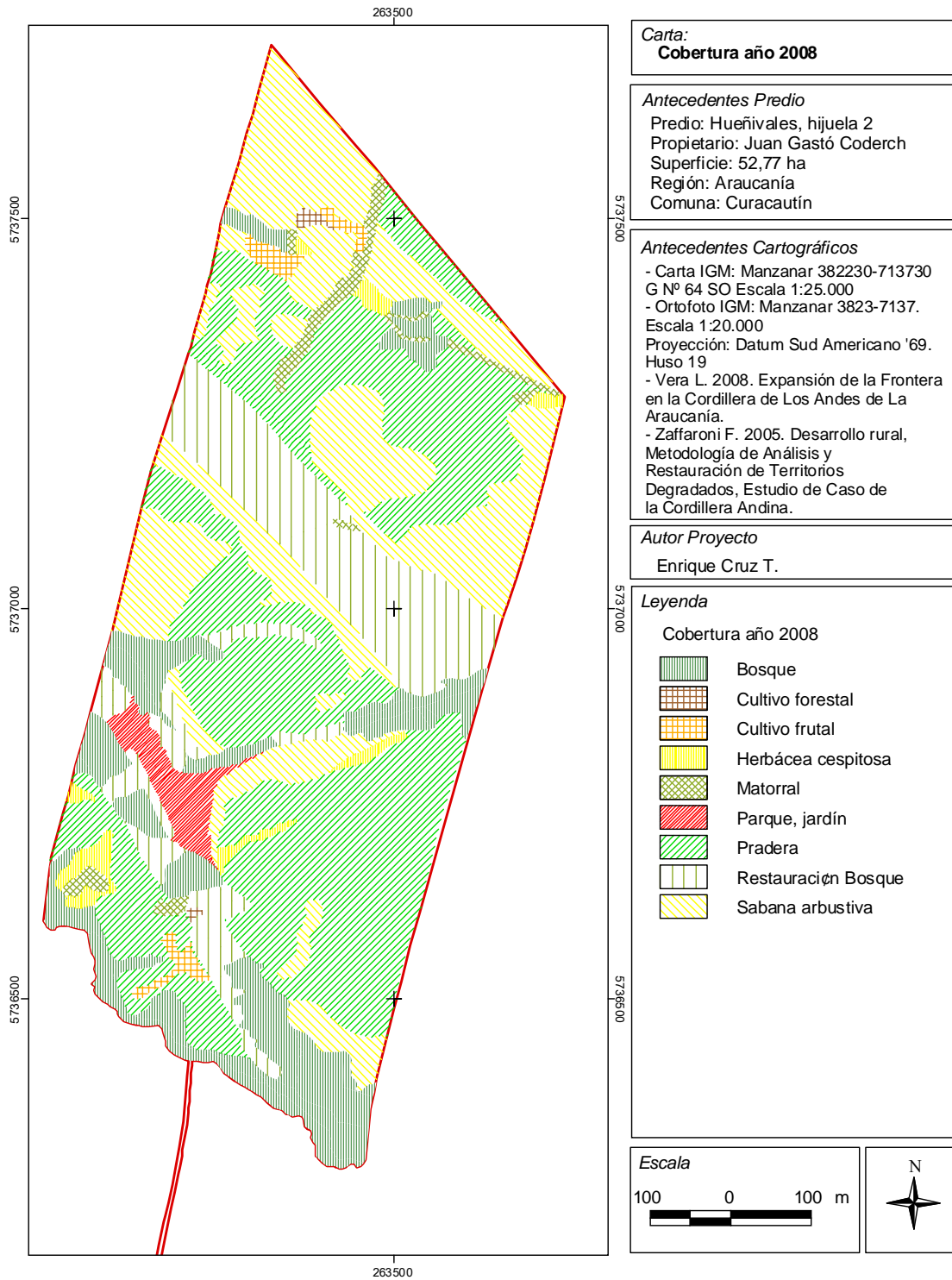
Cuadro 40. Cambio en la condición del predio Hueñivales entre el año 2003 y 2008

Condición 2003 (ha)	Condición 2008 (ha)			Total general	
	Buena	Pobre	Regular	(ha)	(%)
Buena	15,8		0,2	16,0	30%
Muy pobre		0,5	0,5	1,0	2%
Pobre	4,8	1,0	11,5	17,3	33%
Regular	6,9		11,6	18,5	35%
Total general	(ha) (%)	27,5 52%	1,5 3%	23,8 45%	52,77 100%

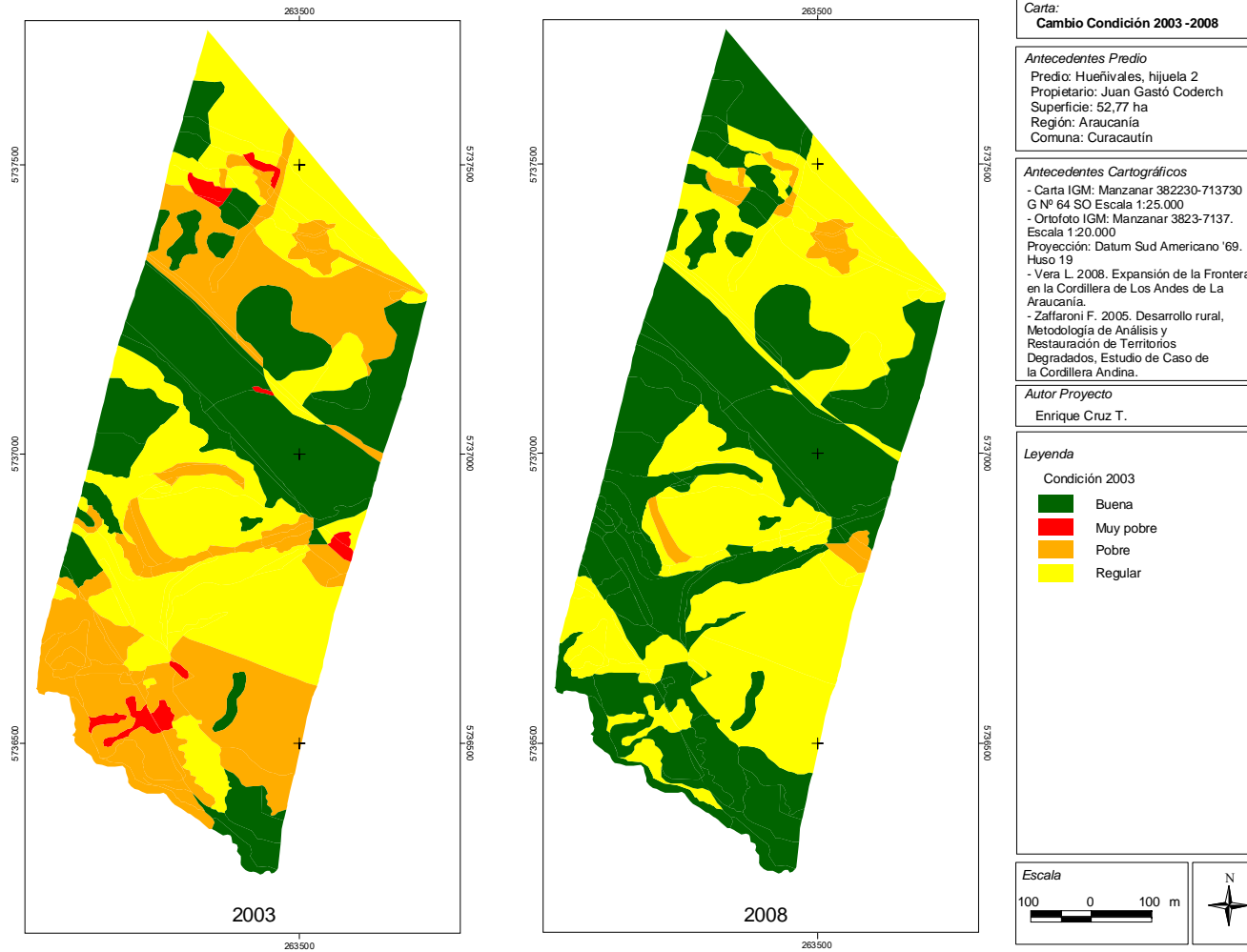
Se aprecia una mejoría respecto al porcentaje catalogado como “Buena” y “Regular” lo que denota una mejoría respecto a las áreas que presentaban una condición “Pobre” y “Muy pobre”, las cuales ya prácticamente no existen en el predio. Aún eso si hay mucho trabajo por hacer ya que un 45% del predio se encuentra en condición regular. Un leve cambio de 0,2 ha desde la condición “Buena” a “Regular”, se explica debido a que ésta es una zona cerrana que se está siendo pastoreada por razones de funcionalidad del potrero Corrales.

