

Pontificia Universidad Católica de Chile
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Departamento de Ciencias Vegetales

Evolución histórica de los patrones de uso de suelo en la cuenca de la Laguna de Aculeo

Claudia Elena Cossio Traverso

Proyecto de Título presentado como parte de los requisitos para optar al título de
Ingeniero Agrónomo.

Juan Gastó (Guía)
Carlos Bonilla (Co. Guía)
Eduardo Olate (Informante)

Septiembre, 2008
Santiago, Chile

“Los Paisajes, los espacios no son únicamente realidades presentes, sino que son también, y en gran medida, supervivencias del pasado... La Tierra está, como nuestra piel, condenada a conservar la huella de antiguas heridas”

(Fernand Braudel 1993: La identidad de Francia.)

Agradecimientos

Agradezco primero al profesor Juan Gastó, por anteponer el valor de la docencia al mero traspaso de información, siendo de esta manera un pilar fundamental en mi formación personal y profesional. También por su apoyo en terreno y guía teórica.

Al profesor Carlos Bonilla, que realizó una labor desinteresada de guía y corrección en la definición de objetivos de este trabajo.

A Juan Pablo y Emilio, de PRODESAL de la I. M. de Paine, por su orientación y apertura a brindar información y contactos.

A las instituciones públicas que brindaron gratuitamente su información (DGA, SAG).

A Rodrigo Villa de la Facultad de Ciencias de la U. de Chile, por la información y los consejos brindados.

A Pablo García por facilitarme el acceso y el alojamiento en las visitas a terreno.

A Consuelo Gálvez, por su apoyo técnico, consejo y amistad brindada durante este largo proceso.

A los aportes teóricos, prácticos, materiales y espirituales de mis amigos Cristian Rodríguez, Daniel Salinas, Enrique Cruz, Tomás Altamirano, Marco Pfeiffer, Raúl Contreras y Rodrigo Sainz.

A Laura, mi hermana, por su labor de corrección.

A todos quienes me dedicaron su tiempo para escuchar y entregar información, tanto en Aculeo como en los servicios públicos.

A mis padres, por su paciencia.

A mis abuelos, por la inspiración.

A Raúl, por creer en mí.

Resumen

Cossio C.E. (2008): Evolución histórica de los patrones de uso de suelo en la cuenca de la Laguna de Aculeo.

Este trabajo es un ejemplo de análisis histórico, a escala de paisaje, de cómo la situación histórica y geográfica, determina la configuración espacial en un paisaje rural periurbano de matriz agropecuaria, y en consecuencia de ello, combinado con las condiciones naturales del territorio, se presenta degradación ambiental.

La cuenca de la Laguna de Aculeo es una cuenca endorreica que posee una laguna a 360 m.s.n.m. Forma parte de la hoya hidrográfica del Río Maipo, con un clima Mediterráneo y precipitación promedio de 544 mm. Y se ubica en (33° 52` S, 70° 52` W) a 65 km de Santiago.

El objetivo de esta investigación es conocer la evolución histórica de los patrones espaciales de uso de suelo en este territorio, con énfasis en el período 1961 - 2007, de manera de comprender las actividades humanas que los han provocado.

El uso de material como fotografías aéreas, información histórica, cartografía de línea de base de organismos estatales, entrevistas, trabajo en terreno, con la herramienta del software Arc View 3.2; permitió estudiar la evolución de un paisaje rural agrícola que comenzó a poblarse en el siglo XVI y a abrirse sus bosques para uso productivo, hace a menos 200 años.

Los resultados muestran los cambios de uso de suelo según 6 tipologías generales, y de ellas, los cambios en detalle de las dos más dinámicas; agropecuario y construido, en dos períodos de tiempo (1961 - 1994) (1994 - 2007).

Los principales cambios de uso en la cuenca se relacionan con las etapas históricas que los determinaron y las funciones que ha cumplido el territorio para la sociedad, en cada una de ellas. Mientras Aculeo fue una hacienda, la matriz agropecuaria fue dominante, con mayor intensidad en planos y zonas de riego y una administración común.

La reforma agraria, a mediados del siglo XX, marca el paisaje y la actividad agropecuaria, al disminuir el tamaño de las unidades administrativas y cambiar por completo a estructura de propiedad y social. La agricultura tiene hasta este momento, una evolución coincidente con la realidad nacional.

A partir de la segunda mitad del siglo XX, Aculeo comienza a cumplir nuevas funciones como lugar turístico, lo que genera una presión urbanizadora y aumento del valor monetario de la tierra, ante lo cual la agricultura y el territorio de piedemonte ceden territorio y la agricultura decae. Fenómeno que arrastra consigo una serie de cambios económicos, sociales y de estructura del territorio.

Ya a fines del siglo XX y durante los últimos años, se han incorporado nuevas funciones al territorio, que son la de conservación de biodiversidad y brindar belleza escénica y calidad de vida. Características que se espera perduren por generaciones. Las múltiples funciones que cumple el territorio de Aculeo y por lo tanto los actores sociales involucrados, han entrado en conflicto por la degradación ambiental, que hace escasos los recursos que se deben compartir.

El estudio demuestra que los cambios sociales determinan la estructura y funcionamiento del paisaje, específicamente la intensidad y el uso del suelo. Y por lo tanto las consecuencias de ello. Aun así, en una cuenca como Aculeo, por su característica endorreica, los impactos del uso de suelo se manifiestan con mayor rapidez y acumulación progresiva, lo que hace de este territorio un ejemplo de estudio de la contaminación difusa.

El análisis de la información obtenida concluye que se debe tomar el peso a la necesidad de regular en una cuenca los usos de suelo con una visión integradora, procurando que las acciones sean de bajo impacto, ya que los efectos se hacen sentir en el sistema completo y afectan a todos los que gozan del recurso. El desafío planteado entonces, es trabajar por la sobrevivencia de los paisajes.

Palabras clave: Cambio de uso de suelo, SIG, Aculeo, paisaje periurbano.

Tabla de Contenidos

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Planteamiento del problema.....	1
1.2.	Objetivos.....	4
1.3.	Estructura del estudio.....	4
2.	BASES TEÓRICAS	5
2.1.	La perspectiva del paisaje en el estudio de la relación del ser humano con la naturaleza.....	5
2.2.	Modificación o conformación del paisaje.....	9
2.3.	Cuenca hidrográfica lacustre.....	17
2.4.	El desarrollo sustentable de los paisajes rurales y la planificación del uso de suelo.....	31
3.	METODOLOGÍA	36
3.1.	Determinación de límite del área de estudio.....	37
3.2.	Análisis espacio temporal de cambios de uso de suelo.....	39
4.	EL PAISAJE EN ESTUDIO: LA CUENCA DE ACULEO	41
4.1.	Localización y delimitación.....	42
4.2.	Biogeoestructura	43
4.3.	Hidroestructura	55
4.4.	Tecnoestructura.....	65
4.5.	Socioestructura.....	72
5.	USO DEL SUELO.	75
5.1.	Etapas históricas que han determinado los usos dados al territorio en Aculeo.....	75
5.2.	Cambios de uso del suelo 1961-2007.....	79
5.3.	Cambios de uso de suelo más relevantes en superficie y en dinámica de cambio..	89
5.4.	Evolución de manejo e intensidad de la actividad agropecuaria en el período 1961–2007.....	103
6.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	108
6.1.	Características de cambios estructurales según período de tiempo.	108
6.2.	Impactos del cambio de uso de suelo en el funcionamiento del paisaje	113
6.3.	Escenario futuro.	115
6.4.	La metodología, alcances y limitantes.	116
7.	CONCLUSIONES	117
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
ANEXOS	.....	123
Anexo I.	Precipitaciones.....	123
Anexo II.	Cambio de uso de suelo	125

Índice de cuadros

Cuadro 1.	Características diferenciadoras de los lagos someros mediterráneos.....	26
Cuadro 2.	Respuestas a eutrofización creciente de los parámetros medibles.....	28
Cuadro 3.	Parámetros de estado trófico para lagos someros.....	30
Cuadro 4.	Instrumentos de Planificación Territorial, según Ordenanza General de Urbanismo y Construcción.....	35
Cuadro 5.	Fotografías aéreas, mapas topográficos y cartografía elaborada usados.....	37
Cuadro 6.	Criterios de limitación área de aporte a la laguna.....	38
Cuadro 7.	Clasificación de usos de suelo utilizada.....	39
Cuadro 8.	Cartografía elaborada en este trabajo utilizando el software de trabajo Arc View 3.2.....	40
Cuadro 9.	Precipitación mensual (mm) en estación Aculeo 360 m.s.n.m. (33° 52' S, 70° 52' W) en dos períodos.....	45
Cuadro 10.	Superficie según distrito de pendiente.....	47
Cuadro 11.	Superficie regable.....	56
Cuadro 12.	Parámetros morfométricos de la Laguna de Aculeo.....	59
Cuadro 13.	Distrito Aculeo en el 2002 (Rangue, Pintué, Aculeo Bocahuao).....	67
Cuadro 14.	Origen del agua domiciliaria, 2002 distrito Aculeo.....	67
Cuadro 15.	Habitantes censados de Aculeo (incluye actual distrito de Abrantes).....	73
Cuadro 16.	Población distritos censales de Paine.....	74
Cuadro 17.	Categorías generales de uso de suelo determinadas para la cuenca de Aculeo.....	79
Cuadro 18.	Principales transiciones de uso de suelo.....	82
Cuadro 19.	Matrices de reemplazo de uso de suelo (ha) períodos 1961-1994 y 1994-2007.....	82
Cuadro 20.	Cambios de superficie de los usos de suelo en el período 1961-2007 respecto del total del área de estudio.....	83
Cuadro 21.	Cambios en la distribución de los usos de suelo en cada distrito de pendientes.....	83
Cuadro 22.	Tipologías de uso de suelo de la categoría Construido, determinadas para la cuenca de Aculeo.....	89
Cuadro 23.	Cambios de superficie de las tipologías de uso de suelo Construido en el período 1961-2007 respecto del área de uso Construido.....	90
Cuadro 24.	Ocupación y riberas amuralladas en los años 1961, 1994 y 2007.....	92
Cuadro 25.	Características usos de suelo agropecuario.....	93
Cuadro 26.	Cambios de superficie de las tipologías de uso de suelo Agropecuario en el período 1961-2007 respecto del área de uso Agropecuario.....	94
Cuadro 27.	Aplicación de nitrógeno en Chile, en base a recomendaciones de SOQUIMICH.....	105
Cuadro 28.	Gatillantes del cambio de manejo en las tipologías de uso Agropacuario.....	106
Cuadro 29.	Transiciones de uso de suelo más relevantes en el período 1961 - 2007.....	108

Índice de cartas

Carta 1.	Relieve.....	49
Carta 2.	Distritos.....	50
Carta 3.	Capacidades de uso.....	51
Carta 4.	Tipos vegetacionales En base a (Costa, 2002, Base cartográfica GEF Cantillana).....	54
Carta 5.	Red hidrográfica circundante.....	57
Carta 6.	Hidroestructura.....	58
Carta 7.	Tecnoestructura.....	68
Carta 8.	Predios luego de la Reforma Agraria en el área de estudio.....	70
Carta 9.	Predios en el área de estudio, posterior a 2000, falta actualización loteo condominio Alto Laguna.....	71
Carta 10.	Uso de suelo años 1600, 1822 y 1908.....	84
Carta 11.	Uso de suelo 1961.....	85
Carta 12.	Uso de suelo 1994.....	86
Carta 13.	Uso de suelo 2007.....	87
Carta 14.	Área regada.....	95
Carta 15.	Uso de suelo agropecuario 1961.....	96
Carta 16.	Uso de suelo agropecuario 1994.....	97
Carta 17.	Uso de suelo agropecuario 2007.....	98

Índice de figuras

Figura 1.	Perspectiva del paisaje como producto de la relación sociedad – naturaleza.	6
Figura 2.	(a) “ <i>Universal legalidad de los niveles jerárquicos</i> ” (Gastó, 2007) (b) Interrelación de dominios en el paisaje Van Mansvelt, (1995).....	8
Figura 3.	Figura conceptual del efecto del desarrollo planificado y autónomo del funcionamiento de las estructuras del paisaje (Antrop, 1997 en Antrop, 2000).*	10
Figura 4.	Gráfico conceptual de la frecuencia y magnitud de la evolución del paisaje en Europa (Antrop, 1997 en Antrop, 2000).	11
Figura 5.	Esquemas generalizados de la proyección horizontal de una cuenca. Los atributos más relevantes se caracterizan de acuerdo con la posición relativa de la cuenca (Gastó y Gallardo, 1985).	13
Figura 6.	Modelo de patrones de urbanización en Europa occidental (Antrop, 2000.).....	17
Figura 7.	Esquema generalizado de la proyección vertical de una cuenca. Los atributos más relevantes se caracterizan de acuerdo con la posición relativa de la cuenca (Gastó y Gallardo, 1985).....	18
Figura 8.	Factores naturales que determinan las características de funcionamiento de la cuenca con respecto a la contaminación no puntual.....	20
Figura 9.	Rutas de transporte de nutrientes y sedimentos y residuos orgánicos en la cuenca lacustre de Aculeo. Se observa que corresponden a las rutas de movimiento del agua.....	21
Figura 10.	Relación entre las precipitaciones, la cobertura vegetal y la erosión durante un año, luego de la temporada de sequía (García, 2006).	22
Figura 11.	Perfil vegetación en cuerpo de agua léntico (Leadley, 1987).....	29
Figura 13.	Delimitación del área de estudio (Hoya hidrográfica, área de aporte a la laguna dos puntos.....	38
Figura 14.	Representación cuenca de Aculeo.	41
Figura 15.	Esquicio comuna de Paine.....	41
Figura 16.	Ubicación de la comuna en la RM	42
Figura 17.	Climógrafa e Hiterógrafa de la cuenca de Aculeo.....	44
Figura 18.	Precipitaciones mensuales y evaporación de bandeja, estación Aculeo (33° 52’ S, 70° 52’ W) período (1995-2006).	45
Figura 19.	Precipitaciones anuales en la Laguna de Aculeo durante el siglo XX.....	46
Figura 20.	Gráfico superficie por distrito.	47
Figura 21.	Perfil depositacional de terraza lacustre, distrito plano al oriente de la Laguna de Aculeo, Agosto 2007.	48
Figura 22.	Cono aluvial estabilizado por vegetación nativa en Los Hornos.	53
Figura 23.	Mapa batimétrico de la laguna de Aculeo. Isopletas cada 1 metro de profundidad.	59
Figura 24.	Fluctuación de nivel de la Laguna de Aculeo durante el año, promedio años 1995-2007.	60
Figura 25.	Comparación de la precipitación anual (mm) con el nivel del cuerpo en la cuenca de Aculeo. Período 1995 – 2005.....	61
Figura 26.	Cambios de humedad e impacto humano en la Laguna de Aculeo.	63
Figura 27.	Relación entre la profundidad invernal de las estaciones de muestreo DGA y el promedio anual de fósforo total en el período 1995-2005.	63
Figura 28.	Canal de riego en desuso por instalación de riego tecnificado.	64
Figura 29.	Canal de riego que es a la vez un curso de agua natural y tiene caudal en invierno.....	64
Figura 30.	Ribera fangosa, sector occidental.....	64
Figura 31.	Agua de la laguna en septiembre.	64
Figura 32.	Ribera con plantas acuáticas flotantes.....	64
Figura 33.	Plantas acuáticas en ribera.....	64
Figura 34.	Puente estero Las Cabras, camino ripio, Rangué.....	67
Figura 35.	Plano Hacienda Aculeo elaborado por Miguel Letelier 1908, adaptado por Castro, 2003.	69
Figura 36.	Localidades pobladas distrito censal Aculeo, Censo 2002.	73
Figura 37.	Superficie (%) según uso de suelo en los años 1600, 1822, 1908, 1961, 1994 y 2007.....	77
Figura 38.	Segadora automotriz en trigo de riego Aculeo 1960.	77
Figura 39.	Laguna de Aculeo desde ladera Norte, realizado por María Graham en 1822.	77
Figura 41.	Superficie (%) según uso de suelo en los años 1961, 1994 y 2007.....	80
Figura 42.	Composición porcentual de usos de suelo en los distritos de pendiente Plano, Ondulado y Cerrano – montano en los años 1961, 1994 y 2007.	81
Figura 43.	Vista aérea de las casas de Rangué.....	88
Figura 44.	Construcción en parcelas de agrado sobre cerros en sector de Piedra Molino.	88
Figura 45.	Vista aérea de la Laguna de Aculeo.	88
Figura 46.	Puerta de ingreso a fundo Los Hornos, parte del parque privado Altos de Cantillana.	88
Figura 47.	Espinal en terrenos de cultivo abandonados.	88
Figura 48.	Matorral silvestre y plantación de kiwis en sector occidental de la Laguna de Aculeo.....	88
Figura 49.	Superficie (ha) tipologías de uso de suelo Construido en los años 1961, 1994 y 2007.....	90

Figura 50.	Superficie (ha) de las tipologías de uso Construido según los distritos de pendiente en los años 1961, 1994 y 2007.	91
Figura 51.	Superficie (ha) tipologías de uso de suelo Agropecuario en los años 1961, 1994 y 2007.	94
Figura 52.	Reemplazos internos de uso de suelo agropecuario (1961- 1994) respecto de la superficie de uso agropecuario en 1961, que conservó este uso en 1994.....	100
Figura 53.	Destino de la superficie total (ha) de los territorios que dejaron de tener uso Agropecuario en el período 1961 – 1994.	100
Figura 54.	Reemplazos internos de uso de suelo agropecuario (1994 – 2007) respecto de la superficie de uso agropecuario en 1994, que conservó este uso en 2007.....	101
Figura 55.	Destino de la superficie total (ha) de los territorios que dejaron de tener uso Agropecuario en el período 1994 - 2007.....	101
Figura 56.	Condominio sector occidental de la Laguna de Aculeo.	102
Figura 57.	Parcela de agrado con acceso privado a la laguna..	102
Figura 58.	Vivienda de inquilino, construida en la época hacendal.....	102
Figura 59.	Muro y muelle de parcela de recreación para propietarios de un condominio.	102
Figura 60.	Plantación de paltos en parcela campesina.....	102
Figura 61.	Bodega abandonada. Fue entregada como bien común en la reforma agraria.	102
Figura 62.	Pradera sobrepastoreada a principios de Junio en Aculeo.....	107
Figura 63.	Pradera sobepastoreada, con matorral de espinos en Julio.	107
Figura 64.	Almendros en Los Hornos.....	107
Figura 65.	Ladera con matorral nativo y huerto de kiwis en el sector occidental de la laguna.....	107
Figura 66.	Rastrojo de maíz, pastoreado por equinos y bovinos.	107
Figura 67.	Suelo desnudo y arado en Junio. Será plantado con cucurbitáceas en Agosto.....	107
Figura 68.	Secuencia de cambios en el sector de Los Hornos en los años 1961, 1994 y 2007.	111
Figura 69.	Secuencia de cambios en el sector del camping Pintué en los años 1961, 1994 y 2007.	112
Figura 70.	Secuencia de cambios en el sector occidental de la Laguna de Aculeo en los años 1961, 1994 y 2007.	112

1. Introducción

1.1. Planteamiento del problema

El hombre modifica su entorno y éste modifica al hombre

La relación del hombre con el territorio ha evolucionado a lo largo de la historia de la humanidad, cambiando entre relaciones de cooperación y de lucha. El hombre es un ser que modifica su entorno, para así desarrollar sus actividades de la manera más cómoda posible.

En ese contexto, toda actitud o actividad humana en el paisaje se relaciona estrechamente con la percepción individual y colectiva de su entorno, la cual depende a su vez del bagaje cultural y vivencial del individuo o comunidad perceptora.

De este modo, se genera un ciclo de retroalimentación dinámico, entre el ser humano y su entorno, que se ve modificado en el tiempo y el espacio. La manera gráfica de representar este fenómeno se puede hacer mediante un ciclo, en que el ser humano actúa sobre el ambiente, modificándolo y éste le responde. En el tiempo, este ciclo funciona como una espiral, donde cada acción humana sobre el ambiente genera una respuesta de éste distinta para cada momento, y la percepción que el ser humano tiene de aquella respuesta también es diferente en cada tiempo, lo que genera que la siguiente acción humana no sea igual a la anterior.

Los paisajes reflejan la historia en su estructura y funcionamiento

Al estudiar la influencia de la acción del ser humano sobre el territorio, nos encontramos ante un fenómeno complejo y dinámico, que se compone de muchos factores que actúan en diferente intensidad en múltiples escalas espaciales y temporales, y van acumulando sus efectos, haciendo más difícil la individualización de impactos.

Como señala (Benner, 1997), nuestra percepción de lo que constituye un paisaje “natural” se basa en nuestras experiencias. Las modificaciones en los sistemas hídricos por ejemplo, sólo las notamos cuando son evidentemente artificiales y juzgamos la condición de un sistema a partir de los paisajes que nos parecen más naturales. Aún así, estos sistemas han sufrido muchos cambios antropogénicos previos a nuestra existencia.

Aquí es donde se comprende la necesidad de analizar el fenómeno desde una aproximación holística, como el enfoque de paisaje, el cual integra las dimensiones social, cultural y natural en un territorio y tiempo delimitado.

La unidad más apta para este tipo de estudios es la cuenca hidrográfica. Es un sistema integrado, que abarca múltiples escalas espacio – temporales, y que se caracteriza por la dinámica hidrológica convergente hacia los puntos más bajos de ésta, lo que hace que los efectos de intervención en el territorio, tanto antrópicos como fenómenos naturales, se reflejen con mayor nitidez en las partes bajas de este.

El fenómeno particular de los paisajes rurales periurbanos

La función tradicional de servir de alimento para los habitantes de las ciudades, ha dejado de ser una función única y primordial de los territorios rurales cercanos a las ciudades. Hoy en día, estos territorios representan además una fuente de espacios recreativos, de contemplación de naturaleza y de espacio para el establecimiento de

viviendas de baja densidad habitacional, cuyos habitantes se trasladan diariamente a la ciudad para trabajar.

El estudio de usos de suelo en perspectiva histórica

El fenómeno de expansión de las ciudades, y sus consecuencias en los territorios rurales y en la producción agrícola son de preocupación a nivel mundial, siendo el estudio de los cambios de uso de suelo, la herramienta metodológica más utilizada para analizarlos.

Esta herramienta metodológica, que se basa en la confección de cartografía en series de tiempo, permite integrar información que ha sido generada a escalas más locales y de fenómenos particulares y analizarla en el contexto del paisaje. Por esto es ampliamente utilizada en la disciplina de la ecología del paisaje.

Ya se ha mencionado que la acción humana sobre un territorio y la interacción con las condiciones naturales, se refleja en los paisajes presentes. Respecto de esto Antrop (2005), señala que el regresar a los paisajes del pasado, con los manejos, las relaciones que tenía la gente con el ambiente percibido y el significado simbólico que eso genera, ofrece información de valor para una planificación y manejo más sustentable de los paisajes del futuro.

Lagos someros Mediterráneos

Los ecosistemas de lagos someros se encuentran dentro de los más numerosos y son uno de los ecosistemas más vulnerables en el mundo (Ozan Tan, 2006). El interés científico en estos ecosistemas ha sido alto en las últimas décadas ya que la mayoría de los lagos someros están sufriendo cambios estructurales y funcionales que se evidencian en la destrucción de la cadena trófica (composición, dinámica) y en el deterioro de la calidad de las aguas por proliferación de algas y bacterias, cambios conocidos como eutrofización (Moss, 1998, en Ozan Tan, 2006). La eutrofización es el resultado de la carga excesiva de nutrientes, producto de la intensificación de las actividades urbanas y la agricultura en las áreas de captación hídrica de los lagos, y de la sobreexplotación de los peces, fenómenos que han ocurrido con intensidad a partir de la década de 1950 (Gulati, 2007).

La cuenca de Aculeo como caso de estudio

La geomorfología particular de la cuenca de la Laguna de Aculeo, con cerros que rodean el 90% de la cuenca, provoca que el cuerpo de agua no reciba afluentes externos a los proporcionados por la cuenca de captación y que la salida de agua del sistema sea muy reducida, considerándose entonces como una cuenca cerrada o endorreica.

Es un paisaje que tiene su origen en la explotación silvoagropecuaria bajo el dominio de un dueño único, cuya evolución en explotación agrícola siguió, con ciertas particularidades, la evolución de la agricultura de Chile Central a partir del siglo XVIII, actividad que le dio forma al territorio.

Las transformaciones más importantes en la cuenca de Aculeo se han registrado a partir de la segunda mitad del siglo XX, y corresponden tanto a cambios en la intensidad de producción agrícola como a transformaciones de la propiedad y uso de la tierra.

La cuenca de Aculeo, forma parte del Cordón de Cantillana, un territorio que actualmente posee la categoría de “sitio prioritario” dentro de la Estrategia Regional de Biodiversidad de CONAMA-RM, debido a los ecosistemas de gran valor ecológico que posee y por su ubicación en el suroeste de la Región Metropolitana, próxima a la gran concentración urbana que es Santiago, hecho que lo hace más vulnerable al deterioro por alteración humana.

Además, la Laguna de Aculeo es una de las pocas lagunas naturales navegables que se presentan en el valle central, y cuenta con información ecológica de miles de años, en los sedimentos del fondo.

La geomorfología particular de la cuenca de la Laguna de Aculeo, con cerros que rodean el 90% de esta, provoca que el cuerpo de agua no reciba afluentes externos a los proporcionados por la cuenca de captación y que la salida de agua del sistema sea muy reducida, considerándose entonces como una cuenca cerrada o endorreica.

Es un paisaje que tiene su origen en la explotación silvoagropecuaria bajo el dominio de un dueño único, cuya evolución en explotación agrícola siguió, con ciertas particularidades, la evolución de la agricultura de Chile Central a partir del siglo XVIII, actividad que le dio forma al territorio.

Las transformaciones más importantes en la cuenca de Aculeo se han registrado a partir de la segunda mitad del siglo XX, y corresponden tanto a cambios en la intensidad de producción agrícola como a transformaciones de la propiedad y uso de la tierra.

La combinación de características naturales y la intensa intervención humana, han repercutido en un ecosistema de agua dulce eutrófico, con serias dificultades para su restauración y gestión sustentable. El conflicto medioambiental que se comenzó a generar en la década de 1970, cuenta con una gran diversidad de actores con intereses particulares y a la vez, una amplia variedad de estudios de temas específicos, que no han sido integrados. La confusión de los actores involucrados es un hecho, ellos ven seriamente dificultada la resolución de los problemas ambientales que los aquejan, ya que no conocen con certeza su origen.

La confusión y la falta de integración de los estudios, se puede deber a la ausencia de fuentes puntuales de contaminación (la totalidad de los nutrientes aportados al cuerpo de agua provienen de fuentes difusas como la agricultura y la construcción no regulada); y además, a que no existe planificación del uso del territorio de manera específica, y se presentan serias dificultades para ejercer la autoridad normativa.

Las características que presenta la cuenca de Aculeo, permiten considerarla un ejemplo representativo de cualquier territorio rural, cuya distancia y conexión vial con la ciudad de Santiago, permiten el establecimiento de viviendas sub. urbanas y segundas viviendas de fin de semana. Además de esto, Aculeo tiene la particularidad de ofrecer una belleza escénica y un atractivo recreacional sobresalientes, debido a su laguna. Elemento que atrae con mayor fuerza el interés, respecto de otros paisajes rurales cercanos a Santiago.

Sin embargo, al mismo tiempo, por encontrarse en una cuenca endorreica y tener baja profundidad, los efectos de la intervención intensa en el territorio, se ven reflejados con mayor intensidad y en el mismo territorio que los generó.

Este trabajo, pretende ser un ejemplo de análisis histórico, a escala de paisaje-cuenca hidrográfica, de cómo la situación histórica y geográfica, determina la configuración espacial en un paisaje rural periurbano, de matriz agropecuaria. Esto se realiza mediante

el estudio de la magnitud y la frecuencia de los cambios de uso de suelo en una serie de tiempo, esperando que al revisar los errores del pasado, sea posible responder una pregunta que se hacen muchos, cómo evitar que un paisaje muera y así construir los paisajes del futuro.

1.2. Objetivos

Objetivo general:

Conocer la evolución histórica de los patrones espaciales de uso de suelo en la cuenca de la Laguna de Aculeo, con énfasis en el período 1961 - 2007, de manera de comprender las actividades humanas que los han provocado.

En consecuencia, los **objetivos específicos** de esta investigación son:

- Caracterizar la estructura del paisaje de la cuenca de Aculeo, con una perspectiva de su evolución histórica.
- Detectar y medir los cambios en los patrones de uso de suelo entre los años 1961 y 2007.
- Evaluar espacial y temporalmente las principales fuerzas cambio de uso de suelo en el período 1961 – 2007, a la luz de la situación histórica y geográfica en que se dieron lugar.

1.3. Estructura del estudio

Este documento está estructurado con un capítulo introductorio de bases teóricas, que resulta ser una monografía sobre el paisaje de cuencas de lagos someros mediterráneos, cuyo problema esquematizado como: (Deforestación + agricultura intensiva + urbanización = eutrofización), es extendido a nivel mundial.

A continuación, se presenta una caracterización del paisaje – cuenca de la Laguna de Aculeo, donde la perspectiva es histórica, de modo de conocer las razones de la condición actual de su estructura y funcionamiento. El énfasis está puesto en los cambios de uso de suelo en los períodos 1961 - 1994 y 1994 - 2007.

Finalmente, lo observado en el territorio y en la actividad agrícola, es relacionado con las circunstancias históricas que los han determinado.

2. Bases teóricas

La actividad indagatoria como reflejo del investigador

El proceso de estudio de un problema, de la índole que sea, seguirá siempre el camino trazado a partir de una combinación entre la particularidad de quien lo realiza y el contexto sociocultural en que éste se encuentra inserto. Esta aseveración, en la actualidad, podría despertar la inquietud de un lector inserto en una sociedad que a veces olvida que la objetividad y la verdad absoluta que persigue no es alcanzable, ya que van cambiando los métodos y los consensos científicos y sólo se logran descubrimientos parciales que tendrán una duración limitada.

La explicación de Antrop (2000), sobre la percepción y el aprendizaje del entorno del ser humano asevera lo siguiente: *“Los humanos tienen una percepción poderosa, analizan y reconocen patrones, imágenes y estructuras espaciales. Reconoce elementos individuales en un patrón, estos elementos los relaciona con su conocimiento y experiencia anterior y una vez lograda esta relación, los puede individualizar con un nombre propio.”*

El explicitar las bases teóricas que guían este proyecto de título, tiene el afán de reconocer que la actividad científica e investigativa se guía por una multiplicidad de enfoques y tendencias, encontrando cada una un ámbito de estudio en el que adquiere relevancia, gracias a las herramientas que entrega para resolver los problemas que dicho ámbito plantea.

2.1. La perspectiva del paisaje en el estudio de la relación del ser humano con la naturaleza

Los sistemas de la naturaleza se conforman de manera compleja, tanto que no los alcanzamos a comprender del todo. Una manera de comprender en parte los procesos e interacciones que interesan al hombre ha sido mediante la identificación de unidades consideradas autosuficientes para su estudio (ej. célula, organismos vivos, comunidades, ecosistemas). Cuando se requiere analizar unidades territoriales, en las que ocurren e interactúan múltiples procesos y factores en diferentes escalas de tiempo y espacio, un enfoque simplificador no es capaz de abarcarlos. La disciplina de la Ecología del Paisaje, ha desarrollado conceptos y una perspectiva – la del paisaje - que, según Turner (2005), caracterizándose por el estudio de amplias extensiones espaciales, ha influenciado la investigación científica en ecología, al contribuir sustancialmente en la comprensión de las causas y las consecuencias ecológicas de la heterogeneidad espacial y cómo los procesos varían y evolucionan con las diferentes escalas de espacio y tiempo.

En idioma inglés, los términos de land y landscape (terreno y paisaje respectivamente), se diferencian debido a que el segundo término integra el concepto de terreno, en sentido biofísico, con la presencia humana como observador y transformador de dicho territorio. En español, como hemos visto, los términos pierden la ventaja explicativa de una raíz común. Gastó (2006), Van Mansvelt (1997) y Doing (1997) han desarrollado ampliamente las reflexiones en torno al concepto, y han agregado al término “paisaje”, el calificativo

“cultural”, de manera de favorecer la comprensión generalizada de un concepto utilizado en español para diversos fines.

El concepto de paisaje no es fácil de comprender. Doing (1997) define el paisaje como un territorio organizado tanto por el hombre como por la naturaleza o un complejo de ecosistemas interrelacionados funcional, geográfica e históricamente. Haase (1991), agrega que el paisaje es una construcción de espacio-tiempo que está determinada por los flujos de material y energía entre el hombre y la naturaleza (Haase 1991, en Bastian 2006). Queda claro entonces el alcance integrador que pretende este concepto y es por esto que Antrop (2000) ha señalado que el paisaje debería considerarse como holístico, relativístico (depende de la percepción) y dinámico (que cambia y evoluciona).

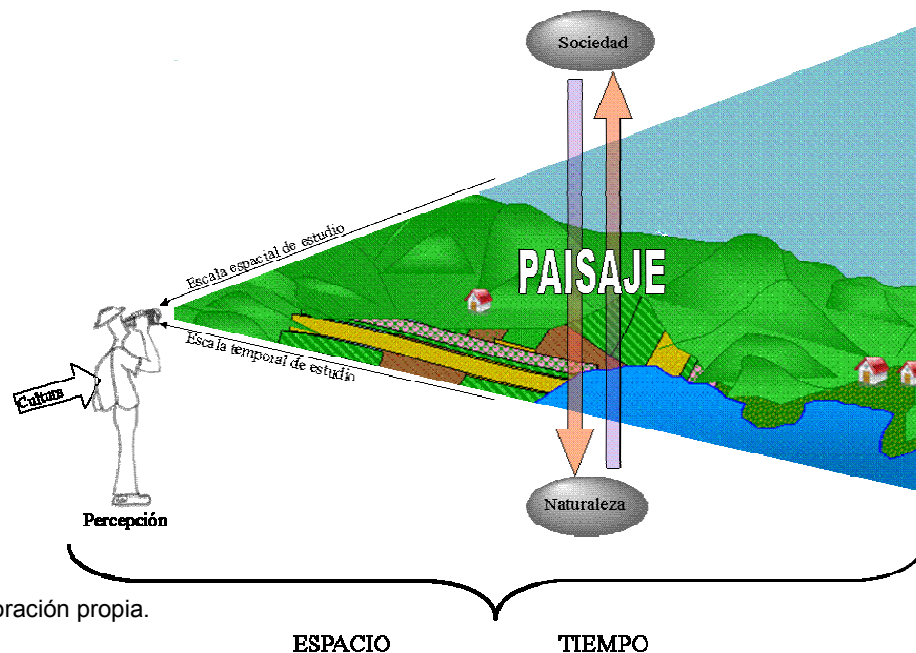
Al llamarlo holístico, se expresa la idea de que el todo es mayor que la suma de las partes que lo componen. También significa que cada elemento recibe su significancia sólo debido a su posición y su relación con los elementos que lo rodean. Esto, según Antrop (2000), tiene las siguientes implicancias:

- Cambiar el contexto, cambia la calidad del elemento incluido. El valor de un elemento no es absoluto. El mismo elemento del paisaje puede tener mayor o menor valor de acuerdo a su situación geográfica y/o temporal.
- Cambiar un elemento también cambia el todo.

Estrechamente relacionada con la concepción holística del paisaje, está la percepción humana de éste, que se comprende en relación a las características del observador. Es por esto que Antrop (2000) señala que el paisaje es relativístico o subjetivo.

La Figura 1 representa al paisaje como el producto de la interacción continua de retroalimentación entre la fuerza modificadora del hombre y la naturaleza. El observador estudia el paisaje fijando límites de espacio y tiempo a su perspectiva y lo analiza a partir de su propia cultura y posición espacio-temporal.

Figura 1. Perspectiva del paisaje como producto de la relación sociedad – naturaleza.



Fuente: Elaboración propia.

Funciones múltiples del paisaje

El paisaje no es algo que será usado sólo por los dueños de la tierra, sino por todos quienes son capaces de percibirlo y darle un valor. En el mundo occidental, especialmente en los países desarrollados, en las últimas dos décadas se ha tomado conciencia de que los espacios rurales proveen de una multiplicidad de servicios fuera de la sola producción vegetal.

Groot (2007) estudia los “*trade-offs*” entre el beneficio económico de la producción agropecuaria, la conservación de la naturaleza (biodiversidad y recursos naturales), la calidad ambiental del paisaje y la contribución a la viabilidad socioeconómica de las comunidades rurales, dejando en claro que la planificación del paisaje en términos de políticas públicas y de decisiones comunitarias e individuales, no debe considerar únicamente el uso de suelo de cada sitio, sino que debe ser diseñado como un todo.

Estudio del paisaje

Pese al carácter subjetivo y complejo del paisaje, y más aún, pese a las divergencias de los expertos respecto del concepto, en cuanto al grado de injerencia humana sobre el paisaje, y también con respecto al grado de existencia objetiva de éste (Van Mansvelt, 1993), existen metodologías y criterios para estudiarlo que pretenden integrar factores de influencia, los cuales proviniendo de todos los ámbitos, convergen por su acción en el paisaje, en un espacio y tiempo delimitado.

No hay que confundir el holismo con una intención de abarcar un todo inabarcable. El todo del que se habla, solo existe en cada caso particular de estudio. La delimitación en espacio y tiempo como se observa en la Figura 1, depende de la intención del observador y las preguntas que se plantea. La dirección que toma el estudio y los aspectos del paisaje a estudiar dependen de los resultados que se esperan y de la particularidad de quienes plantean las interrogantes.

Al momento de dividir el objeto de estudio, los paisajes se observan en una estructura vertical, que se caracteriza porque en cada nivel los componentes en interacción forman agregados funcionales que corresponden a componentes del nivel siguiente (Urban, 1987). Gastó y Van Mansvelt definen niveles jerárquicos en el paisaje que no se deben transgredir, ya que en este sistema interconectado, los niveles superiores controlan a los inferiores y por lo tanto cada nivel está limitado en cuanto a sus grados de libertad por el nivel jerárquico superior, además de la disminución propia de su nivel. (Gastó 2007).

Los niveles corresponden a procesos de organización física, química, biológica, ecológica, social, tecnológica, económica y política, que se expresan en escalas de tiempo y espacio diferentes, pero que ocurren simultáneamente. En la Figura 2.a, la relación entre los procesos ocurre en ambos sentidos. Gastó (2007) señala que para ser sustentable, cualquier solución debe necesariamente ser lícita en todos y cada uno de los niveles jerárquicos, dando a entender que la acción humana debe considerar previamente la organización natural.

Por su parte, Van Mansvelt (1995) explica la interacción de los elementos que componen el paisaje en un esquema vertical de tres dominios que dan forma al paisaje, siendo el natural el que brinda las condiciones básicas para la supervivencia, y por lo tanto se ubica en la base, y el cultural se ubica arriba ya que representa los objetivos que

persigue el desarrollo, y así da forma y valor a los dominios inferiores, apoyándose en ellos para lograrlos (Figura 2.b).

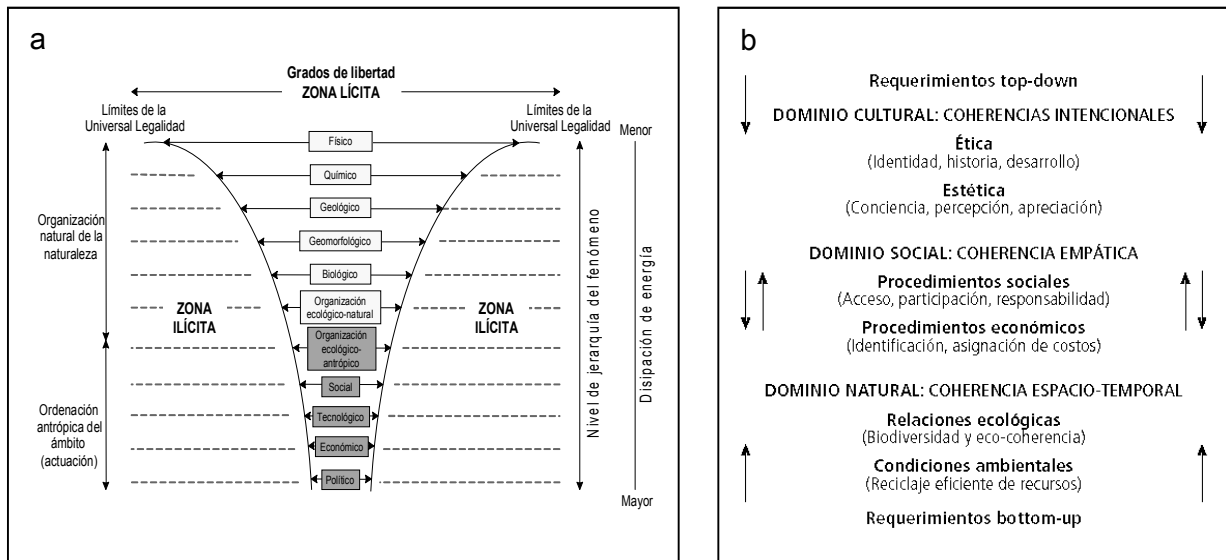


Figura 2. (a) "Universal legalidad de los niveles jerárquicos" (Gastó, 2007) (b) Interrelación de dominios en el paisaje Van Mansvelt, (1995)

Conciente de las interacciones jerárquicas, el observador y analista del paisaje no puede considerar todos los elementos influyentes en interacción simultánea, al ser un sistema tan complejo. Antrop (2000), señala que la clave está en determinar la escala o rango de influencia, tanto en el espacio como en el tiempo.

El enfoque del estudio dependerá de la percepción y de los objetivos de quien lo realiza, además de la información con que se cuenta. En el ámbito de trabajo de las ciencias de la tierra, conviene delimitar el área de estudio a diferentes escalas de espacio y tiempo según los objetivos del estudio.

La delimitación de la unidad ecológica o natural con la cual se ha de trabajar, representa un problema a veces complejo. Un ecosistema natural tiende a ser homogéneo y por sucesión tiende a desarrollarse hacia una mayor independencia de las fluctuaciones medioambientales (autonomía creciente de los sistemas) (Doing, 1997). En cambio, los ecosistemas de paisaje han perdido cada vez más su autonomía regional en las últimas décadas, y junto con el favorecimiento de las tecnologías de insumos externos, tienden a ser heterogéneos.

En el caso específico de los recursos hídricos, la unidad más extendidamente aceptada corresponde al territorio delimitado por la propia naturaleza, mediante los lindes de las zonas de escurrimiento de las aguas superficiales que convergen hacia un mismo cauce (Dourojeanni, 2002). La hidro-ecología es un determinante en el estudio del paisaje (Doing, 1997). Al ser el agua unificadora de paisajes y receptora final de los contaminantes que provoca la acción humana, el estudio de las cuencas hidrográficas facilita la percepción del efecto negativo de las acciones que el hombre realiza sobre su entorno.

Cuando se trabaja con límites administrativos, no siempre éstos coinciden con los naturales. En el caso específico de este estudio, los límites biofísicos que impone el área de captación de las aguas que confluyen en la Laguna de Aculeo, es decir su cuenca,

coinciden en parte con los límites administrativos actuales y anteriores casi en su totalidad, generándose un paisaje cultural de estudio.

Cada paisaje responde a una tipología (ej. dunas, montañoso, cuenca lacustre) y es único por su locación, composición y la relación con los paisajes que lo rodean (Antrop, 2000).

El estudio del paisaje divide las unidades de estudio en biofísicas y de paisaje, donde la unidad biofísica representa lo natural y las unidades de paisaje representan la interacción entre la unidad biofísica y el uso de suelo y demás actividades humanas.

Doing (1997) destaca que para su planificación y gestión, es crucial el mapeo de las condiciones geomorfológicas, hidrológicas y climáticas, de cobertura vegetal y de uso del suelo, de modo que estos mapas permitan identificar las relaciones funcionales entre los atributos del paisaje, y así comprender los patrones ecológicos que lo conforman. Por ejemplo, la estrecha relación entre suelos (su capacidad de retención de humedad) y la vegetación que allí se desarrolla genera una diversidad de parches de vegetación de distinta forma y tamaño, y a partir de su estudio y de las modificaciones que ha hecho la presencia humana y otros eventos naturales, podemos deducir las diferencias topográficas y de suelos que un territorio posee.

Las escalas temporales para el estudio del paisaje son diferentes dentro de un mismo estudio ya que se utilizan las más idóneas para aspectos de estudio particulares, al igual que en términos de escala espacial. Por ejemplo para los eventos del dominio natural, las herramientas de las ciencias de la tierra miden los procesos en tiempos estándar, que permiten evidenciar evoluciones y reacciones a determinados factores.

Lo que hay que tener presente es que no sólo la naturaleza cambia en el tiempo, sino que también la ética y estética humana evolucionan en el tiempo, por tanto cambian los criterios de intervención y también cambia la percepción de quien estudia el paisaje. Por lo tanto, además de la escala es importante el rango de tiempo que considera el estudio para que ilustre evoluciones.

2.2. Modificación o conformación del paisaje

Las fuerzas de cambio del paisaje provienen tanto del hombre como de la naturaleza. Ambos son capaces de modificar tanto la estructura como el funcionamiento del paisaje, y cambiar además la tasa y magnitud del cambio.

Estos cambios son producto de la interacción de retroalimentación en espiral hombre – naturaleza, que genera cambios en las respuestas de la naturaleza ante la intervención, y a su vez genera cambios en los procesos de percepción que han provocado que las soluciones de planificación y el valor otorgado a determinados paisajes varíen enormemente (Antrop, 2000).

La conformación del paisaje, al ser construido mediante la alteración de la naturaleza por el ser humano y la sociedad, refleja los cambios sociales y la relación de ésta con la naturaleza en el tiempo. El propósito primordial es adaptar el medio para mejorar las condiciones de vida, las cuales, de acuerdo a la tecnología desarrollada y a la cultura local, varían en el tiempo. Además, el hombre, como señala Antrop (2000) es un ser de sentimientos y apreciaciones, por lo que su comportamiento está parcialmente condicionado por la evaluación estética que hace de su ambiente. Existen conocidos

Dinámica o tendencias de ocupación del territorio (ocupación y uso)

Los cambios en el paisaje son la expresión de la interacción dinámica entre las fuerzas natural y social en el ambiente (Antrop, 2005). Ya en la Figura 1 y en las explicaciones de percepción y escala, se esboza la idea de que las circunstancias determinan los valores que el ser humano le asigna al paisaje y en consecuencia los usos que le da al territorio, adaptándolo a las demandas circunstanciales de la sociedad (tecnológicas, políticas y sociales), a lo que se suma, según La Gro (1998), la variabilidad espacial del clima, fisiografía y otros recursos naturales. Estos factores determinan las reorganizaciones consecutivas del territorio en todos los paisajes, evidenciando grandes cambios por fuerzas naturales. De hecho, en la historia reciente, desde que los paisajes han sido ocupados por los humanos, se pueden encontrar vestigios históricos y físicos de grandes transformaciones (Figura 4).

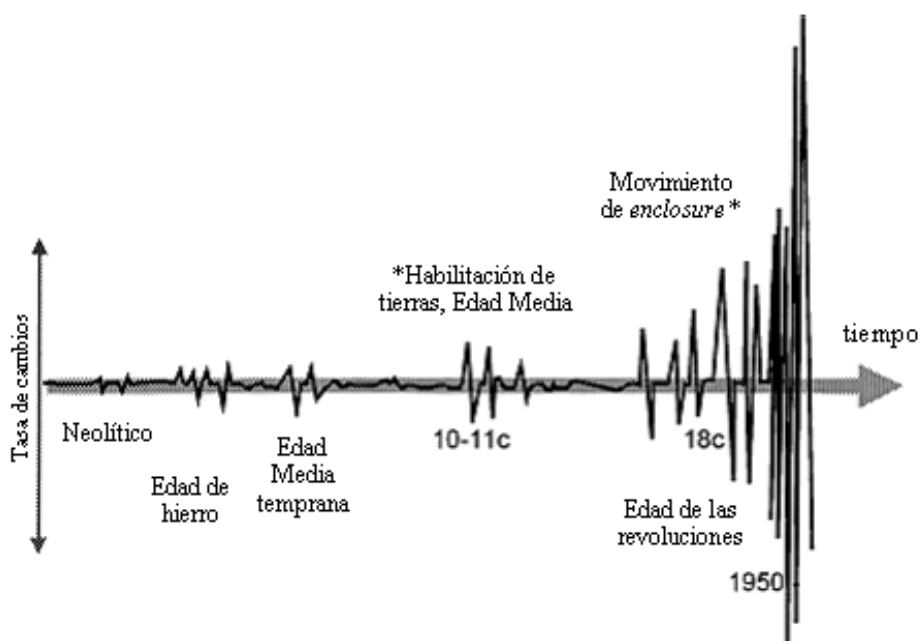


Figura 4. Gráfico conceptual de la frecuencia y magnitud de la evolución del paisaje en Europa (Antrop, 1997 en Antrop, 2000).

* Siglos 10-12 relleno de terrenos para ganar superficie al mar y humedales en los países bajos.

** Siglos 17 a 19 Proceso de reforma agraria que consistió en la toma de propiedad para pastoreo mediante el cercado de terrenos de uso compartido entre los agricultores vecinos y poseedores de ganado (terrenos arables que daban trabajo pasaron a ser praderas particulares de pastoreo que requerían poca mano de obra).

No se pretende hacer un recuento de las fuerzas de cambio en la historia, pues la extensión del análisis sería excesiva y se entraría en discusiones filosóficas sobre la naturaleza individualista del ser humano, la libertad y las razones de la acción cooperativa, que se pueden encontrar en textos como el conocido ensayo "La tragedia de los comunes" (Hardin, 1968). Sólo se pretende poder clasificar las fuerzas que provocan cambios para luego analizarlas en el caso de estudio de este documento y desde esa perspectiva poder comprender su impacto en el paisaje. Para clasificar las fuerzas se puede utilizar la jerarquización o ejemplo más adecuado a las circunstancias. En este caso la jerarquización de Gastó, o bien la de Van Mansvelt (Figura 2, a y b

respectivamente) pueden ser de utilidad, existiendo otros criterios de agrupación que guardan similitudes.

El interés de este estudio está puesto en las actuaciones humanas que modifican el territorio. Antrop (2005) señala que las fuerzas de cambio simultáneas en los paisajes, a la vez que afectan el ritmo y la naturaleza de los cambios provocados, afectan también la percepción de la gente sobre el paisaje y el valor que se le da, traduciéndose en la manera en que éste se maneja.

La Figura 5, elaborada por Gastó y Gallardo (1985), muestra las características topográficas de una cuenca generalizada y las características de la biogeoestructurales según la posición en la cuenca. A través de esta representación, se explican también una tendencia coherente de ocupación del territorio en una cuenca, dentro de los límites lícitos que permite cada nivel jerárquico, de modo que las actividades humanas se desarrollen con mayor libertad y menor riesgo, y se definen los espacios aptos para la vegetación y faunación artificial. Esto quiere decir que la ocupación e intensidad de uso guarda relación con lo que permite la naturaleza y resulta útil para el ser humano, por lo que la posición relativa a la cuenca determina la capacidad de soportar determinadas intervenciones humanas.

Las presiones de la actividad humana tienen entonces reacciones negativas cuando la intensidad es excesiva respecto de lo que el sitio, y por lo tanto el sistema completo, es capaz de soportar.

Entendiéndose por intensidad de la presión humana, a la velocidad y escala espacial que supera lo asimilable por el paisaje, se produce una superposición de usos que no guardan coherencia con las características de evolución pasadas (Antrop, 2003).

Estas características son a modo general, y aplican adecuadamente a la cuenca de la Laguna de Aculeo, por lo que una detenida lectura de este cuadro, puede aclarar los aciertos y errores del uso de suelo que se presentan en los próximos capítulos.

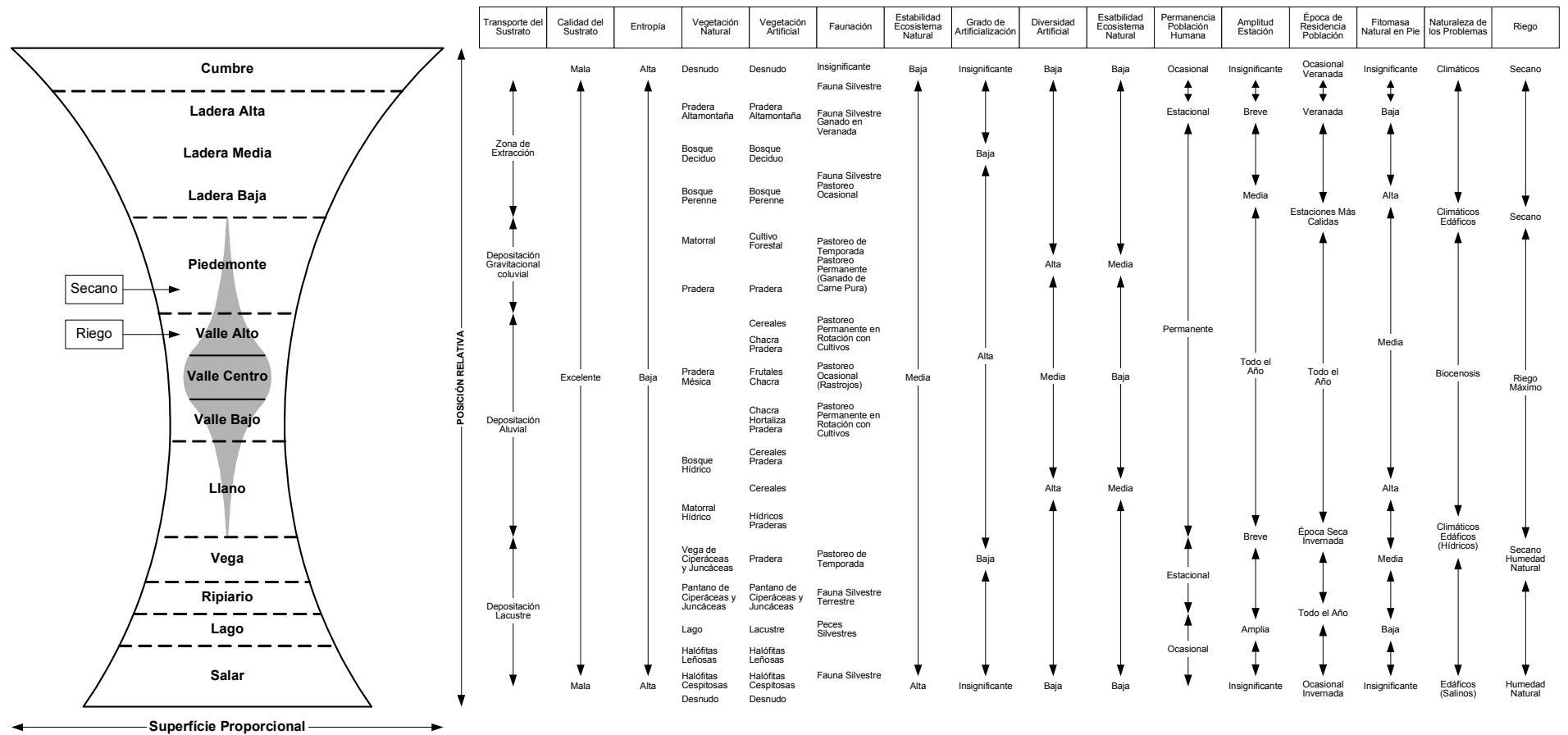


Figura 5. Esquemas generalizados de la proyección horizontal de una cuenca. Los atributos más relevantes se caracterizan de acuerdo con la posición relativa de la cuenca (Gastó y Gallardo, 1985).

Presiones sobre el paisaje

El paisaje rural ha cambiado su función como proveedor de alimentos del cual las ciudades dependían, hacia un territorio con múltiples funciones que hoy en día depende de la ciudad para su subsistencia. (Groot 2007).

Las principales presiones sobre el paisaje son:

- **Asentamientos habitacionales:** La débil competencia que ofrece el uso alternativo del territorio (inmobiliario/agrícola), favorece a la construcción habitacional (pese a la legislación), en zonas rurales que son accesibles desde la ciudad pero que no cuentan con servicios completos y dependen casi íntegramente de los que la ciudad puede prestarle, con el consiguiente sobrecargo de éstos (ejemplo claro es el de las comunas periféricas de Santiago). El carácter disruptivo del paisaje que poseen las construcciones y su aislamiento con el resto de los elementos que las rodean, también provoca presiones de cambio.
- **El territorio rural considerado como un espacio productivo:** Pese a que en número tienden a perder importancia, los agricultores son los actores más importantes en la mantención de las áreas de espacios abiertos, brindando servicios y causando daños que escapan de lo netamente productivo.
- **El espacio abierto:** Es el territorio que carece de extensas aglomeraciones de edificios u otras infraestructuras, y define el lugar considerado como rural y natural. Este espacio constituye un aspecto positivo en la sociedad occidental actual, pues es considerado un recurso natural limitado por los espacios urbanos en términos de planificación, incrementando su valor a medida que escasea, y siendo la tendencia a desear habitar este espacio.
- **Redes de infraestructura:** Las vías de comunicación que cruzan un paisaje como un elemento externo, lo disectan, pudiendo producir una fragmentación ecológica y económica, además de una desfiguración estética (Antrop, 2000). Luego de esto, gracias a la accesibilidad creada, aparecen nuevas posibilidades para el uso del suelo, se produce espontáneamente el asentamiento humano, y se da inicio a actividades tanto económicas como recreativas, que suplen las necesidades no cubiertas por el territorio, con aportes externos de mayor lejanía física.
- **Recreación:** Las zonas costeras y con atractivos con apariencia natural son preferidas para las actividades de ocio de los habitantes urbanos, produciéndose cambios en las funciones de estos paisajes, y posteriormente un cambio drástico en la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas más frágiles. Esto ocurre muy rápido y generalmente de manera descontrolada.
- **Fragmentación del paisaje:** Antrop, (2000) lo menciona como una presión apartada pese a que todas las presiones sobre el paisaje pueden causar la fragmentación. Ésta puede ser abrupta o gradual, afectando a un conjunto funcional de elementos. Algunos ejemplos son la división de un bosque o una ciudad por una carretera que la cruza, una plantación forestal que elimina las conexiones entre parches de bosque nativo, o el aumento de construcciones y cercos en un espacio abierto. La fragmentación entonces provoca la pérdida de funcionalidad que llevará a cambios de diversa índole.

Las características de locación de determinadas infraestructuras y actividades humanas son muy importantes al estudiar la tendencia del funcionamiento del paisaje, ya que determinan la magnitud del envío de contaminantes desde la fuente hacia las aguas receptoras (Bonham, 2003). Además, la distribución en el espacio de dichas actividades como un conjunto es un aspecto crucial puesto que, como también señala Bonham (2003), muchas actividades parecen beneficiosas desde la perspectiva de una única empresa o unidad, pero son menos atractivas al ser consideradas como parte de un sistema mayor, considerado como un gran fundo que agrupa a muchos predios vecinos que comparten recursos naturales.

Los gatillantes o conductores de la modificación del paisaje en su estructura que han sido mencionados, determinan el funcionamiento de éste. Esto se explica porque frente a presiones excesivas, el paisaje no es capaz de responder adecuadamente, y se produce una tendencia al deterioro ambiental, expresada en la disminución y escasez de recursos que la actividad humana requiere.

Al situarse en el contexto de la modificación estructural y funcional del paisaje, es necesario ahondar en el fenómeno de la agricultura, la urbanización, y la relación entre estas, ya que generan la mayor cantidad de presiones en los paisajes actuales.

Agricultura

Entendida como la actividad agropecuaria en general., su distribución espacial depende de la factibilidad topográfica y climática. Debido a los avances tecnológicos, se ha complejizado su distribución topográfica, pudiendo distribuirse en sitios con suelos delgados, escasez de nutrientes y dificultades para el riego gravitacional.

Los patrones de uso del territorio en agricultura siguen diferentes criterios como la seguridad alimentaria familiar, nacional o bien la rentabilidad económica, que es el criterio más generalizado en la actualidad, y como se ha mencionado, suele estar en pugna con otras fuerzas modificadoras como la urbanización. Hecho que se da especialmente en las zonas cercanas a grandes ciudades.

Aunque el territorio pueda ser utilizado con menor consideración de la topografía la vulnerabilidad del territorio sigue bajo las mismas reglas, por lo que los efectos de la osadía tecnológica, termina repercutiendo en la calidad medioambiental

Urbanización

Todo asentamiento humano ha sido ubicado para controlar el territorio que domina. Los criterios utilizados son ecológicos, económicos y psicológicos, y comúnmente son inconcidentes (Antrop, 2000). La comunidad se establece estratégicamente en un lugar (zonas altas, cercanas a los cursos de agua, vías de acceso) y crea vías de comunicación entre el centro y la periferia del territorio. Además, intenta extender su territorio para que ofrezca la mayor variedad posible de recursos naturales, hasta que los límites territoriales demarcados por otra comunidad se lo impidan.

Los avances tecnológicos y las vías de comunicación expeditas han reducido en la actualidad la influencia de los atributos naturales para el asentamiento urbano (La Gro, 1998), permitiendo ubicar construcciones habitacionales en cualquier lugar, con bajo costo de inversión y de acceso. Siendo ese un patrón generalizado en zonas rurales en la

periferia de ciudades en las que se busca vista panorámica, aislamiento o bien cuando lo que importa es ubicarse cerca de un atractivo como una playa o laguna y el terreno privilegiado se agota.

La urbanización es el término empleado para los procesos de cambio ocurridos en el territorio rural, inducido por los centros urbanos. En general, las ciudades y pueblos se organizan en su funcionamiento con la forma de esferas concéntricas o cinturones que cambian según la forma de la red de comunicación y las condiciones naturales del territorio (Antrop, 2000). Cada cinturón formado en esta esfera concéntrica se diferencia en estructura y funcionamiento de los otros, siendo la distancia desde el centro, en términos de tiempo y costo, un factor muy importante. Este factor es el que ha sido superado por las vías de transporte terrestre expeditas y por las posibilidades de conexión a distancia, facilitando la distribución de la población en áreas rurales con cercanía relativa a las ciudades (fuente de servicios y puestos de trabajo), ampliando el radio de influencia urbano en una franja externa que corresponde al territorio llamado rururbano. Según su funcionamiento básico y cercanía con la ciudad, se distingue una franja interna, que funciona como un territorio urbano pero su morfología presenta una combinación de parches rurales y urbanos, y una franja externa, cuya morfología la hace lucir como un territorio rural, con predios extensos, pero en aspectos de su funcionamiento lo hace como urbana (Figura 6). Un claro ejemplo son las zonas de parcelas de agrado, donde las estadísticas oficiales de uso de suelo se alejan bastante de la realidad, ya sea por la velocidad en que se producen los cambios como también por la dificultad de definir los usos rururbanos.

Actualmente, las condiciones de vida en zonas rurales permiten aprovechar los beneficios de lo urbano y rural a la vez (telecomunicaciones y tiempos de recorrido reducidos, que debilitan el efecto de la distancia física de muchas actividades económicas a escala regional). El viaje diario a trabajar, estudiar o disfrutar de eventos culturales a la ciudad es posible para familias que desean vivir en zonas rurales. Es así como, a diferencia de las migraciones en siglos anteriores, que se debían a la necesidad de trabajo y alimentación, el semi-migrante urbano-rural actual le otorga un valor importante al estilo de vida que desea llevar, y cuenta con el suficiente poder adquisitivo para realizarlo. Sería una equivocación pensar que este fenómeno de migración urbana-rural es el efecto reverso de la migración rural-urbana, de hecho, como se ha señalado, no consiste en un proceso de ruralización o descentralización de las grandes ciudades (Costello, 2007). Los impactos de éste fenómeno en el paisaje rural, en todos sus aspectos son parte del caso de estudio.

En la Figura 6 se observa que los patrones urbanos iniciales están estructurados jerárquicamente. Las zonas de expansión iniciales (2) rodean el centro de la ciudad principal (1). La magnitud de la urbanización depende del tamaño de la ciudad. El cambio del territorio rural circundante depende de la accesibilidad y sigue las carreteras principales.

A lo largo de las principales vías de acceso la ciudad se expande formando una periferia interna (3). Los pueblos pequeños (4 y 5) ayudan induciendo la urbanización y constituyen una periferia externa (a). Los pueblos que se sitúan a distancias que hacen posible el viaje diario a la ciudad (b) pueden ocasionar exurbios (7) (Antrop, 2000).

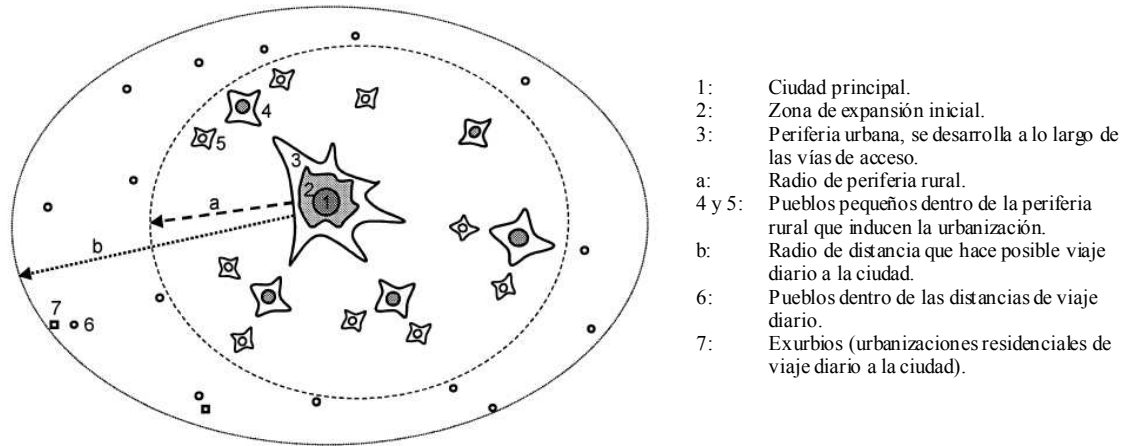


Figura 6. Modelo de patrones de urbanización en Europa occidental (Antrop, 2000.)

2.3. Cuenca hidrográfica lacustre

Las cuencas son las principales formas terrestres dentro del ciclo hidrológico, ya que captan y concentran la oferta del agua que proviene de las precipitaciones (Dourojeanni, 2002). Constituyen una unidad ecológica y geomorfológica de ordenación territorial natural, donde intervienen los procesos naturales de génesis del ecosistema. El proceso geomorfológico es el más lento y el de mayor jerarquía del sistema, y consiste en darle la forma al paisaje y ordenar el movimiento del sustrato desde las partes más altas hacia las laderas y depresiones (Aránguiz, 2002) (Figura 7).

La cuenca hidrográfica se delimita de acuerdo a la dinámica hidrológica convergente hacia los puntos más bajos de su topografía, donde la escorrentía superficial presenta un punto de salida identificable, conocido como boca de salida. Esta convergencia hace que los efectos de intervención en el territorio, ya sean antrópicos o como fenómenos naturales, se reflejen con mayor nitidez en las partes bajas del territorio, y por supuesto en sus aguas.

La cuenca es un sistema integrado que abarca múltiples escalas espacio – temporales. En su territorio se produce la interrelación e interdependencia entre los sistemas físicos y bióticos, y el sistema socioeconómico formado por los usuarios de las cuencas, sean habitantes o interventores externos de la misma.

Dependiendo del clima imperante, topografía y antigüedad del cuerpo de agua, la vegetación característica del paisaje lacustre se organiza dentro del territorio, en parches vegetacionales distintos según las posibilidades que le brinda el contenido de agua y profundidad del suelo en cada sector (ej. quebrada, ladera Norte, etc.). En el perfil altitudinal, la vegetación se presenta en una sucesión como la de la Figura 5.

Ya que el agua en los puntos más bajos refleja los efectos acumulados de las presiones humanas y naturales sobre el ecosistema, es necesario conocer de qué manera llegan los contaminantes hasta el agua en una cuenca lacustre, y de qué contaminantes se trata. Para ello es necesario revisar en especial la contaminación no puntual, el ciclo hidrológico de una cuenca, y el fenómeno de la erosión.

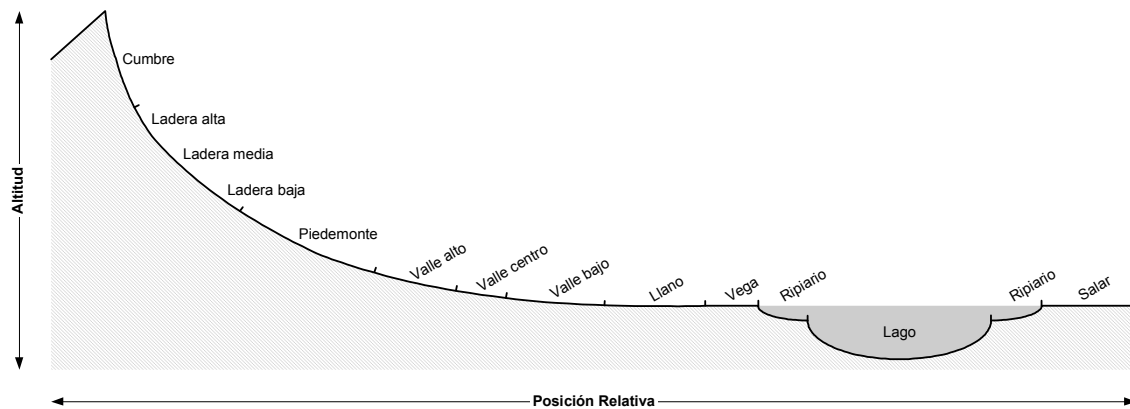


Figura 7. Esquema generalizado de la proyección vertical de una cuenca. Los atributos más relevantes se caracterizan de acuerdo con la posición relativa de la cuenca (Gastó y Gallardo, 1985)

Contaminación no puntual de recursos hídricos

A nivel mundial, la calidad del agua dulce será la principal limitante para el desarrollo sostenible en el siglo XXI Ongley, (1996). Muchos países consideran que el gasto de dinero y esfuerzos en remediar la contaminación de agua representará una pérdida de oportunidades de desarrollo. Esto ocurre debido a que el régimen de flujo de agua dulce está totalmente utilizado, y la contaminación ya no puede ser remediada diluyéndola en grandes volúmenes de agua.

La contaminación del agua se puede definir como cualquier alteración que empeore el valor del agua para el uso humano y de otros organismos, y las fuentes de contaminación pueden ser puntuales o no puntuales (Chiras, 2002).

Según el tipo de contaminante, la clasificación de Chiras (2002) los divide en 7 grupos:

- Sedimentos
- Nutrientes inorgánicos
- Residuos orgánicos demandantes de oxígeno
- Polución térmica
- Microorganismos productores de enfermedades
- Químicos orgánicos tóxicos
- Metales pesados

Basándose en la información previa respecto a las actividades humanas y a los efectos medioambientales observados en el área de estudio, y según los objetivos de esta investigación, el enfoque se concentra en los tres primeros contaminantes de la lista, y en el origen no puntual de la contaminación.

La principal característica de la contaminación no puntual o difusa (en inglés NPS o non-point source pollution), es que no existe un punto de entrada evidente al curso de agua receptor, como por ejemplo una cañería, por lo que es difícil de identificar, medir y controlar su origen (Ongley, 1996). Tampoco es fácil identificar, en algunos casos, si la fuente es puntual o no puntual, por lo que comúnmente se utilizan criterios legales.

Según Campbell (2004), las fuentes no puntuales se caracterizan por:

- Responder a las condiciones hidrológicas.
- Ser difíciles de medir o controlar directamente.
- Estar asociadas a prácticas de gestión territorial.

Por definición, la contaminación no puntual es causada por el uso humano del territorio y la transformación del uso de suelo (Campbell, 2004). Bonham señala que las actividades de uso de suelo que producen la mayor cantidad de contaminación no puntual son:

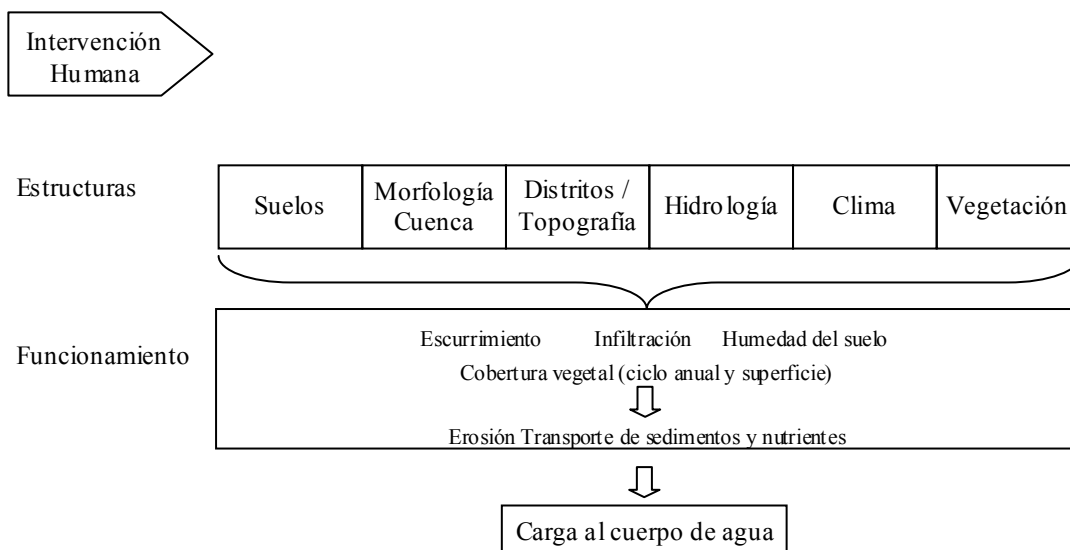
- Agricultura y ganadería (pesticidas, fertilizantes, estiércol, sedimentos).
- Silvicultura o deforestación (sedimentos).
- Minería abandonada (drenaje de ácidos y metales pesados).
- Construcción (sedimentos).
- Actividades urbanas (múltiples contaminantes por escurrimiento debido a la impermeabilización del suelo).

La contaminación se produce cuando estas actividades alteran las condiciones naturales en una magnitud o velocidad mayor a la que la capacidad de asimilación del ecosistema es capaz de resistir, resultando modificados los sistemas en su funcionamiento natural.

Es difícil discriminar entre los impactos que se producen por fenómenos naturales puros y los que se producen por acción humana (directa e indirectamente) ya que la acción humana, lo que produce es una modificación de la condición de los factores naturales, los cuales determinan en gran medida la capacidad del ecosistema para reaccionar de cierta manera ante la intervención humana (Figura 8). Resultando esta reacción, muy diferente de lo que se espera o pretende (Figura 3).

Aparte de la contaminación causada, se produce una degradación de los recursos naturales, principalmente el suelo, el cual pierde fertilidad y disminuye su capacidad de retención de agua. Un ejemplo que nos sirve para entender el impacto de los cambios de uso de suelo, es lo ocurrido en Estados Unidos en la década de 1930, en los llamados “dust bowl years”, donde varios años de sequía combinados con la crisis económica que obligó a los agricultores a no sembrar, dejó vastos territorios desnudos. Esto provocó decenas de tormentas de tierra cada año en las que se perdieron varios centímetros de la capa más fértil del suelo en grandes territorios del centro sur del país, que fueron a parar al Atlántico.

Figura 8. Factores naturales que determinan las características de funcionamiento de la cuenca con respecto a la contaminación no puntual.



Fuente: Elaboración propia.

En el caso de las fuentes puntuales de contaminación, las causas y los consiguientes efectos son fácilmente identificables. La ventaja del control de estas fuentes es que puede ser efectivo mediante tratamiento de efluentes de acuerdo a las regulaciones y permisos de descarga. En cambio, el control de las fuentes no puntuales, especialmente en agricultura, se realizan mediante educación, promoción de prácticas apropiadas de manejo y modificación del uso de suelo, también llamadas *Best Management Practices* o Buenas Prácticas de Gestión (Ongley, 1996).

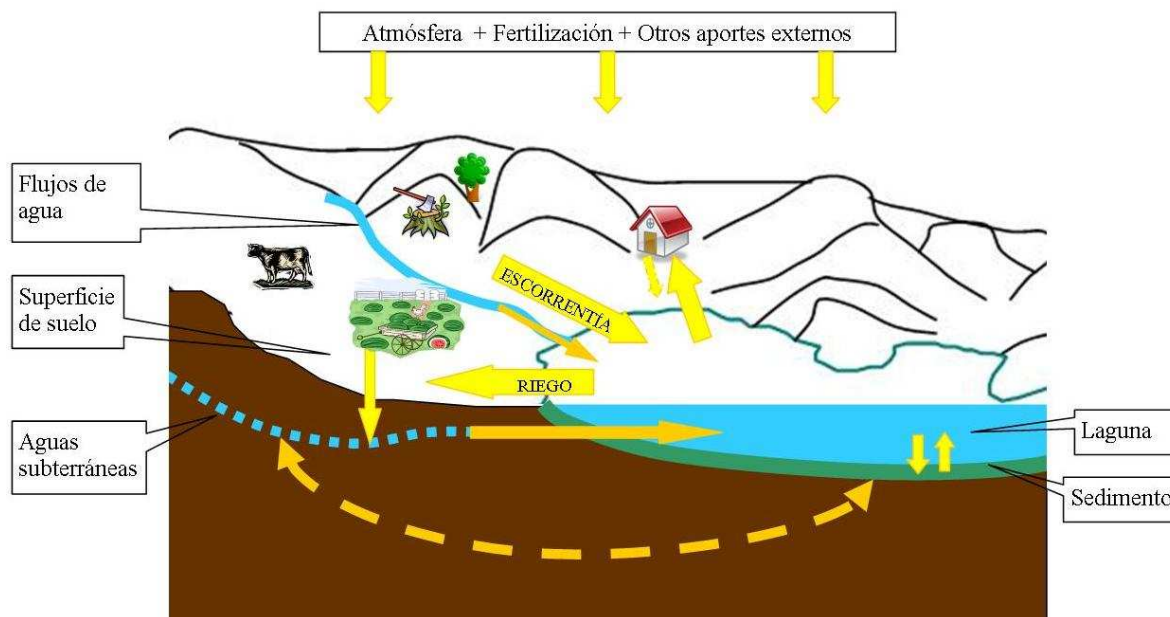
Como se señaló anteriormente, la contaminación no puntual se relaciona estrechamente con las condiciones hidrológicas del territorio (Campbell, 2004). Un hábitat natural que contiene y drena agua no contaminada, también transporta nutrientes, minerales, sedimentos, microorganismos, y desechos orgánicos entre otros. Los sedimentos llegan a las aguas producto de la erosión. Los nutrientes inorgánicos, dependiendo de sus propiedades químicas, llegan disueltos en el agua de escurrimiento superficial, formando parte del sedimento arrastrado por erosión, o bien llegan disueltos a las aguas subterráneas por lixiviación en los suelos. Por su parte, los residuos orgánicos llegan junto con los sedimentos en las aguas superficiales, o se generan en el mismo ecosistema acuático y se incorporan como residuos en grandes cantidades al producirse mortandades de plantas y/o animales.

A excepción del nitrógeno, que se encuentra comúnmente en aguas subterráneas en zonas agrícolas al ser fácilmente lixiviado, el principal contribuyente de sedimentos, nutrientes, agroquímicos y desechos animales a los cuerpos de agua y canales, es el escurrimiento superficial (Ongley, 1996).

Como se observa en la Figura 9, las rutas que siguen los nutrientes y sedimentos coinciden con las de movimiento del agua en la cuenca. Las aguas superficiales y subterráneas, sobre todo ríos, lagos y fuentes subterráneas, así como las cuencas de captación, las zonas de recarga, los lugares de extracción de agua, las obras hidráulicas y los puntos de evacuación de aguas servidas, incluidas las franjas costeras, forman con

relación a una cuenca, un sistema integrado e interconectado (Dourojeanni, 2002). Esto se traduce en que todos los usos y usuarios del agua -que tienen distintos requerimientos de calidad, cantidad y momento de uso- se encuentren en interdependencia. Por ejemplo, los usos llamados “consuntivos” (como riego y abastecimiento de agua potable) requieren de una determinada calidad de agua, que en parte es utilizada y otra parte se evapora o evapotranspira. Una parte importante del agua utilizada regresa al sistema aguas abajo, pero con menor calidad, perjudicando a los usuarios que se encuentran más abajo. Es así como a consecuencia de las diversas actividades realizadas en las partes de la cuenca situadas aguas arriba, separadas cronológicamente, tienden a acumularse los efectos negativos en las partes más bajas y se acentúan con el tiempo. Así también parte de lo que es arrastrado por el escurrimiento se deposita en un sinnúmero de sitios y no llega íntegramente al agua, cambiando la topografía y los suelos.

Figura 9. Rutas de transporte de nutrientes y sedimentos y residuos orgánicos en la cuenca lacustre de Aculeo. Se observa que corresponden a las rutas de movimiento del agua.



Fuente: Elaboración propia.

Escorrentía y erosión

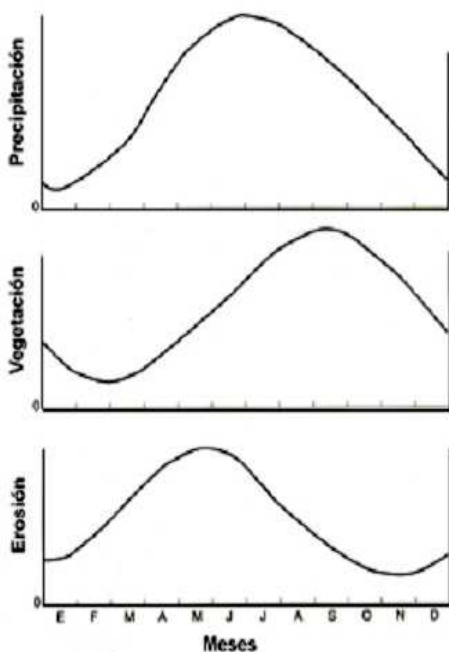
La erosión es la remoción de partículas de suelo en diferentes grados y por diversas causas. Dentro de las causas provocadas por la actividad humana está la deforestación, la construcción y el sobrepastoreo, que desnudan y compactan el suelo y lo exponen al efecto del clima y las prácticas agrícolas inadecuadas que también exponen suelos de gran fragilidad a la acción del agua y del viento. Su importancia radica tanto en los efectos que provoca (pérdida de suelo y de fertilidad), como en la proporción de los nutrientes generados por estas actividades que llegan al curso de agua, la que a su vez depende de la distancia entre la fuente y el agua, y de la atenuación que exista en el trayecto.

En el caso de los climas templados, las principales vías de transporte de nutrientes, son la escorrentía (en inglés “runoff”), que es la porción de la precipitación sobre el suelo que

alcanza las corrientes de agua, y el agua subterránea, que es agua subsuperficial que ha percolado a través del sistema del suelo. La cantidad de escurrimiento depende principalmente de la interacción entre la tasa de infiltración y la tasa de precipitación (cantidad de agua caída en un determinado tiempo). Cuando precipita gran volumen de agua en corto tiempo, el suelo se satura rápidamente y la proporción de escurrimiento superficial aumenta. Además, factores como la pendiente, la cobertura del suelo y la compactación superficial, al reducir la infiltración, aumentan el escurrimiento y por consiguiente, la erosión.