El cambio entre ambos periodos se aprecia claramente en las cartas de condición para el año 2003 y 2008 (Carta 13).

Carta 12. Tipos de cobertura vegetal presentes en el predio en el año 2008.



Carta 13. Condición del predio Hueñivales en el año 2003



1.1.1.23 Hidroestructura 2008

La hidroestructura presente no cambió sustancialmente, ya que está compuesta principalmente por mallines, cauces naturales superficiales y depresionales (quebradas). Entre las hidroestructuras artificiales que se desarrollaron se encuentran acumuladores de agua y drenes. El resumen de los tipos de cauce, régimen y longitud de estos se encuentra en el cuadro 41:

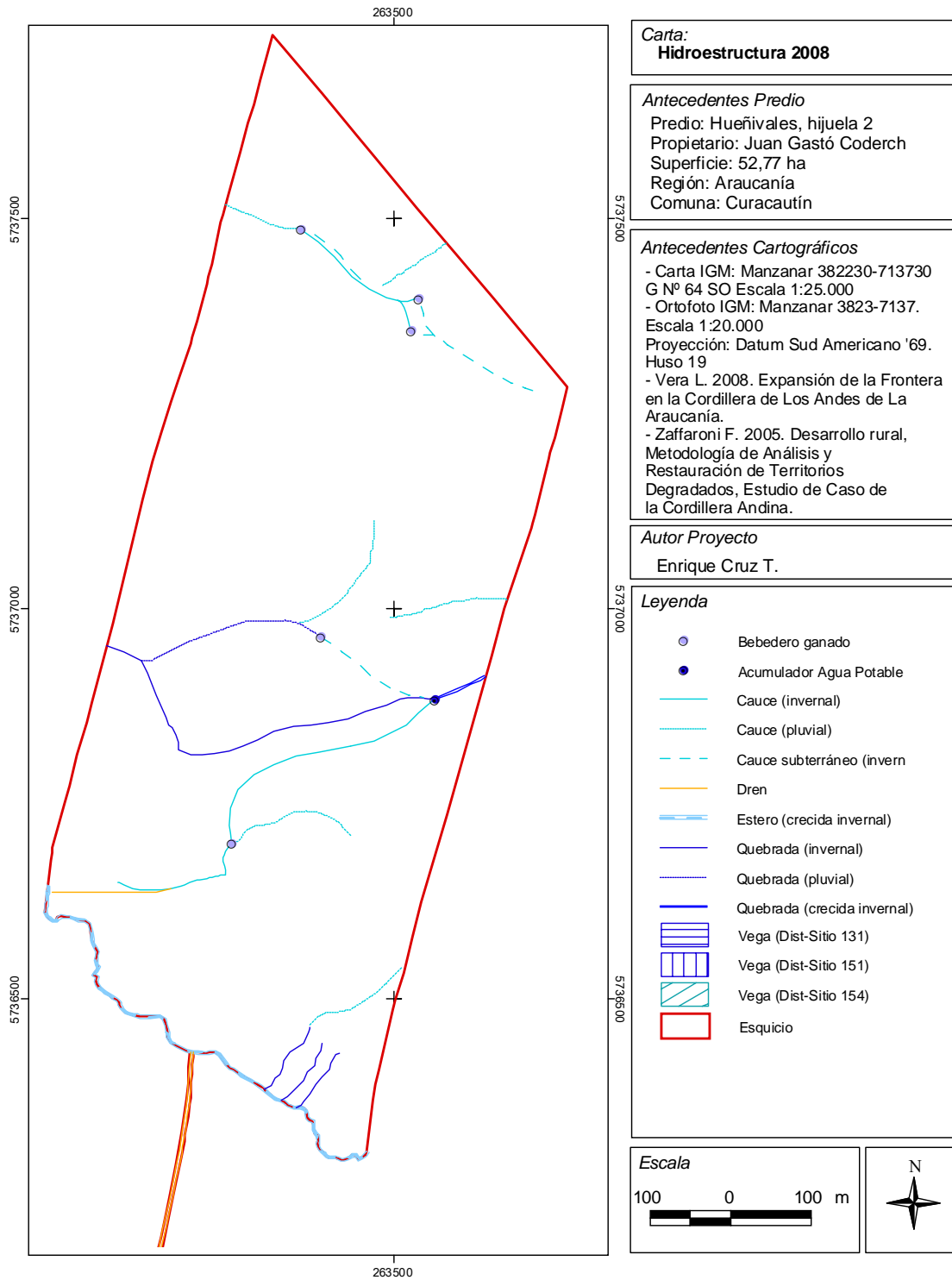
Cuadro 41. Tipos de cauces hídricos, su régimen y longitud, presentes en Hueñivales al año 2008.