En climas con estaciones de sequía, como el clima mediterráneo, al final de este período, el suelo presenta una cobertura herbácea mínima, ya sea por la aridez del verano como por el laboreo de tierras, lo que provoca que al momento de inicio de las lluvias la erosión sea evidentemente más intensa y posteriormente, a medida que la vegetación se desarrolla, la erosión disminuye (Figura 10).

La erosión limita el uso de los recursos hídricos al cargar o rellenar los cuerpos de agua receptores con sedimentos y al alterar el hábitat natural de las plantas acuáticas y la vida animal (Bonham, 2003). Los sedimentos son también transportadores de muchos contaminantes, incluyendo nutrientes (Bonham, 2003), destacando que más del 90% de las pérdidas de nutrientes en el suelo se deben a pérdidas por erosión.



Los nutrientes pueden ser transportados desde la superficie del suelo en conjunto con el sedimento (erosión) o disueltos en el agua por escurrimiento, además de moverse por el agua subterránea (Figura 9). Muchos contaminantes no son fácilmente solubles en agua y comúnmente se transportan asociados a sitios de intercambio iónico de partículas de arcilla y limo de tamaño $<63 \mu\text{m}$ o a partículas de carbono orgánico.

Figura 10. Relación entre las precipitaciones, la cobertura vegetal y la erosión durante un año, luego de la temporada de sequía (García, 2006).

Tanto el fósforo como el nitrógeno son elementos que se encuentran naturalmente en los suelos y son esenciales para el crecimiento de las plantas y los demás seres vivos. El fenómeno de eutrofización, causado principalmente por exceso de estos dos nutrientes en el agua requiere de una breve explicación de sus características, con énfasis en su disponibilidad para la asimilación.

Es importante saber que los nutrientes que se encuentran en el sedimento están disponibles para la biota en una baja proporción, a diferencia de los nutrientes en suspensión y disueltos (Ryding, 1992). Por ello influyen fuertemente los procesos internos del cuerpo de agua que determinan el nivel de eutrofización.

Fósforo (P)

El fósforo ha sido individualizado como el contaminante de importancia porque es considerado el nutriente que limita el crecimiento de la vegetación acuática en mayoría de las aguas superficiales (EPA, 1988, en Bonham, 2003) y es el más fácil de manejar para el control de la eutrofización acelerada en cuerpos lénticos de agua dulce.

Del fósforo (P) total presente en el suelo la mayor proporción se puede encontrar en el suelo formando parte del sustrato (particulado) y tan solo una mínima parte se encuentra disuelto en la solución del suelo, existiendo una relación de equilibrio que es controlado por la saturación de P en las partículas del suelo. En el ciclo de equilibrio ocurren transformaciones físicas químicas y microbiológicas, que determinan la disponibilidad para plantas y algas, y la facilidad de transporte (Bonham, 2003).

El P en partículas puede ser orgánico o inorgánico, mientras que el P soluble es casi todo inorgánico. Cuando está soluble en el agua o en la solución del suelo puede ser asimilado por las plantas o transportado por el agua. Cuando está particulado puede encontrarse adsorbido a las partículas del suelo, principalmente arcilla, y también como mineral primario o secundario.

Al ser esencial para las plantas, el P se aplica frecuentemente como fertilizante químico y biológico de cultivos (el guano tiene una relación N/P pequeña). Una porción del P aplicado se adsorbe y precipita en el suelo. Las aplicaciones apuntan a saturar el suelo de P, de manera que sea capaz de encontrarse en equilibrio con las formas solubles y que esté disponible para las plantas. Mediante este manejo, el fósforo que queda en exceso puede ser transportado hacia aguas superficiales, y la eliminación o disminución de la carga de fósforo en el agua no tendrá un efecto inmediato de disminución, ya que por varios años el fósforo del sedimento se irá liberando (carga interna de fósforo o reservorio) y haciendo disponible, proceso favorecido por la anoxia del sustrato (Ryding, 1992).

La facilidad para ser adsorbido por las partículas finas de arcilla del suelo hace al P particulado muy poco móvil, aunque fácilmente erosionable en comparación con formas precipitadas; mientras que el P soluble se transporta en el agua de escurrimiento. Por su parte los iones fosfatos no percolan hacia aguas subterráneas por lo que este nutriente no es un problema en estas aguas.

Nitrógeno (N)

El nitrógeno es un nutriente que las plantas y el fitoplancton requieren en mayor cantidad. En los cuerpos eutróficos juega un papel muy importante, sin embargo, el fósforo es el nutriente limitante y por lo tanto más crítico para el estudio y control, lo que significa que si el P está bajo no se producen los grandes florecimientos algales, y el agua se mantiene clara.

Es altamente soluble, por ello el ciclo es muy dinámico y los procesos microbiológicos de mineralización, fijación y desnitrificación del N del suelo son complejos.

La amonificación o mineralización ocurre en suelos no saturados de agua. En este proceso, el N orgánico y el N de los fertilizantes se transforman microbiológicamente en

amonio (NH_4), el cual es metabolizado por bacterias aeróbicas productoras de nitrito (NO_2) y nitrato (NO_3). Cuando se agrega urea, ésta es rápidamente hidrolizada transformándose en amonio (NH_4). En condiciones anóxicas ocurre desnitrificación, que es la volatilización del NO_3 .

Desde el punto de vista de la contaminación, los iones de amonio NH_4 pueden moverse adsorbidos a partículas de arcilla a las que se asocia por tiempos cortos. Además, NO_3 y NH_4 son solubles en agua, por lo que su movilización coincide con la del agua.

La carga interna de nutrientes no es tan importante como en el fósforo, pero la remoción de materia orgánica por viento o acción mecánica enturbia el agua y puede favorecer la disponibilidad de N.

Contaminación originada por la actividad agrícola

La agricultura ocupa al rededor del 70% de los suministros de agua dulce superficial del planeta. Este volumen, descontando la evapotranspiración, se devuelve a aguas superficiales y subterráneas. Este uso hace de la agricultura, causa y víctima, a la vez, de la contaminación de aguas y suelos. Causa por la descarga de sedimentos y contaminantes a las aguas superficiales y subterráneas, y por la pérdida neta de suelo debido a malas prácticas, salinización, e inundación de tierras irrigadas. Víctima por el uso de aguas y suelos contaminados que provoca daños a las plantas, y enfermedades a agricultores y consumidores.

La agricultura ha demostrado ser la fuente no puntual más importante de contaminación de aguas dulces. Las características socioeconómicas, físicas y de locación de un predio agrícola contribuyen a la contaminación no puntual y a los costos de control (Bonham, 2003). Especialmente, las características socioeconómicas afectan las decisiones de producción y los recursos utilizados, olvidando comúnmente las posibilidades de producción que permite el territorio, y por tanto, el potencial de transporte de nutrientes. Debido a esto, la erosión provocada por deforestación, sobrepastoreo, desnudar el suelo durante las lluvias o cultivar en pendientes excesivas sin protección, causa efectos como el deterioro de hábitat acuático por acumulación de sedimentos, relleno de tranques y embalses, eutrofización por acarreo de nutrientes, acumulación de agroquímicos tóxicos, y enturbiamiento del agua. El escurrimiento de agua por riego no tecnificado transporta nutrientes e iones que se han obtenido del suelo y del exceso de fertilizantes aplicados, contaminando las aguas. La crianza de ganado en confinamiento provoca escurrimiento de nutrientes a los cursos de agua por los purines que se producen en exceso en relación a la superficie. Estos se acumulan y pueden ser eliminados de manera intencionada o bien, pueden ser aplicados como fertilizante orgánico en cantidades excesivas para las necesidades del terreno.

La erosión es un costo neto para la agricultura, al producirse la pérdida del horizonte orgánico del suelo debiendo reemplazar nutrientes con gran cantidad de fertilizantes y en casos más avanzados, la pérdida de suelo utilizable debido a las cárcavas.

Contaminación por urbanizaciones de baja densidad sin alcantarillado (parcelas de agrado)

Muchos de los impactos inducidos por la urbanización en las aguas se relacionan con dos cambios principales en la superficie del terreno: desestabilización del suelo, especialmente en sitios frágiles, y aumento de la superficie impermeable.

Durante la primera etapa de la urbanización, se remueve la vegetación en el terreno y se expone el suelo, disminuyendo la infiltración y aumentando la erosión, lo que aumenta la carga de sedimentos al agua. Esta fase puede durar días o años respecto de un proyecto de urbanización hasta años o décadas respecto de una cuenca completa (Ryan, 2006; Sánchez et al., 2002).

Además de la disminución de la vegetación existente se altera el suelo mediante la construcción de caminos, cortes de cerro para la construcción de infraestructura y alteración de cursos de agua. Al principio se transportan los sedimentos más finos hacia los cursos de agua al ser más fáciles de erosionar (Sánchez et al., 2002). Los sedimentos más finos acarrearán gran cantidad de nutrientes y material orgánico debido a su mayor superficie y capacidad de adsorción.

El efecto de la deforestación es claro en el aumento de la erosión. Otro factor de aporte a la contaminación no puntual corresponde a las aguas servidas sin alcantarillado, que cuentan con fosa séptica que distribuye los residuos líquidos en el suelo. La localización de estos sistemas es muy importante ya que requieren de suelos de buen drenaje y con napas subterráneas que no superen los 25 cm de profundidad, en caso contrario deberían implementarse sistemas cerrados que sean retirados mediante camiones (La Gro, 1998). La falta de fiscalización y regulación en Chile hace que estos requisitos no se cumplan y se corra riesgo de contaminación.

El potencial de percolación y escurrimiento de nutrientes está determinado por la capacidad de almacenamiento de agua del suelo y la pendiente. La ubicación de la fuente (su cercanía y posición respecto de las aguas receptoras) también determina la capacidad de contaminación de ésta.

La agregación de actividades productivas y de todo tipo de actividad humana tiene un impacto mayor que cada actividad por sí sola. Parece lógico pero a menudo se olvida que un negocio o una construcción puede ser muy atractivo o poco impactante mientras está solo, pero en el contexto del territorio en que se encuentra deja de serlo (Bonham, 2003).

Lagos someros (lagunas) mediterráneos

Un lago somero es un cuerpo léntico (de aguas detenidas), que ocupa una posición intermedia en el gradiente entre un lago y un humedal. Se diferencian de los lagos profundos en que no poseen una marcada estratificación térmica (Bécares, 2004; Leadley, 1987), principalmente debido a su baja profundidad, combinada con condiciones climatológicas y morfológicas que favorecen la circulación del agua en el perfil vertical y que hacen que la oscilación térmica sea mayor. En los lagos, la producción primaria del ecosistema la realiza el fitoplancton, mientras que en los humedales esta función la cumple la vegetación acuática o macrófitas (Bécares, 2004), gracias a que la baja profundidad permite que traspase luz en gran parte de su perfil y a que sus orillas no

sufren de erosión por la acción de olas (Leadley, 1987). En lagos someros se presenta una mayor superficie de vegetación acuática sumergida respecto de las vegetación emergente, presente sólo en las riberas (Bécares, 2004), ya que la profundidad que presentan estas aguas lo hace posible.

Los lagos someros mediterráneos se diferencian en su funcionamiento de aquellos que se ubican en regiones más frías o tropicales, siendo las características más relevantes las expuestas en el Cuadro 1.

Los ecosistemas de lagos someros se encuentran dentro de los más numerosos y son uno de los ecosistemas más vulnerables en el mundo (Ozan Tan, 2006). El interés científico en estos ecosistemas ha sido alto en las últimas décadas ya que la mayoría de los lagos someros están sufriendo cambios estructurales y funcionales que se evidencian en la destrucción de la cadena trófica (composición, dinámica) y en el deterioro de la calidad de las aguas por proliferación de algas y bacterias, cambios conocidos como eutrofización (Moss, 1998, en Ozan Tan, 2006). La eutrofización es el resultado de la carga excesiva de nutrientes, producto de la intensificación de las actividades urbanas y la agricultura en las áreas de captación hídrica de los lagos, y de la sobreexplotación de los peces, fenómenos que han ocurrido con intensidad a partir de la década de 1950 (Gulati, 2007).

Cuadro 1. Características diferenciadoras de los lagos someros mediterráneos.

Parámetro	Característica	Factores que influye	Referencia
Turbiedad	Además del fitoplancton, aumenta por arcillas suspendidas.	Hace más complejo el problema de la turbiedad, relacionándolo con la remoción de partículas por actividad human, ganado o tormentas.	Bécares, 2004
Tamaño			
Profundidad	Amplia fluctuación de profundidad marcada por la estacionalidad de las precipitaciones.	Luz, tamaño del sistema, interacciones tróficas. Turbiedad crítica para la vegetación acuática es mayor. Aumenta concentración de nutrientes en verano. El consumo de oxígeno es mayor cuando la profundidad hipolimnética es menor, debido a la descomposición microbiana de biomasa algal más alta.	Bécares, 2004 Beklioglu, 2007
Conectividad	Aislación respecto de otras masas de agua superficiales, acentuado en época estival.	Alta diversidad regional pero baja diversidad local.	
Nutrientes	Las plantas desaparecen a menores concentraciones de nutrientes	La curva del modelo de la figura 11 tiene mayor pendiente.	Beklioglu, 2007
Clima	Temperatura anual media entre 10 – 15°C.	Temporada de crecimiento de plantas es extensa desaparece en invierno.	Ryding, 1992
Peces	Tamaños pequeños, pocos piscívoros.	Mortandades estivales por deficiencia de oxígeno durante la noche	Bécares, 2004

Fuente: Elaboración propia a partir de Scheffer, 2007; Bécares, 2004; Beklioglu, 2007.

Contaminación no puntual en lagunas mediterráneas

La formación de un lago o laguna natural, responde a un proceso de evolución en una cuenca hidrográfica, donde diversos factores disminuyen la velocidad de flujo del agua, de tal manera que parece que estuviera detenida. Ryding (1992) señala que ocupan depresiones naturales de la topografía local y por ello se encuentran comúnmente al centro de cuencas de drenaje relativamente simétricas, recibiendo agua de ellas desde varios puntos, y descargando sus aguas mediante desbordamientos.

Los ecosistemas de cuerpos de agua lénticos son sistemas complejos de procesos químicos, físicos y bióticos que tienden a la homeostasis o a un equilibrio cuando se enfrentan a cambios en las condiciones externas. Esto lleva a que se de una continua presión de selección sobre los organismos que habitan este ambiente.

Debido a su posición y estancamiento de aguas, reciben y acumulan los desechos humanos y naturales en todas sus formas. Es por ello que sufren de contaminación, cuyo nivel depende del recambio de agua que permite diluir los contaminantes, del tamaño del cuerpo de agua, y por supuesto de su capacidad de amortiguar impactos y recuperarse, alcanzando estados de estabilidad.

El efecto de la intervención humana en intensidad y en extensión, provoca una aceleración del proceso de Hidrosere en la cuenca lacustre, a raíz del arrastre de contaminantes en exceso. La Hidrosere se define como el tipo de sucesión que consiste en el poblamiento gradual de ambientes dulceacuícolas y salobres por especies leñosas (Armesto et al. 1996). Esta sucesión vegetal se acelera con el arrastre de sedimentos y nutrientes por erosión y con la acumulación de material vegetal y animal muerto en el fondo producto de la eutrofización, que finalmente rellena el cuerpo de agua, transformándolo primero en un pantano y luego en un sistema terrestre (Leadley 1987).

El proceso se genera mediante cambios paulatinos en el ecosistema que se hacen evidentes para el ser humano al constatar la declinación de la calidad del recurso hídrico y del ecosistema, expresado en el fenómeno de la eutrofización.

La eutrofización se manifiesta cuando el aporte de nutrientes es mayor que la capacidad de asimilación del cuerpo de agua como ecosistema (Flemer, 1972). El aumento en las algas tiene diversos efectos como producción de sustancias inhibitoras del desarrollo de zooplancton, muerte de macrófitas sumergidas, y generación de sustancias tóxicas para animales. La materia orgánica generada en el agua provoca también un crecimiento excesivo de la población de bacterias, reduciendo el oxígeno disuelto y enturbiando el agua (Leadley, 1987) siendo este el resultado inmediato de la polución acuática (Cuadro 2), con una caída en el oxígeno que puede ser crítica para muchos organismos, ya que cada especie tiene su propio rango de tolerancia.

El efecto en la flora y fauna se inicia con cambios en las características del hábitat por el sedimento, y cambios en el arreglo espacial de plantas acuáticas, a lo que se agrega la alteración de sitios de reproducción y crianza de peces e invertebrados de sirven de alimento a otros peces y aves. A esto le siguen la mortandad de peces y extinción de especies, tanto de flora como de fauna, que no toleran las nuevas condiciones, reduciéndose la biodiversidad.

Los cuerpos de agua se pueden clasificar según su estado trófico (nivel de eutrofización) en cinco categorías (Cuadro 3): oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, e

hipereutrífico, las que indican un creciente florecimiento de algas producto de la carga de nutrientes.

Se ha intentado relacionar estos términos tróficos descriptivos con valores límite de los parámetros medidos de calidad de agua. Estos parámetros pretenden representar tanto el contenido de nutrientes en el agua como los efectos de estos en la calidad del agua y la biota, siendo los del Cuadro 3, los correspondientes a lagos someros.

Aunque las causas de la eutrofización cultural son principalmente externas al cuerpo de agua, los efectos tendrán una magnitud diferente según las características particulares que el cuerpo de agua presente, afectando la distribución, disponibilidad y utilización de las entradas de nutrientes.

Los problemas generalizados resultantes de la eutrofización de lagos someros en áreas pobladas involucraron muchas estrategias de restauración en las últimas décadas del siglo XX, enfocadas en la reducción de la carga de nutrientes al cuerpo de agua (Scheffer, 2007; Ozan Tan, 2006). Muchos de los lagos amenazados han respondido al trabajo de restauración mostrando un notable descenso en turbiedad y un consiguiente aumento en la penetración de luz hacia el fondo, que provoca un descenso de la abundancia de fitoplancton con el subsiguiente incremento de macrófitas. La mejora en la calidad del agua es generalmente sólo transitoria. El cambio entre un estado turbio de las aguas dominado por fitoplancton y un estado de aguas claras, generalmente dominado por macrófitas ha permitido conocer las interacciones entre los componentes bióticos y abióticos del ecosistema de un lago somero.

Cuadro 2. Respuestas a eutrofización creciente de los parámetros medibles.

Físico	Químico	Biológico ²
↓ Transparencia	↑ Concentración de nutrientes	↑ Frecuencia de proliferación de algas
↑ Sólidos en suspensión	↑ Clorofila a	↑ Zooplancton
	↑ Conductancia eléctrica	↑ Biomasa de fitoplancton
	↑ Sólidos disueltos	↑ ↓ Vegetación del litora ³
	↑ Déficit de oxígeno ¹ hipolimnético	↑ Diversidad de especies de algas ⁴
	↑ Sobresaturación de oxígeno epilimnético	↓ Diversidad de la fauna del fondo
	↑ Contenido de sal	↑ ↓ Fauna del fondo ⁵
		↑ ↓ Peces ⁶
		↑ Producción primaria
		Desplazamiento de algas a estratas superficiales

¹ El contenido de oxígeno disminuye y puede estar ausente en los períodos críticos de florecimiento de fitoplancton

² Importantes cambios cualitativos y cuantitativos (cambian las especies y la cantidad de individuos)

³ Al inicio aumentarán las macrófitas sumergidas, pero por la alta densidad del fitoplancton y algas filamentosas, las macrófitas sumergidas se verán sombreadas y disminuidas.

⁴ Aumentan las algas filamentosas en las orillas y se desarrollan algas que producen toxinas

⁵ La fauna béntica disminuye en número y en especies por las bajas concentraciones de O₂, altas concentraciones de CH₄, CO₂ o H₂S

⁶ Al inicio aumenta la cantidad de peces pero hay reemplazo de especies por aquellas más tolerantes a las nuevas condiciones (peces de superficie y de aguas calientes)

Fuente: adaptado de (Ryding, 1992; Ongley, 1996).

Importancia de las comunidades vegetales en lagos someros en la mantención de la claridad de las aguas

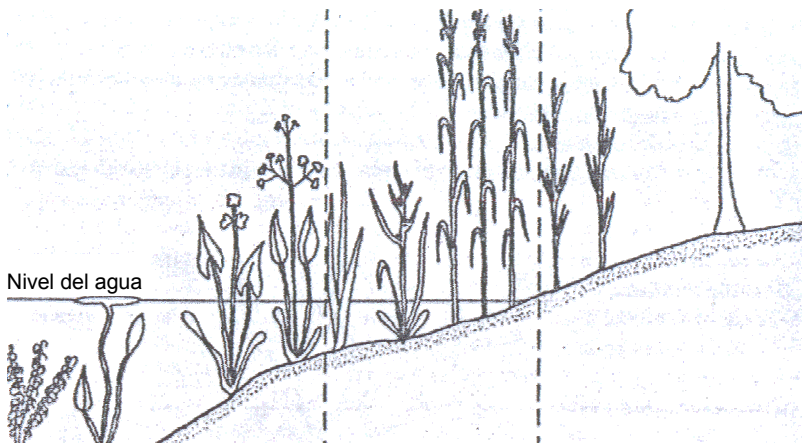


Figura 11. Perfil vegetación en cuerpo de agua léntico (Leadley, 1987).

Las plantas acuáticas arraigadas en el suelo en los cuerpos de agua, son de las más productivas del mundo (Gee, 1986; Leadley, 1987). Se distribuyen en la gradiente de profundidad del cuerpo de agua según sus adaptaciones acuáticas, ubicándose las emergentes más cercanas a la orilla y a medida que la profundidad aumenta dominan las plantas sumergidas (Figura 11). El estado trófico del agua limita a las plantas sumergidas cuando la presencia de fitoplancton en el agua sobre ellas les impide realizar una adecuada actividad de fotosíntesis.

Las protecciones vegetales de transición en riberas, son ecológicamente efectivas y económicamente eficientes para alcanzar estándares de calidad de agua. Cumplen múltiples funciones como ecotono entre el hábitat terrestre y el acuático. Ya se ha explicado el efecto de estabilización del sedimento del fondo que producen las plantas arraigadas, que favorece las condiciones de aguas cristalinas. Además de esto, como hábitat, cumple una función de refugio para zooplancton y de alimento y nido para fauna íctica (peces), fauna béntica (invertebrados), anfibios y avifauna de humedal.

El ecotono de ribera, compuesto por plantas altamente productivas, funciona como un filtro para la contaminación proveniente de la cuenca circundante, reduce la erosión, decanta sólidos suspendidos y filtra contaminantes. Por ello, su conservación y restauración resulta indispensable en el proceso de recuperación de ecosistemas eutrofizados, pero requiere de un activo y cuidadoso manejo que permita la extracción de los nutrientes absorbidos por las plantas, y que evite que se establezcan plantas invasoras, se destruya la vegetación y otras alteraciones, de manera de maximizar la eficiencia de estos ecosistemas.

Indicadores de contaminación y salud del ecosistema

Las condiciones tanto externas como internas del cuerpo de agua varían año a año, y también durante una temporada, por lo que varían también las cargas de nutrientes al cuerpo de agua y la capacidad de éste para asimilarlas. Es por esto que un solo indicador

carece de valor práctico en el control de la eutrofización cuando no se consideran los factores circunstanciales y su evolución.

Existen indicadores que determinan la salud del ecosistema, algunos centrados en la calidad de las aguas para diversos usos, y otros en el estado de la cadena trófica mediante el estudio de eslabones clave.

Variables físicas y químicas

Sedimentos, DBO, DQO, N y P total, formas disponibles (amonio, nitrato, nitrito, P reactivo disuelto)

En casos de eutrofización avanzada los sedimentos están saturados y aunque se disminuya la carga de fósforo, el contenido de P en el agua no disminuirá proporcionalmente, debido a la removilización desde los sedimentos (Ryding, 1992).

En términos de manejo, el control de fuentes de N y P de alta disponibilidad biológica (fracciones minerales disueltas), tienen probablemente un efecto mayor en la reversión de la eutrofización que un control no selectivo de todas las fuentes de nutrientes. En otras palabras, la prioridad es controlar los componentes más fácilmente disponibles (Kerekes, 1983 en OECD, 2006).

Cuadro 3. Parámetros de estado trófico para lagos someros.

Estado trófico	Promedio Fósforo total (mg/m ³)	Promedio Nitrógeno total (mg/m ³)	Clorofila a (mg/m ³)	Profundidad de Secchi * (m)
Oligotrófico	<30	< 600	< 10	>4
Mesotrófico	31-50	600-1000	11-20	2-4
Eutrófico	50-100	1000-2000	21-30	1-2
Hipereutrófico	>100	>2000	>30	<1

Fuente: (Moss et al , 2003 en Bécares et al. 2004).

*Metodología para medir la penetración luminosa en el agua y así su turbidez. A mayor profundidad de Secchi, menor turbidez.

A pesar de esto, los síntomas de un sistema pueden no ser indicativos de la misma calidad de agua en otro sistema (Ryding, 1992), debido a que cada sistema reacciona de manera diferente. Los factores que se han destacado como de mayor influencia han llevado a crear parámetros de calidad de agua y por lo tanto de nivel trófico para cuerpos de agua según categorías: por ejemplo, existen parámetros diferenciados para lagos someros y lagos profundos, también el clima provoca diferencias y por ello se diferencian cuerpos de zonas templadas, tropicales y sub. árticas. (diferencias de magnitud y ritmo).

Indicadores Bióticos

Es posible medir la concentración de todos los contaminantes en el agua, pero la información obtenida no es siempre un indicador exacto y práctico del impacto de los contaminantes en la vida de un sistema acuático, ya que las muestras se toman en momentos y sitios determinados, que no representan lo que ocurre en el sistema en el tiempo y espacio. Además, no se han resuelto los efectos sinérgicos que pueden ocurrir por la acción de varios contaminantes en los organismos vivos. (Gee, 1986).

En cambio, los organismos que habitan un ecosistema, con diversos grados de sensibilidad, se ven afectados por el deterioro que provoca la acción humana sobre su hábitat, resultando su monitoreo de abundancia y distribución, una herramienta indicadora de la salud del ecosistema.

La idea tras el uso de especies indicadoras es simple: si se encuentran en buen estado o con tendencia a la mejora, esto refleja el buen estado de otros organismos que utilizan el mismo hábitat. La dificultad para limitar un hábitat homogéneo y para integrar niveles jerárquicos o escalas, dificultan el uso de especies indicadoras.

Los indicadores más comunes de la salud de ecosistemas acuáticos son:

- Fitoplancton y algas
- Macrófitas acuáticas
- Avifauna acuática
- Fauna béntica o zoobentos (moluscos, anélidos, crustáceos, nematodos, platelmintos e insectos)

Las plantas o macrófitas acuáticas, de acuerdo a las adaptaciones y tolerancia a diferentes condiciones que tiene cada especie, van conformando una composición de especies y abundancia total y relativa de acuerdo a las condiciones que ofrece el cuerpo de agua. Por esto, las plantas resultan uno de los indicadores más fácilmente visibles del estado trófico y de la intervención humana en los ecosistemas de humedales y lagunas.

Potter (2002), señala que muchos investigadores han detectado relaciones entre el uso de suelo y la composición de la comunidad de macroinvertebrados; positivamente por los bosques y humedales, y negativamente por los cultivos arados. Un indicador de Buena calidad del agua sería una alta riqueza de taxa y especies raras y sensibles a la polución; en cambio, una zona enriquecida por nutrientes de la agricultura tendría gran abundancia de individuos, pero menor riqueza de taxa.

2.4. El desarrollo sustentable de los paisajes rurales y la planificación del uso de suelo

Los valores cambian de acuerdo a los tiempos y así también cambia la manera de usar y dar forma al paisaje, los aspectos de estudio, y de conservación o restauración. La sociedad como un todo nunca ha pretendido auto-destruirse, pero sin conciencia de ello, agota los recursos naturales que sustentan su vida. Luego de la era de las revoluciones, es decir, hace 30 o 40 años, los cambios drásticos en el paisaje han comenzado a ser vistos como una amenaza o evolución negativa, porque se percibe que causan pérdida de diversidad, coherencia e identidad. Características de los paisajes culturales tradicionales que están desapareciendo rápidamente (Antrop, 2005). Esta reacción revela el paradigma que está adoptando la sociedad frente a la naturaleza y el territorio que habita, y este no es nada menos que el paradigma de la sustentabilidad o desarrollo sustentable. Concepto aparecido hace cerca de dos décadas en el informe Brundtland, que ha sufrido, como todo paradigma nuevo (Bosshard, 2000), de mal uso y sobre uso, transformándose en la boca de muchos en una especie de cliché, brindándole cierto desprestigio. Aún así cuenta con gran potencial en su significado y aplicación, hecho que hoy en día no se puede dejar de lado (Bosshard, 2000).

Existen diversos modelos para el estudio del desarrollo sustentable de los paisajes. A modo general siguen criterios en función de equilibrar el crecimiento económico, la sustentabilidad ambiental y la equidad. Los procesos de gestión de paisajes, deben por lo menos lograr alcanzar metas de aprovechamiento de los recursos (crecimiento económico) y de manejo de éstos, con el fin de preservarlos, conservarlos o protegerlos (sustentabilidad ambiental). La equidad se alcanzará en la medida que los sistemas de gestión sean participativos y democráticos (Doroujeanni, 2002).

El paisaje transgrede los límites de la propiedad privada, ya que es considerado como un valor común de la sociedad entera, que además de ser usado por el propietario, es usado por vecinos, turistas observantes y visitantes, cada uno con intereses particulares. Esto le da multifuncionalidad, hecho que instala la necesidad de que el uso de la tierra no solo considere la decisión del dueño, sino además integre intereses colectivos, cuyo fin último sea la sobrevivencia del paisaje y por lo tanto la conservación de sus múltiples funciones en la proporción más equitativa posible, dentro de un espacio de solución posible.

Los intereses particulares comúnmente entran en conflicto. Un ejemplo son los caminos rurales: los habitantes locales requieren de la leña que brindan los árboles allí apostados, y de la tranquilidad para circular a pie o en bicicleta; los agricultores industriales requieren caminos despejados para la circulación de maquinaria agrícola y productos; los visitantes requieren de vegetación que embellezca el camino y a la vez, vías expeditas que permitan la circulación de vehículos motorizados; y el ecosistema requiere de caminos con baja erosión, que no interrumpan el tránsito de animales silvestres y semillas.

Por esto, la resolución del problema consiste en hallar consenso que equilibre, dentro de un espacio de solución que considera lo posible y lo aceptable, los aspectos determinantes de la calidad del paisaje (naturales, culturales y sociales).

Bosshard (1997), recordando la multiplicidad de enfoques y metodologías para la evaluación del paisaje, hace saber que la estandarización de estas no ha dado resultado y ya no es un objetivo para los expertos, precisamente porque en la práctica ha resultado que no existe un modelo con validez generalizada, ya que cada vez que se valida un modelo se depende de tres premisas:

1. Ideas de valores son temporales, dependientes de la cultura.
2. La prevalencia de la situación física (territorio particular).
3. El punto de vista personal de los participantes y expertos al presentar el problema.

Teniendo presente lo anterior, y la dimensión natural, cultural y social, existen guías de evaluación de sustentabilidad del paisaje que determinan criterios a considerar, que corresponden a una *check list* a la cual, en cada caso se fijarán rangos de aprobación acordados por los actores involucrados.

Situación administrativa y legislativa del uso del suelo rural.

Subdivisión predial

La normativa previa a 1980 permitía una subdivisión del suelo rural en predios de un mínimo de 8 ha, sin embargo, el tamaño promedio de los sitios de casas campesinas era menor. Con el objeto de entregar en dominio a los obreros agrícolas los sitios y sus casas, se crea el decreto ley N°3516 de 1980 del Ministerio de Agricultura, que establece normas sobre subdivisión de predios rústicos. La normativa permite la subdivisión hasta un tamaño mínimo de 0,5 ha. Las regulaciones para la aplicación del decreto exigen que el destino de uso del terreno deba ser agropecuario. Le asigna a cada lote una prohibición de cambio de destino, es decir, solo puede ser utilizada con finalidades vinculadas a la agricultura o agropecuarias, y se autoriza la construcción de una vivienda para uso personal del propietario, y eventualmente una segunda vivienda para ser utilizada por un trabajador o dependiente.

En 2002 se agrega al decreto de ley una modificación para favorecer la entrega de lotes a parientes directos en predios que no hayan sido originados en subdivisiones efectuadas de acuerdo a este decreto, y cuyo avalúo fiscal no exceda las 1000 UF. Esto permite entregar a padres o hijos un terreno entre 500 y 1000 m² para construir su casa, siendo esta legalización necesaria para la postulación a subsidio habitacional rural.

Además, al artículo 55 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones establece que, para las áreas rurales de las comunas fuera de los límites urbanos, “no será permitido abrir calles, subdividir para formar poblaciones, ni levantar construcciones, salvo aquellas que fueren necesarias para la explotación agrícola del inmueble, o para las viviendas del propietario del mismo y sus trabajadores, o para la construcción de conjuntos habitacionales de viviendas sociales o de viviendas de hasta un valor de 1.000 unidades de fomento, que cuenten con los requisitos para obtener el subsidio del Estado”, para lo cual “las construcciones industriales, de equipamiento, turismo y poblaciones, fuera de los límites urbanos, requerirán previamente de la aprobación correspondiente de la Dirección de Obras Municipales, del informe favorable de la Secretaría Regional del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo y del Servicio Agrícola y Ganadero que correspondan”.

Implicancias de la normativa

Las normativas permiten la gestación de fenómenos de ocupación del territorio no intencionales.

En primer lugar, facilita la aparición de loteos que se transforman en sectores residenciales con un quehacer totalmente ajeno a la actividad agropecuaria (parcelas de agrado), provocando un aumento del valor monetario de los terrenos para la construcción de segundas viviendas, lo que hace que la actividad agropecuaria represente una alternativa poco rentable, disminuyéndola como actividad de inversión y como fuente de trabajo, produciéndose así la transformación de los antiguos agricultores en asalariados sin tierras minifundistas y prestadores de servicios domésticos.

El efecto final es una presencia esporádica de habitantes, que no se comprometen con la comunidad, y traen otro ritmo de vida distinto de la dinámica local. Esto provoca que la

estructura social del territorio se deteriore y tienda a minimizarse, adquiriendo el territorio la cualidad de “cadáver”.

Normativa sanitaria fosas sépticas.

El desarrollo residencial en territorios no conectados a alcantarillado es un tópico relevante en la normativa de uso del territorio. La Gro (1998) señala que en Wisconsin se usan tres sistemas: Fosa séptica convencional, fosa séptica con drenaje aumentado y tanque almacenador. Los tres sistemas corresponden a restricción creciente. Las restricciones son de sitio (drenaje ppalmente) La profundidad de napa invernal menor a 25cm. impide el correcto funcionamiento de las fosas sépticas.

En Chile, la falta de información territorial y las dificultades de fiscalización, provocan que muchas construcciones de parcelas de agrado en zonas rurales se realicen sin los permisos municipales requeridos y por lo tanto queden sin fiscalización.

Instrumentos de Planificación Territorial

Según la normativa expresada en la Ley General de Urbanismo y Construcciones¹ y su respectiva Ordenanza², la planificación territorial en Chile se estructura a partir de cuatro niveles de acción³, siendo el nivel nacional el de mayor jerarquía, a partir del cual se desprenden los siguientes tres niveles de acción; regional, intercomunal y comunal. Estos niveles de acción cuentan con instrumentos de planificación territorial, que cumplen con la función de establecer un marco indicativo (PRDU) y/o normativo (PRI – PRM – PRC) de usos de suelo a cada una de las escalas territoriales de aplicación.

A nivel comunal se contemplan tres tipos de instrumentos para la regulación del desarrollo físico de las áreas urbanas: Plan Regulador Comunal, Plan Seccional y Límite Urbano.

El único instrumento que permite la regulación del uso de suelo y otros aspectos de competencia municipal en las áreas rurales de los territorios comunales son los Planes Intercomunales. Sin embargo, el artículo 46 de la LGUC establece que "En las comunas en que no exista Plan Regulador Comunal podrán estudiarse Planes Seccionales, los que se aprobarán conforme a lo prescrito en el inciso primero del artículo 43." Esta última definición, permite que los Planes Seccionales, cuya función es la realización de estudios y especificaciones detalladas dentro del plano regulador comunal, puedan ser empleados para regular áreas específicas de los territorios rurales, siempre y cuando no se encuentre vigente esos territorios, un Plan Intercomunal

1 DFL 458/1975 Ley General de Urbanismo y Construcción, MINVU.

2 DS 47/1992 "Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, modificado por el DS 89/1998, MINVU.

3 Artículo 28. DFL 458/1975. Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC).

Cuadro 4. Instrumentos de Planificación Territorial, según Ordenanza General de Urbanismo y Construcción.

Nivel de la Planificación	Instrumentos de Planificación Territorial		Instrumento conformado por:
Nacional	No tiene		
Regional	Plan Regional de Desarrollo Urbano	Principales lineamientos estratégicos de desarrollo para todo el territorio regional	Diagnóstico Lineamientos Estratégicos Planos
Intercomunal	Plan Regulador Intercomunal Plan Regulador Metropolitano (> 0,5 mill. hab.)	Regulación del desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales de diversas comunas que, por sus relaciones, se integran en una unidad urbana, a través de un Plan Regulador Intercomunal	Memoria Explicativa Ordenanza Planos
Comunal	Plan Regulador Comunal (urbano) Plan Seccional	Promover el desarrollo armónico del territorio comunal, en especial de sus centros poblados, en concordancia con las metas regionales de desarrollo económico-social	Memoria Explicativa Factibilidad Sanitaria Ordenanza Planos
	Límite Urbano		Memoria Descripción del Límite Plano

Fuente: CONAMA. Sistema de evaluación de impacto ambiental, en <http://www.e-seia.cl>

3. Metodología

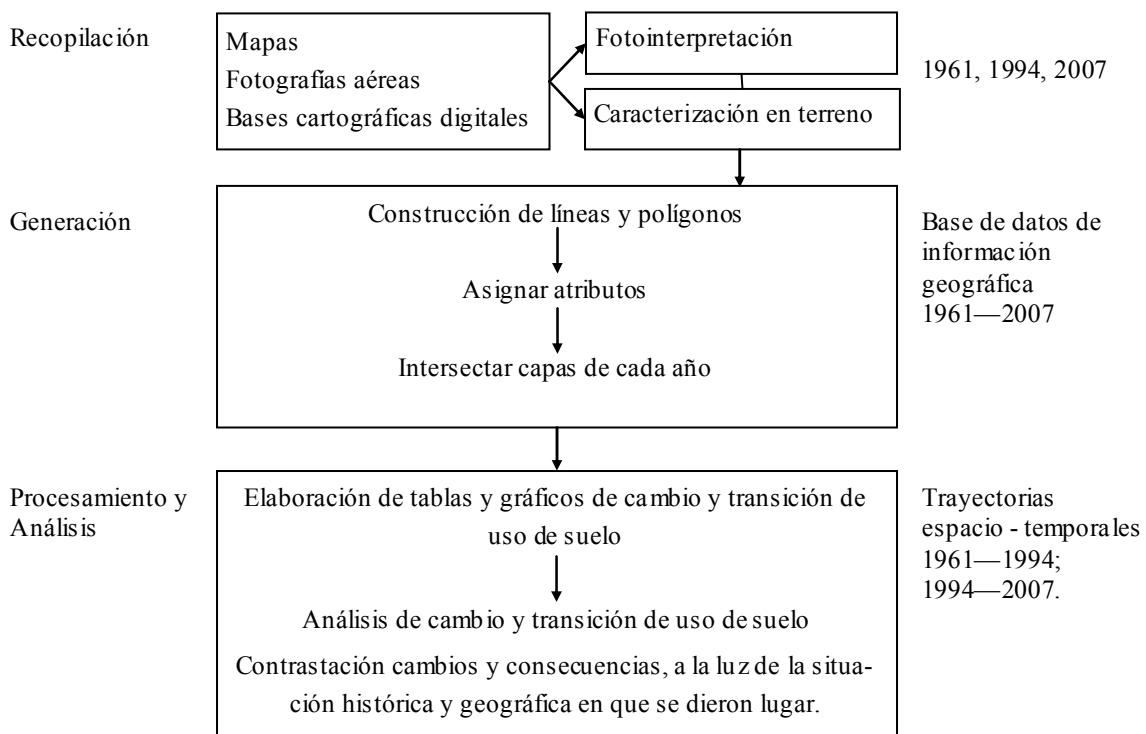
El estudio está enfocado en los cambios de la estructura del paisaje y las fuerzas que lo provocan. Esto requiere de un trabajo que combina la labor de terreno con la de gabinete y requiere de la recolección de información cualitativa y cuantitativa según corresponde a los objetivos y alcances de este estudio.

En primer lugar se describe la estructura del paisaje cuenca mediante análisis espacial y su evolución temporal, complementado con información histórica no documentada. El énfasis se encuentra en los cambios de uso de suelo ocurridos en dos períodos 1961-1994 y 1994-2007 para los cuales se cuenta con fotografías aéreas de estos años.

Se relacionaron los cambios de uso de suelo más significativos con la ubicación según los distritos (pendientes) de la cuenca y la evolución en intensidad de uso de la actividad agrícola.

Las principales fases del estudio se presentan en la Figura 12.

Figura 12. Fases del estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Para efecto de la caracterización estructural del paisaje, se generó una base de información cartográfica e histórica. La información proviene de diversas fuentes secundarias como CONAF, CONAMA, DGA, DOH, SAG, I.M. Paine, tesis y publicaciones científicas. Esta información se complementó con el trabajo en terreno, el cual consistió en 10 días en la cuenca de la Laguna de Aculeo divididos en 7 visitas entre los meses de Mayo y Agosto de 2007, donde se realizó la corrección de la fotointerpretación realizada en gabinete, entrevista a agricultores, ganaderos, 2 asociaciones de regantes, 2 comités de agua potable, administradores de condominios, antiguos asignatarios de reforma agraria y la prospección de cursos de agua y modificación de riberas de la laguna. A esto se sumaron entrevistas a funcionarios de instituciones públicas como CONAF, CONAMA, I.M. Paine, PRODESAL, entre otros.

La información fue procesada de acuerdo al sistema de clasificación de ecorregiones en su propuesta de aplicación a municipios y predios rurales (Gastó, Cossio y Panario, 1993) que consta de nueve categorías jerarquizadas de acuerdo a su permanencia según las variable ecosistémicas que las definen, de mayor a menor. Se agrega a esto la representación cartográfica de la estructura del paisaje mediante la agrupación en 3 conjuntos fundamentales de unidades (Alvaríño, 1986; en Gastó, Cosio y Panario, 1993):

Biogeoestructurales; Hidroestructurales; Tecnoestructurales.

Para fines de organización y gestión, el territorio se divide en espacios de manejo, generando un cuarto grupo de representación cartográfica, la Espacioestructura.

Cuadro 5. Fotografías aéreas, mapas topográficos y cartografía elaborada usados.

	Año	Autor
Fotografías aéreas IGM	1961	IGM
Fotografías aéreas IGM	1994	IGM
Plano Hacienda Aculeo	1908	Letelier M.
Plano Reforma Agraria, Proyecto de Parcelación Rangue, SAG, Departamento de Tierras y Aguas.	1975	CORA
Plano roles prediales SII actualizados proporcionados por I M Paine	2005	SII
Google Earth, fotografías.	2006-2007	Google
Base cartográfica digital proyecto GEF Cantillana	2003	EULA

3.1. Determinación de límite del área de estudio

La delimitación del área de estudio y de las microcuencas se hizo siguiendo los límites de las áreas de captación que aportan agua a la laguna, que corresponde al cordón montañoso que rodea la cuenca. El límite hacia el Este es una excepción, ya que corresponde a una línea trazada según un criterio de pendientes y la identificación de un punto de descarga único del agua captada y concentrada en un punto.

Para este estudio se excluyó el área de captación del estero Pintué, calculada en 4.834,6 ha., ya que no existen registros del caudal que este aporta a la laguna mediante un embancamiento de su desagüe natural, realizado por los agricultores en los primeros meses de lluvia, para que el agua se dirija aguas arriba.

Esta área de estudio coincide con la utilizada por científicos limnólogos⁴ (Jenny, 2003, 2002; Villa, 2004), que consideran la cuenca de Aculeo como una cuenca cerrada y

4 Limnología: Ciencia que se dedica al estudio de aguas dulces

excluyen el cajón de Huiticalán, del cual proviene el estero Pintué, de los cálculos y consideraciones de balance hídrico.

Además, los cambios observados en el uso de suelo del cajón de Huiticalán no son significativos, ya que no corresponde a un territorio con acceso físico o visual a la Laguna de Aculeo y se ha mantenido gran parte del territorio como vegetación silvestre y pastoreo.

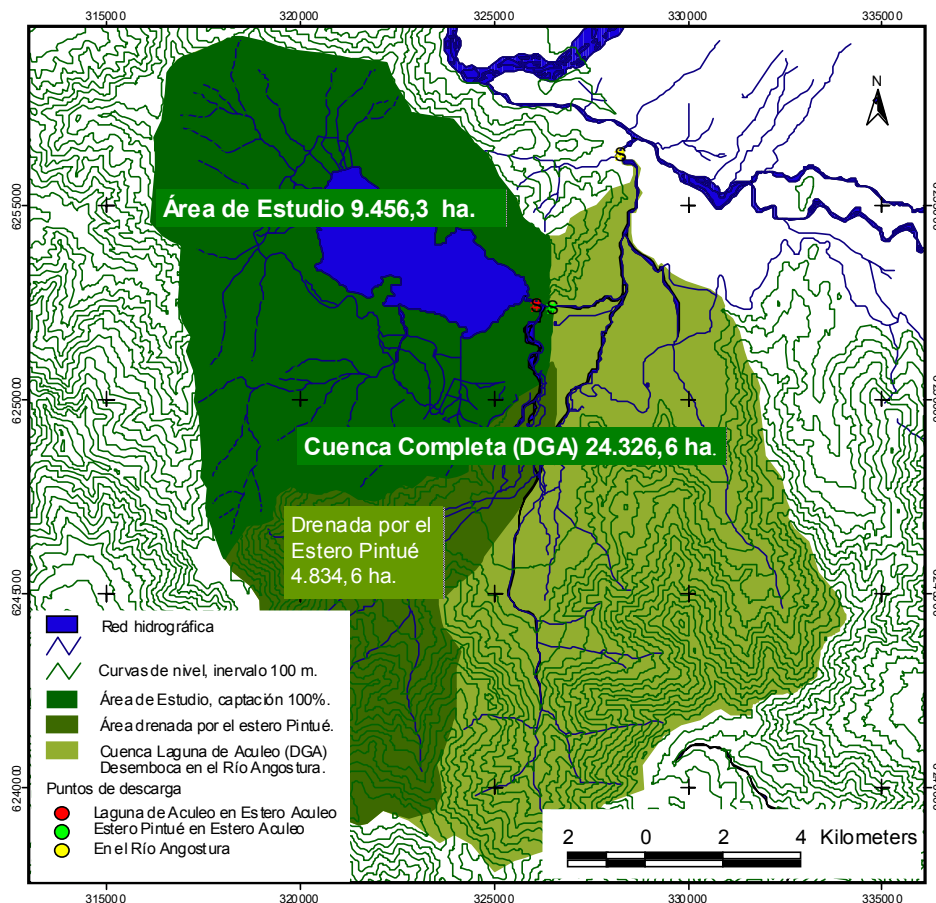
Finalmente, el área de estudio de este trabajo corresponde a 9.456,3 ha., que se encuentran aguas arriba de la Laguna de Aculeo y descargan sus aguas en el cuerpo de agua, que a su vez presenta un punto único de descarga superficial, el estero Aculeo o Santa Marta.

Cuadro 6. Criterios de limitación área de aporte a la laguna.

	Superficie (ha.)	Criterio	Referencias
Área cuenca completa	24.326,6	Desembocadura del estero en el Río Angostura	DGA
Área aporte 100% a la laguna	9.456,3	Confluencia del Estero Aculeo con el Estero Pintué. Aguas debajo de la Laguna de Aculeo	Jenny 2003
Área de aporte estacional a la laguna	4.834,6	Cuenca de captación del Estero Pintué.	Criterio de la autora

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Delimitación del área de estudio (Hoya hidrográfica, área de aporte a la laguna dos puntos.



3.2. Análisis espacio temporal de cambios de uso de suelo

Se realiza la fotointerpretación manual de fotografías aéreas de los años 1961, 1994 y 2007, precisada con información histórica recopilada mediante entrevistas. Esta información es registrada y medida en el software Arc View 3.2 según 22 tipologías de uso (nivel 2 en Cuadro 7) definidas de acuerdo a lo prospectado en terreno y el grado de detalle permitido por la fotografía aérea.

El cambio de uso de suelo se evalúa en dos períodos de tiempo, 1961-1994 y 1994-2007, considerando 6 usos de suelo generales (nivel 1 en Cuadro 7) que agrupan las 22 tipologías. La información generada de cada año se interseca espacialmente con la función Geoprocessing, pudiéndose conocer la transición en uso de suelo. Se tabulan y grafican los cambios en relación a la superficie de cada uso de suelo relativa a la superficie total de la cuenca y su ubicación espacial y topográfica.

Cuadro 7. Clasificación de usos de suelo utilizada.

Nivel 1	Nivel 2
Cuerpos de agua	Laguna
	Caja de estero
	Tranque
Agropecuario	Cereal seco
	Chacras
	Forraje
	Frutales
	Maíz – rastrojo
	Pastoreo
	Infraestructura pecuaria
Urbanizado	Espacio público
	Sitio campesino
	Parcelas de agrado
	Turístico – recreativo
	Comercial
Plantación forestal	Plantación forestal
Vegetación silvestre	Bosques – pastoreo
	Conservación
Riberas inundables	
Otros	SU
	ND
	Otros

Los principales cambios de uso en la cuenca y las transiciones de tipologías de uso se describen en detalle mediante tablas, gráficos y cartografía. Es el caso de la urbanización y de la actividad agropecuaria y de las zonas de ribera inundables que se incluye en urbanización.

Como complemento y debido a los cambios en el tiempo, se describen los cambios de atributos de las tipologías de uso Agropecuario, de acuerdo a lo obtenido de la recopilación histórica y la fotointerpretación.

Cuadro 8. Cartografía elaborada en este trabajo utilizando el software de trabajo Arc View 3.2.

Nombre	Fecha	Escala original	Fuente info primaria
Cuenca respecto de la región y comuna	2007		
A. Biogeoestructura			
Relieve	2007	1 : 110.000	Base cartográfica GEF Cantillana
Limites área de estudio (sup. captación laguna)	2007	1 : 110.000	La autora
Distrito	2007	1 : 75.000	Base cartográfica GEF Cantillana
Capacidades de uso de suelo	1996	1 : 75.000	CIREN
Unidades vegetacionales	2007	1 : 110.000	CIREN
B. Hidroestructura			
Red hidrográfica circundante	2007	1 : 130.000	Base cartográfica GEF Cantillana
Hidroestructura	2007	1 : 75.000	Fotointerpretación, documentos, entrevistas, terreno
Mapa batimétrico	1982		Mühlhauser 1987, Cabrera y Montecino 1982
C. Tecnoestructura			
Tecnoestructura	2007	1 : 75.000	Fotointerpretación, documentos, entrevistas, terreno
Hacienda Aculeo y potreros. Aculeo adentro, el Vínculo	1908	1 : 90.770	Miguel Letelier (1908)
Predios Reforma Agraria	1975	1 : 75.000	CORA (SAG)
Predios	2007	1 : 75.000	SII; I.M.Paine (2005)
Localidades Aculeo	2007		Entrevistas, terreno
D. Uso del suelo			
Uso de suelo (tipologías)	1961, 1994, 2007	1 : 75.000	Fotointerpretación, documentos, entrevistas, terreno
Uso de suelo (tipologías)	1600, 1822, 1908	1 : 200.000	Documentos, entrevistas, terreno
Uso de suelo agropecuario (tipologías)	1961, 1994, 2007	1 : 75.000	Fotointerpretación, documentos, entrevistas, terreno
Uso de suelo construido (tipologías)	1961, 1994, 2007	1 : 200.000	Fotointerpretación, documentos, entrevistas, terreno

4. El paisaje en estudio: La cuenca de Aculeo

El alcance de este estudio, de acuerdo a los objetivos, se remite a los cambios ocurridos durante el siglo XX e inicios del siglo XXI. Aún así, la perspectiva histórica se conserva respecto de características del área de estudio cuya evolución se puede observar a escalas temporales mucho más amplias, de modo que las tendencias observadas sean interpretadas con mayores fundamentos.

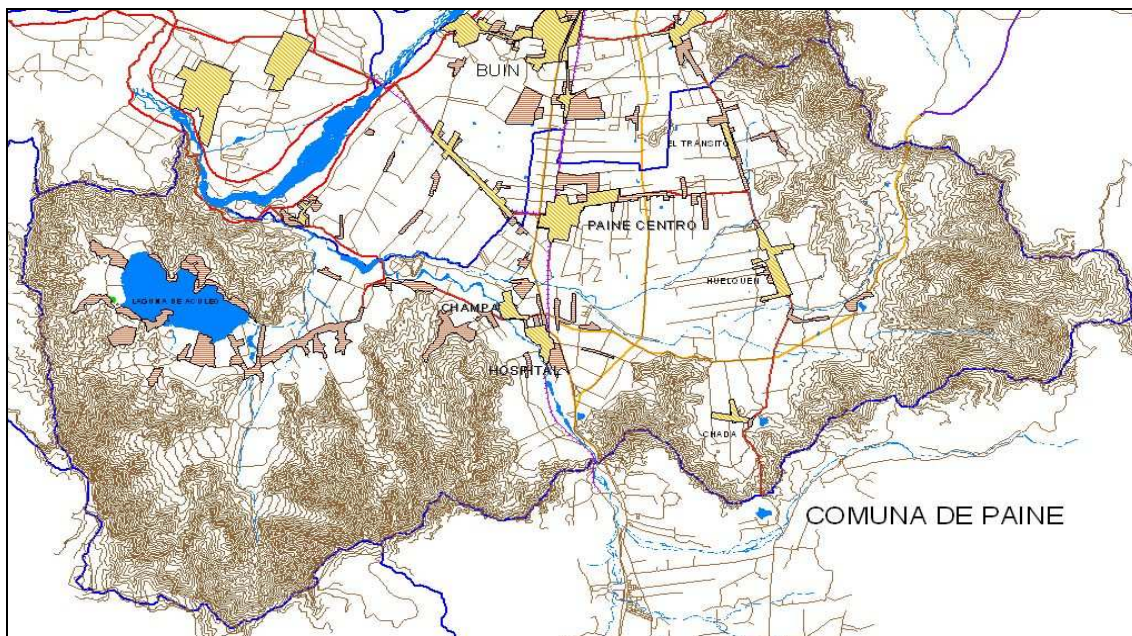
En este capítulo, se caracteriza la estructura del paisaje dividida en 3 conjuntos fundamentales de unidades Biogeoestructurales; Hidroestructurales; Tecnoestructurales Para caracterizar la organización y gestión, el territorio se divide en espacios de manejo, generando un cuarto grupo llamado Espacioestructura y la Socioestructura. Siempre con el énfasis puesto en los cambios ocurridos a partir de 1961.

Figura 14. Representación cuenca de Aculeo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. Esquicio comuna de Paine.



Fuente: SECPLA Paine 2004.

4.1. Localización y delimitación

La cuenca de Aculeo se ubica en la sección occidental de la comuna de Paine, una de las cuatro comunas que conforman la provincia de Maipo, la cual se configura territorialmente como el acceso sur de la Región Metropolitana, a 43 kilómetros de Santiago. Limita al Norte con la comuna de Buin, al Noroeste con la provincia de Talagante, al Oriente con la provincia de Cordillera, al Suroeste con la provincia de Melipilla y al Sur con la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.

La comuna tiene una superficie de 707,7 km² (70.770 ha) que forma parte de la hoya hidrográfica del Río Maipo, pero tiene al río Angostura como su dren más importante.

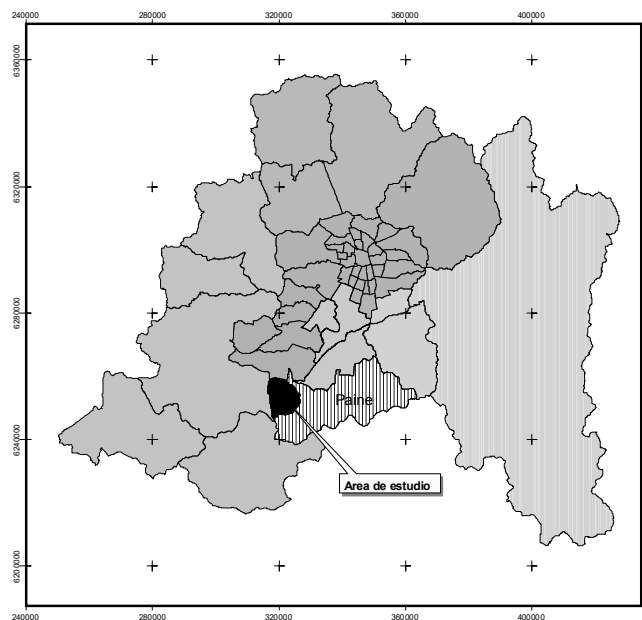
La cuenca de Aculeo se ubica rodeada por el bloque montañoso del borde sur de la cuenca del río Maipo, en la segunda sección, sub. cuenca río Angostura. Correspondiente a una estibación de la cordillera de la Costa con dirección O/E, separada del bloque andino por el valle del río Angostura (Soto M. 2006), donde ambos bloques alcanzan su cercanía máxima en Angostura de Paine.

En la sección occidental (33°50'S, 70°54'W; 360 m.s.n.m.) cuenta con un espejo de agua dulce que recibe las aguas captadas por las montañas de la cuenca, sin recibirlas desde un afluente externo, llamado Laguna de Aculeo.

A la cuenca se puede acceder por dos vías, siendo la principal la vía G-546, proveniente del cruce de la ruta 5 Sur en el km. 46, dirigiéndose hacia el poniente, en la localidad de Champa. El acceso secundario corresponde a una ruta o cuesta que conecta la cuenca con la comuna de Melipilla.

La superficie de la cuenca hidrográfica completa es de 24.326 ha. El área de estudio, cuya superficie es de 9.456,3 ha, encuentra su límite en la línea de las más altas cumbres, de las montañas que aportan agua a la laguna, tanto al Norte, Sur y Oeste. El límite hacia el Este, para efectos del análisis de los aportes hídricos y de sedimentos al cuerpo de agua corresponde a una línea trazada según criterios que serán especificados en la descripción de la hidroestructura (4.3) y para efectos de información estadística el límite lo determina el distrito censal N°4 Aculeo de la comuna de Paine.

Figura 16. Ubicación de la comuna en la RM



4.2. Biogeoestructura

Se presentan los aspectos más relevantes de acuerdo a los objetivos de estudio, por tanto se da énfasis la dinámica y la evolución en el tiempo de las unidades. Así variables de mayor jerarquía por su permanencia, como el clima, los distritos y sitios son descritas en función de analizar las condiciones bióticas y ayudar a la comprensión de la dinámica hidrológica y de nutrientes.

Clima

De acuerdo a la ubicación de la cuenca, esta pertenece al clima de la Macrozona Sur de la Región Metropolitana, clasificado como Reino Templado, Dominio Secoestival “Mediterráneo”, Provincia Secoestival Prolongada (6 a 8 meses), correspondiéndole el código Csb1 de Koeppen (1923). Según Di Castri y Hayek (1976), el territorio corresponde a la región Mediterránea Subhúmeda, donde la aridez dura en promedio 5 a 6 meses, presentando 1 a 2 meses semiáridos.

El área se encuentra sometida al régimen general de circulación atmosférica de la Región Metropolitana, caracterizada por un régimen de precipitaciones controlado por el Anticiclón del Pacífico Sur, el cual controla la frecuencia, intensidad y extensión geográfica de la actividad frontal asociada a la circulación de los vientos de Sur-Oeste (en inglés westerlies), (Villa, 2004, Ellis 1993, U. de Chile, 2007). Las grandes variaciones estacionales e interanuales, características de la región y del territorio de Chile Central, son causadas en parte por las oscilaciones del fenómeno de El Niño.

Debido a las características orográficas de la cuenca de la Laguna de Aculeo (cerros altos que la rodean) se genera una mayor pluviometría que varía de 500 a 700 mm anuales (Costa, 2002), respecto de la cuenca del Maipo, la cual presenta precipitaciones promedio cercanas a los 420 mm anuales. En las cumbres de los cerros de Altos de Cantillana, superiores a los 1.800 m.s.n.m. se presenta un efecto nival estacional y se registran mayores precipitaciones.

Distritos agroclimáticos de la cuenca.

Según el estudio de Santibáñez (1990), en la cuenca de la laguna de Aculeo se presentan 3 distritos agroclimáticos. El primero (65.3), del tipo templado mesotermal estenotérmico mediterráneo semiárido: Localizado en quebradas, serranías de interior y valles costeros, representa en el área de estudio a los distritos planos que rodean la laguna y los cerros de la porción norte y nor.-oriental de la cuenca. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima de Enero de 27,7 °C y una mínima de Julio de 4,7 °C. El período libre de heladas es de 245 días, con un promedio de 7 heladas por año. Registra anualmente 1650 días-grado y 977 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 454 mm, un déficit hídrico de 952 mm y un período seco de 8 meses.

Ya en la porción sur de la cuenca, donde las pendientes y la altitud son mayores, se presentan dos distritos agroclimáticos (60.2 y 60.3), del tipo templado infratermal estenotérmico mediterráneo, siendo 60.2 semiárido al ubicarse en los cerros y 60.3 subhúmedo, al corresponder a las partes altas de los cerros de Cantillana. Ambos presentan un período seco de 7 meses y precipitaciones anuales de 597 y 593 mm. Cerca de 850 días grado y más de 2000 horas frío.

Pares climáticos

La representación gráfica de pares climáticos, utilizada por Di Castri, (1976) mediante clinógrafos y hiterógrafos, que relacionan la humedad relativa y las precipitaciones respectivamente con las temperaturas medias mensuales, permiten esquematizar el clima de la zona respecto de las condiciones para la vegetación. La vegetación presente no se considera un indicador climático totalmente fidedigno, en parte porque las formaciones climax son difíciles de identificar y diferenciarlas de las formaciones derivadas de la intervención humana en épocas históricas o bien de los relictos de anteriores períodos climáticos.

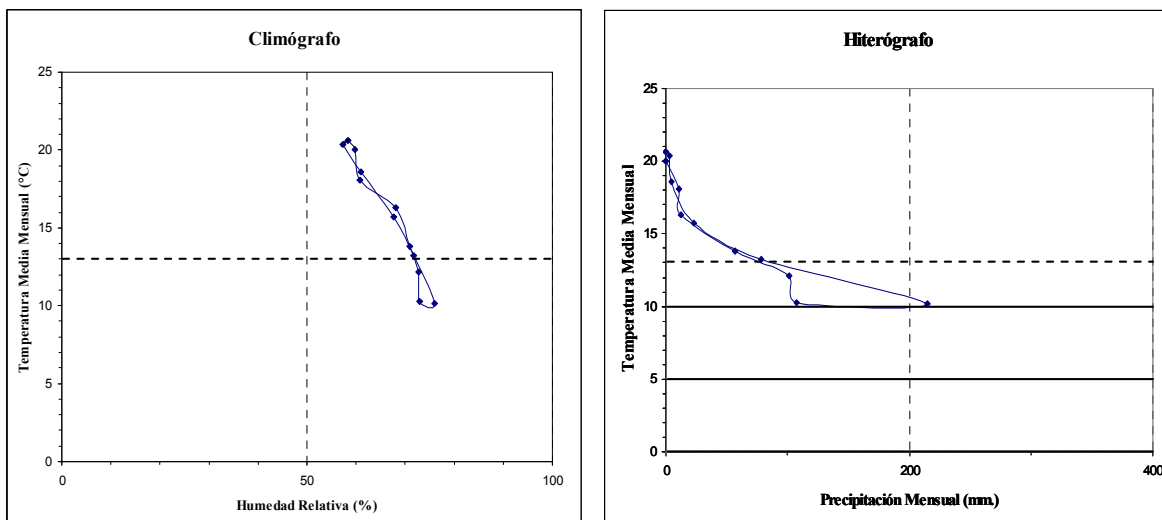
Los diagramas de la Figura 17 se encuentran subdivididos en cuatro unidades mediante líneas medias perpendiculares de trazo interrumpido, las cuales han sido establecidas por Di Castri, (1976) sobre la base de un promedio de los extremos climáticos de Chile. Las líneas enteras ubicadas frente a las temperaturas medias mensuales de 5 y 10 °C, tienen el fin de señalar límites biológicos de crecimiento de las plantas.

La figura formada por la unión de los puntos indicadores de cada mes, constituye un polígono cuya ubicación, inclinación, forma y extensión en el diagrama, exteriorizan visualmente las características esenciales del clima de un determinado territorio.

Los registros de humedad relativa presentan una constancia interanual muy superior a los de las lluvias, por lo que la información obtenida de pocos años puede ser representativa para el clima local.

En el hiterógrafo elaborado para Aculeo (Figura 17) se observan 7 meses de aridez, la inclinación es reflejo de las fluctuaciones estacionales de la lluvia. La figura es alargada, por la amplitud térmica que denota la baja influencia marítima debida a los cordones montañosos de la Cordillera de la Costa.

Figura 17. Climógrafo e Hiterógrafo de la cuenca de Aculeo.



Fuente: Elaboración propia, en base a datos climáticos DGA (1995 – 2005) estación Aculeo (33° 52' S, 70° 52' W).

Régimen de precipitaciones

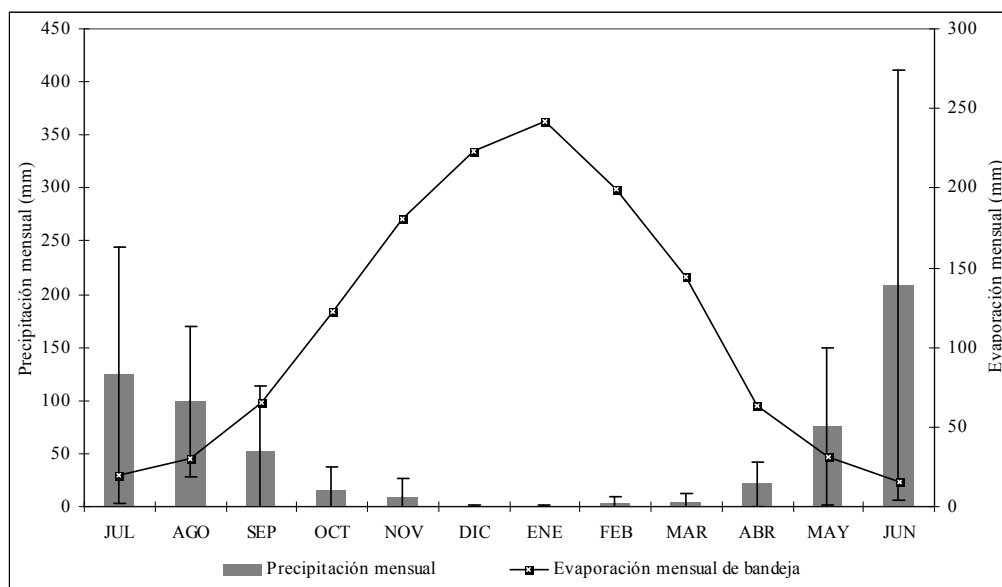
De acuerdo a la información registrada por la estación de pluviometría número 181 Aculeo (Proyecto Maipo 1987) la media anual de precipitación es de 554,2 mm siendo estos datos producto del registro de 67 años (Cuadro 9). La información proporcionada por la Dirección General de Aguas (DGA) de un registro reciente de 12 años, arroja un resultado diferente pero que debido al corto período que abarca, no es concluyente.

Por lo tanto, se considera con mayor certeza, la afirmación de que las precipitaciones se concentran en un 83% en otoño e invierno (Mayo a Agosto), con un promedio anual cercano a los 554 mm.

Cuadro 9. Precipitación mensual (mm) en estación Aculeo 360 m.s.n.m. (33° 52' S, 70° 52' W) en dos periodos.

	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Media anual
1913 - 1981	131,4	96,0	36,4	11,5	7,8	2,4	2,0	2,3	3,3	27,9	99,7	133,5	554,2
1995 - 2006	123,8	99,0	53,0	16,3	10,0	0,2	0,3	2,8	4,5	21,7	75,9	207,9	615,5

Figura 18. Precipitaciones mensuales y evaporación de bandeja, estación Aculeo (33° 52' S, 70° 52' W) período (1995-2006).



Fuente: Elaboración propia en base a datos DGA.

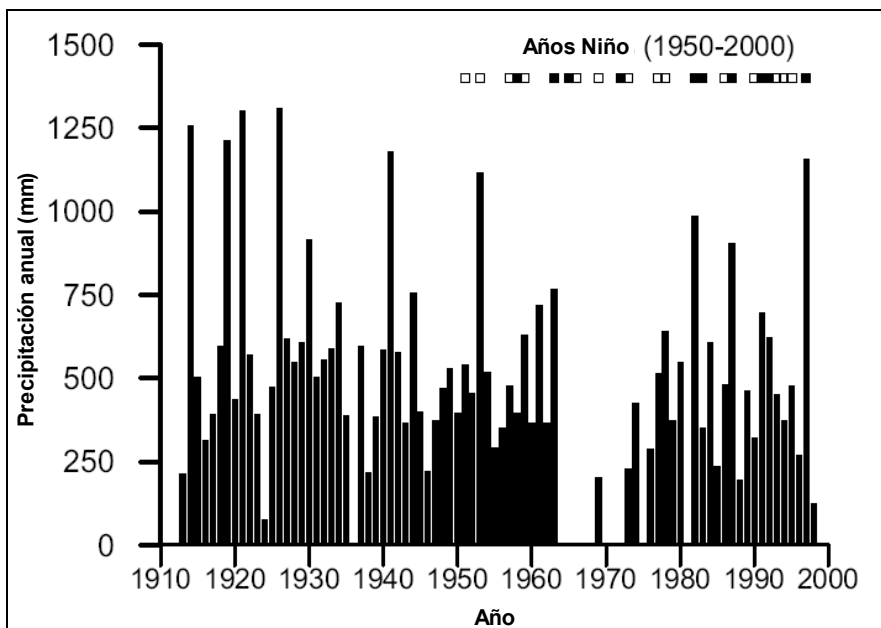
Torrencialidad

Una precipitación superior a 12,7 mm. en 24 horas, se puede calificar como torrencial (Costa, 2002; Sepúlveda, 2004). En el Anexo I de precipitaciones se puede observar que este fenómeno ocurre anualmente en Aculeo, por tanto es parte de las características climáticas locales.

La Figura 19 muestra que las precipitaciones anuales en la Laguna de Aculeo, en años influenciados por el fenómeno de El Niño pueden superar los 1.000 mm. Sin embargo, los años de precipitaciones que superan los 600 mm., suelen producir inundaciones. Las cuales han sido identificadas a partir del estudio de los sedimentos de la laguna, que indican que entre 1950 y 1998 se produjeron al menos 8 eventos de inundación (Jenny, 2002)

La carencia de información entre 1964 y 1972, no impide mencionar que los años 67- 71 fueron años de sequía.

Figura 19. Precipitaciones anuales en la Laguna de Aculeo durante el siglo XX.



Fuente: (Jenny *et. al.* 2002).

*Se carece de la información de los años 1936, 1964–1968, 1969–1972, 1975 y 1981.

Distrito - Sitio

Los rasgos morfológicos característicos del territorio central chileno, como son las dos cordilleras y la depresión intermedia, se originaron a partir de la fuerte actividad tectónica ocurrida durante el Cretácico Medio. Luego del alzamiento diferencial de bloques de las nuevas cordilleras continuaron los fenómenos tectónicos, las cuales en combinación con condiciones climáticas y volcánicas lo condicionaron los fenómenos de erosión y relleno de las cuencas y subcuencas, dando origen a los suelos del valle central donde se ubica la cuenca de Aculeo.

El cordón montañoso que rodea la Laguna de Aculeo en un 90%, corresponde a parte del Cordón de Cantillana. Dicho cordón, pese a que corresponde a una porción de la Cordillera de la Costa, alcanza altitudes equivalentes a la Cordillera de los Andes (Gajardo, 2004). Está formado por rocas graníticas intrusivas, las cuales han sufrido procesos geodinámicos que han ido formando conos aluviales estabilizados por vegetación nativa (Figura 22), y un sector depresional de deposición de sedimentos, que actualmente corresponde a terrazas lacustres (Soto M. 2006).

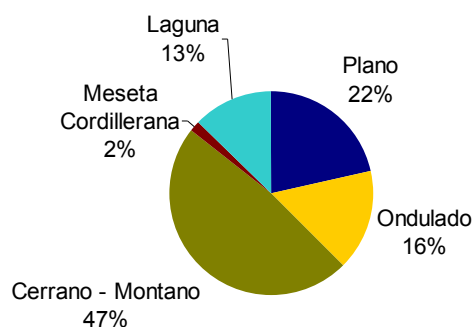
La gradiente de elevación de los cerros, que va desde los 360 m.s.n.m. en la laguna hasta alturas que superan los 1800 m.s.n.m. (Carta 1), y presenta pendientes descendientes a medida que disminuye en altura, converge hacia la planicie que rodea el cuerpo de agua (Carta 2). Esto permite que se produzca el transporte de sedimentos desde las laderas y su posterior depositación en zonas bajas, acumulándose un sustrato que perite el desarrollo de suelos profundos.

Más de la mitad de la superficie total de la cuenca presenta pendientes mayores a 34,4% y el 22% de ésta corresponde a sectores planos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Superficie según distrito de pendiente.

Distrito	Característica	Superficie (ha.)	Porción del total (%)
Plano	Pend. 0,0% a 10,4%	2054,4	22
Ondulado	Pend. 10,5% a 34,4%	1503,6	16
Cerrano - Montano	Pend. 34,5% a 66,5% y mayores	4543,5	48
Meseta Cordillerana	Planos y ondulados en altura	147,4	2
Laguna	Cuerpo de agua	1207,4	13
Total		9456,3	100

Figura 20. Gráfico superficie por distrito.



Distritos planos: Tienen su origen en la depositación de sedimentos donde influye la erosión proveniente de las laderas y la posterior acción lacustre, por esto se ubican en los sectores de menor altitud que rodean a la laguna. Se presentan suelos profundos con capacidades de uso entre II y IV, dominados por la serie Pintué (PNT) (CIREN, 1997), que es un miembro del orden de los Mollisoles, de la familia franca gruesa. Son suelos de origen aluvio coluvial, profundos, estratificados, en posición de plano ligeramente inclinado (piedmont), que descansa sobre un sustrato lacustrino, arcilloso por debajo de los 2 m. El nivel freático fluctúa en forma estacional, sube en invierno y se deprime fuertemente en verano. Este hidromorfismo estacional hace que la profundidad efectiva del suelo varíe entre 38 y 77 cm, lo que limita la capacidad de uso productivo. El hecho de que en verano presente un drenaje moderado, hace de estos suelos terrenos fértiles para el cultivo de hortalizas de estación cálida.

En la sección oriental de la laguna donde se encuentra el desagüe de esta, se presentan suelos muy profundos de una textura liviana, franco arenosa. Corresponden a terrazas aluviales estratificadas asociadas a la Laguna de Aculeo (TE3) (CIREN, 1997). En la Figura 21 se observan las estratas depositacionales del perfil de una terraza aluvial de la Laguna de Aculeo, en la cual se observa la acción lacustre, contando con 28 cm. de suelo formado en el sitio y una profunda estrata arenosa, que llega hasta los 132 cm.

Distritos ondulados: Ocupan un 16% de la superficie de la cuenca, se ubican inmediatamente sobre los distritos planos en la gradiente de altitud de la cuenca, siguiendo la dirección de las laderas y quebradas. Solo una mínima parte de ellos alcanza a contar con series de suelos descritas, perteneciendo algunos a la mencionada serie Pintué. Tienen capacidades de uso VII y los que no pertenecen a la serie Pintué, pertenecen a la asociación de suelos Mansel que además abarca los distritos cerrano y montano de la cuenca pero que en los distritos ondulados de presentan conos aluviales

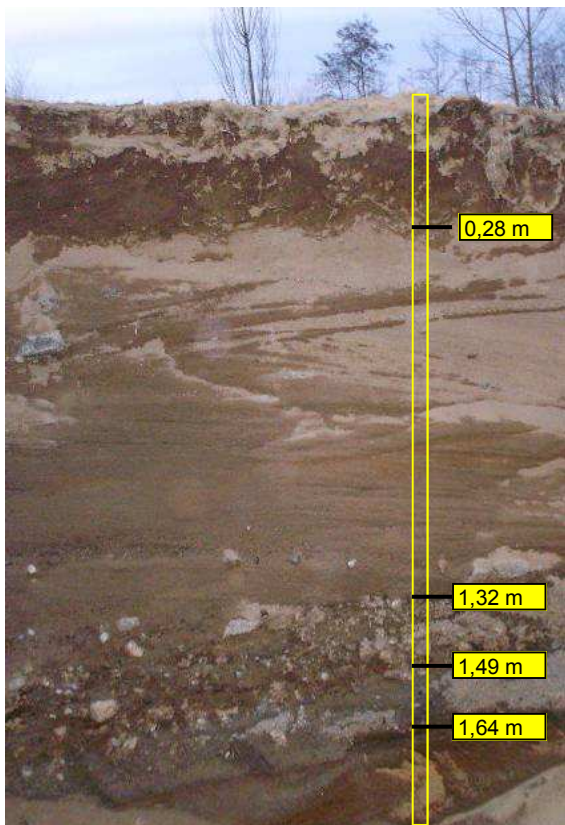
de antiguo pastoreo, con estepas de espinal y renovales de matorral esclerófilo. La asociación Mansel es un inceptisol de origen granítico, se caracteriza por ser un suelo moderadamente profundo, con topografía de cerros. En general presentan un horizonte orgánico desarrollado por la abundante vegetación, que tiene posibilidad de profundizar sus raíces.

Pese a la descripción de la profundidad de los suelos que corresponde según CIREN, (1997), el intenso uso antrópico para extracción de leña a lo largo de los últimos siglos ha provocado que el suelo granítico se encuentre expuesto ante la ausencia de horizonte orgánico, respecto de lo observado en terreno.

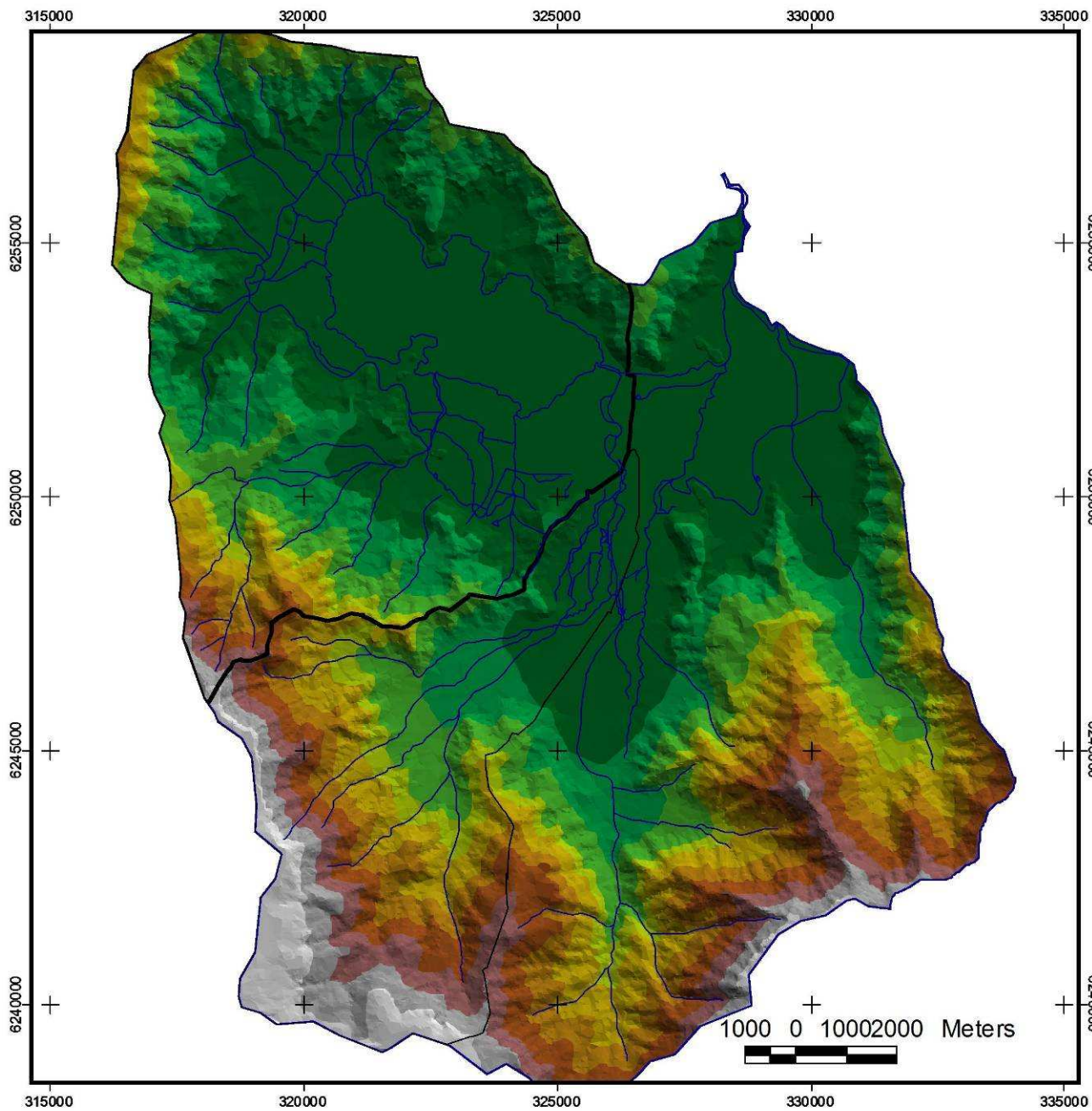
Distritos cerrano y montano: Han sido considerados como uno solo en la cartografía debido a que en la escala de trabajo (cuenca), no se presentan separados por una gradiente de altitud que permita separarlos fácilmente e identificar su posición en la cuenca. Abarcan una superficie de 53%, tienen capacidades de uso VII y VIII y pertenecen a la asociación Mansel, ya descrita para los distritos ondulados. Presentan abundante vegetación nativa de renoval en las partes más bajas y sus suelos tienen profundidad media a delgada y drenaje moderado.

En altitudes mayores a los 1.800 m.s.n.m. se presentan distritos planos y ondulados, que presentan características muy distintas a los distritos descritos, por tanto se clasifican como mesetas cordilleranas.