Tipo	Longitud
Estero (crecida invernal)	654
Cauce (pluvial)	103
Quebrada (crecida invernal)	69
Cauce (invernal)	128
Quebrada (invernal)	516
Quebrada (pluvial)	245
Cauce (invernal)	184
Cauce (invernal)	46
Cauce (pluvial)	178
Cauce (invernal)	229
Cauce (invernal)	187
Quebrada (invernal)	95
Quebrada (invernal)	91
Cauce (pluvial)	176
Cauce subterráneo (invernal)	101
Cauce subterráneo (invernal)	176
Cauce subterráneo (invernal)	54
Cauce subterráneo (invernal)	156
Cauce (pluvial)	99
Cauce (pluvial)	153
Cauce (pluvial)	143
Quebrada (invernal)	104
Dren	153
Dren	492
Dren	491

Además de los cauces de agua naturales como artificiales, en el predio existen otras hidroestructuras, como son los puntos donde el ganado accede al agua y el estanque acumulador de agua potable que abastece las casas (Carta 14).

Todas estas hidroestructuras poseen regimenes hídricos determinados según si el paso de agua se mantiene todo el año o simplemente ocurre en la época invernal o en los días de precipitaciones y algunos posteriores a éstas (régimen pluvial).

Carta 14. Hidroestructura presente en Hueñivales, en el año 2008



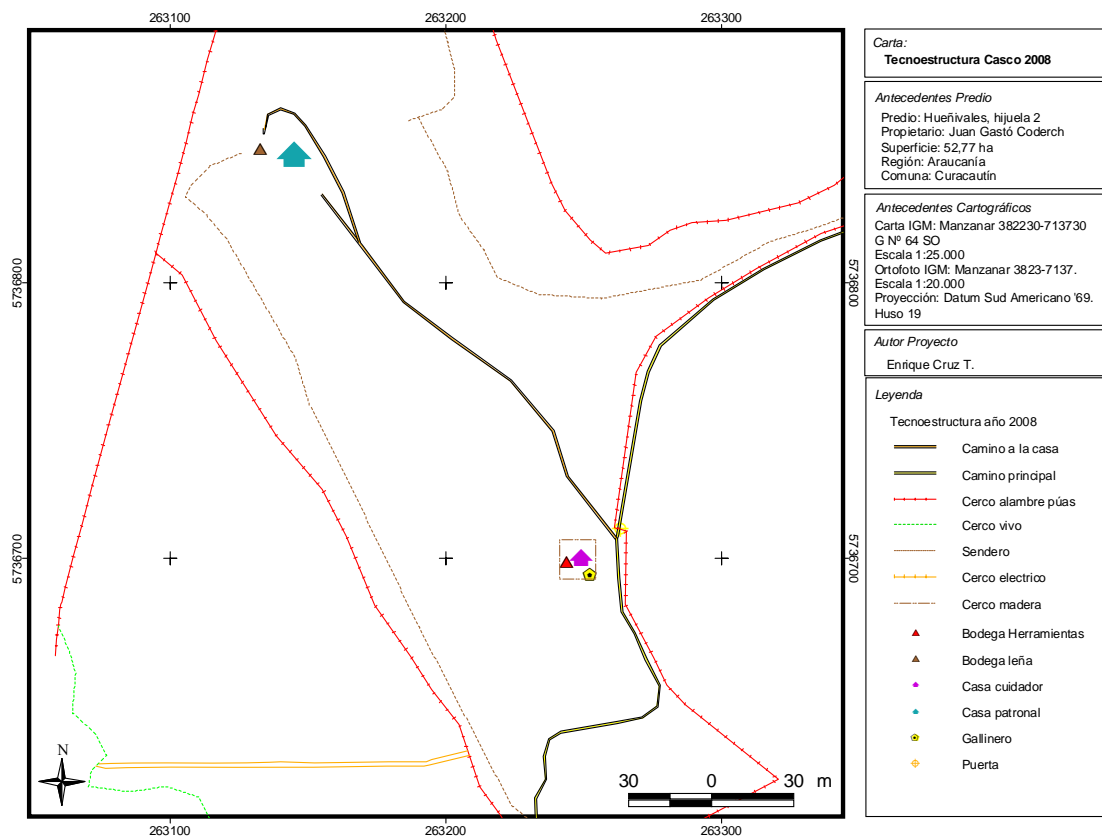
1.1.1.24 Tecnoestructura 2008

Las nuevas tecnoestructuras implementadas son: cercos, puertas, casas, gallineros y bodegas. La ubicación de éstas se encuentra en la Carta 16 y su distribución actual en el casco predial en la Carta 15. Las longitudes totales de las instalaciones de cercos y caminos se resumen en el Cuadro 42.

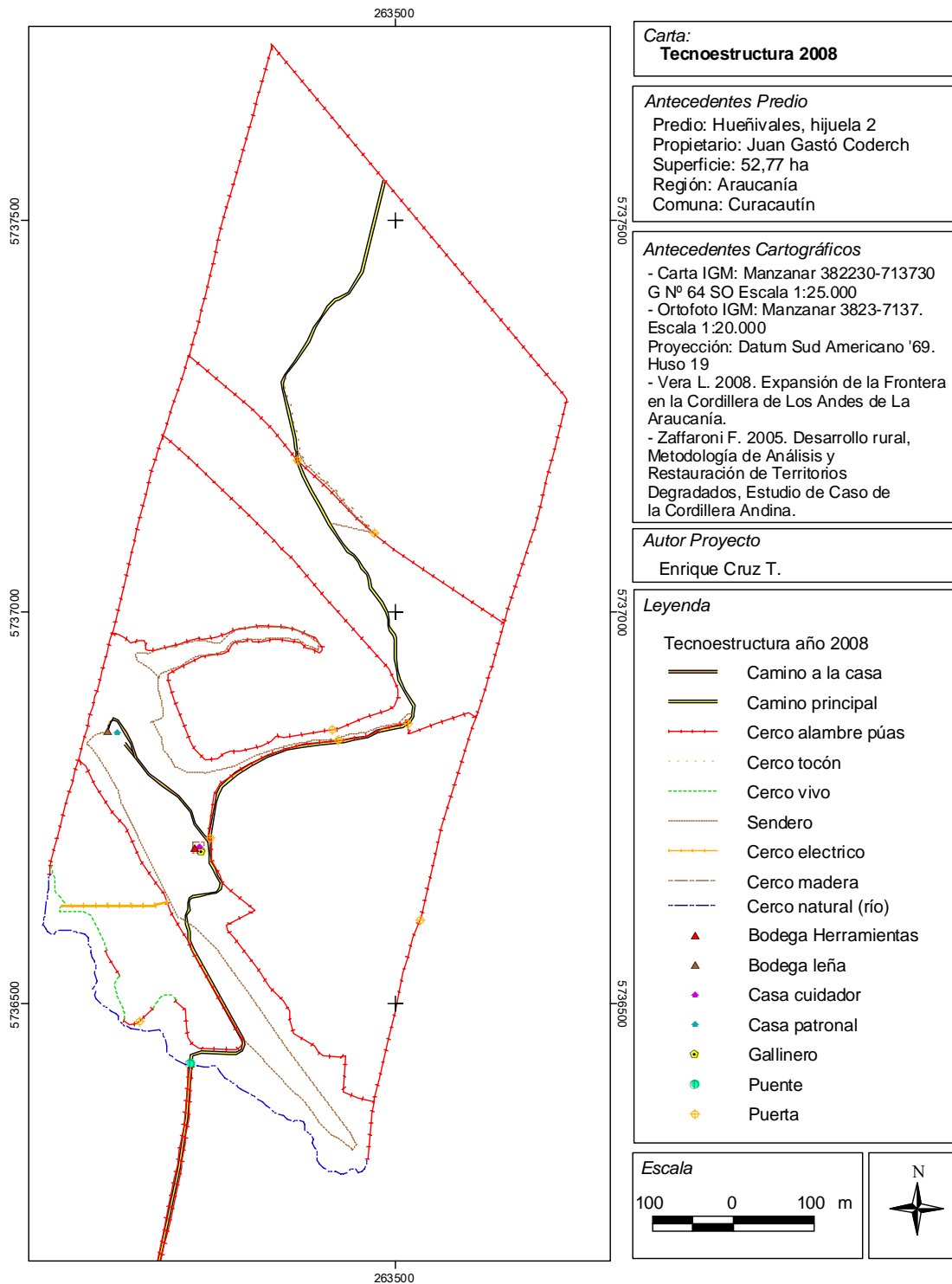
Cuadro 42. Longitud de distintos tipos de tecnoestructuras presentes en el predio, año 2008