Figura 21. Perfil depositacional de terraza lacustre, distrito plano al oriente de la Laguna de Aculeo, Agosto 2007.



Fuente: Elaboración propia.



Carta:
RELIEVE



**Pontificia Universidad
Católica de Chile
Facultad de Agronomía e
Ingeniería Forestal
Proyecto de Título:**

**Evolución histórica de los
patrones de uso de suelo
en la cuenca de la
Laguna de Aculeo**

□ Limite cuenca.shp
□ Cuenca laguna de aculeo.shp

Crtin2

Elevation Range

■ 375 - 500
■ 500 - 700
■ 700 - 900
■ 900 - 1000
■ 1000 - 1200
■ 1200 - 1400
■ 1400 - 1600
■ 1600 - 1800
■ 1800 - 2000
■ 2000 - 2250

Ubicación:
R.M. Prov. Maipo
Hoya Hidrográfica Río Maipo
Subcuenca Río Angostura

Comuna: Paine Superficie: 24.326,6 ha.

Autor:
Claudia Cossio Traverso

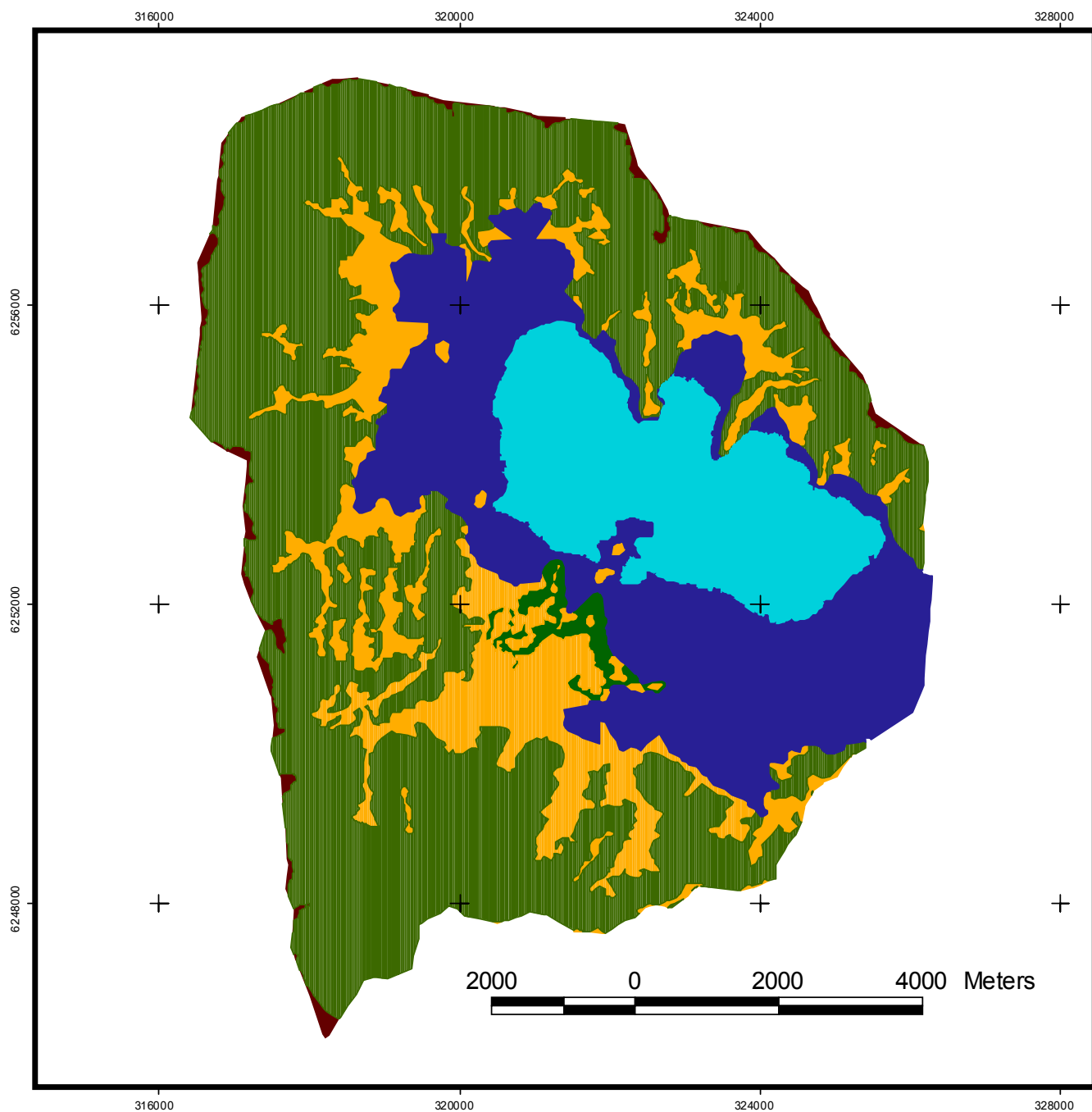
Fecha: Noviembre de 2007





















Antecedentes Cartográficos:
Ortofotos digitales Ciren - Corfo 1996,
escala 1:20.000
Base cartográfica proyecto GEF Cantilana

Escala:
1 : 110.000

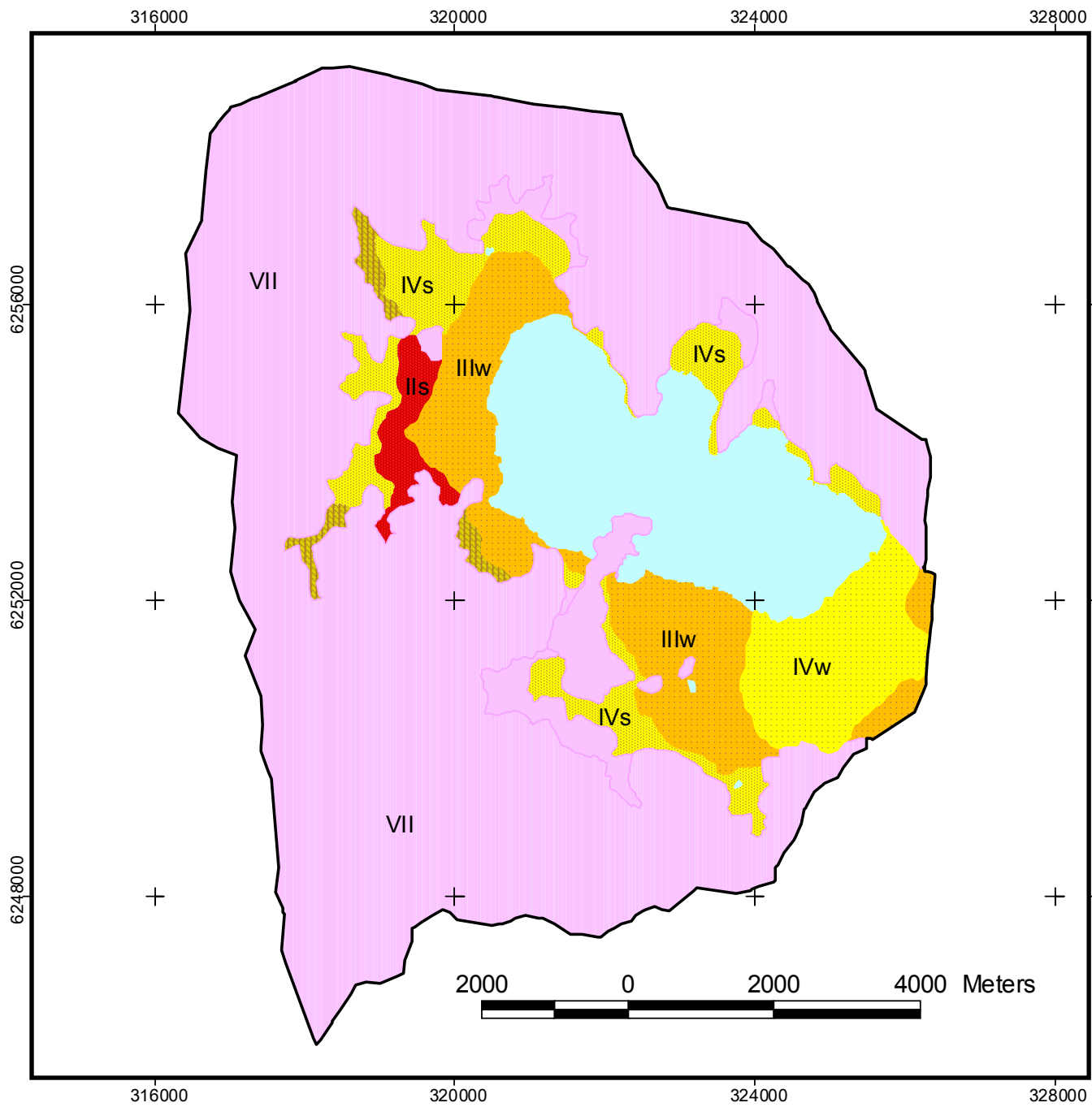


Carta 1. Relieve.















<p>Carta: DISTRITOS</p> 													
<p>Pontificia Universidad Católica de Chile Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal Proyecto de Título:</p> <p>Evolución histórica de los patrones de uso de suelo en la cuenca de la Laguna de Aculeo</p>													
<p style="text-align: center;">Distritos.shp</p> <table border="0"> <tr><td></td><td>Cerrano</td></tr> <tr><td></td><td>Cerrano - Montano</td></tr> <tr><td></td><td>Laguna</td></tr> <tr><td></td><td>Meseta Cordillerana</td></tr> <tr><td></td><td>Ondulado</td></tr> <tr><td></td><td>Plano</td></tr> </table>			Cerrano		Cerrano - Montano		Laguna		Meseta Cordillerana		Ondulado		Plano
	Cerrano												
	Cerrano - Montano												
	Laguna												
	Meseta Cordillerana												
	Ondulado												
	Plano												
<p>Ubicación: R.M. Prov. Maipo Hoya Hidrográfica Río Maipo Subcuenca Río Angostura</p>													
Comuna: Paine	Superficie: 9.456 ha.												
<p>Autor: Claudia Cossio Traverso</p>													
<p>Fecha: Mayo de 2008</p>													
<p>Antecedentes Cartográficos: Ortofotos digitales Ciren - Corfo 1996, escala 1:20.000 Fotografías aéreas 2006 y 2007 Google Earth Fotografías aéreas SAF 1994</p>													
<p>Escala: 1 : 75.000</p>													

Carta 2. Distritos



Carta 3. Capacidades de uso

<p>Carta: CAPACIDAD DE USO SUELO</p> 	
<p>Pontificia Universidad Católica de Chile Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal Proyecto de Título: Evolución histórica de los patrones de uso de suelo en la cuenca de la Laguna de Aculeo</p>	
<p>Capacidad de uso</p>	
<p>  Lim_captacion.shp  Sitio.shp  IIIw  IIs  IVs  IVw  NA  VIe  VII  VIIe </p>	
<p>Ubicación: R.M. Prov. Maipo Hoya Hidrográfica Río Maipo Subcuenca Río Angostura</p>	
Comuna: Paine	Superficie: 9.456 ha.
<p>Autor: Claudia Cossio Traverso</p>	
<p>Fecha: Mayo de 2008</p>	
<p>Antecedentes Cartográficos: CIREN, 1997</p>	
<p>Escala: 1 : 75.000</p>	

Flora y Fauna: Cobertura, unidades de vegetación.

Existen numerosos estudios sobre la vegetación de la cuenca, enfocados en el Cordón de Cantillana por su alto valor ecológico y buen estado de conservación. Diversos autores (EULA, 2004; U. de Chile, 2007; Costa, 2002) han definido tipos vegetacionales, según las diferentes estructuras y composición de especies dominantes distribuidos de acuerdo a las condiciones ambientales a las que están expuestos, teniendo como guía la descripción de Gajardo, (1994) que propone los siguientes:

Matorral Espinoso, Bosque Caducifolio de Santiago (1.900 – 2.000 m.s.n.m.) y Bosque Esclerófilo Costero. Gajardo, (2004) explica además que el sistema Altos de Cantillana tiene una marcada estratificación altitudinal de la vegetación de los bosques y matorrales esclerófilos, con importantes introgresiones de la región de los bosques caducifolios, de distribución más sur, y la existencia de parches de vegetación de la región de las Estepas Alto Andinas (sobre 2.000 m.s.n.m.), en las mayores altitudes producto de la potencial conectividad existente entre esta zona montañosa de la cordillera de la Costa, a través de cadenas transversales que cruzan la depresión intermedia, con la Cordillera de Los Andes.

Cabe mencionar que dentro de las especies características del bosque y matorral esclerófilo, existe la presencia de algunas entidades relevantes y características de la flora del sistema Cantillana: en primer lugar está *Avellanita bustillosii*, especie arbustiva endémica de Cantillana, que actualmente se clasifica En Peligro (Benoit 1989) y que se presenta en algunos sectores de piedemone que rodean la Laguna de Aculeo. Además en algunos lugares altos (sobre 2.000 m.s.n.m.) donde la vegetación tiene características altoandinas, se registró *Pyrrhocactus engleri*, cactácea endémica de las partes más altas de la Cordillera de la Costa (Cantillana), lo que constituye un hito importante para la valoración del área. Otra especie que resulta destacable es *Calceolaria nítida*, endémica del sistema Altos de Cantillana.

Con el conocimiento de que ante la ausencia de intervención antrópica, la vegetación de la cuenca bajo los 1.250 m.s.n.m. evolucionaría hacia un bosque esclerófilo con características que varían según la altitud y el contenido de humedad del suelo. Se pueden observar coberturas vegetacionales que indican cual ha sido el uso y la intensidad de éste que se la ha dado desde la presencia humana.

Sobre esta altura, las formaciones vegetacionales son distintas debido al clima y han sido menos intervenidas (matorral esclerófilo de altura entre 1.250 y 1.900 m.s.n.m., bosque caducifolio de Santiago y estepa altoandina en mayor altura), salvo por la extracción de leña y madera, prácticas que se han detenido hace varias décadas y permitieron una recuperación de la vegetación.

Fuera de variaciones que tienen que ver con fenómenos climáticos, las conclusiones de Villa, (2004) en base a los registros de polen en los sedimentos del fondo de la Laguna de Aculeo, determinan que las variaciones en composición vegetal durante el siglo XX y hasta nuestros días, han sido causadas por las actividades humanas que han producido una total transformación del paisaje que rodea la laguna.

La vegetación de la zona de riberas presenta características particulares, que son muy importantes para conocer la capacidad del sistema para filtrar los sedimentos y otros contaminantes provenientes de la cuenca, la capacidad para albergar fauna y el estado

tráfico del agua. Lamentablemente no existen estudios sobre este tópico en la Laguna de Aculeo y es un aspecto que escapa del alcance de este estudio. Sin embargo, las observaciones en terreno sugieren la presencia natural de especies acuáticas emergentes como juncos ciperáceas y también matorrales como *Salix humboldtiana*, en los sectores menos intervenidos, pero en los sectores residenciales y turísticos, el amurallamiento de las riberas y demás modificaciones estéticas, han provocado la destrucción casi total de la franja de vegetación acuática de la laguna (Carta 7).

Fauna

El sector albergaría una gran proporción de especies amenazadas, varias son de alto interés, como los anfibios y reptiles (prácticamente todos amenazados y una alta proporción de endémicos), aves de bosque y de ambientes acuáticos, mamíferos endémicos y amenazados.

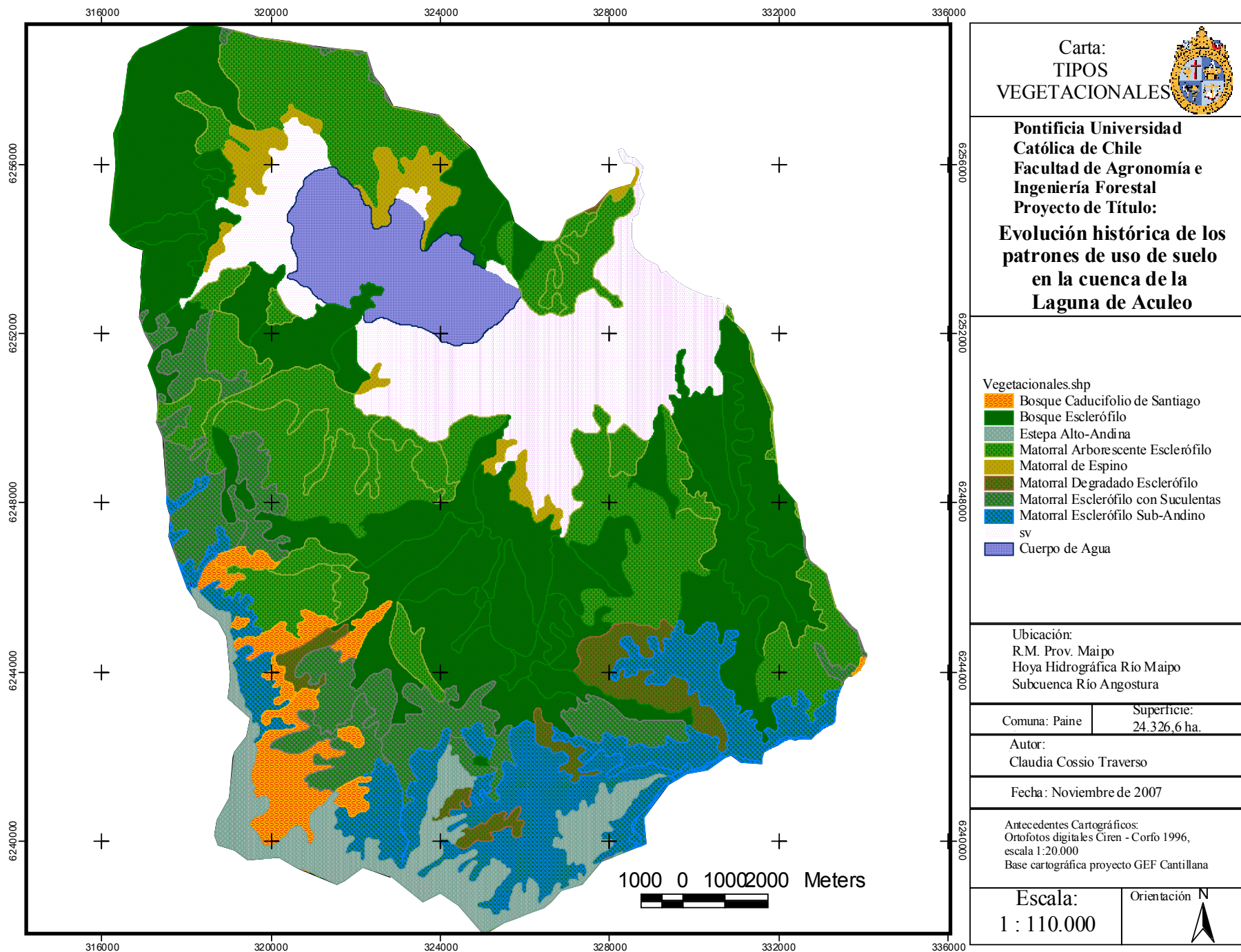
Al contener variados ambientes, como robledales, matorral esclerófilo, laderas de cerros con vegetación xerófila, ambientes acuáticos, varios de ellos en buen estado de conservación (baja intervención antrópica), permite que cada ambiente albergue en un territorio no muy extenso una alta riqueza, alto endemismo, gran número de especies amenazadas y varias especies específicas de cada tipo de ambiente (U. de Chile, 2007).

Es de especial interés la avifauna acuática ligada a la Laguna de Aculeo y su entorno inmediato, especialmente en las áreas de pajonales y zonas inundables, sin embargo y pese a que han sido objeto de estudio por parte de CONAF y SAG, no existen publicaciones sobre variaciones de abundancia.

Figura 22. Cono aluvial estabilizado por vegetación nativa en Los Hornos.



Autor: Claudia Cossio, 2008.



Carta 4. Tipos vegetacionales En base a (Costa, 2002, Base cartográfica GEF Cantillana).

4.3. Hidroestructura

La laguna de Aculeo y toda su red de drenaje pertenecen al sistema de la hoya hidrográfica del río Maipo, subcuenca río Angostura y por lo tanto se le puede denominar como una subsubcuenca, la cual tiene un comportamiento hidrológico con influencia nival estacional, siendo caracterizada por un régimen de escurrimiento torrencial estacional.

En la Carta 5 se observa la red hidrográfica a la que pertenece la cuenca de Aculeo, que tiene como efluente estacional al estero Aculeo o Santa Marta. Este estero, junto con las aguas provenientes de las quebradas de Abrantes y Huiticalán, alimentan el estero Peralillo, el cual, a su vez, desemboca en el Río Angostura.

El río Angostura, que es alimentado además por el estero Paine, desemboca en el río Maipo a unos 2 Km. Al poniente de Valdivia de Paine.

La hidroestructura, de la cuenca de Aculeo está compuesta tanto de elementos naturales como artificiales. Los cauces naturales, que corresponden a esteros o quebradas de flujo intermitente, que tienen escurrimiento superficial en presencia de precipitaciones intensas, desembocan en la Laguna de Aculeo, cargándola de las precipitaciones provenientes de los cerros que la rodean casi en un 90%. Los principales cursos de agua (Carta 5) son: Estero Las Cabras, Quebrada Los Maquis, Q. Cerco Largo, Q. El Luche, Q. Las Correderas, Q. El Bellotal, Q. Los Canelos, Q. Los Bueyes, Q. El Viejo, Q. La Patagua, Q. Los Bellotos, Q. Casa de Piedra y Q. Ño Berríos, todas de carácter intermitente (Balbontín, 1983)

La laguna de Aculeo tiene origen tectónico (Jenny, 2003), a lo que se agrega el depósito de sedimentos aluviales en el sistema del río Maipo o Angostura en la parte noreste de la región que habrían terminado por represar el drenaje natural de la cuenca de Aculeo (Mühlhauser, 1991). Aún así, la cuenca cuenta con el mencionado efluente llamado estero Santa Marta o Aculeo.

Este estero posee una característica muy particular, que es la de funcionar además como afluente de la laguna en época invernal, esto ocurre debido a que el estero Pintué (Carta 5 red hidrográfica), cuyo caudal es permanente ya que se nutre de las precipitaciones y del derretimiento de las nieves de los Altos de Cantillana y cuya desembocadura se encuentra a 600 m al oriente de la conexión con la laguna y por lo tanto en una cota más baja, trae un caudal abundante en otoños lluviosos, lo que permite invertir la diferencia de cotas entre el estero y la laguna al inicio de las lluvias, cuando el nivel de la laguna es bajo y así invertir el sentido de escurrimiento de las aguas. Además, los agricultores con derecho de aprovechamiento de aguas de la laguna provocan artificialmente el llenado de la laguna mediante el embancamiento o taponeo mediante tierra, de la salida de agua.

Lamentablemente no existe un control registrable del caudal que ingresa a la laguna proveniente del estero Pintué y tampoco del que drena a través del estero Aculeo. Estas razones han llevado a que científicos limnólogos (Jenny, 2003, 2002; Villa, 2004) a considerar la cuenca de Aculeo como una cuenca cerrada y a excluir el cajón de Huiticalán, del cual proviene el estero Pintué, de los cálculos y consideraciones de balance hídrico.

El hecho de que la contaminación por nutrientes y sedimentos se produce por escurrimiento y erosión a partir de los territorios aguas arriba del cuerpo de agua receptor y las razones esgrimidas por los limnólogos, llevó a definir como área de estudio solamente el área de captación directa, de 946,3 ha.

El límite hacia el Este, corresponde a una línea trazada según un criterio arbitrario según las pendientes y el curso de agua llamado estero Pintué.

El riego en la cuenca es un caso especial, al provenir de diversas fuentes (Carta 5).

El área de estudio comenzó a ser regada a partir de 1911 en los distritos planos. Y en 1954 y 1960 se habilitaron nuevos canales de regadío en Los Hornos, alcanzándose una superficie regable de 1.421 ha. (Cuadro 11). A partir de esta fecha la superficie regable no ha cambiado mucho, sólo se ha agregado un paño de 26,3 ha., en el sector occidental de la cuenca que cuenta con riego tecnificado para frutales (Carta 5).

La obra de riego que permite efectuar riego gravitacional mediante canales, es un hito de la ingeniería de principios del siglo XX que aún funciona. El agua es obtenida mediante la elevación de agua de la laguna con bombas (2 casas de bombas) y distribuida mediante canales de hasta 8 Km. de largo. Para obtener energía eléctrica para hacer funcionar las bombas en 1911, fue necesario instalar una central hidroeléctrica en el río Angostura y construir una línea eléctrica de gran capacidad.

Actualmente, el riego proviene de las siguientes fuentes (Carta 5):

- Tranques de acumulación de escorrentía proveniente de los cerros (porción occidental y tranques particulares)
- Riego gravitacional proveniente del estero Pintué y en la sección oriental de la cuenca y en la quebrada de la cuesta El Cepillo en Rangue.
- Obtención de agua de la laguna con bombas particulares.
- Obtención de agua de la laguna y distribución mediante canales (Casa de bombas Rangue y Puntilla del León).

La distribución de los canales de regadío interrumpe el flujo del agua proveniente de los cerros hacia la laguna. Este hecho hace inútil la subdivisión de la cuenca en microcuencas para conocer el aporte de cada una de ellas a la laguna ya que los canales producen una interconexión entre las microcuencas antes de llegar al cuerpo de agua.

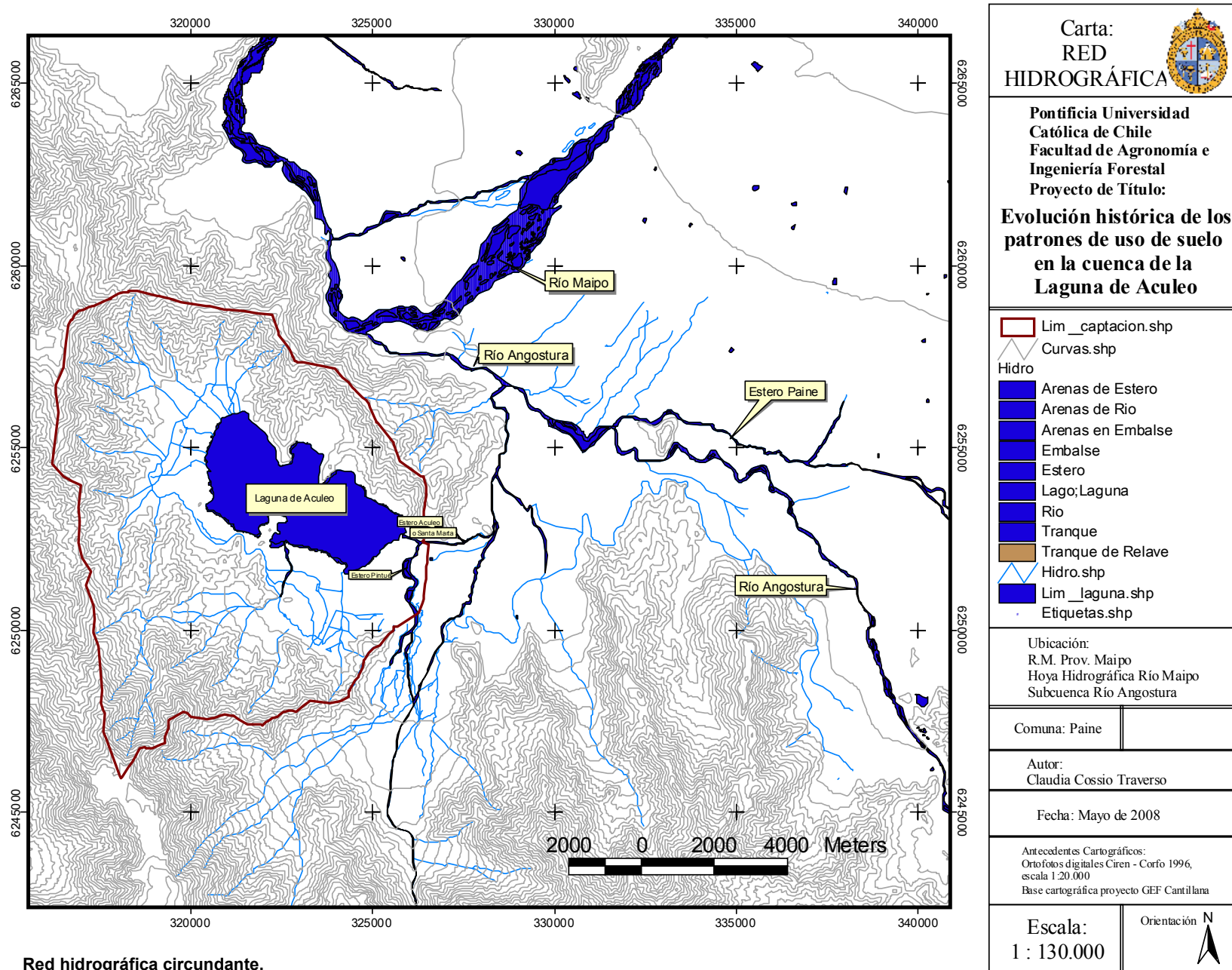
Las aguas subterráneas son un campo no estudiado en el área de estudio, al no existir información previa.

Cuadro 11. Superficie regable.

Año		Total
Antes de 1911	Solo riego proveniente del estero Pintué y Quebrada el Cepillo.	295,5
1911	Casa de bombas Rangue riega Rangue y parte de Los Hornos.	1.077,6
1954	Casa de Bombas Los Hornos y nuevos canales.	1.333,5
1960	Nuevo canal a partir de casa de bombas Los Hornos.	1.421,1

Fuente: elaboración propia.

*No corresponde a la superficie regada efectivamente ya que existen terrenos que no poseen conexión con canales ni derechos de agua pero se encuentran bajo la cota del canal.



Carta 5. Red hidrográfica circundante.

Características Batimétricas

El trabajo de reconstrucción climatológica del Holoceno, que comprende los últimos 12.000 años, realizado por Jenny et. al en 2003, a partir de los sedimentos del fondo de la laguna de Aculeo, arroja resultados que indican que esta se originó como cuerpo de agua hace alrededor de 10.000 años, presentándose en sus inicios un cuerpo de agua con una profundidad fluctuante entre 1 y 2 m. de profundidad. Hace 7.500 u 8.000 años, el nivel ascendió a cerca de 3,5 a 6 m. de profundidad. Los niveles actuales que oscilan entre 5 y 6 m. de profundidad máxima, se alcanzaron hace cerca de 3.000 años.

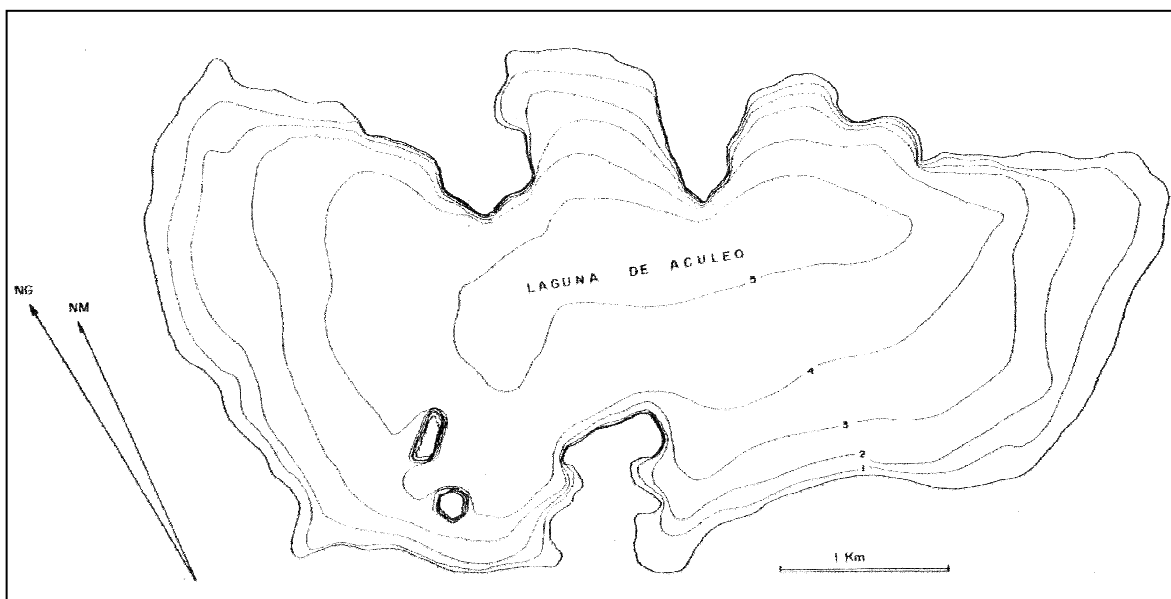
La profundidad máxima de 7m. que muestra el estudio de Cabrera y Montecino, (1982) y que reitera Mühlhauser et. al, (1991), se alcanza en años de El Niño, cuando la precipitación supera las 1.000 mm. Y el nivel de 5 m. en verano es aceptado para un año normal.

Las características limnológicas generales del espejo de agua (33° 50' 30" S.; 70° 54' 24" W.) fueron generadas por dos fuentes identificadas, que se presentan en el Cuadro 12. Las discrepancias son esperables, dada la amplia fluctuación del nivel del cuerpo de agua anualmente y durante el año.

Cuadro 12. Parámetros morfométricos de la Laguna de Aculeo.

	Cabrera y Montecino, 1982	Mühlhauser 1987(verano)
Área (km ²)	11,99 km ²	12,44
Volumen 10<6 m ³	51,6	41,79
Profundidad media	4,4 m	3,35
Profundidad máx.	7 m	5 m.
Ancho máx. (km)	2,88	2,96
Longitud máx. (km)	5,85	5,78
Perímetro km	18,3	20,67

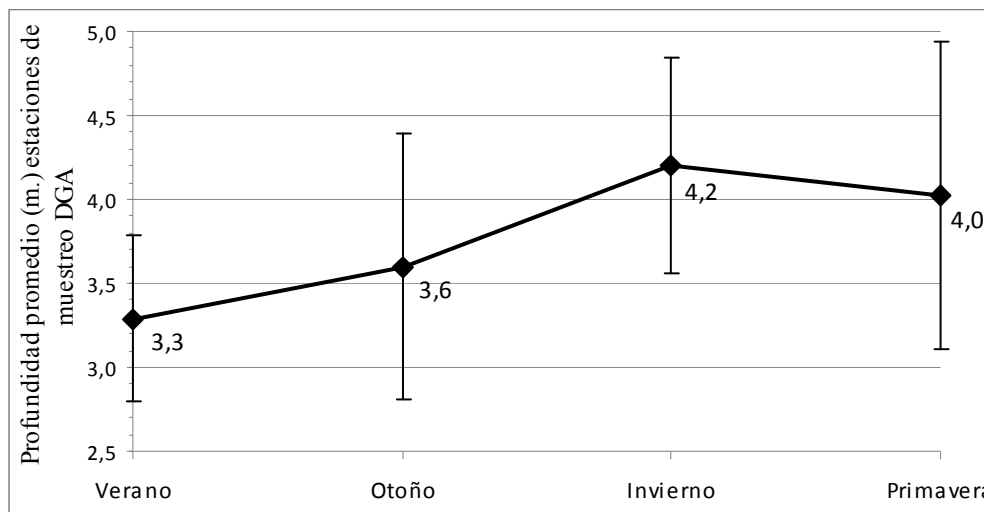
Figura 23. Mapa batimétrico de la laguna de Aculeo. Isoplethas cada 1 metro de profundidad.



Fuente: Cabrera y Montecino, 1982.

La Figura 24 ha sido elaborada a partir de las mediciones de profundidad realizadas en las 3 estaciones de muestreo que ha determinado la DGA para las mediciones periódicas de calidad de agua que realiza. La fluctuación a lo largo del año alcanza 0,9 m. entre invierno y verano, esta fluctuación se debe principalmente a la evapotranspiración y a la reutilización de las aguas para riego, además del desagüe por el estero Aculeo que ocurre cuando el nivel de la laguna es alto. Las diferencias interanuales de precipitación tienen un efecto significativo que se muestra en las barras de desviación estándar de la Figura 24. y en los datos graficados en la Figura 25 que toman como referencia el promedio entre el nivel de otoño e invierno de cada año.

Figura 24. Fluctuación de nivel de la Laguna de Aculeo durante el año, promedio años 1995-2007.



Fuente: Elaboración propia con datos DGA de 3 estaciones de muestreo. (Medida no corresponde a la profundidad máxima).

La relación observada entre la precipitación anual, cuyo promedio es de 554,2 mm. y el nivel del cuerpo de agua en la Figura 25 muestra tener un retraso en el descenso del nivel, debido a la gran superficie de vegetación boscosa y arbustiva de la cuenca que permiten la infiltración de las precipitaciones, cargando la laguna lentamente y por ello amortiguando el efecto de la sequía.

Los años en que las precipitaciones han superado los 800 mm., tanto por volumen como por torrencialidad, deben presentar un importante incremento en el escurrimiento superficial, y por lo esto, un incremento abrupto del nivel del cuerpo de agua receptor.

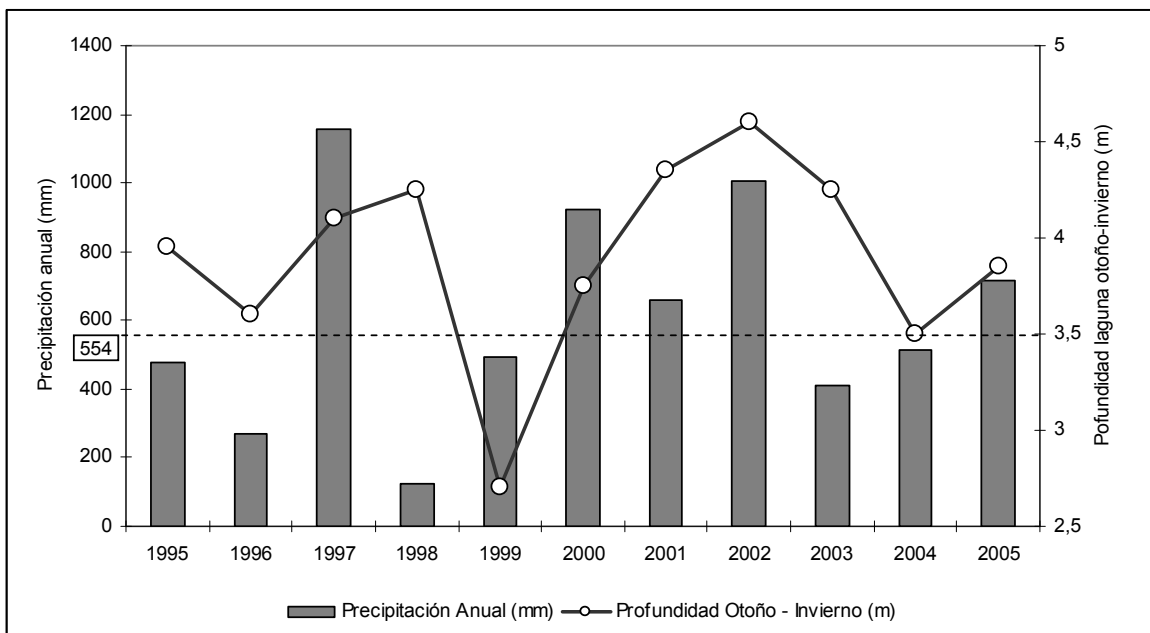
Jenny (2002), señala que las inundaciones registradas entre 1950 y 1998 son al menos 8, incluyendo la ocurrida en 1997 y a las que se agrega la de 2001 - 2002 que se observa en la Figura 25, responden a precipitaciones superiores a 600 mm.

La interpretación de la información podría complementarse con la valiosa información que puede proporcionar la medición del caudal del desagüe del cuerpo de agua en el Estero Aculeo. Lamentablemente no se han realizado estas mediciones, por lo que no es posible conocer que volumen de agua se pierde por consumo y evapotranspiración y cuanto se pierde en el desagüe. Además dificulta conocer el grado de distorsión de la información que provoca el llenado artificial llevado a cabo por los agricultores a partir del caudal proveniente del estero Pintué.

Pese a estas dudas, los estudios limnológicos afirman que la laguna tiene un bajo nivel de circulación del agua o un tiempo de residencia largo y por lo tanto se puede considerar como una cuenca cerrada o endorreica (Mühlhauser, 1987; Jenny, 2003).

Esta condición hace que la dilución y eliminación del fitoplancton y de los nutrientes de la laguna se acerque a cero, favoreciendo las condiciones para que se incremente la eutrofia de la laguna.

Figura 25. Comparación de la precipitación anual (mm) con el nivel del cuerpo en la cuenca de Aculeo. Período 1995 – 2005.



Fuente: Elaboración propia con datos DGA de 3 estaciones de muestreo en la Laguna de Aculeo y estación meteorológica Aculeo (medida de profundidad no corresponde a la profundidad máxima).

Eutrofia de la laguna

Las mencionadas características de la Laguna de Aculeo como lago somero mediterráneo, es decir: su baja profundidad, amplia oscilación estacional de esta, baja dilución de nutrientes y presencia escasa de fauna íctica piscívora; se suman a la también mencionada condición de mínima evacuación de caudal. Esto hace que la tendencia natural de dicho cuerpo de agua, propenda a una alta concentración de nutrientes, combinado con una escasa presencia de macrófitas sumergidas y por tanto un fondo descubierto, lo que provocaría estados turbios por algas y arcillas suspendidas en la época de menor volumen de agua, que conlleva bajas en el contenido de oxígeno.

Los efectos característicos de este fenómeno, conocido como eutrofización, han sido ampliamente descritos en la revisión bibliográfica, por tanto aquí solo corresponde tratar los eventos particulares de la Laguna de Aculeo.