Tipo	Longitud (km)
Camino jeep y camioneta	2,23
Cerco alambre púa	7,13
Cerco electrico	0,27
Cerco madera	0,05
Cerco natural (río)	0,69
Cerco tocón	0,25
Cerco vivo	0,26
Sendero	2,04
Total general	12,93

Carta 15. Tecnoestructura ubicadas en el casco predial.



Carta 16. Tecnoestructura presente en el predio Hueñivales en el año 2008



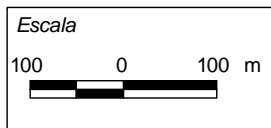
Carta:
Tecnoestructura 2008

Antecedentes Predio
Predio: Hueñivales, hijuela 2
Propietario: Juan Gastó Coderch
Superficie: 52,77 ha
Región: Araucanía
Comuna: Curacautín

Antecedentes Cartográficos
- Carta IGM: Manzanar 382230-713730
G Nº 64 SO Escala 1:25.000
- Ortofoto IGM: Manzanar 3823-7137.
Escala 1:20.000
Proyección: Datum Sud Americano '69.
Huso 19
- Vera L. 2008. Expansión de la Frontera
en la Cordillera de Los Andes de La
Araucanía.
- Zaffaroni F. 2005. Desarrollo rural,
Metodología de Análisis y
Restauración de Territorios
Degradados, Estudio de Caso de
la Cordillera Andina.

Autor Proyecto
Enrique Cruz T.

- Leyenda**
- Tecnoestructura año 2008**
- Camino a la casa
 - Camino principal
 - Cerco alambre púas
 - Cerco tocón
 - Cerco vivo
 - Sendero
 - Cerco electrico
 - Cerco madera
 - Cerco natural (río)
 - Bodega Herramientas
 - Bodega leña
 - Casa cuidador
 - Casa patronal
 - Gallinero
 - Puente
 - Puerta



5 REFLEXIONES Y CONCLUSIONES

Metodológicas

En la restauración de predios es necesario realizar un examen o caracterización territorial. Diagnosticar las causalidades de la degradación permite llevar a cabo un diseño de tratamiento.

La conjunción de las herramientas de la metodología clínica, el ordenamiento territorial, la ecología, diseño predial, ecología de paisajes y las ciencias silvoagropecuarias se aplica a la recuperación de predios degradados en el corto plazo.

La sinergia de la artificialización con la organización dinámica de la naturaleza, permite direccionar ésta de manera de lograr llegar a un estado deseado.

Incorporar el concepto de operador y ruta de ejecución de las acciones de restauración permite valorar el trabajo y el orden en que éste se realiza, logrando una mayor eficiencia en la ejecución

El concepto operador funcional no solo se aplica a aquellas acciones que modifiquen el ecosistema directamente, sino también a aquellas que ayudan a la comprensión del fenómeno, generando modelos que permitan la resolución del problema.

Aumentar el trabajo en la fase de examen, diagnóstico y planificación del tratamiento y su estrategia de aplicación, implica un menor trabajo al momento de desarrollar el proyecto y con una probabilidad de éxito mayor al tener el problema definido, y establecer la o las posibles soluciones

El análisis de caso en retrospectiva permite realizar el planteamiento de metodologías de restauración además de determinar cuales son las herramientas con mayor potencial.

Es necesario jerarquizar la resolución de los problemas definiendo un orden para solucionarlos, en este caso la resolución comenzó solucionando los problemas a nivel predial como son conectar al predio al exterior, hacer caminos de calidad e implementar energía eléctrica. También fue necesaria la implementación de viviendas de calidad que

permitieron el establecimiento de población permanente de manera de comenzar la solución de los problemas a nivel de potrero.

La restauración de predios implica combinar las ciencias tan diversas como la ecología, ingeniería agronómica, ingeniería forestal, la ingeniería civil y economía entre otras.

La función de restauración predial se encuentra dada por la conjunción de los operadores de planificación y diseño con los de transformación de ecosistemas. Los primeros son función de las etapas de planificación, la ruta de planificación y diseño (ℓ_d) es:

$$\ell_d = f(\Pi_F, \Pi_C, \Pi_D, \Pi_T, \Pi_E)$$

Los operadores de transformación son función de la aplicación de los operadores biogeoestructurales (π_b), tecnoestructurales (π_t) y socioestructurales (π_s) así:

$$\Pi_T = f(\pi_b, \pi_t, \pi_s)$$

Matemáticamente la ruta de restauración predial (ℓ_p) es igual a la anterior más la aplicación de todos los operadores de transformación, esta se expresa de la siguiente manera

$$\ell_p = f(\Pi_F, \Pi_C, \Pi_D, \Pi_T, \Pi_E, \Pi_T)$$

Restauración predial

La dinámica natural de este tipo de paisajes, tiende a la formación de ecosistemas de bosque templado.

El grado de degradación y la presencia o cercanía de parches de bosque, será fundamental en la restauración natural de los ecosistemas

El casco predial es el eje ordenador del predio. Englobar todas las infraestructuras del predio en una zona permite ejercer mayor control sobre lo que sucede, aumenta la eficiencia de uso del territorio y afianza las relaciones sociales entre los habitantes.