La condición de eutrofia de la Laguna de Aculeo comienza a gestarse en los últimos 100 años, y más específicamente durante el siglo XX, hasta nuestros días. Villa, (2004) interpreta la casi desaparición de los registros polínicos de *Maytenus boaria*, como resultado de la sobreexplotación del bosque por actividad humana. Además agrega la

identificación de carbón en los sedimentos de los últimos 100 años, que serían indicadores de quemadas importantes.

Los *taxa* de algas identificados en el sedimento del fondo de la laguna, indican que a fines de la década de 1960 se produjo un cambio en el estado trófico de la laguna, pasando a dominar las especies propias de hábitat hipereutrófico (Jenny, 2002; Villa, 2004)

Esta información coincide con el registro de las primeras mortandades de peces registradas en la Laguna de Aculeo, que se remontan a 1976 y se continuaron registrando anualmente por lo menos hasta 1981 (Balbontín, 1982). Este es un fenómeno común en lagunas eutróficas, que se produce por una baja concentración de oxígeno en el agua, a fines del verano, cuando la concentración de nutrientes y por tanto la producción de algas es mayor.

En el pasado la Laguna de Aculeo fue hábitat del pejerrey chileno, recurso que fue intensamente extraído y presenta baja tolerancia a ambientes con oxígeno reducido. Hoy dominan las especies introducidas, *Odonthestes bonariensis* (pejerrey argentino) y especies especialmente invasoras y resistentes a baja concentración de oxígeno, *Cyprinus carpio* (carpa), y *Gambusia holbroki* (gambusia).

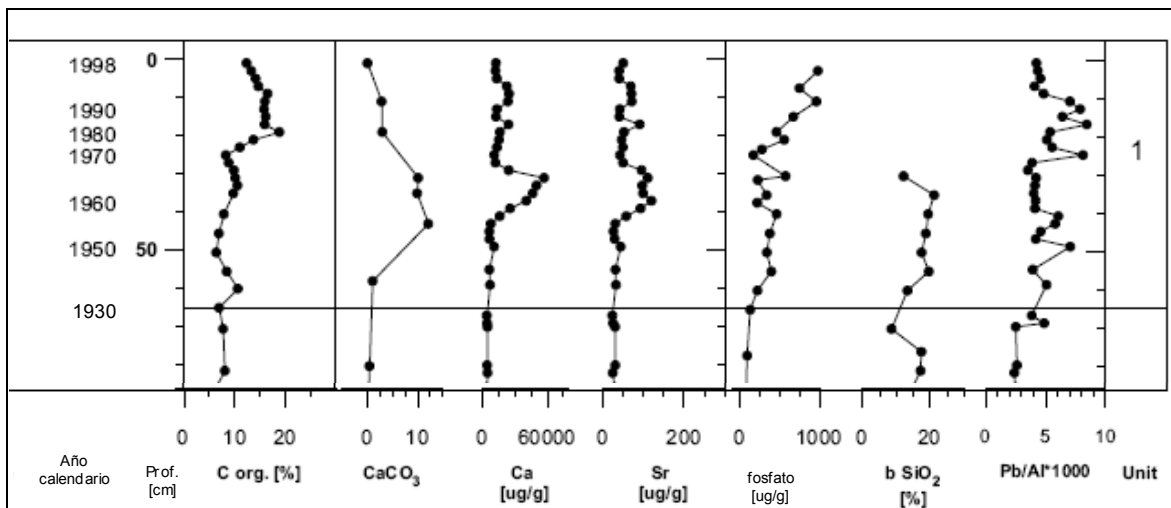
Además de los indicadores mencionados, el contenido de fosfatos y sílica, indicadores de eutrofización, se ha incrementado dramáticamente, por lo menos a partir de 1930 (Figura 26). También se observa un incremento en el contenido de plomo que puede atribuirse al uso de combustibles fósiles (Jenny, 2002).

El incremento del carbono orgánico (C org.) observado en la Figura 26, evidencia el incremento de la tasa de sedimentación interna por la alta productividad de un cuerpo eutrófico (Jenny, 2002) y también el posible arrastre intenso del horizonte orgánico proveniente de zonas deforestadas (Bonilla 2007, com. pers.).

Las mediciones de fósforo efectuadas a partir de muestras de agua, indican que el nivel de fósforo total medido en 1986 (Mühlhauser 1986, DGA) ya superaba el umbral de 100 mg/m³ o ug/l, determinado para calificar un estado hipereutrófico, hecho que ocurría entre enero y mayo, épocas de menor profundidad de agua. El resto del año se presentaban valores de cuerpo eutrófico (50 – 100 ug/l) y en sept. y oct., meses de mayor volumen de agua y por tanto de mayor dilución, se presentaban condiciones de mesotrófico (31 – 50 ug/l).

Posterior a estas mediciones, la DGA ha continuado realizando mediciones estacionales en 3 puntos o estaciones de muestreo definidas, cuyos valores oscilan dentro de los proporcionados ya en 1986 por Mühlhauser, y que varían principalmente de acuerdo al nivel de agua, efecto que se puede observar en la Figura 27 y que se presume tiene efecto debido a la dilución en un mayor volumen de agua y la probable evacuación de nutrientes.

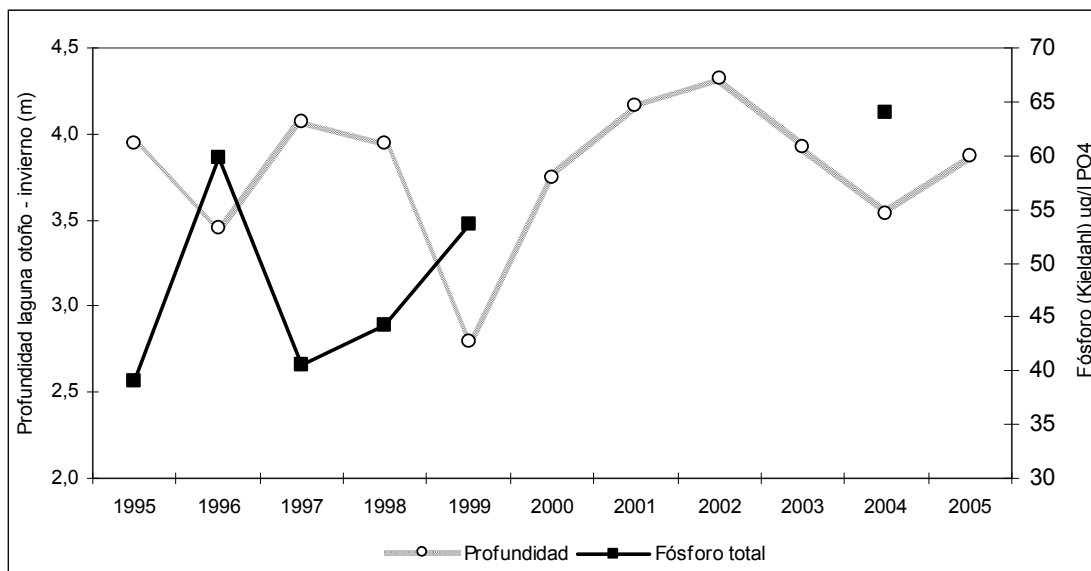
Figura 26. Cambios de humedad e impacto humano en la Laguna de Aculeo.



Fuente: Adaptado de (Jenny et. al 2002) para mostrar los últimos 100 años.

El período seco que se presentó en la década de 1960 es detectado por un alto contenido de carbonato (CaCO_3), Sr y Ca. (Figura 26.).

Figura 27. Relación entre la profundidad invernal de las estaciones de muestreo DGA y el promedio anual de fósforo total en el período 1995-2005.



Fuente: Elaboración propia en base a datos DGA.

Figura 28. Canal de riego en desuso por instalación de riego tecnificado.



Autor: Claudia Cossio, 2007.

Figura 29. Canal de riego que es a la vez un curso de agua natural y tiene caudal en invierno.



Autor: Claudia Cossio, 2008.

Figura 30. Ribera fangosa, sector occidental.



Autor: Claudia Cossio, 2007.

Figura 31. Agua de la laguna en septiembre.



Autor: Claudia Cossio, 2007.

Figura 32. Ribera con plantas acuáticas flotantes



Autor: Claudia Cossio, 2007.

Figura 33. Plantas acuáticas en ribera



Autor: Claudia Cossio, 2007.

4.4. Tecnoestructura

Para la escala de análisis de este estudio, la tecnoestructura no cuenta con detalles en cuanto a viviendas y accesos prediales, los cuales se agrupan en parches que guardan similitud. El enfoque está en identificar en la infraestructura actual, las etapas históricas de desarrollo de infraestructura en la cuenca. Estas son: época hacendal, hijuelización, reforma agraria y el posterior desarrollo inmobiliario y recreativo.

Aún así, la distribución de la infraestructura y las implicancias de esto serán discutidas en el análisis de los resultados obtenidos.

De la época hacendal se conserva la red de caminos principales, la infraestructura de riego, las construcciones de casas patronales, bodegas, caballerizas y capillas en las localidades de Pintué, Los Hornos y Rangue, ya que a pesar de administrarse como un fundo unitario hasta 1956, las necesidades administrativas y familiares requirieron de esta infraestructura. A partir de 1954-1956, la administración del fundo fue dividida, lo que hizo más necesaria esta infraestructura.

La casa patronal de Pintué, que dio origen al pueblo del mismo nombre, fue construida en 1875, se encuentra frente al camino que conduce a la estación de trenes "Hospital". Su ubicación estratégica permite que exista un control de la entrada y salida de mercancías desde la hacienda y carece de vista panorámica hacia la laguna, ya que fue construida en una época en que las preocupaciones por el panorama visual no eran prioritarias.

La casa patronal en el sector de Rangue data de 1932, esta sí fue construida aprovechando la vista de la laguna, construyéndose sobre un cerro pequeño. A lo largo del camino que conduce hacia la cuesta El Cepillo, se ubican los sitios de las viviendas de los inquilinos, que se conservan hasta hoy. En Rangue fue construida una capilla, escuela y club de fútbol, que aún funcionan, además de bodegas de vino y caballerizas que actualmente son Monumento Nacional, pero se encuentran abandonadas.

Existe un solo poblado con estructura diferente y es el de Los Hornos, el cual ya existía a principios del siglo XX, (ver Figura 35) se presume que su ubicación alejada del camino principal, y cercana a los cerros, respondía a la necesidad de explotación de madera de los bosques para la elaboración de carbón, que permitió el funcionamiento de una fundición de cobre entre 1861 y 1888.

En el mismo sector de Los Hornos se conserva la casa patronal y estructuras de gallineros de data más reciente, previa a la Reforma Agraria.

La Reforma Agraria trajo consigo un cambio en la estructura administrativa del territorio y de la producción agropecuaria. Se produjo la subdivisión de los potreros existentes en unidades productivas individuales, denominadas parcelas. Además se crearon nuevas zonas habitacionales con predios denominados sitios, construyéndose nuevas casas. Las zonas de ubicación de los sitios campesinos fueron enriquecidas con medias lunas para el rodeo de animales que se bajaban anualmente de los cerros. La infraestructura ya existente continuó en uso, en su mayoría bajo administración comunitaria o de las instituciones correspondientes. La infraestructura de bodegas y caballerizas comenzó a sufrir las consecuencias del mal uso por el cambio en la estructura administrativa y productiva, presentándose actualmente en muy mal estado por su abandono. La excepción corresponde a la infraestructura de riego y a las bombas de elevación de agua, que han logrado subsistir con una organización comunitaria que incluye tanto a los

asignatarios de parcelas de reforma agraria como a particulares dueños de predios no reformados o entregados como reserva a los dueños del fundo (ver Carta 8).

El gran interés por disfrutar de los atractivos que posee la Laguna de Aculeo y sus alrededores, ya se hacía sentir a fines de la década de 1950, cuando, a pesar de las dificultades de acceso y carácter privado del territorio, comenzaron a acudir habitantes de ciudades cercanas como Santiago y Rancagua a disfrutar de la pesca y deportes náuticos. El proceso de desarrollo inmobiliario y recreativo que siguió a estas primeras afluencias de público, es un tema que corresponde al capítulo de análisis de los resultados de este trabajo. En lo que respecta a la tecnoestructura desarrollada en esta etapa, y que es la que se presenta hoy en día

- Red de caminos:

Los caminos diseñados se conservan hasta hoy. A esto se agregan las redes viales construidas dentro de los condominios.

Actualmente, la vía principal que comunica Rangue con Pintué se encuentra pavimentada pero carece de berma.

Destacan las numerosas huellas de acceso a los cerros, legado de la intensa actividad de pastoreo y del tránsito actual de visitantes.

- Parches residenciales:

Ya se ha mencionado que los sitios poblados se ubican a lo largo del camino principal, a excepción del poblado de Los Hornos, lo que coincide con la localización de los inquilinos del antiguo fundo y con las necesidades de funcionamiento de dicho sistema. Los parches residenciales de agrado, de data reciente y que tienen un objetivo de recreación y descanso, además de la disponibilidad de movilización particular que poseen sus dueños, destacan por tener un acceso único, controlado y custodiado por porteros. La distribución que los caracteriza, hace que estén visual y vialmente aislados del exterior. Esta distribución es un tema que ha sido profundizado por urbanistas como Hidalgo, (2007) y Saud, (2007). Quienes destacan la aislación del entorno de estos habitantes esporádicos, cuyas edificaciones irrumpen en el espacio visual, pero no aportan socialmente a la comunidad, solo generan una demanda de servicios domésticos locales y continúan consumiendo en bienes y servicios de localidades exteriores, principalmente en las ciudades.

- Infraestructura recreacional e intervención de riberas:

La infraestructura recreacional presente es de dos tipos. Una destinada a los habitantes permanentes que son los clubes de fútbol y la media luna de Pintué; y la otra destinada a la recreación de los visitantes o residentes estacionales, que corresponde a las marinas de los condominios y camping.

Específicamente estos lugares han generado importantes modificaciones en las riberas al construir murallas, islotes y embarcaderos, aspecto que se detalla en el capítulo Figura 43, Cuadro 24.

- **Servicios sociales y básicos:**

Los poblados de Rangue y Pintué concentran los elementos tecnoestructurales que corresponden a servicios para la comunidad, como escuela, posta, retén de carabineros, iglesia, entre otros. Siendo casi todos remanentes de la época hacendal.

Respecto a la disponibilidad actual de servicios higiénicos del distrito, en el año 1992 un 24% de las viviendas evacuaba sus desechos a fosa séptica, un 53% utilizaba un pozo negro y un 3% no tenía servicio higiénico. Esta situación corresponde a hogares en los cuales sus habitantes utilizan los servicios higiénicos de un vecino o familiar.

De acuerdo al Cuadro 13 se ha producido una importante mejora en la evacuación de aguas servidas domiciliarias. Es importante destacar que las cifras corresponden a las respuestas entregadas por los encuestados, pero que estrictamente están erradas, ya que el distrito censal de Aculeo, es una zona rural que no cuenta con sistema de alcantarillado. Entonces, se interpreta que el 69% de las viviendas encuestadas cuenta con sistema de fosa séptica.

Cuadro 13. Distrito Aculeo en el 2002 (Rangue, Pintué, Aculeo Bocahuao)

Conectado a Alcantarillado	Conectado a Fosa Séptica	Cajón Sobre Pozo Negro	Cajón Sobre Acequia o Canal	Químico	No Tiene Servicio Higiénico
68% *	1%	27%	0%	0%	3%

Fuente: INE censo 2002.

El origen del agua domiciliaria en 1992, era para el 43% de las viviendas proveniente de red pública, para el 30% de pozo o noria, 7% de río o vertiente y un 20% no respondió la pregunta. Ya en 2002, la cobertura de agua potable aumentó a un 56%, gracias a los comités de agua potable rural (APR).

Lamentablemente la interpretación de los cambios se dificulta por el desconocimiento de la situación que tenía el 20% de los hogares encuestados en 1992.

Cuadro 14. Origen del agua domiciliaria, 2002 distrito Aculeo.

Red Pública (Cía. Agua Potable)	Pozo o Noria	Río, Vertiente, Estero
56%	37%	8%

Fuente: INE censo 2002.

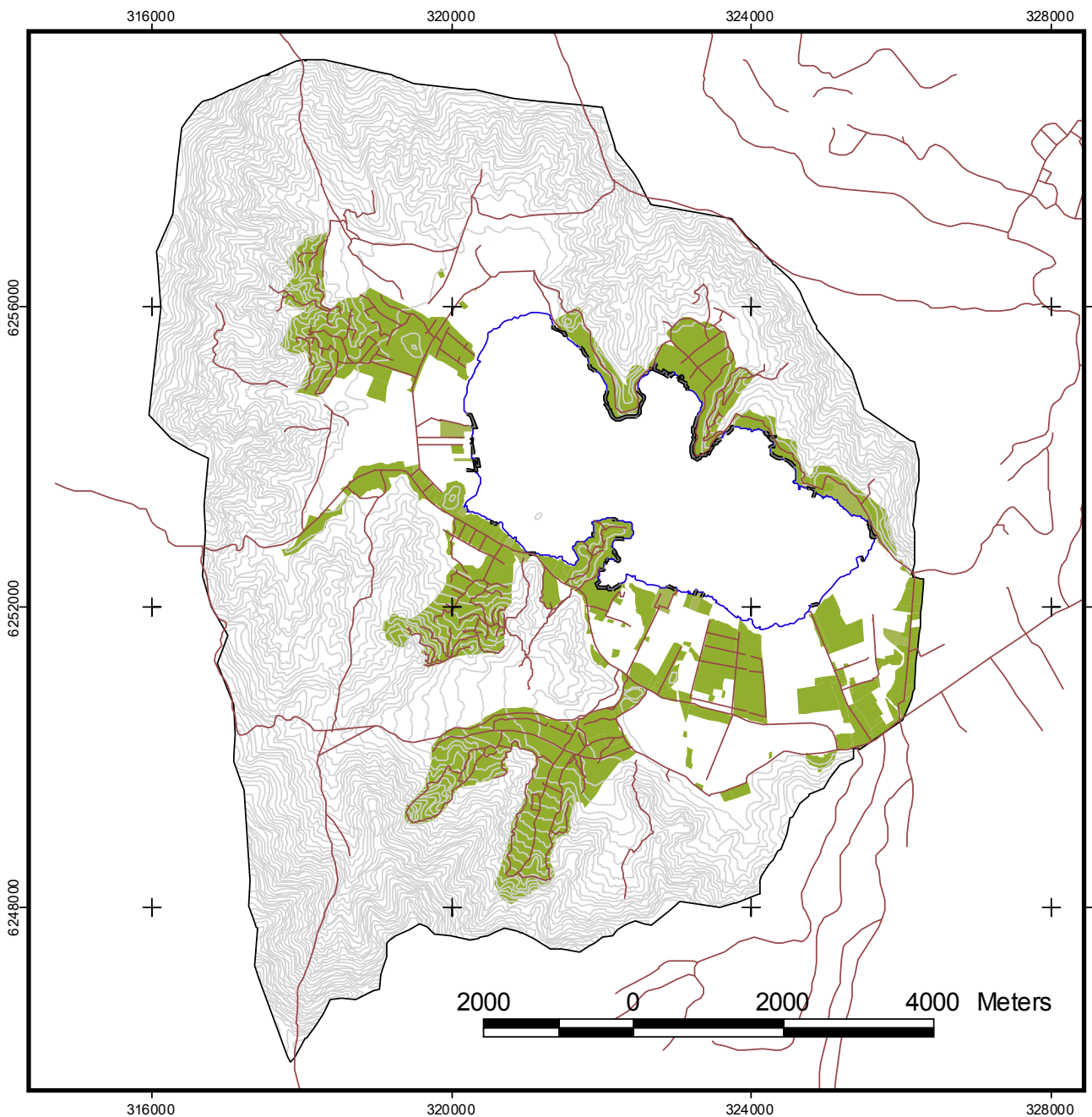
Figura 34. Puente estero Las Cabras, camino ripio, Rangue.









Autor: Claudia Cossio, 2007.



Autor: Juan Gastó, 2007.



<p>Carta: TECNOESTRUCTURA 2007</p> 	
<p>Pontificia Universidad Católica de Chile Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal Proyecto de Título: Evolución histórica de los patrones de uso de suelo en la cuenca de la Laguna de Aculeo</p>	
<p>Tecnoestructura</p> <ul style="list-style-type: none">  Caminos  Curvas de nivel (25 m)  Riberas amuralladas <p> Superficie de usos urbanos Parcelas de agrado Sitios campesinos Locales comerciales Infraestructura pecuaria Clubes de campo y marinas Espacios públicos (media luna, club de fútbol, iglesia)</p>	
<p>Ubicación: R.M. Prov. Maipo Hoya Hidrográfica Río Maipo Subcuenca Río Angostura</p>	
Comuna: Paine	Superficie: 9.456 ha.
Autor: Claudia Cossio Traverso	
Fecha: Mayo de 2008	
<p>Antecedentes Cartográficos: Ortofotos digitales Ciren - Corfo 1996, escala 1:20.000 Fotografías aéreas 2006 y 2007 Google Earth Fotografías aéreas SAF 1994</p>	
Escala: 1 : 75.000	

Carta 7. Tecnoestructura.

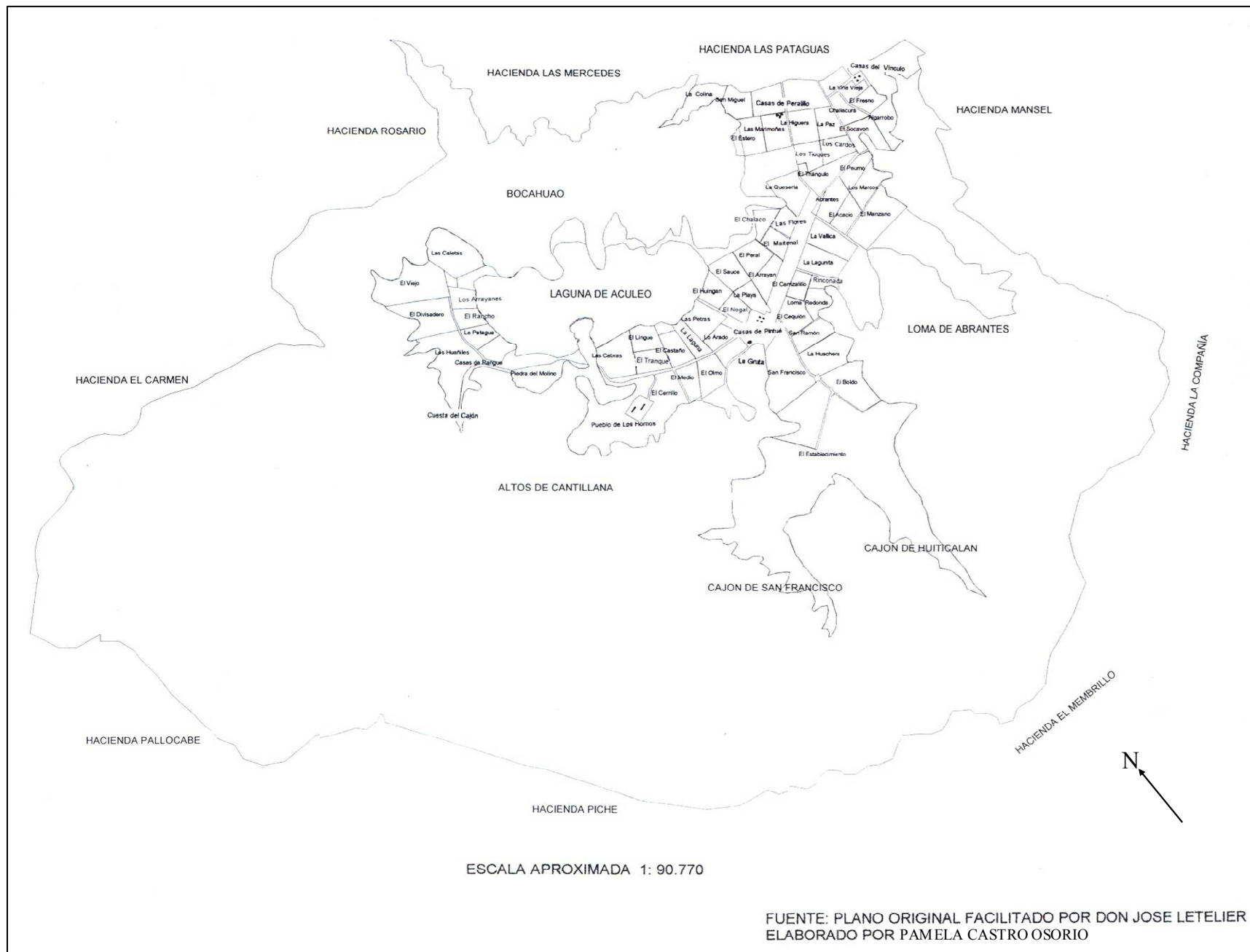













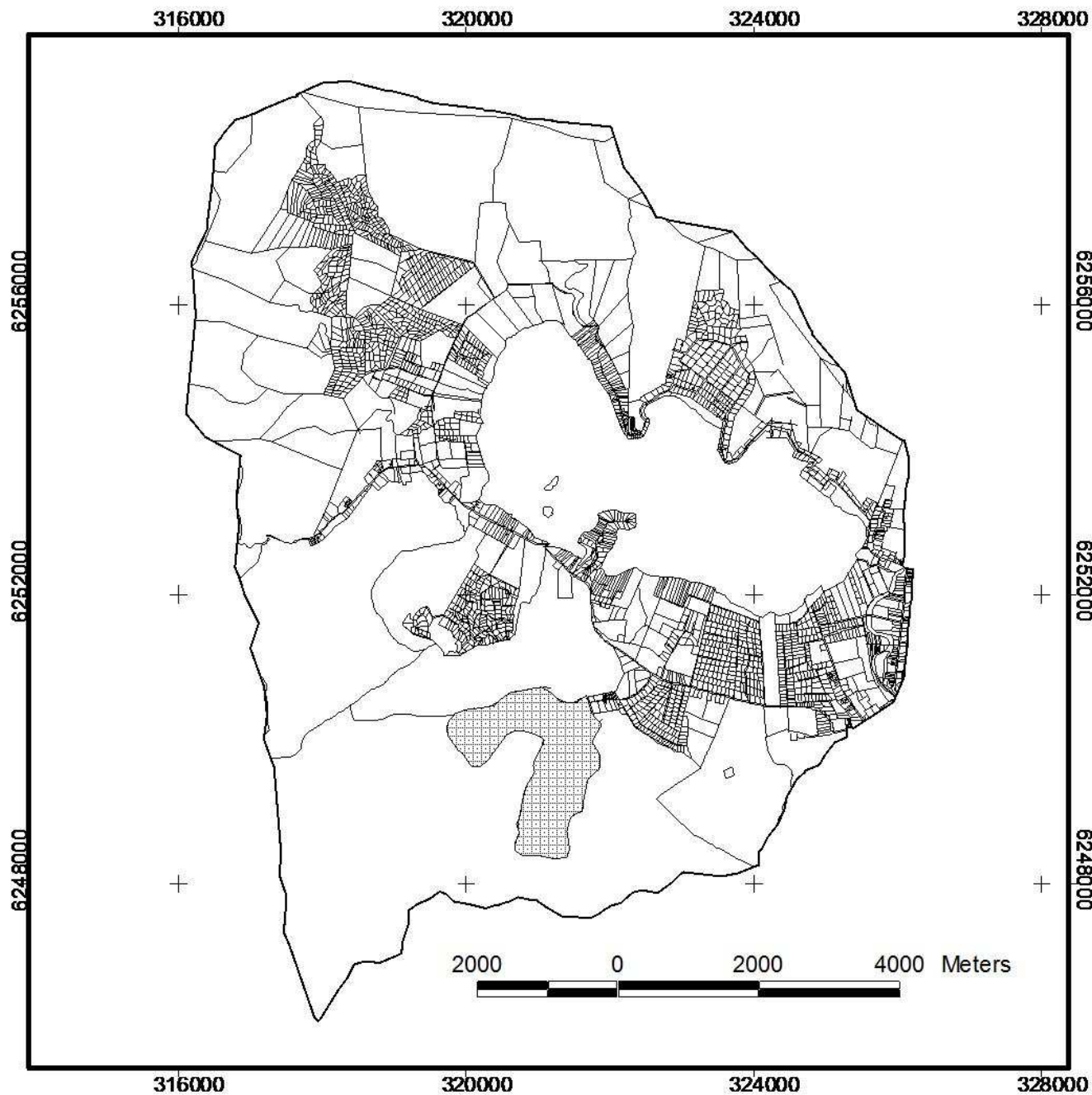
Figura 35. Plano Hacienda Aculeo elaborado por Miguel Letelier 1908, adaptado por Castro, 2003.

*Corresponde a un predio único, las divisiones corresponden a los potreros y territorios explotados con mayor intensidad.



Carta 8. Predios luego de la Reforma Agraria en el área de estudio.

<p>Carta: PREDIOS REFORMA AGRARIA</p> 	
<p>Pontificia Universidad Católica de Chile Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal Proyecto de Título: Evolución histórica de los patrones de uso de suelo en la cuenca de la Laguna de Aculeo</p>	
<p style="text-align: center;">Destino predio</p> <p>Predios reformados.shp</p> <ul style="list-style-type: none">  Bien Común  Cementerio  Laguna  ND  Parcela  Privado  Reserva  Sitio  Tranque 	
<p>Ubicación: R.M. Prov. Maipo Hoya Hidrográfica Río Maipo Subcuenca Río Angostura</p>	
Comuna: Paine	Superficie: 9.456 ha.
Autor: Claudia Cossio Traverso	
Fecha: Mayo de 2008	
<p>Antecedentes Cartográficos: Proyecto Parcelación Fundo Rangue SAG. Tierras y Aguas, 1976</p>	
<p>Escala: 1 : 75.000</p>	






Carta:
PREDIOS 2007



Pontificia Universidad
Católica de Chile
Facultad de Agronomía e
Ingeniería Forestal
Proyecto de Título:

**Evolución histórica de los
patrones de uso de suelo
en la cuenca de la
Laguna de Acuko**

-  Loteo Alto Laguna
(parcelas 0,5 ha.)
-  Límite área de
captación
-  Límites de predios

Ubicación
R.M. Prov. Maipo
Hoya Hidrográfica Río Maipo
Subcuenca Río Angostura

Comuna: Paine Superficie: 9.456 ha.

Autor: Claudio Cossio Traverso

Fecha: Mayo de 2008

Antecedentes Cartográficos:
Proyecto Parcelación Fundo Rangue
S.A.G. Tierras y Aguas, 1976
I.M. Paine, planchetas predios.

Escala:
1 : 75.000



Carta 9. Predios en el área de estudio, posterior a 2000, falta actualización loteo condominio Alto Laguna.

4.5. Socioestructura

La influencia humana en la zona de Aculeo data de períodos previos a la colonización Hispana, algunos registros quedan en restos arqueológicos en sectores montañosos de la cuenca, además del legado que deja el pueblo Picunche a toponimia local que denominó a la zona Aculeufu, del mapudungún, que significa “lugar donde llegan los esteros” o bien “lugar donde se juntan las aguas”.

La estructura social de la cuenca de Aculeo se caracteriza por haberse desarrollado en un territorio perteneciente a la Hacienda Aculeo, que si bien sufrió de transformaciones, vió siempre resguardados sus límites geográficos coincidentes con aquellos de la cuenca de Aculeo. Por tanto es fácil seguirle la pista a un territorio que conservó sus dueños y límites casi intactos hasta los tiempos de la reforma agraria.

La época colonial está poco documentada, pero corresponde a una etapa en que se sucedieron varias encomiendas. A partir de fines del siglo XVIII comienza la época hacendal, durante la cual la hacienda Aculeo sólo tuvo dos dueños, la familia Larraín y posteriormente la familia Letelier, que manejaron la hacienda como una organización socioproductiva basada en instituciones como el mayorazgo (cederle la tierra al hijo mayor), el inquilinaje y la mediería; éstas instituciones favorecieron la concentración de la tierra y a su vez permitieron contar con mano de obra relativamente barata sin poner en peligro el orden establecido. (Secpla I. M. Paine, 2004).

La organización laboral se mantiene en condiciones similares hasta la Reforma Agraria de 1968. Al jefe de familia (inquilino) se le entregaba una casa de adobe, con techumbre de tejas y un sitio cercado de medida de media “cuadra” (3.906 m²), una porción de tierra llamada la “ración” para que la cultivara para uso personal, el derecho a mantener una cierta cantidad de animales en los cerros y a la extracción de leña. A cambio de esto, tenía la obligación de trabajar en las faenas del fundo, si no podía acudir, debía enviar a un “peón” pagado por él. Además el inquilino recibía un salario acordado con el patrón, quien tenía el derecho de despedirlo y pedirle la casa de vuelta. La mediería también era practicada en la hacienda Aculeo (Letelier M. 1991).

La presencia de familias que cuentan hasta cinco generaciones residentes en Aculeo y las tradiciones campesinas aún presentes como la fiesta de la cruz de Mayo, hacen pensar que la práctica de despido de inquilinos era una práctica poco común. (Letelier M. 1991).

La década de 1960 trajo nuevos aires de reforma agraria pero los actores eran los mismos, claro que con nuevos roles. Las expropiaciones se hicieron a partir de los fundos que habían sido repartidos entre la familia Letelier Llona y quedaron consolidadas entre 1970 y 1975. En adelante los antiguos inquilinos pasaron a ser propietarios de tierras productivas y habitacionales, conviviendo con los antiguos dueños del fundo y nuevos compradores, principalmente empresarios agrícolas.

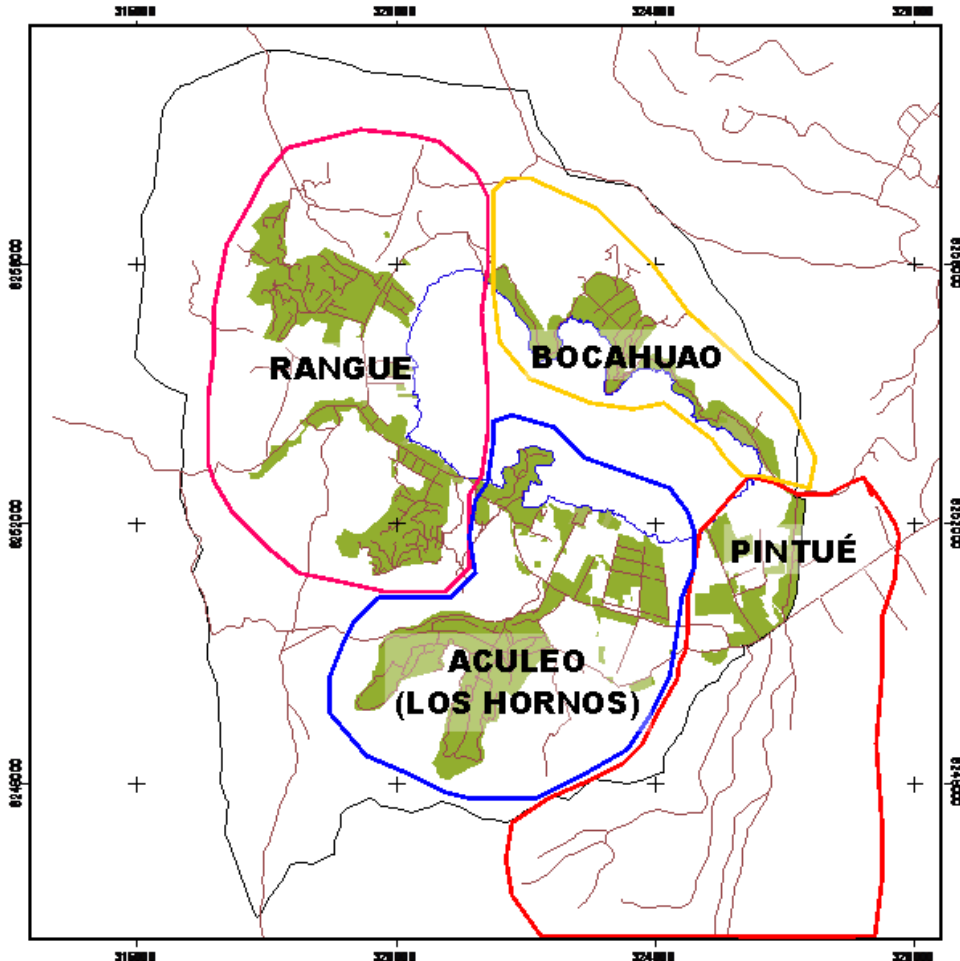
El atractivo de la laguna como lugar de descanso y recreación comienza a generar interés por parte de habitantes de zonas urbanas, generándose un nuevo grupo social que convive en un mismo paisaje pero tiene distintos intereses y perspectivas.

La población residente actualmente se caracteriza de la siguiente manera:

En términos censales, Aculeo coresponde a uno de los 9 distritos censales de la comuna de Paine determinados por el INE a partir del censo 2002. En 1992 se encontraba dividido internamente en 6 localidades, Vínculo, Peralillo, Abrantes, Pintué, Aculeo y Rangue. Para

el censo 2002, el distrito de Aculeo fue dividido en dos, creandose el distrito de Abrantes y quedando el distrito censal de Aculeo compuesto por las localidades de Pintué, Rangue, Aculeo y Bocaahuao, siendo esta última una subdivisión de la localidad de Aculeo ubicada en la orilla norte de la laguna.

Figura 36. Localidades pobladas distrito censal Aculeo, Censo 2002.



Fuente: Elaboración propia.

*La figura contiene los caminos principales y el límite del área de estudio.

Las localidades nuevas son las que se ajustan mas estrechamente a las áreas de influencia sobre el cuerpo de agua, a excepción de Pintué, de la cual solo una pequeña parte pero de alta población, pertenece el área de estudio. Por esto resulta conveniente analizar la información de población correspondiente al actual distrito de Aculeo.

Cuadro 15. Habitantes censados de Aculeo (incluye actual distrito de Abrantes).

Año	1895	1907	1952	1992	2002
Distr. Aculeo	2.283	2.404	3.321	4.670	5.833

Fuente: Isidora Saez, 2005. INE 2002. *Censos levantados por la Oficina central de Estadísticas, 1902, 1907, Dirección de Estadísticas y Censos 1952 (Saez, 2005) y el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) 1992, 2002.

La tasa de incremento de la población en el período 1952 – 1992 es de 0,9% anual, mientras que en el período 1992 – 2002 es de 2,2% anual, cifra que es menor al 2,9% de incremento anual que presenta la comuna de Paine en igual período.

Al utilizar la información del Cuadro 16 que presenta separados los distritos (eliminando la población de Abrantes), la variación intercensal de población es un aumento neto de 673 habitantes en diez años a una tasa de crecimiento de 3,1%, siendo este dato más representativo de la dinámica poblacional de migración y desarrollo inmobiliario que está ocurriendo en la cuenca de Aculeo.

De los 2585 habitantes censados en 2002, 52,6% son hombres y 47,4% son mujeres, se registran 1136 viviendas, de las cuales 660 fueron encuestadas. Esto indica que son viviendas deshabitadas. Si bien no se conoce el número de viviendas construidas, es claro que existe un número importante de ellas que sólo son habitadas en fines de semana y época estival.

La población residente tiene como actividad predominante y absorbente de mano de obra a la agrícola, sin embargo, factores como la fragmentación territorial por herencia familiar y parcelaciones de agrado, conducen a que los campesinos se empleen en actividades agrícolas de temporada en otras localidades, busquen trabajo en centros poblados como Santiago, o bien trabajen en actividades de construcción y servicio doméstico en las parcelas de agrado, trabajo que se percibe como escaso y mal pagado (Castro M., 2002).

Cuadro 16. Población distritos censales de Paine.

Nº	Nombre	Población 1992			Población 2002		
		Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total
1	Paine	1.138	242	1.380	5.888	785	6.673
2	Huelquén	2.527	1.388	3.915	3.227	1.614	4.841
3	Hospital	860	2.557	3.417	3.475	243	3.718
4	Aculeo	0	1.912	1.912*	528**	2.057	2.585
5	Chada	0	2.678	2.678	0	3.162	3.162
6	Paine Sur	11.742	2.731	14.473	13.726	2.325	16.051
7	El Tránsito	1.144	1.207	2.351	0	3.008	3.008
8	Champa	2.562	2.091	4.653	3.826	2.912	6.738
9	Abrantes	0	2.750	2.750	948	2.300	3.248
-	Rezagados					4	4
	Totales	19.973	17.556	37.529	31.618	18.410	50.028

Fuente: Castro P., (2003) a partir de información, INE Censo año 1992 y 2002.

*Distrito adaptado por Castro P., (2003) para que coincida la información entre un año y otro, puesto que los distritos censales cambiaron.

**El pueblo de Pintué, en el distrito de Aculeo, ya para el Censo 2002 estaba clasificado como zona urbana, por ello la poca variación visible de población rural.

5. Uso del suelo.

El paisaje de la cuenca de Aculeo tiene una multiplicidad de funciones y por lo tanto, el uso que se le dan a los recursos es diverso. Es por esto que se observa gran heterogeneidad de los espacios actuales. La comprensión de la estructura de la cuenca de Aculeo se realiza mediante el estudio en una dimensión espacio - temporal de los usos de suelo a partir de 1961. Este estudio requiere de una comprensión preliminar del proceso histórico previo que ha sufrido la cuenca, el cual está representado en la Figura 40. Posteriormente se presentan los resultados obtenidos de los cambios de uso de suelo.

5.1. Etapas históricas que han determinado los usos dados al territorio en Aculeo.

Antrop, (2003) señala que la historia se construye a partir de una cadena de cambios consecutivos e irreversibles que definen períodos históricos. Cada período histórico se caracteriza por un estilo particular de utilizar y organizar el territorio, que refleja las necesidades humanas en dichas circunstancias, pudiéndose conocer a partir de los vestigios dejados en el territorio.