Los esfuerzos en la eliminación de las malezas requieren articular los operadores de pastoreo, herbicidas y roza en conjunto, y de manera planificada para lograr el éxito.

La gestión de pastoreo y exclusión permite la recuperación de praderas degradadas, direccionando la sistemogénesis, permitiendo la acumulación de mantillo y semillación.

Tener cercos que limiten el paso del ganado es fundamental si es que se va a realizar cualquier esfuerzo de enriquecimiento plantando nuevos individuos. Para el caso de praderas, al tener un pastoreo descontrolado el animal elegirá solo las mejores especies para su alimentación, provocando un cambio en la composición botánica de la pradera dejando solo las especies de menor valor.

La primera fase de la restauración de bosques es la exclusión del ganado, con esto se logra una mejora en la calidad del suelo, al disminuir el pisoteo y permitir la regeneración natural, además del crecimiento de aquellos individuos ramoneados por años. Luego de estos se aplican manejos silviculturales de la regeneración como son la poda, el raleo, clareo, etc.

La construcción de caminos y viviendas requiere de asesoría profesional adecuada además de la contratación de personal experimentado en este tipo de faenas.

El personal que realice las actividades debe ser capacitado, es fundamental que este sepa leer, seguir instrucciones y tenga iniciativa.

6 BIBLIOGRAFÍA

- AFIPA, Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Productos Fitosanitarios Agrícolas. 2005. *Manual Fitosanitario*, AFIPA, Santiago Chile. 1160p.
- ALTIERI, M. y A. ROJAS. 1999. Ecological impacts of Chile's neoliberal policies, with special emphasis on agroecosystems. *Environmental, Development and Sustainability* 1: 55– 72.
- BERTALANFFY, L. VON. 1968. *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. Revised edition. New York: George Braziller.
- BRADSHAW, A.D. 1990. *The reclamation of derelict land and the ecology of ecosystems*. En Jordan W.R., M.E. Gilpin, and J.D. Aber *Restoration ecology: A synthetic approach to ecological research*. Edited by. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. pp. 53–74.
- CANSECO, C., R. DEMANET, O. BALOCCHI, J. PARGA, V. ANDWANDTER, A. ABARZÚA, N. TEUBER, J. LOPETEGUI. 2007. *Determinación de la disponibilidad de materia seca de praderas en pastoreo*. En Teuber N., O. Balocchi y J. Parga. *Manejo del Pastoreo*. Fundación para la Innovación Agraria. 129 p.
- CASTRÓ, D. 1998. *Diseño predial y sistema agropecuario sustentable para fundos en una zona de protección*. Proyecto de título. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile.
- D'ANGELO, C. 2002a. *Principios generales de la ordenación predial*. En: Gastó, J., P. Rodrigo e I. Aránguiz. *Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales*. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago, Chile
- D'ANGELO, C. 2002b. *Marco conceptual para la ordenación de predios rurales*. En: Gastó, J., P. Rodrigo e I. Aránguiz. *Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales*. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago, Chile.
- D'ANGELO, C., 1998. *La incorporación de la naturaleza en el diseño predial*. Tesis de maestría. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile.
- DALE, V. H.; S.BROWN; R.A. HAEUBER; N. T. HOBBS; N. HUNTLY; R. J. NAIMAN; W.E. RIEBSAME; M. G. TURNER; T. J. VALONE. 2000. *Ecological Principles and Guide lines for Managing the Use of Land*. *Ecological Applications*, Vol. 10, No. 3. (Jun., 2000), pp. 639-670.
- DEMANET, R. ROMERO, O. 1988. *La pradera en la precordillera andina de la región de Región de la Araucanía*. En Ruiz I. *Praderas para Chile*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Santiago, Chile. 723 p.
- DEMANET, R. y MORA, M. 1995. *Efecto de las fuentes de fósforo sobre la producción*. *Frontera Agrícola* 1: 22-27.
- DONOSO, C., 1981. *Ecología forestal, el bosque y su medio ambiente*. Universidad Austral de Chile, Editorial Universitaria. Santiago, Chile.
- DONOSO, C., 1998. *Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica*. Editorial Universitaria. Santiago. Chile.

- DONOSO, C., B. ESCOBAR, M. CORTÉS. 1991. *Técnicas de vivero y plantaciones para Coigüe (Nothofagus dombeyi)*. Doc. Técnico N°53 Chile Forestal.
- DRAKE A., P. EMANUELLI, E. ACUÑA. 2003. *Compendio de funciones dendrométricas del bosque nativo*. CONAF-GTZ. Chile.
- ERLWEIN, A., J. GASTÓ. 2002. *El tiempo en el ecosistema predial y comunal*. En: Gastó, J., P. Rodrigo e I. Aránguiz (Ed.). Ordenación Territorial. Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago, Chile.
- ESPINOZA, N., J., DIAZ. 1996. *Malezas en praderas*. En Ruiz, I. Praderas para Chile. 2° Edición. INIA. Santiago, Chile. 340-355 pp-
- FARINA, A. 2000. *Landscape Ecology in Action*. Kluwer Publishers Academy. Dordrecht. Boston
- FORMAN, R. y M. GODRON, 1986. *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons, New York; 618 p.
- GALVEZ, N. 2003. Conservación de biodiversidad: propuesta metodología y estudios de caso para el cumplimiento de las Buenas Prácticas Agrícolas EUREP y TESCO. Proyecto de Título. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Departamento de Zootecnia. 147pp.
- GASTÓ, J., 1980. *Ecología, la transformación de la naturaleza*. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.
- GASTÓ, J., 1983. Ecosistema: Componentes y Atributos Relativos al Desarrollo y Medio Ambiente. Bases Ecológicas de la Modernización de la Agricultura. Informe de Investigaciones. Sistemas de Agricultura. Central de Apuntes UC. Santiago, Chile, 170 p.
- GASTÓ, J., F. COSIO, D. PANARIO. 1993. Clasificación de ecorregiones y determinación de sitio y condición. Manual de aplicación a municipios y predios. Ediciones Red de Pastizales Andinos (REEPAN). Quito, Ecuador. 254 p
- GASTÓ, J., J. E. GUERRERO, F. VICENTE. 2002. *Bases ecológicas de los estilos de agricultura y del uso múltiple*. En: Gastó, J., P. Rodrigo e I. Aránguiz. Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago, Chile
- GASTÓ, J., L. VIELI. L. VERA, 2006, Paisaje cultural, de la silva al ager, Revista Agronomía y Forestal UC, n° 28, p 29-33.
- GASTÓ, J., L.D. VÉLEZ Y C. D'ANGELO. 2002. *Gestión de recursos vulnerables y degradados*. En: Gastó, J., P. Rodrigo e I. Aránguiz. Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago, Chile.
- GASTÓ, J., M. PINO, V. FUENTES, S. DONOSO, S. GALLARDO, N. AHUMADA, C. GÁLVEZ, C. GATICA, M. RETAMAL y C. PÉREZ. 2005. *Metodologías para la planificación territorial*. Ministerio de Cooperación y Planificación. Santiago, Chile.

- GASTÓ, J., P. RODRIGO E I. ARÁNGUIZ. 2002. *Desarrollo de una metodología para la representación y resolución de problemas de predios rurales*. En: Gastó, J., P. Rodrigo e I. Aránguiz. Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago, Chile.
- GATICA, C. 2002. *Metodología de ordenamiento predial, estudio de caso en la precordillera de la comuna de Puerto Octay*. Proyecto de Título. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Zootecnia. Santiago, Chile.
- GOMÉS-OREA, D. 2007. Ordenación territorial. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 766p.
- HARRIS, L.D, G. SILVA-LOPEZ. 1992. *Forest fragmentation and the conservation of biological diversity*: 189–222. In: Fiedler, P.L. y Jain, S. K.. Conservation biology: The theory and practice of nature conservation, preservation and management. Chapman and hall. New York.
- HOBBS R., A., JENTSCH, V., TEMPERTON. 2007. *Restoration process of assembly and succession mediated by disturbance*. En: Walker, L., J., Walker, R., Hobbs. Linking Restoration and Ecological Succession. Springer Series on Environmental Management. New York USA.
- KOGAN M. 1992. *Malezas. Ecofisiología y estrategias de control*. Colección en Agricultura Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. 402 pp.
- KOGAN, M., A. PÉREZ. 2003. *Herbicidas. Fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción*. Colección en Agricultura Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 333pp.
- LEDLEY, R., B. LUSTED., 1959. Reasoning Foundations of Medical Diagnosis. Science, Volume 130, .p. 9-21.
- LOEWE M. V.; TORAL I.M.; CAMELIO R.M.E.; LÓPEZ L.C.; URQUIETA N.E. 1998b. *Monografía de coigüe (Nothofagus dombeyi)*. Santiago, Chile, CONAF; INFOR; FIA. 113 p. CONAF- INFOR- FIA.
- LOEWE M., V.; TORAL I., M.; FREITTE M., G.; CAMELIO R., M. E.; MERY M. A.; LÓPEZ L., C.; URQUIETA N., E. 1998a. *Monografía de Raulí: Nothofagus alpina*. CONAF; INFOR; FIA. Santiago. Chile. 91 p.
- LUEBERT, F y P. PLISCOFF. 2006. *Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile*. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.
- MAGEL, H., 2001. *Kommunalentwicklung und Kommunalplanung. Tagespolitik oder strategisches Vordenken*. En: Gestaltung als Auftrag. Pags.: 105-123, Hanns Seidel Stiftung (Eds.). München, Alemania.
- MARGALEF, R. 1974. *Ecología*. Ediciones Omega. Barcelona, España
- MARSCHNER, H. 1991. Mechanism of adaptation of plant to acid soil. pp: 638-702. En: R. J. Wright, V.C. Baligar y R. P. Murrmann (Eds.). Plant-Soil interactions at low pH. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Holanda.

- MEEWS, J., J.D. VAN DER PLOEG, M. WIJERMANS. 1988. *Changing agricultural landscape in Europe: continuity, deterioration or rupture?*. IFLA Conference. The Europe landscape: "Changing agriculture, change landscape". Rotterdam; Holland 103p.
- MONTALBA, R. y N. CARRASCO. 2003. *Modelo forestal chileno y conflicto indígena. ¿Ecologismo cultural mapuche?*. En: Ecología Política N°26. Barcelona, España.
- MONTALBA, R., N. CARRASCO y J. ARAYA. 2005. Contexto económico y social de las plantaciones forestales en Chile. El caso de la comuna de Lumaco, región de la Araucanía. Movimiento Mundial por los Bosques. Montevideo, Uruguay.
- MORA, M. 1993. Nivel de fertilidad de los suelos de la IX región y su relación con la acidificación. *Frontera Agrícola* 1: 5-12.
- MORA, M. y DEMANET, R. 1999. *Uso de enmiendas calcáreas en suelos acidificados*. *Frontera Agrícola* 5 (1 y 2): 43-58.
- MORA, M., ALFARO, M., WILLIAMS, P., STEHR, W. y DEMANET, R. 2004. Effect of fertiliser input on soil acidification in relation to growth and chemical composition of a pasture, and animal production. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 4 (1) 29-40.
- MORA, M., BAEZA, G., PIZARRO, C. y DEMANET, R. 1999c. *Effect of calcitic and dolomitic lime on physicochemical properties of an chilean andisol*. *Communications in soil science and plant analysis* 30 (3 y 4) 427-439.
- MORA, M., GARCÍA, J., SANTANDER, J. y DEMANET, R. 1999a. Rol de los fertilizantes nitrogenados y fosfatados en los procesos de acidificación de los suelos. *Frontera Agrícola* 5 (1 y 2): 59-81.
- MORA, M., SCHNETTLER, B y DEMANET, R. 1999b. *Effect of liming and gypsum on soil chemistry, yield, and mineral composition of ryegrass grown in an acidic andisol*. *Communications in soil science and plant analysis* 30 (9 y 10) 1251-1266.
- MORAL, R. DEL. L.R. WALKER , J.P. BAKKER. 2007. *Insights Gained from Succession for the Restoration of Landscapes Structure and Function*. En: Walker, L., J., Walker, R., Hobbs. *Linking Restoration and Ecological Succession*. Springer Series on Environmental Management. New York USA.
- NAVA, R. R. ARMIJO, J. GASTÓ, 1996. *El Ecosistema, la unidad de la naturaleza y el hombre*. Segunda Edición. Editorial Trillas, México.
- NICHOL, B., OLIVEIRA, L., GLASS, A. y SIDDIQI, M. 1993. The effect of aluminium on the influx of calcium, potassium, ammonium, nitrate and phosphate in an aluminium-sensitive cultivar of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Physiology*. 101: 1263-1266.
- PERI, R. 1989. *Reseña de la colonización en Chile*. Editorial Andrés Bello. Santiago, Chile.
- POBLETE, A. 2005. Pastizales de Chile. *Ecología, gestión y utilización de pastizales*. Taller de Licenciatura Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 119p.
- PRIMACK, R., MASSARDO, F. (2001). *Restauración ecológica*. En: Primack, R., Rotz, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Mazzardo. *Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas*. Fondo de cultura económica. México D.F. pp. 559-582