La Hacienda Aculeo, se extendía hacia el Este hasta la Hacienda Mansel, donde se ubica el pueblo de Champa y el resto de los límites coincidía con las altas cumbres de los cerros que rodean la Laguna de Aculeo (Figura 35).

Es bueno recordar que el territorio en estudio comprende el área de aporte directo de agua a la Laguna de Aculeo, el cual corresponde a sólo una parte de las dimensiones del territorio que constituyó tanto la Merced como la Hacienda Aculeo. Dentro del territorio excluido del área de estudio se encuentran las tierras regables por gravedad, y por tanto más productivas. Las tierras planas del territorio de estudio sólo pudieron ser regadas a partir de 1911 mediante la elevación mecánica de agua de la Laguna de Aculeo.

La etapa de las Mercedes Coloniales es la más desconocida. Aculeo era un sitio bastante inaccesible y carente de riego, por lo que los terrenos que rodean la laguna eran utilizados para alimentar ganado y extraer leña.

De acuerdo a datos históricos y referencias regionales como la de Elizalde, (1970) quien señala que durante la época colonial, especialmente a partir de mediados del siglo XVII, existió una gran apertura de tierras. Se presume que por la inaccesibilidad de la cuenca de Aculeo, esta apertura ocurrió más tarde, principalmente durante el siglo XVIII. En este período, los distritos planos de la cuenca de Aculeo fueron deforestados para habilitar su uso en producción agrícola de secano y praderas de pastoreo, eliminándose en gran parte los bosques esclerófilos en su variante hidrófila, que presentaban especies como: *Maytenus boaria* (maitén), *Crinodendron patagua* (patagua), *Beilschmiedia miersii* (belloto del norte), *Drimys winterii* (canelo), *Persea lingue* (lingue), *Myrceugenia exsucca* (petra), *Luma chequen* (chequén) y *Salix humboldtiana* (sauce chileno). Esto se deduce al observar manchones relictos y al extrapolar basándose en las características del sitio (clima, suelos, régimen hídrico).

La apertura de estas tierras se realizó mediante la extracción constante de leña, realizada por inquilinos dedicados exclusivamente a esta actividad (leñadores), la esporádica quema y la introducción de ganado.

El período Hacendal se caracteriza por la explotación agropecuaria y la administración del territorio como una sola empresa, la cual fue conducida de esta manera hasta mediados de la década de 1950.

Este período se divide en tres etapas importantes, una época de extracción de leña y pastoreo entre 1620 y 1861 (estimación), una segunda época caracterizada por la agricultura de secano (1861 – 1910) y una tercera etapa que se da inicio con el inicio del riego el año 1911.

La primera etapa corresponde a la conducida por la familia Larraín como propietaria, en la que la explotación del pejerrey chileno y argentino en la laguna constituía una de las actividades más importantes realizadas en el territorio en cuestión, continuándose además con la actividad ganadera y la corta de leña. En esta etapa, gracias a grabados y pinturas de diversos autores en el primer cuarto del siglo XIX, como el de María Graham en 1822, se observan las terrazas lacustres libres de vegetación, y utilizadas como praderas para el ganado. Es por esto que 1822 es una referencia para la (Figura 37).

Ya en el siglo XIX, estos territorios explotados se encontraban poblados por espinales, y continuaba su uso para pastoreo y extracción de leña.

Aculeo Adentro, nombre que llevaba la porción de la Hacienda Aculeo, que comprende la cuenca que rodea la laguna, fue la porción adquirida en 1861 por la familia Letelier.

Es precisamente, a partir de 1861 y hasta 1888, cuando la explotación de los bosques se intensifica y expande al piedemonte, producto de la instalación de una fundición de cobre que utilizaba carbón vegetal como combustible para el funcionamiento de los hornos. La explotación de las laderas de los cerros tuvo mayor intensidad en el sector de Los Hornos, hecho evidenciado en los actuales bosques de esa zona, compuestos por renovales brotados a partir de gruesos tocones y en las laderas de exposición norte compuestos principalmente por espinos y quillayes, especies más resistentes y pioneras.

Bajo el dominio de la familia Letelier, los terrenos planos de Aculeo se transformaron en terrenos cultivables de secano, donde se producía forraje para las épocas de escasez de las praderas, trigo y cáñamo, combinando en años en que el nivel de la laguna era bajo, con la producción de hortalizas y maíz en los terrenos fangosos de alta fertilidad y humedad, dejados al descubierto por la sequía. Es así como los distritos planos han permanecido altamente intervenidos, y albergan la producción agrícola y los asentamientos humanos, correspondiendo el año 1908 (año de elaboración de plano de la Hacienda Aculeo por parte de Miguel Letelier), la referencia en la Figura 37 para esta etapa de agricultura de secano y explotación de leña en el piedemonte.

La tercera etapa está marcada por el inicio de la agricultura de riego. A partir de 1911 comenzó a funcionar un sofisticado sistema de elevación por bombas y distribución por canales de agua de la laguna, en los terrenos planos de Rangué y Los Hornos, lo que produjo un aumento en la intensidad de uso de la tierra.

Además de los suelos regados, se comenzó a usar con mayor intensidad los sectores de secano de piedemonte, especialmente en Los Hornos y en la porción occidental de la laguna para la siembra de trigo de secano, con largos periodos de barbecho y pastoreo.

La intensidad de uso del terreno agrícola de riego en la producción de hortalizas y cereales, aumentó posteriormente con la fertilización mineral y la mecanización, propias de la corriente internacional de la revolución verde de la segunda mitad del siglo XX, además de la incorporación de nuevos terrenos de riego en Los Hornos en 1954 y 1960, gracias a una nueva casa de bombas en Los Hornos.

Tal como se muestra en la Figura 40, la explotación de los recursos naturales ha sido la base de la economía del territorio de la Hacienda Aculeo. La actividad agropecuaria ha presentado diferentes grados de importancia económica, lo cual se puede comprender al estudiar la intensidad de trabajo de la tierra que se lleva a cabo. Los años 1961, 1994 y 2007 son representativos de determinadas etapas de evolución del paisaje, tan importantes como las reivindicaciones sociales de la reforma agraria y el interés turístico. Procesos que se irán describiendo en las páginas siguientes

Figura 37. Superficie (%) según uso de suelo en los años 1600, 1822, 1908, 1961, 1994 y 2007.

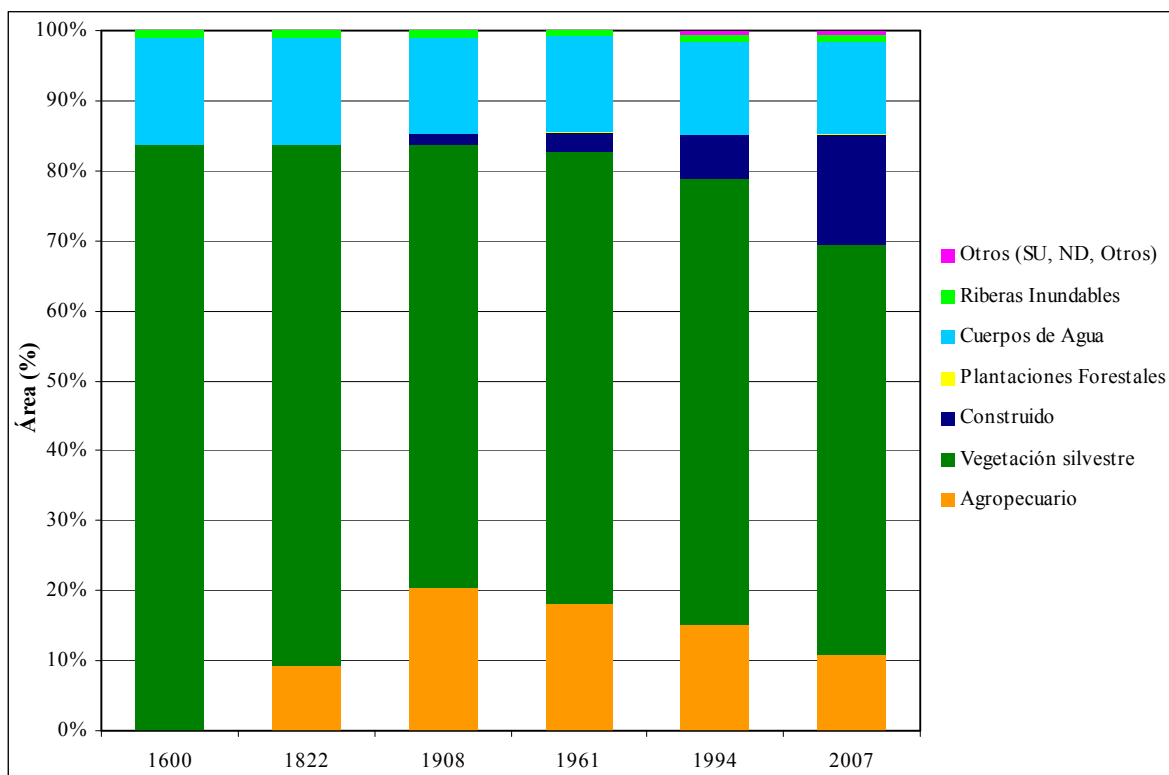
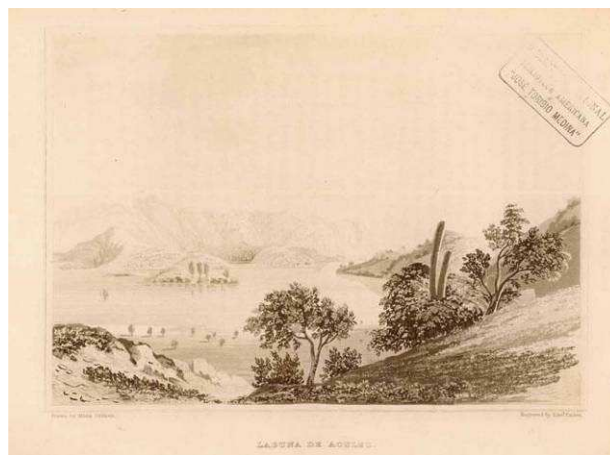


Figura 38. Segadora automotriz en trigo de riego Aculeo 1960.



Fuente: www.memoriachilena.cl.

Figura 39. Laguna de Aculeo desde ladera Norte, realizado por María Graham en 1822.



Fuente: www.memoriachilena.cl

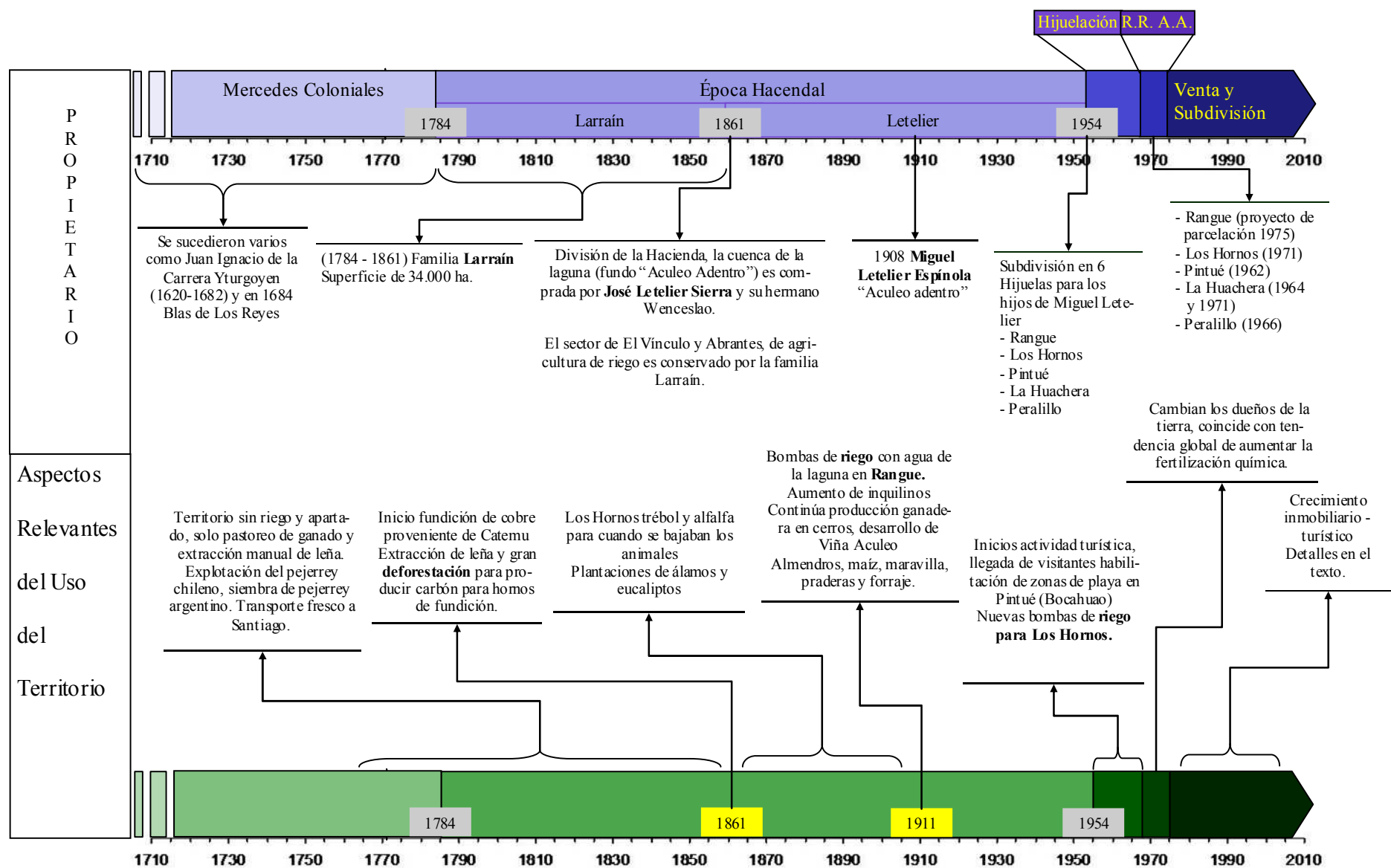


Figura 40. Línea de tiempo de la propiedad de la cuenca de Aculeo y los hitos modificadores del uso de suelo hasta 1960.

5.2. Cambios de uso del suelo 1961-2007.

De la 6 categorías generales de uso de suelo definidas (Cuadro 17), la vegetación silvestre domina en superficie a los demás usos, bordeando el 60% de las 9456,3 ha. de la cuenca. Aunque su superficie relativa se mantiene dominante, en el período 1994 – 2007 tiene la mayor tasa de disminución de superficie (39,0 ha./año).

El uso agropecuario es el que ha perdido mayor importancia dentro de la cuenca, presentando una secuencia de importancia de 18,2; 15,2 y 10,9% en los años 1961, 1994 y 2007 respectivamente (Figura 41). La mayor pérdida de superficie ocurrió en el segundo período (1994 -2007), en el que la tasa de disminución de superficie fue de 31,2 ha./año, a diferencia del primer período, en el cual la disminución fue de 8,6 ha./año. Esto ha significado que en 46 años, la superficie agropecuaria se haya reducido en un 40,1%.

La relación entre la disminución de los usos agropecuario y vegetación silvestre, se contrasta con el aumento progresivo del terreno “construido”, el cual ha sufrido un incremento dramático en ambos períodos. La tasa de aumento de superficie es de 9,9 ha./año el primer período (1961-1994) y en los últimos 13 años, la tasa de incremento ha sido de 71,5 ha./año, lo que ha provocado que este uso de suelo sea el segundo en relevancia con un 15,9% de la superficie en 2007.

Las plantaciones forestales han visto reducida su superficie en un 34% en los últimos 46 años, sin embargo, esto no representa un cambio relevante a nivel de la cuenca, debido a su baja representatividad en superficie.

La información que entregan las riberas inundables carece de relevancia a este nivel de detalle y se profundizará al revisar en detalle el desarrollo inmobiliario y la intervención y amurallado de riberas.

Cuadro 17. Categorías generales de uso de suelo determinadas para la cuenca de Aculeo.

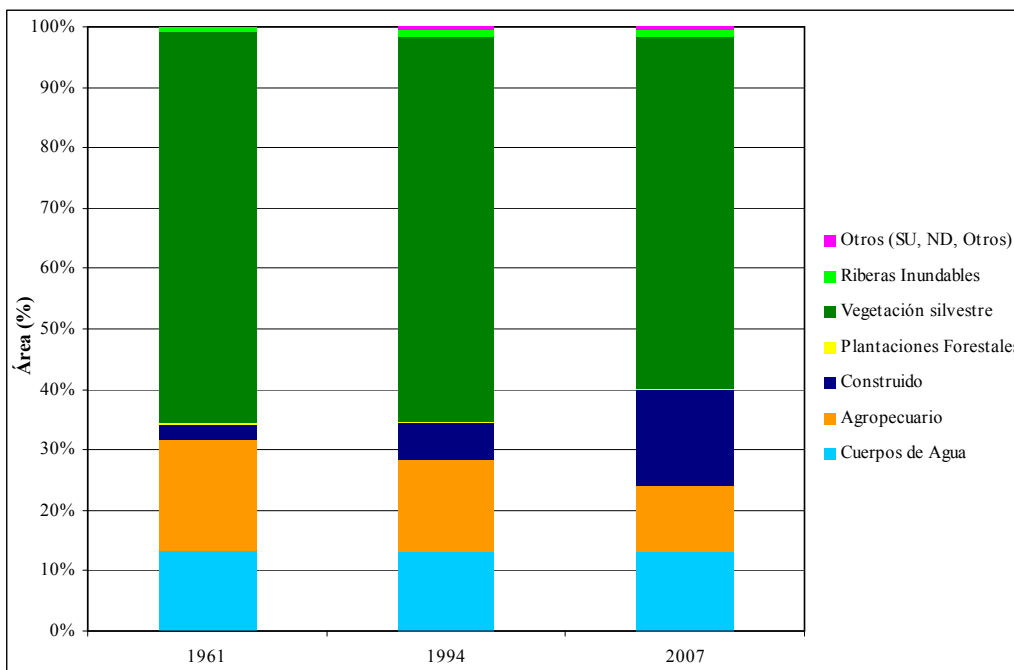
Categoría	Descripción
Cuerpos de agua	Incluye las áreas de espejo de agua, y cursos de agua que poseen áreas de humedal y la vegetación que protege la ribera.
Agropecuario	Incluye terrenos cultivados, plantaciones frutales, corrales y praderas de pastoreo que carecen de matorral denso.
Construido	En general corresponden a residencias de baja densidad que cuentan con parques y/o producción agrícola para autoconsumo. Se incluyen edificaciones de uso público (escuelas, clubes de fútbol, medias lunas, iglesia, etc.) y edificaciones comerciales.
Plantaciones forestales	Plantaciones de pino y eucaliptos. Corresponden a árboles adultos originados de plantaciones efectuadas con anterioridad a 1961.
Vegetación silvestre	Territorio cubierto de bosque y matorral nativo en diferente condición de intervención.
Riberas inundables	Riberas de la laguna que se presentan inundadas en inviernos normales y lluviosos. Y secas en verano e inviernos secos. Algunos sectores de esta categoría se utilizan para cultivos de verano en años secos, otros son utilizados como zonas turísticas como camping y marinas y otros corresponden a riberas sin otro uso.
Otros	Sitios sin uso y con uso no determinado.

Pese a que las plantaciones forestales han representado entre 0,3 y 0,2% de la superficie total de la cuenca y su tasa de disminución de superficie no ha superado las 0,4 ha/año. Es importante notar que las plantaciones forestales se realizaron con anterioridad a 1961 y no se han producido nuevas plantaciones. Además, en terreno se ha observado que las plantaciones que se conservan no han sido cosechadas y presentan árboles adultos, por lo que se presume que las plantaciones se efectuaron con fines de forestación, sin afán de explotarlos.

En la clasificación “Vegetación silvestre” se produce un cambio no registrado en la cartografía aquí presente, que corresponde a la incorporación en el año 2002, de algunos predios de la cuenca de Aculeo, al acuerdo de conservación de Altos de Cantillana, proyecto GEF financiado con fondos del PNUD. Estos corresponden a terrenos de distrito ondulado a cerrano, de gran extensión y que poseen formaciones vegetacionales asociadas a ecosistemas de alto interés para la conservación.

Al incorporarse a este acuerdo han suspendido el pastoreo y la extracción de productos forestales como hojas de boldo, leña y tierra de hojas, con el afán de conservar los recursos naturales y potenciar el negocio del ecoturismo.

Figura 41. Superficie (%) según uso de suelo en los años 1961, 1994 y 2007.



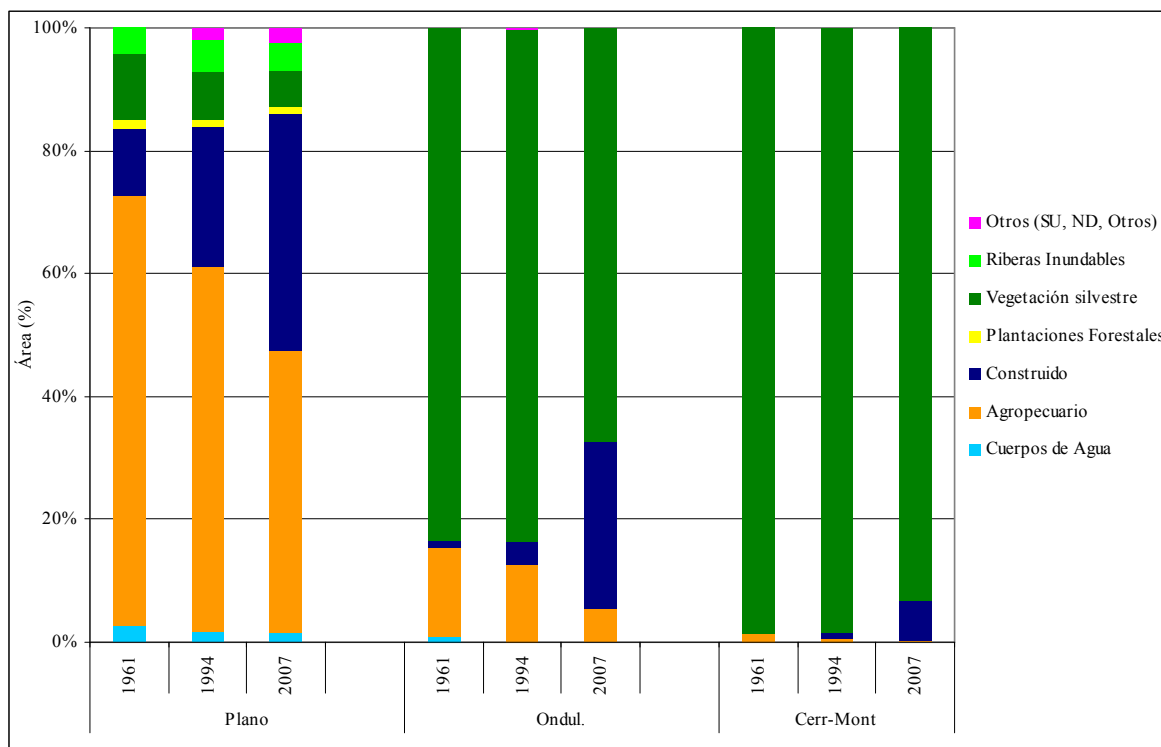
Cambios de acuerdo a la topografía

En la Figura 42 se puede observar la composición de usos de suelo que se genera en el territorio, dividiéndolo en los distritos planos, ondulados y cerrano-montanos. El distrito con mayor variedad de tipologías, pero también el que ha sufrido más variaciones.

Con la intención de revelar los usos de suelo que se concentran en un distrito de pendientes determinado, se calculó la fracción del total de superficie de cada uso que se presenta en cada distrito de pendientes. El Cuadro 21, muestra que la mayoría de los usos concentran la mayor parte de su superficie en los distritos planos. Es interesante

observar que el uso agropecuario se ha ido concentrando en los distritos planos y la vegetación silvestre se ha concentrado en los distritos cerranos y montanos. Aún así, lo más significativo que ocurre, es el notorio desplazamiento de la localización de los terrenos construidos, observándose en 2007 que cerca del 50% de la superficie destinada a este uso se ubica en distritos ondulados, cerranos y montanos, siendo estos terrenos muy vulnerables a la erosión si su suelo y cobertura es intervenido de forma desmedida.

Figura 42. Composición porcentual de usos de suelo en los distritos de pendiente Plano, Ondulado y Cerrano – montano en los años 1961, 1994 y 2007.



Reemplazo de uso en los dos períodos

Al conocer el uso del total del territorio en cada uno de los años de estudio, y su posición en la cuenca, es posible inferir la trayectoria que han seguido los incrementos y disminuciones más fuertes, pero al sobreponer la cartografía, es posible conocer exactamente las transiciones ocurridas y su posición.

Un ejemplo de esto es en el uso agropecuario, el cual sufrió una disminución neta de superficie durante el período 1961 – 1994 de 284,1 ha. Al observar el Cuadro 19, se observa que se perdieron 363,4 ha., pero fueron habilitadas 79,5 ha. nuevas, de las cuales, 27,3 hectáreas que en 1961 correspondían a una caja de estero con vegetación boscosa. Esta dinámica observada y a la luz de que en este período se gestó la Reforma Agraria, hace necesario profundizar con mayor detalle en esta tipología de uso, análisis que se presenta en la siguiente sección.

La tendencia de incremento de los territorios construidos observada en ambos períodos, que proviene del reemplazo de terrenos de uso agropecuario y en el segundo período proviene de terrenos de vegetación silvestre con mayor proporción, es también un caso que se estudiará en detalle en la siguiente sección.

De la observación del Cuadro 19 (período 1 y 2), se observa también una superficie no despreciable que se ubica en la categoría *Otros*, lo que hace presumir el aumento de superficies sin uso, que es una tendencia muy común en territorios con una matriz agrícola que reciben presión inmobiliaria, como es el caso de Aculeo. Es por esto que también se desglosará dicha tipología de uso en la siguiente sección.

Las transiciones más extensas y que merecen atención se observan en el Cuadro 18. Estas merecen ser revisadas en detalle, de modo de conocer en que posición de la cuenca ocurrieron y que factores determinaron estos cambios. Es por esto que a continuación se detallan los cambios ocurridos en el uso Construido y en el uso Agropecuario.

Cuadro 18. Principales transiciones de uso de suelo.

Tranición	Superficie	
Vegetación silvestre – Construido	720,4 ha	Concentradas en el período 2.
Agropecuario – Construido	537,3 ha	Concentradas en el período 2.
Agropecuario – Vegetación silvestre	134 ha	Concentradas en el período 1.
Agropecuario – SU (sin uso) - Construido	34,8 ha	La primera transición en el período 1 y la segunda en el período 2.

Cuadro 19. Matrices de reemplazo de uso de suelo (ha) períodos 1961-1994 y 1994-2007.

Período 1 (1961-1994) (de acuerdo a la superficie en hectáreas de 1961).

1961	1994							Total 1961
	Cuerpos de Agua	de Agropec.	Constr.	Plantac. Forestal	Vegetac. silvestre	Riberas Inundab.	Otros	
Cuerpos de Agua	1.242,0	27,3	1,3	-	-	1,3	-	1.271,9
Agropecuario	1,2	1.355,0	188,9	1,3	101,6	29,9	40,5	1.718,5
Construido	-	33,0	198,1	6,4	6,8	0,0	-	244,3
Plantaciones Forestales	-	10,1	4,7	12,8	-	1,0	-	28,4
Vegetación silvestre	-	4,4	172,8	3,2	5.921,4	-	4,7	6.106,5
Riberas Inundables	-	4,7	5,7	-	-	76,1	-	86,5
Otros	-	-	-	-	-	-	-	-
Total 1994	1.243,2	1.434,4	571,5	23,7	6.029,9	108,3	45,1	9.456,3

Período 2 (1994-2007) (de acuerdo a la superficie en hectáreas de 1994).

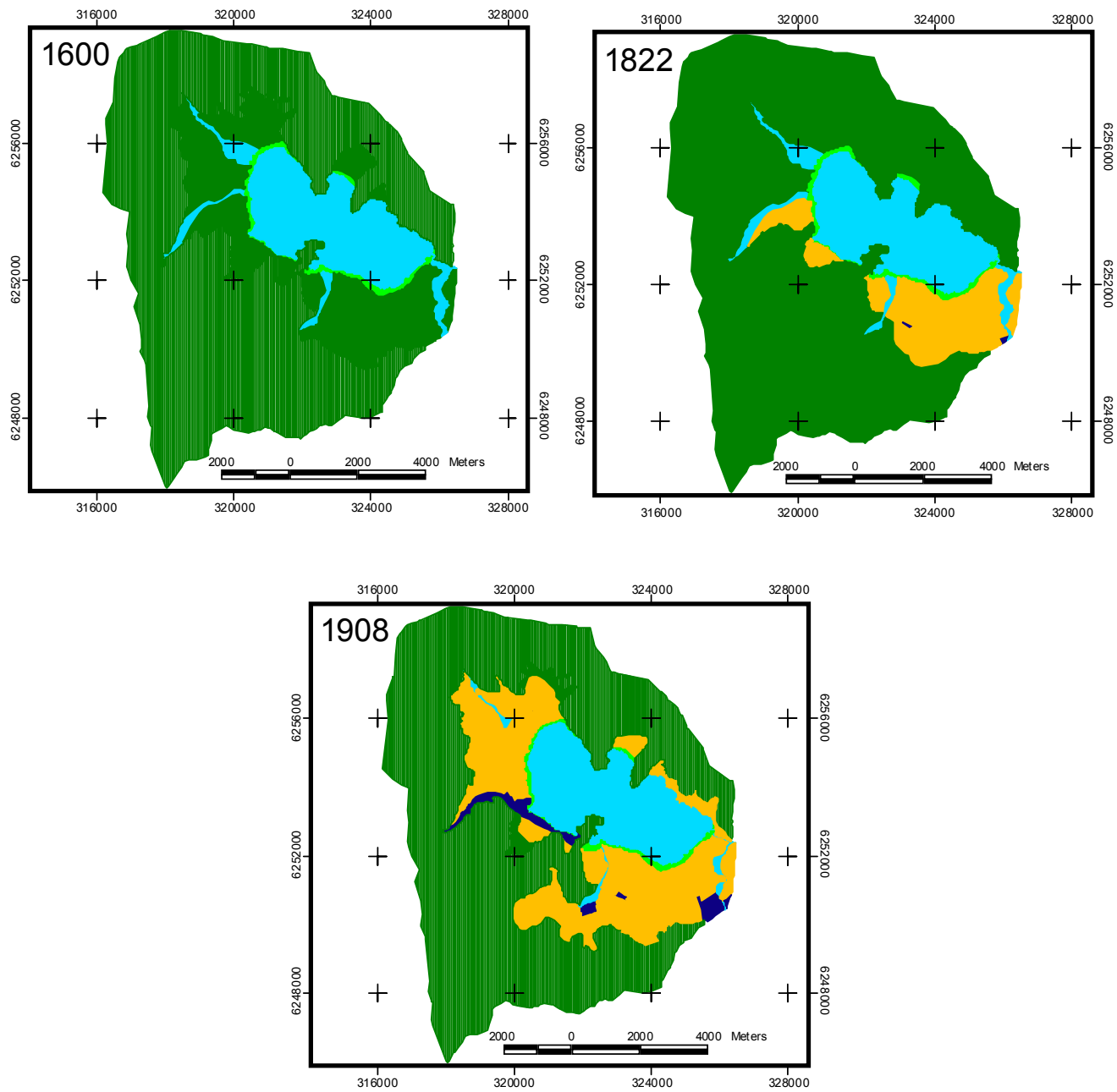
2007	1994							Total 1994
	Cuerpos de Agua	de Agropec.	Constr.	Plantac. Forestal	Vegetac. silvestre	Riberas Inundab.	Otros	
Cuerpos de Agua	1.238,5	0,2	2,2	-	-	0,3	2,0	1.243,2
Agropecuario	-	1.018,7	348,4	-	32,4	-	34,9	1.434,4
Construido	-	8,4	558,2	-	-	1,0	4,0	571,5
Plantaciones Forestales	-	-	1,4	18,6	3,7	-	-	23,7
Vegetación silvestre	-	-	547,6	-	5.482,2	-	-	6.029,8
Riberas Inundables	2,6	1,3	8,4	-	0,4	95,4	0,2	108,3
Otros	-	-	34,8	-	4,7	-	5,8	45,3
Total 2007	1.241,1	1.028,6	1.501,0	18,6	5.523,3	96,7	46,9	9.456,3

Cuadro 20. Cambios de superficie de los usos de suelo en el período 1961-2007 respecto del total del área de estudio.

Uso	Área (%)			Área (ha)			% cambio			Cambio anual (ha/año)	
	1961	1994	2007	1961	1994	2007	1961-1994	1994-2007	1961-2007	1961-1994	1994-2007
Cuerpos de Agua	13%	13%	13%	1271,9	1243,2	1241,1	-2%	-0,2%	-2%	-0,9	-0,2
Agropecuario	18%	15%	11%	1718,5	1434,4	1028,6	-17%	-28%	-40%	-8,6	-31,2
Construido	3%	6%	16%	244,3	571,5	1501,0	134%	163%	514%	9,9	71,5
Plantaciones Forestales	0%	0%	0%	28,4	23,7	18,6	-17%	-21%	-34%	-0,1	-0,4
Vegetación silvestre	65%	64%	58%	6106,5	6029,8	5523,3	-1%	-8%	-10%	-2,3	-39,0
Riberas Inundables	1%	1%	1%	86,5	108,3	96,7	25%	-11%	12%	0,7	-0,9
Otros (SU, ND, Otros)	0%	0%	0%	0,0	45,3	46,9	4525%	4%	4691%	1,4	0,1
Total	100%	100%	100%	9456,3	9456,3	9456,3					

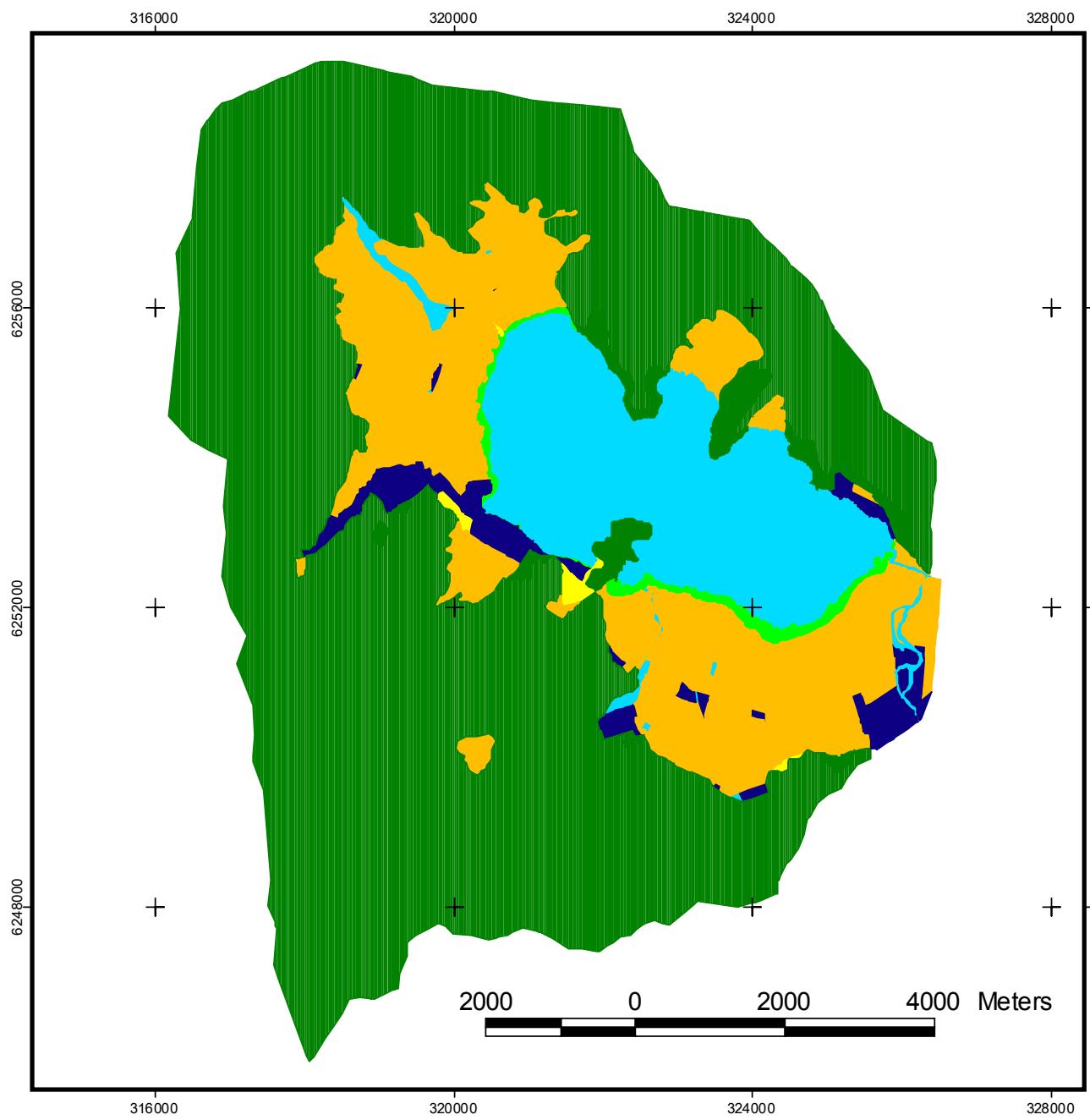
Cuadro 21. Cambios en la distribución de los usos de suelo en cada distrito de pendientes.

Uso	1961					1994					2007				
	Plano	Ondul.	Cerr- Mont	Meset. Cord	Laguna	Plano	Ondul.	Cerr- Mont	Meset. Cord	Laguna	Plano	Ondul.	Cerr- Mont	Meset. Cord	Laguna
Cuerpos de Agua	0,04	0,01	0,00	-	0,95	0,03	0,00	0,00	-	0,97	0,03	0,00	0,00	-	0,97
Agropecuario	0,84	0,13	0,03	-	-	0,85	0,13	0,02	-	-	0,92	0,08	0,01	-	-
Construido	0,92	0,08	0,01	-	-	0,82	0,10	0,08	-	-	0,53	0,27	0,20	-	-
Plantaciones Forestales	1,00	-	-	-	-	0,97	0,03	0,00	-	-	0,96	0,04	-	-	-
Vegetación silvestre	0,04	0,21	0,73	0,02	-	0,03	0,21	0,74	0,02	-	0,02	0,18	0,77	0,03	-
Riberas Inundables	1,00	-	-	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	-	-	-	-
Otros (SU, ND, Otros)	-	-	-	-	-	0,89	0,10	0,00	-	-	1,00	-	-	-	-




<p>Carta: USO SUELO</p>	
<p>Pontificia Universidad Católica de Chile Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal Proyecto de Título: Evolución histórica de los patrones de uso de suelo en la cuenca de la Laguna de Aculeo</p>	
<p>Tipologías de Uso</p> <ul style="list-style-type: none"> Agropecuario Construido Cuerpos de agua ND Otros Plantac Forestal Ribera inundable SU Vegetac silvestr 	
<p>Ubicación: R.M. Prov. Maipo Hoya Hidrográfica Río Maipo Subcuenca Río Angostura</p>	
Comuna: Paine	Superficie: 9.456 ha.
Autor: Claudia Cossio Traverso	
Fecha: Mayo de 2008	
<p>Antecedentes Cartográficos: Ortofotos digitales Ciren - Corfo 1996, escala 1:20.000 Fotografías aéreas SAF 1994, 1961. Letelier M. 1908</p>	
Escala: 1 : 200.000	

Carta 10. Uso de suelo años 1600, 1822 y 1908.