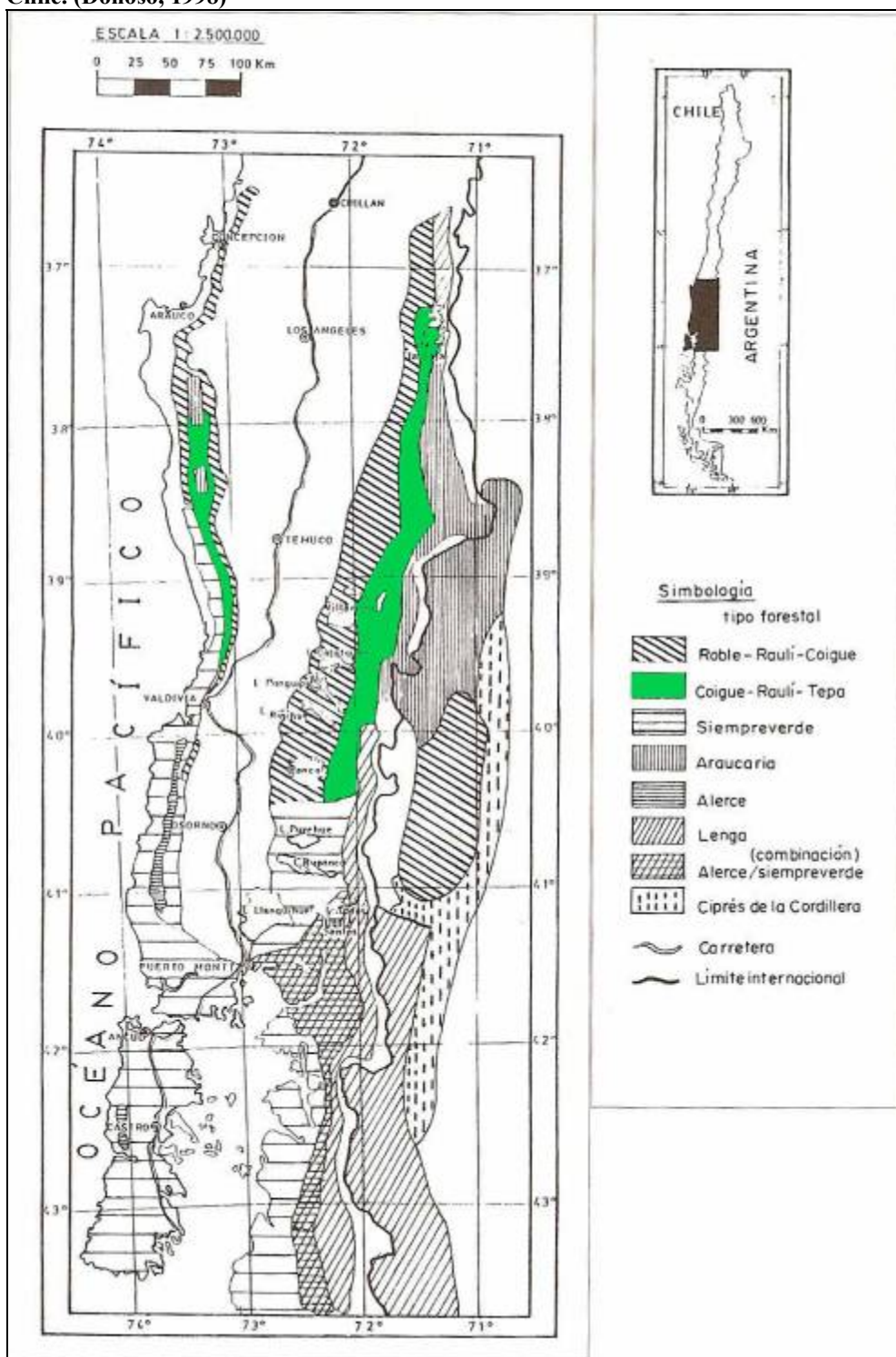
- RAMIREZ C. 2002. *Valoración economía de la degradación del valle Ventisqueros*. Proyecto de Título. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Departamento de Zootecnia. 115 pp.
- SADZAWKA, A., GREZ, R., MORA, M., SAAVEDRA, N. CARRASCO, R. y ROJAS, C. 2000. *Métodos de análisis recomendados para los suelos chilenos*. Chile. 62 p.
- SANTIBÁNEZ, F., J. URIBE. 1993. Atlas agroclimático de Chile. Regiones sexta, séptima, octava y novena. Ministerio de agricultura, Fondo de Investigación Agropecuaria. Corporación de Fomento de la Producción. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION (SER) INTERNACIONAL, Grupo de trabajo sobre ciencia y política, 2004. Principios de SER Internacional sobre la restauración ecológica. www.ser.com y Tucson: Society for Ecological Restoration Internacional.
- STEUBING, L., R. GODOY, M. ALBERDI. 2002. *Métodos de ecología vegetal*. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.
- VAN MANSWELT, J.D.; D.J. STOBBELAAR (ed). 1995. Proceedings of the second plenary meeting of EU-concerted action: "The landscape and nature production capacity of organic/sustainable types of agriculture". Department of Ecological Agriculture. Agricultural University Wageningen.
- VARELA, F.J., 1999. *Invitation aux sciences cognitives*. Editions du Seuil. France
- VEBLEN, T.T. 1985. Forest development un tree-fall gaps in the temperate rain forest of Chile. Nat. Geog. Res.:1:
- VERA, L. 2008. Expansión de la Frontera horizontal en el paisaje cultural de la Cordillera de Los Andes de La Araucanía: Impacto, restauración y gobernabilidad. Tesis Doctoral, Programa en Ciencias de Recursos Naturales. Universidad de la Frontera. Temuco, Chile.
- VERNIORY, G. 2001. *Cien años en Araucanía*. Pehuén Editores. Santiago, Chile
- VIELI, L. 2005. *Fundamentos para la ordenación y restauración predial. Estudio de caso en la estepa patagónica*, XI Región, Chile. Proyecto de Título. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Ciencias Animales. Santiago, Chile.
- VITA A. 1996. *Los tratamientos silviculturales*. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 147 pp.
- VOGEL, K. 2002. *La dimensión del ocio como factor de ordenación del espacio rural*. En: Gastó, J., P. Rodrigo e I. Aránguiz. Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago, Chile.
- WALKER, J., P., REDDELL. 2007. *Retrogressive succession and restoration on old landscapes*. En: Walker, L., J., Walker, R., Hobbs. Linking Restoration and Ecological Succession. Springer Series on Environmental Management. New York USA.
- WARDLE, D., D., PELTZER. 2007. *Above-Belowground linkages, ecosystem development, and ecosystem restoration*. En: Walker, L., J., Walker, R., Hobbs. Linking Restoration and Ecological Succession. Springer Series on Environmental Management. New York USA.

WILCORE, D.S. 1987. *From fragmentation to extinction*. Na Areas J. 7: 23–29.
















WYMORE, W. 1976. Systems engineering methodology for interdisciplinary teams. John Wiley. New York, Estados Unidos

ZAFFARONI, F. 2005. *Desarrollo rural, Metodología de Análisis y Restauración de Territorios Degradados, Estudio de Caso de la Cordillera Andina*. Proyecto de título, Politécnico di Milano, Fac. Ingegneria per L' Ambiente e Il Territorio. Milán, Italia.

Anexo 2. Distribución de los tipos forestales que abarcan los bosques templados del sur de Chile. (Donoso, 1998)



Anexo 3. Simbología perfiles vegetacionales

	N.A.,N.a	→	<i>Nothofagus alpina</i> , Raulí
	N.D.,N.a.	→	<i>Nothofagus dombeyi</i> , Coigüe
	L.P., L.p.	→	<i>Laureliopsis philippiana</i> , Tapa
	D.D., D.d.	→	<i>Dasyphyllum diacanthoides</i> , Trevo
	A.P.,A.p.	→	<i>Aetoxicum punctatum</i> , Olivillo
	A.C.,A. c.	→	<i>Aristotelia chilensis</i> , Maqui
	L.A. L. a	→	<i>Luma apiculata</i> , Arrayán
	C.c.,C.c.	→	<i>Chusquea culeu</i> , Coligüe
	A.S.,A. s	→	<i>Azara serrata</i> , Corcolén
	L.D. L. d	→	<i>Lomatia dentata</i> , Avellanillo
	B. sp.	→	<i>Berberis sp</i> , Michay
	A. sp	→	<i>Acer sp</i>
	P.A.	→	<i>Prunus avium</i> , Cerezo
	R. u.	→	<i>Rubus ulmifolius</i> , Zarzamora
	R. e.	→	<i>Rosa eglanteria</i> , Rosa mosqueta

INDICE DE FOTOS

Foto 1. Cobertura de bosques en Hueñivales.....	95
Foto 2. Cobertura de cultivo forestal.....	95
Foto 3. Cobertura de cultivo frutal.....	96
Foto 4. Cobertura de herbácea cespitosa (mallín).....	96
Foto 5. Cobertura de matorral <i>Chusquea sp.</i>	96
Foto 6. Cobertura de matorral Zarza (<i>Rubus ulmifolius</i>).....	96
Foto 7. Cobertura de pradera.....	96
Foto 8. Cobertura de sabana arbustiva.....	96
Foto 9. Bandurria (<i>Theristicus melanopsis</i>).....	101
Foto 10. Rayadito (<i>Aphrastura spinicauda</i>).....	101
Foto 11. Comesebo (<i>Pygarrhichas albogularis</i>).....	101
Foto 12. Jote cabeza negra (<i>Coragyps atratus</i>).....	101
Foto 13. Carpinterito (<i>Picoides lignarius</i>).....	101
Foto 14. Pitío (<i>Colaptes pitius</i>).....	101
Foto 15. Rara (<i>Phytotoma rara</i>).....	102
Foto 16. Fío-fío (<i>Elaenia albiceps</i>).....	102
Foto 17. Chucao (<i>Scelorchilus rubecula</i>).....	102
Foto 18. Churrete (<i>Cinclodes patagonicus</i>).....	102
Foto 19. Tordo (<i>Curaeus curaeus</i>).....	102
Foto 20. Zorro culpeo (<i>Pseudalopex culpaeus</i>).....	102
Foto 21. Vega.....	104
Foto 22. Estero.....	104
Foto 23. Cauce hídrico.....	104
Foto 24. Quebrada.....	104
Foto 25. Cerco almbre púas.....	108
Foto 26. Cerco natural.....	108
Foto 27. Cerco vivo.....	108
Foto 28. Camino jeep y camioneta.....	108
Foto 29. Sendero.....	108
Foto 30. Hornilla.....	108
Foto 31. Pueblas.....	111
Foto 32. Pueblas.....	111
Foto 33. Cosecha de los árboles de mejor calidad en el sur de Chile durante la primera mitad del siglo XX.....	127
Foto 34. Transporte de madera por medio de fuerza animal.....	127
Foto 35. Utilización del fuego para eliminar restos de madera.....	127
Foto 36. Paisaje resultante de la apretura de tierras desorganizada. Aún se aprecian restos de madera abandonados.....	127
Foto 37. Cercos de tocón y rumas de madera abandonada.....	127
Foto 38. Puebla que se encontraba en el predio Hueñivales.....	127
Foto 39. Tipo forestal Co-Ra-Te, dominado por <i>L. philippiana</i>	131
Foto 40. Tipo forestal Co-Ra-Te, dominado por <i>N. dombeyi</i>	131
Foto 41. Tipo forestal Co-Ra-Te, dominado por <i>L. philippiana</i>	131
Foto 42. Tipo forestal Co-Ra-Te, dominado por <i>N. alpina</i>	131
Foto 43 Efecto de ramoneo sobre crecimiento <i>N. dombeyi</i>	135

Foto 44. Vegetación predio Santa Rosa	135
Foto 45 Evaluación del crecimiento regeneración natural y plantación de especies nativas	149
Foto 46 .Restauración de áreas de bosque.....	149
Foto 47. Erosión	153
Foto 48. Enmalezamiento	153
Foto 49. Degradación de Tecnoestructura.....	153
Fotos 50. Contaminación visual	153
Foto 51. Arreglo caminos, .rellenos de zonas de barro con piedras.	178
Foto 52. Camino estabilizado con ripio.....	178
Foto 53. Servidumbre de paso, camino, cercos y tendido eléctrico	178
Foto 54. Construcción Puente.....	178
Foto 55 . Puente que cruza el estero Ñanco.....	178
Foto 56 . Dren.....	178
Foto.57 Vista de paisaje que se aprecia desde el casco predial, de fondo la Sierra Nevada	184
Foto 58. Red eléctrica con sectores superficiales y subterráneos.....	184
Foto 59. Red hídrica	184
Foto 60 Casa trabajador del predio.....	184
Foto 61 Casa principal.....	184
Foto 62. Enriquecimiento para formar parque	184
Foto 63. Estado inicial (2001) potrero la puebla	191
Foto 64 Estado inicial (2001) potrero corrales	191
Foto 65. Pastoreo	191
Foto 66. Roza de cercos vivo y construcción de nuevos cerco de púa.....	191
Foto 67. Reapotreramiento y exclusión de zonas de erosión	191
Foto 68. Limpieza de las pueblas	191
Foto 69. Control químico de malezas.....	192
Foto 70. Roza de malezas	192
Foto 71. Quema de restos vegetales	192
Foto 72. Rebaje de los árboles para la formación de dehesas	192
Foto 73. Estado potrero la puebla en el año 2008	192
Foto 74. Estado potrero corrales en el año 2008	192
Foto 75. Efecto de exclusión de ganado 75	200
Foto 76. Enriquecimiento 76	200
Foto 77. Exclusión y enriquecimiento 77	200
Foto 78. Control de <i>Chusquea sp</i> 78	200
Foto 79. Regeneración natural 79.....	200
Foto 80. Efecto del raleo en la regeneración natural 80	200