Carta:
USO SUELO 1961



Pontificia Universidad Católica de Chile
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Proyecto de Título:
Evolución histórica de los patrones de uso de suelo en la cuenca de la Laguna de Aculeo

Tipologías de Uso

Cambio uso suelo 1961-1994.shp

- Agropecuario
- Construido
- Cuerpos de agua
- ND
- Otros
- Plantac Forestal
- Ribera inundable
- SU
- Vegetac silvestr


Ubicación:
R.M. Prov. Maipo
Hoya Hidrográfica Río Maipo
Subcuenca Río Angostura

Comuna: Paine	Superficie: 9.456 ha.
---------------	-----------------------

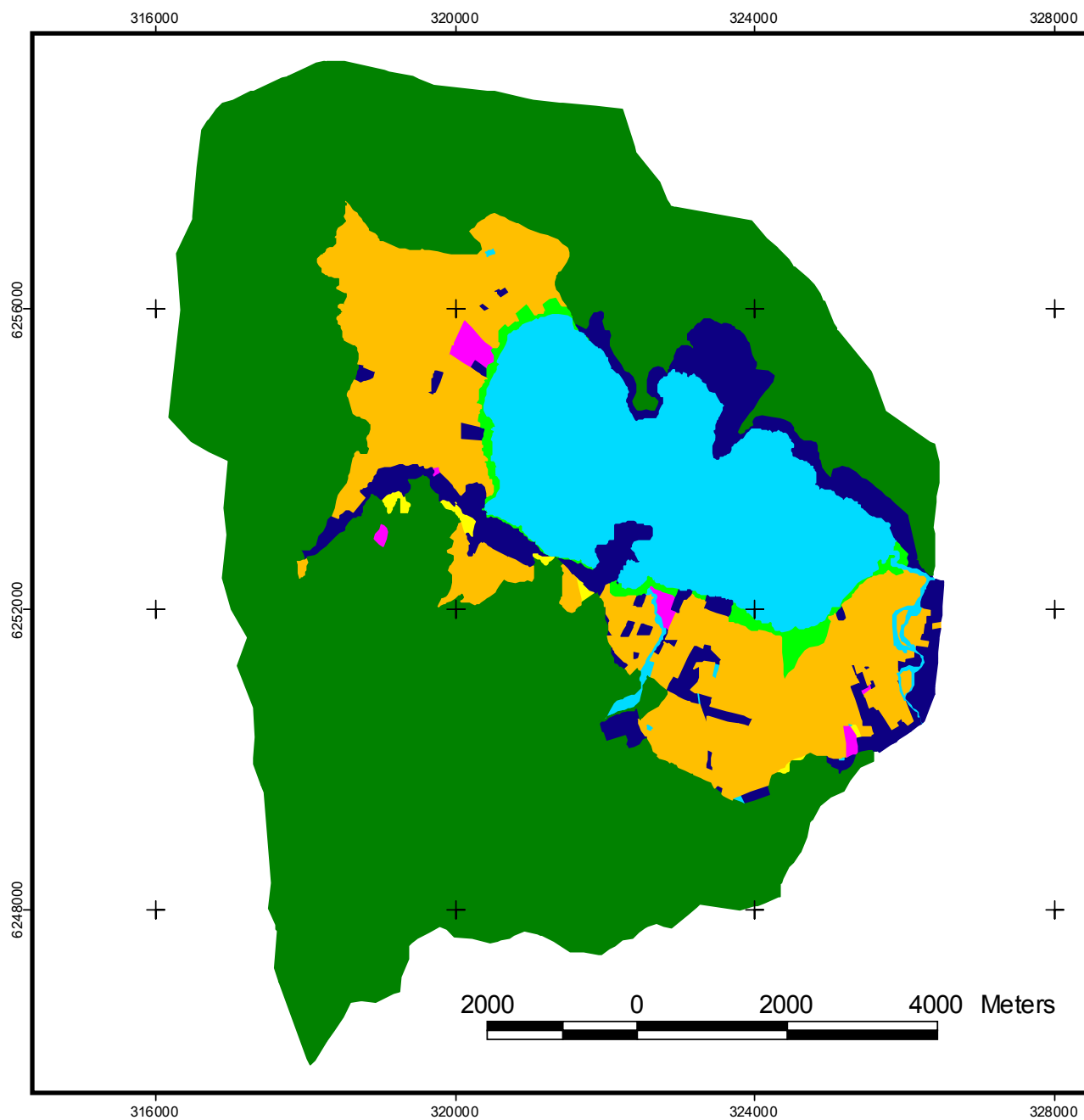
Autor: Claudia Cossio Traverso

Fecha: Mayo de 2008

Antecedentes Cartográficos:
Orto fotos digitales Ciren - Corfo 1996, escala 1:20.000
Fotografías aéreas 2006 y 2007
Google Earth
Fotografías aéreas SAF 1994

Escala: 1 : 75.000	
-----------------------	---

Carta 11. Uso de suelo 1961.



Carta:
USO SUELO 1994



Pontificia Universidad Católica de Chile
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Proyecto de Título:
Evolución histórica de los patrones de uso de suelo en la cuenca de la Laguna de Aculeo

Tipologías de Uso

Cambio uso suelo 1994 - 2007.shp

- Agropecuario
- Construido
- Cuerpos de agua
- ND
- Otros
- Plantac Forestal
- Ribera inundable
- SU
- Vegetac silvestr

Ubicación:
R.M. Prov. Maipo
Hoya Hidrográfica Río Maipo
Subcuenca Río Angostura

Comuna: Paine	Superficie: 9.456 ha.
---------------	-----------------------

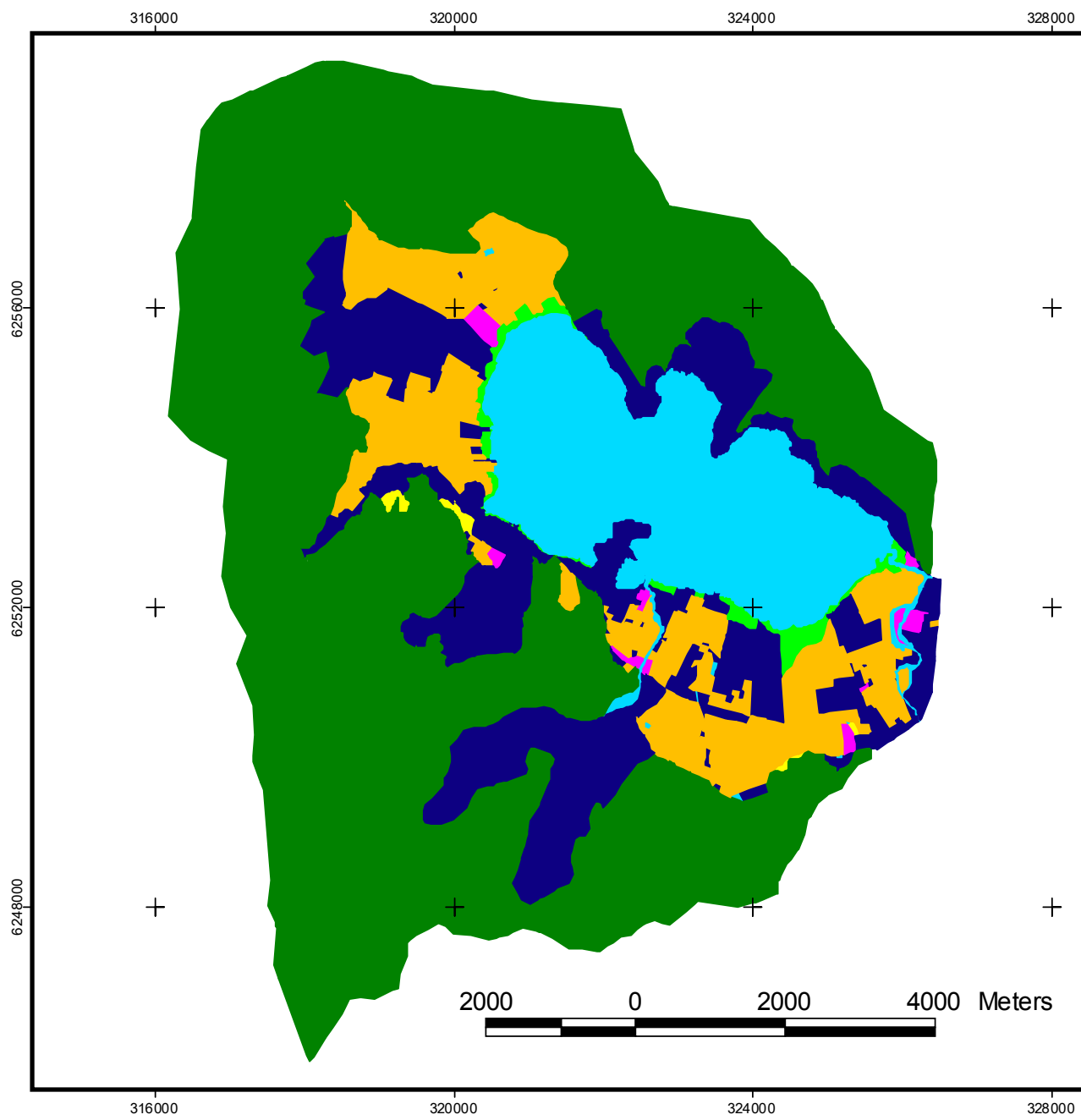
Autor:
Claudia Cossio Traverso

Fecha: Mayo de 2008

Antecedentes Cartográficos:
Orto fotos digitales Ciren - Corfo 1996, escala 1:20.000
Fotografías aéreas 2006 y 2007
Google Earth
Fotografías aéreas SAF 1994

Escala: 1 : 75.000	
-----------------------	---

Carta 12. Uso de suelo 1994.



<p>Carta: USO SUELO 2007</p> 	
<p>Pontificia Universidad Católica de Chile Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal Proyecto de Título: Evolución histórica de los patrones de uso de suelo en la cuenca de la Laguna de Aculeo</p>	
<p>Tipologías de Uso</p>	
<p>Cambio uso suelo 1994 - 2007.shp</p> <ul style="list-style-type: none"> Agropecuario Construido Cuerpos de agua ND Otros Plantac Forestal Ribera inundable SU Vegetac silvestr 	
<p>Ubicación: R.M. Prov. Maipo Hoya Hidrográfica Río Maipo Subcuenca Río Angostura</p>	
Comuna: Paine	Superficie: 9.456 ha.
<p>Autor: Claudia Cossio Traverso</p>	
<p>Fecha: Mayo de 2008</p>	
<p>Antecedentes Cartográficos: Orto fotos digitales Ciren - Corfo 1996, escala 1:20.000 Fotografías aéreas 2006 y 2007 Google Earth Fotografías aéreas SAF 1994</p>	
<p>Escala: 1 : 75.000</p>	

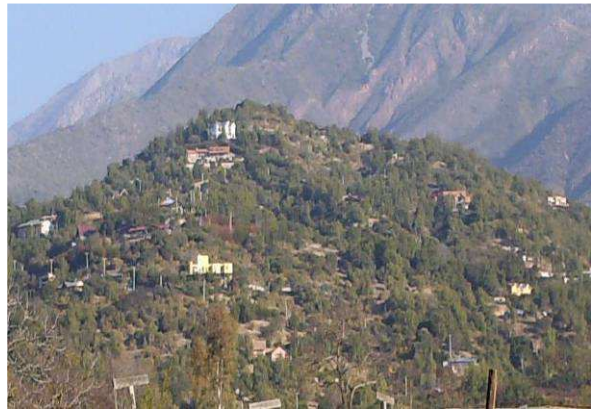
Carta 13. Uso de suelo 2007.

Figura 43. Vista aérea de las casas de Rangue.



Autor: Juan Gastó.

Figura 44. Construcción en parcelas de agrado sobre cerros en sector de Piedra Molino.



Autor: Claudia Cossio, 2007.

Figura 45. Vista aérea de la Laguna de Aculeo.



Autor: Juan Gastó.

Figura 46. Puerta de ingreso a fundo Los Hornos, parte del parque privado Altos de Cantillana.



Autor: Claudia Cossio, 2007.

Figura 47. Espinal en terrenos de cultivo abandonados.



Autor: Claudia Cossio, 2008.

Figura 48. Matorral silvestre y plantación de kiwis en sector occidental de la Laguna de Aculeo.



Autor: Juan Gastó, 2007.

5.3. Cambios de uso de suelo más relevantes en superficie y en dinámica de cambio

Cambios en el uso de suelo Construido

Del Cuadro 19 se observa que una de las transiciones que ocupa mayor superficie corresponde a Vegetación Silvestre – Construido, que suma 720,4 ha. transformadas en el período de 46 años, a partir de 1961. Además, el uso Construido ha sido el de mayor aumento en superficie en general, ya que en 1961 ocupaba un 3% y en 2007, llegó a ser el segundo en superficie, ocupando un 16% de las 9.456,3 ha.

Para comprender este fenómeno, se muestra desglosada la categoría Construido en 5 tipologías de uso, cuya principal diferencia entre ellas, es la función que cumplen para quienes hacen uso de ellas (Cuadro 22).

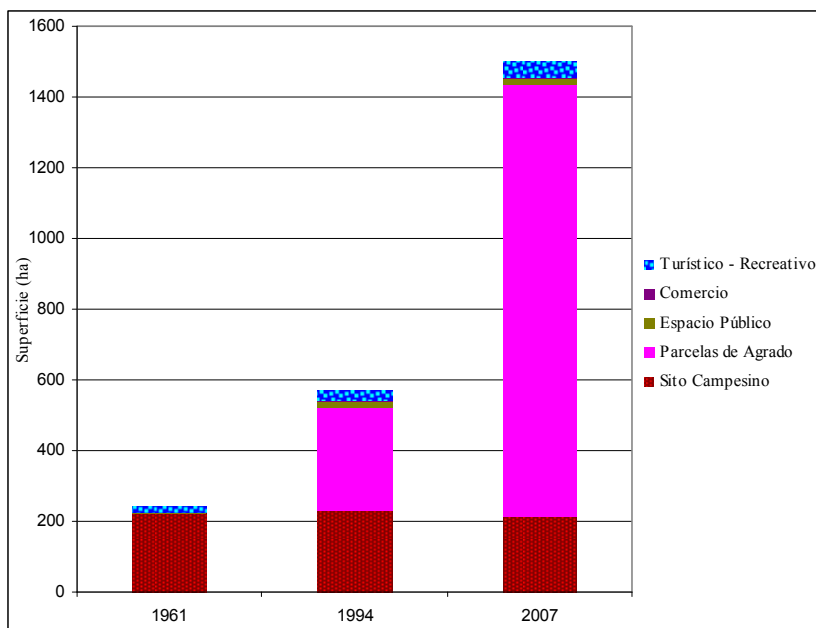
Cuadro 22. Tipologías de uso de suelo de la categoría Construido, determinadas para la cuenca de Aculeo.

Tipología	Descripción
Sitio Campesino	<p>Sitios asignados para vivienda y producción de autoconsumo de los beneficiarios en los proyectos de parcelación de Reforma Agraria. Se componen por una o dos viviendas con sistema de fosa séptica, más huerto frutal y/o chacra, también presentan invernaderos y gallineros. Su superficie oscila entre 1000 y 5000 m² de tamaño.</p> <p>Algunos de estos sitios se han subdividido entre la descendencia de los dueños, gracias a la normativa legal que lo permite y subsidia viviendas rurales, generando terrenos de cerca de 1000 m² que han perdido la característica de producción para autoconsumo.</p> <p>Ubicación: Distritos planos a lo largo de los caminos.</p>
Parcela de Agrado	<p>Son terrenos de aproximadamente 5.000 m² (la superficie mínima de subdivisión de predios rústicos según la ley 3.516 que entró en vigencia en 1980). Cuentan con una casa que corresponde a segunda vivienda de fin de semana y veraneo, o bien de residencia permanente que implica realizar viaje diario a Santiago.</p> <p>En general presentan piscina, sistema de fosa séptica y un espacio de parque con trabajo de jardinería.</p> <p>Ubicación: Se presentan aisladas o agrupadas en torno a un sistema de administración de condominio. Se diferencian porque las parcelas aisladas tienen acceso directo a la laguna y requieren de un cuidador permanente, a su vez los condominios cuentan con un acceso común a la laguna y cuentan con cuidador comunitario.</p> <p>A medida que los sitios con acceso a la laguna se fueron agotando y su precio se elevó, comenzaron a generarse loteos de parcelas de agrado en predios agrícolas o en sectores de piedemonte marinas comunitarias en la ribera de la laguna.</p> <p>Condominios existentes: Bosques de Aculeo, Alto Laguna, El Castaño, Piedra Molino, Península del León, San Francisco de Aculeo, Country Los Almendros, entre otros.</p>
Espacio Público	<p>Capillas, canchas de fútbol, medias lunas, escuelas, postas, y todos los espacios que permiten la reunión e interacción de la comunidad, principalmente residente.</p> <p>Ubicación: Distritos planos, contiguos a los parches de sitios campesinos.</p>
Turístico-Recreativo	<p>Son las marinas de los condominios y camping. Cuentan con baños, infraestructura de camarines piscina, acceso para vehículos con lanchas, veleros, botes y motos de agua, sectores de picnic y/o acampada, arborizaciones ornamentales y césped.</p> <p>Ubicación: Casi en su totalidad en las riberas de la laguna.</p>
Comercio	<p>Restaurantes, locales comerciales</p> <p>Ubicación: Borde de caminos.</p>

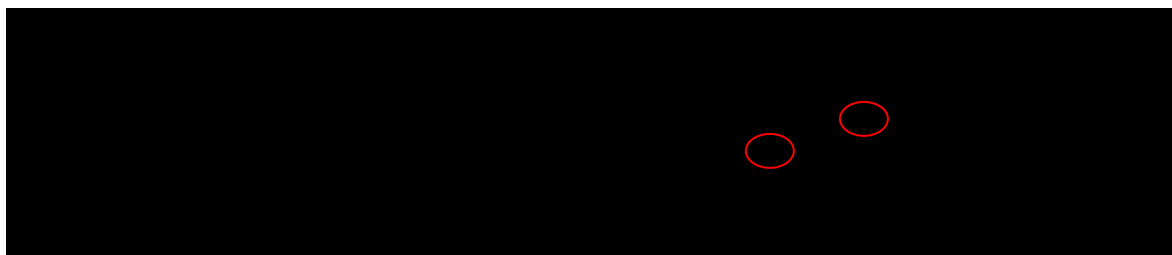
En la Figura 49 y el Cuadro 23, se observan los cambios de superficie de cada tipología de uso Construido. Es fácil comprender la pérdida de dominancia de los sitios campesinos ante el explosivo aumento de las parcelas de agrado. Los sitios campesinos han conservado relativamente su superficie, respecto de la que ya existía en 1961, que en ese entonces correspondía a un 91% de la superficie de uso Construido y se han mantenido en los distritos planos, pero han pasado a representar un 14% de la superficie.

Otro aspecto a considerar es el aumento de 173% en el espacio público que se produjo en el período 1961 – 1994, atribuido a la reforma agraria que generó nuevos espacios públicos como parte de los asentamientos que corresponden principalmente a medias lunas de rodeo (ver en Anexo II carta de uso de suelo Construido).

Figura 49. Superficie (ha) tipologías de uso de suelo Construido en los años 1961, 1994 y 2007.

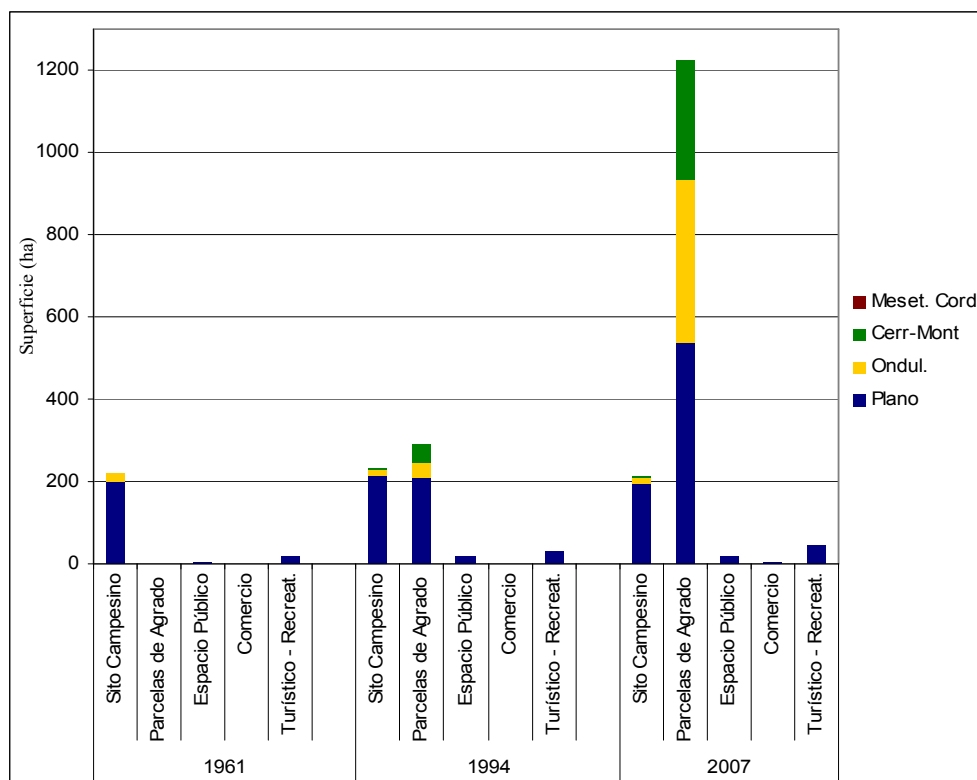


Cuadro 23. Cambios de superficie de las tipologías de uso de suelo Construido en el período 1961-2007 respecto del área de uso Construido.



La dominancia en superficie alcanzada por las parcelas de agrado en 2007 (82%) se presenta clara en la Figura 49, mostrando ser la tipología de uso construido más dinámica y que representa los cambios que se han mostrado en las secciones anteriores bajo la categoría Construido.

La localización de los usos construidos se concentra en los distritos planos, presentándose una ocupación de gran superficie de los distritos ondulados y cerrano-montanos en el período 1994 – 2007, por la construcción de parcelas de agrado.

Figura 50. Superficie (ha) de las tipologías de uso Construido según los distritos de pendiente en los años 1961, 1994 y 2007.

Se ha señalado en el Cuadro 22, que el patrón de ocupación de suelo de las parcelas de agrado y sitios turístico – recreativos, se inicia por las riberas de la laguna, por el atractivo que significa la pesca, los deportes náuticos y el baño, especialmente en la ribera norte de la laguna, donde las orillas son mas abruptas y la agricultura de riego es inexistente.

El establecimiento de construcciones en sectores continuos al cuerpo de agua se comienza a producir en el siglo XX. En 1932 se construye la casa patral en Rangue, que se encuentra sobre un pequeño cerro contiguo a la laguna y a lo largo del camino que se dirige hacia la Cuesta del Cepillo y también en el camino que se dirige a Pintué, se establecieron numerosos sitios de inquilinos, algunos de los cuales se encuentran a orillas de la Laguna de Aculeo.

El interés por el cuerpo de agua como un espacio recreativo y turístico, manifestado a partir de la mitad del siglo XX, generó la ocupación de las riberas, mediante la compra de sitios campesinos en Rangue y la compra de sitios en la ribera Norte del cuerpo de agua, alcanzando en el año 2007 un 80% del perímetro total de este (Cuadro 24).

La intervención de riberas mediante el retiro de su vegetación, se remonta épocas anteriores a 1911, en las que cultivaban hortalizas sobre los terrenos húmedos y ricos en materia orgánica que quedaban drenados por el bajo nivel de la laguna en los años secos. Actualmente, el retiro de vegetación de riberas se realiza con el objeto de despejar el paso de lanchas y botes, pero la mayor intervención realizada a las riberas corresponde a la construcción de rellenos y muros, que pretenden evitar la natural inundación invernal de los terrenos (Cuadro 24). Este hecho ha causado conflictos con los agricultores, y propietarios de terrenos en las riberas, ya que ven reducida la capacidad de almacenaje del cuerpo de agua y perciben un alza en el nivel en los sectores de riberas más bajas.

Estos hechos han sido registrados por el SAG en informes y ha causado conflictos legales que ha debido resolver la DGA.

Este conflicto por el nivel del agua y la intervención de riberas, tiene como problema base la inscripción legal de la Laguna de Aculeo como un tranque de riego, en instancias de que se trata de una laguna natural, lo que la convierte en un bien privado sobre el cual pueden actuar quienes poseen derechos de agua para riego. Esto genera incertidumbre respecto de dónde se encuentra el límite de la propiedad particular de terrenos y ata de manos a los organismos del Estado para resolver los conflictos, tomar medidas de protección del ecosistema y planificar el uso del territorio.

Cuadro 24. Ocupación y riberas amuralladas en los años 1961, 1994 y 2007.

	1961	1994	2007
Porción (%) del perímetro de la laguna utilizado en la categoría Construido.	17%	67%	80%
Largo riberas amuralladas (m).	0,0 m.	4.895,1 m.	7.088,3 m.
Porción (%) del perímetro total de la laguna que posee sus riberas amuralladas.	0%	22%	32%

Fuente: Elaboración propia, considerando un perímetro de la laguna de 22,2 km., medidos en base la línea de ribera del año 2007.

Uso de suelo Agropecuario

Características de la actividad agropecuaria en Aculeo

La presencia dominante del uso Agropecuario en los distritos planos y la infraestructura de riego desarrollada, permiten calificarlo como la matriz o el uso de suelo base, a partir del período hacendal y hasta 1961, fecha que corresponde a la primera fotografía aérea estudiada, en la que el 70% de la superficie de los distritos planos era destinada a la actividad Agropecuaria, lo que correspondía al 84% de la superficie total de uso Agropecuario.

Gran parte de los cerros de la cuenca han sido utilizados hace más de doscientos años para pastoreo de animales, sin embargo, debido a que la cobertura de estos terrenos es boscosa y conservan vegetación nativa, se han clasificado en el uso general "Vegetación silvestre" con la tipología de uso de suelo "Forestal - pastoreo", por el uso doble que presentan y han quedado fuera de la presente descripción.

En el año 2007, el 46% de la superficie de los distritos planos es de uso agropecuario. Superficie que corresponde al 92% de la superficie total destinada a este uso. Esta información, que se ilustra en la Figura 42 y el Cuadro 21, se suma al conocimiento de que las transiciones a partir del uso agropecuario hacia vegetación silvestre y uso construido son las segundas y tercera en importancia (Cuadro 18), lo que hace necesario estudiar la actividad agropecuaria de manera más específica.

Se han definido 7 tipologías de uso de suelo agropecuario (Cuadro 25), las cuales se han distribuido dentro del espacio de uso general "Agropecuario", en una superficie y ubicación espacial distinta, de acuerdo a la época, presentando cada uno características relevantes de manejo que han ido cambiando en el período de estudio.

Cuadro 25. Características usos de suelo agropecuario:

Uso	Descripción
Pastoreo	<p>Terrenos de praderas naturales con escasa cobertura arbórea, generalmente solo poseen una cobertura de baja densidad de espinos.</p> <p>Debido a que la producción pecuaria en la cuenca de Aculeo es de baja intensidad, ya que consiste en la crianza de novillos para venta informal y sólo una producción de engorda de novillos, que es una actividad accesoria a la producción de grano de maíz como alimento para aves, las praderas no son mejoradas ni se manejan los períodos de pastoreo.</p> <p>Ubicación: Se presentan en distritos ondulados de baja altura y distritos planos de secano, concentrándose en el sector occidental de la laguna.</p>
Frutales:	<p>Tanto en la época hacendal como en la actualidad tienen un objetivo de producción para la venta de fruta. Si bien han cambiado las especies plantadas, aumentando los carozos, la evolución que han tenido es en el riego, el cual ahora es tecnificado.</p> <p>También se presentan en pequeñas superficies en los sitios de los campesinos, de tamaños cercanos a 0,5 ha, que no han sido considerados para esta tipología.</p> <p>Existe también un vivero frutal clasificado en esta categoría.</p> <p>Huertos característicos: Cítricos, paltos, almendros, cerezos, kiwis.</p> <p>Ubicación: Se han mantenido en los distritos planos de riego.</p>
Cereal secano:	<p>Siembras de trigo de secano combinado con períodos de barbecho y pastoreo. Brindan cobertura invernal del suelo.</p> <p>Ubicación: Terrenos arables de secano (sobre la cota que recorren los canales de regadío)</p>
Chacra – Cereal:	<p>Es una tipología que a grandes rasgos corresponde a cultivos anuales en terrenos con disponibilidad de riego. En el manejo tradicional estos terrenos son cultivados con una rotación que incluye chacras de verano, forraje, trigo y temporadas de barbecho.</p> <p>Debido a la relevancia y magnitud de la evolución en el manejo de esta tipología de uso de suelo, se tratará el tema en detalle por separado en el punto 5.4.</p> <p>Ubicación: Terrenos arables de riego.</p>
Forraje:	<p>Son siembras perennes que cubren el suelo en invierno y verano.</p> <p>Solían formar parte de la rotación de cultivos: forraje – cereal – chacra, cuando el fundo era manejado como una unidad, dinámica que ya no se presenta y se presentan en paños de destino más fijo.</p> <p>Ubicación: Terrenos arables, en su mayoría regados.</p>
Infraestr. Pecuaria:	<p>Se clasifican en esta categoría los parches que presentan infraestructura para la guarda y alimentación de animales, constituyen en su mayoría haras, caballerizas, potreros de salto y comederos de ganado. Se excluyen de esta categoría los corrales y medias lunas, que son consideradas parte de los espacios públicos de la categoría “Construido”.</p> <p>El alimento para los animales se obtiene de fuentes externas al territorio demarcado.</p> <p>Ubicación: Por su reducido número, no es posible establecer un patrón de localización.</p>

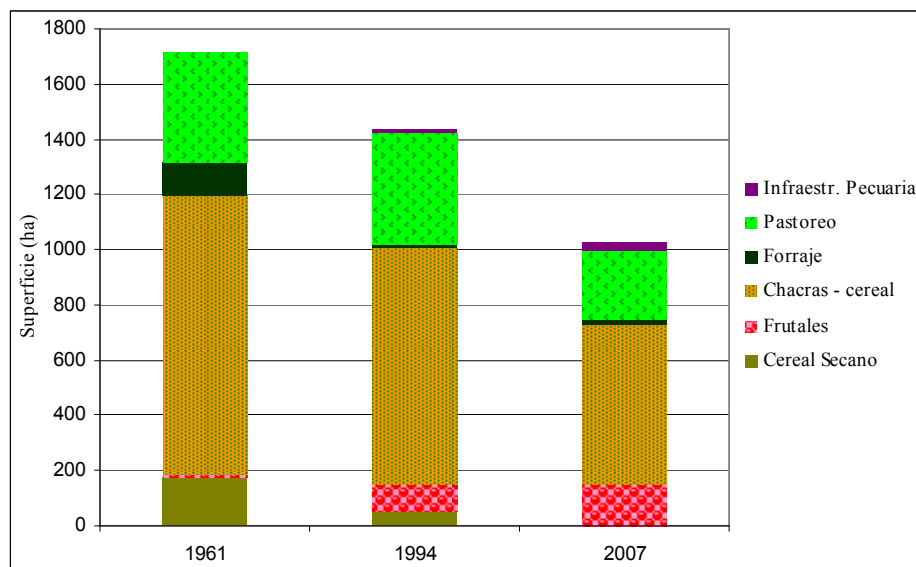
La comprensión de la dinámica del uso de suelo Agropecuario, requiere tomar en consideración la reducción en la superficie total, combinado con las transiciones internas de cada tipología.

La tendencia generalizada es al descenso, a excepción de la Infraestructura pecuaria y de los frutales, que han experimentado incrementos en su superficie en ambos períodos (Cuadro 26).

Las tasas de descenso más importantes se presentan en el segundo período (1994 – 2007), siendo la más importante, las 21,7 ha/año de descenso en el uso de chacras – cereal, y siguiéndola, no muy de cerca, la disminución de 11,9 ha/año de la superficie de pastoreo.

El cultivo de cereal es una actividad que se reduce hasta desaparecer, con una disminución drástica en el primer período de cerca del 70% de su superficie.

Figura 51. Superficie (ha) tipologías de uso de suelo Agropecuario en los años 1961, 1994 y 2007.



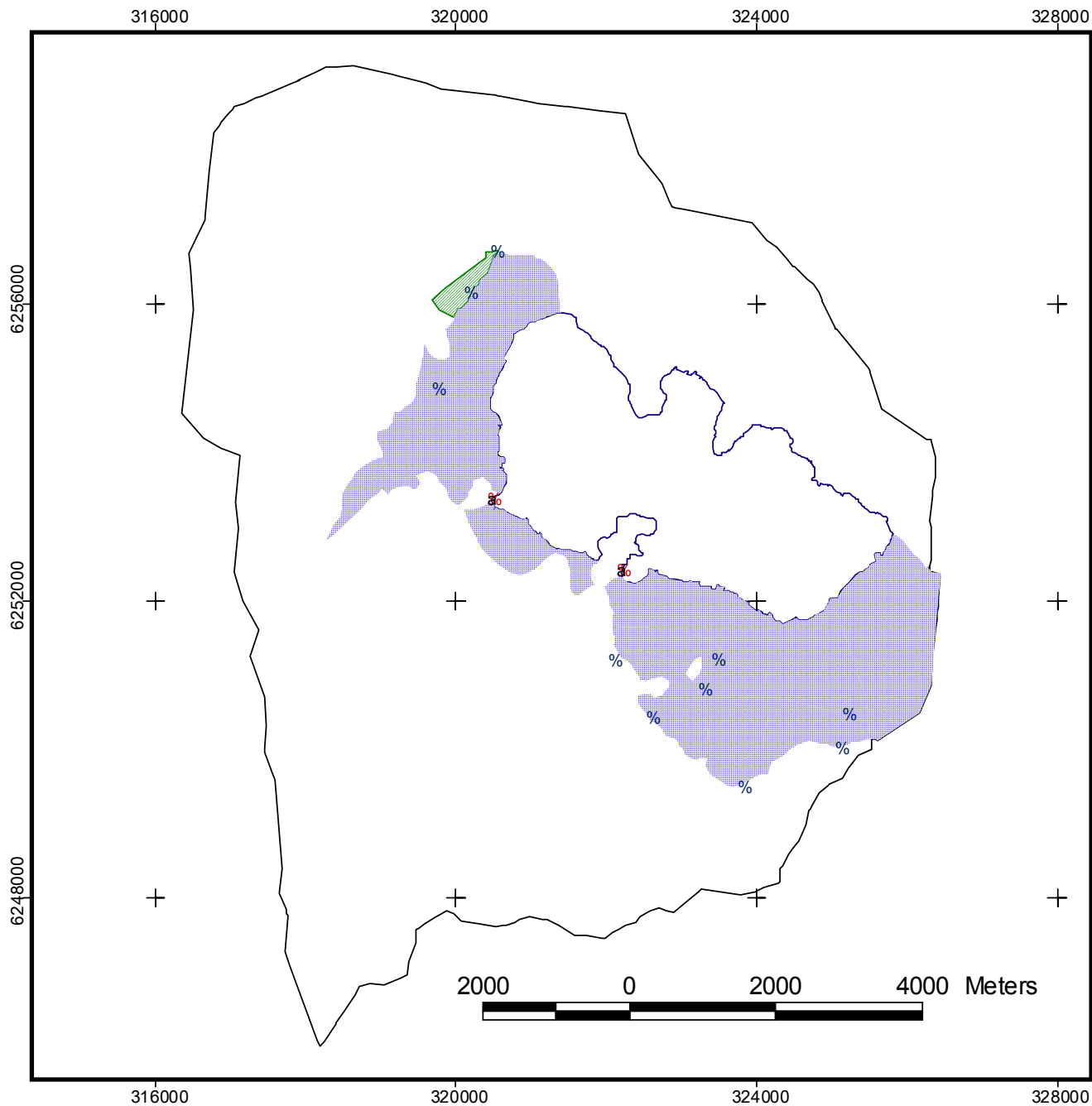
Cuadro 26. Cambios de superficie de las tipologías de uso de suelo Agropecuario en el período 1961-2007 respecto del área de uso Agropecuario.

Uso	Área (%)			Área (ha)			% cambio			Cambio anual (ha/año)	
	1961	1994	2007	1961	1994	2007	1961-1994	1994-2007	1961-2007	1961-1994	1994-2007
Cereal Secano	10%	4%	0%	175,2	54,1	-	-69%	-100%	-100%	-3,7	-4,2
Frutales	1%	7%	15%	16,5	93,4	149,9	467%	60%	810%	2,3	4,3
Chacras - cereal	59%	60%	56%	1.006,0	861,3	578,7	-14%	-33%	-42%	-4,4	-21,7
Forraje	7%	1%	2%	122,3	11,6	17,1	-91%	48%	-86%	-3,4	0,4
Pastoreo	23%	28%	24%	398,6	402,9	248,2	1%	-38%	-38%	0,1	-11,9
Infraestr. Pecuaria	0%	1%	3%	0,2	11,2	34,7	5484%	211%	17242%	0,3	1,8
Total	100%	100%	100%	1.718,5	1.434,5	1.028,6	-17%	-28%	-40%	-8,6	-31,2










La localización de los usos de suelo y los cambios producidos se presentan en las cartas a continuación. La carta inicial es una referencia para conocer cual es la superficie regable y cual es la de secano.

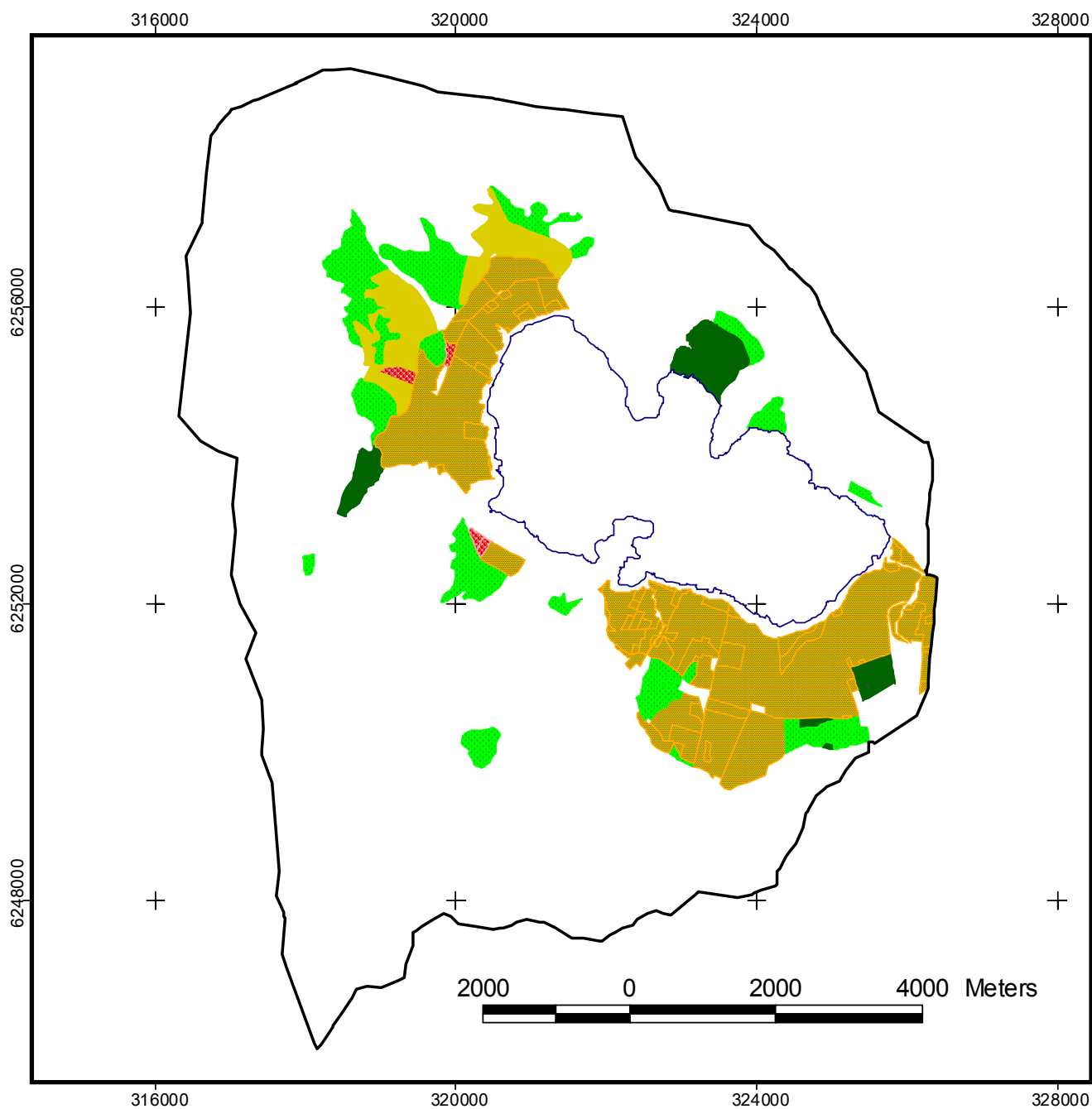
Aquí se refuerza la característica de ubicación determinada para cada tipología de uso agropecuario. Si se observa con criterio estricto, existen algunas excepciones, siendo la más notoria un parche que se muestra como regado en el sector de los hornos, pero que en la carta de 1961 aparece como zona de pastoreo. Esto se debe a que dicha zona fue habilitada para riego en 1960 y para la fecha de toma de la fotografía aérea, aún se encontraba en proceso de plantación el huerto de cítricos que allí se ubicaría.

La pérdida de superficie de uso agropecuario se evidencia mediante los polígonos de color gris, que corresponden a una sombra de la superficie de uso agropecuario de la carta anterior.



Carta 14. Área regada.

<p>Carta: ZONA REGADA</p> 	
<p>Pontificia Universidad Católica de Chile Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal Proyecto de Título: Evolución histórica de los patrones de uso de suelo en la cuenca de la Laguna de Aculeo</p>	
<p>Tranques.shp  Casa Bombas  Tranque</p> <p>Riego agrícola.shp  Bombas  Bombas tecnica  Estero</p> <p>Lim_captacion.shp  Lim_captacion.shp  Lim_laguna.shp</p>	
<p>Ubicación: R.M. Prov. Maipo Hoya Hidrográfica Río Maipo Subcuenca Río Angostura</p>	
Comuna: Paine	Superficie: 9.456 ha.
Autor: Claudia Cossio Traverso	
Fecha: Mayo de 2008	
<p>Antecedentes Cartográficos: Orto fotos digitales Ciren - Corfo 1996, escala 1:20.000 Fotografías aéreas 2006 y 2007 Google Earth Fotografías aéreas SAF 1994</p>	
<p>Escala: 1 : 75.000</p>	



Carta:
USO AGRÍCOLA
 1961



Pontificia Universidad
 Católica de Chile
 Facultad de Agronomía e
 Ingeniería Forestal
 Proyecto de Título:
**Evolución histórica de los
 patrones de uso de suelo
 en la cuenca de la
 Laguna de Aculeo**

- Tipologías de Uso
- Lim_captacion.shp
 - Lim_laguna.shp
 - Cambio uso suelo 1961-1994.shp
 - Infraestr. Pecuaria
 - Chacras
 - Forraje
 - Frutales
 - Maíz - Rastrojeo
 - Pastoreo
 - Cereal Secano
 - No agropecuario

Ubicación:
 R.M. Prov. Maipo
 Hoya Hidrográfica Río Maipo
 Subcuenca Río Angostura

Comuna: Paine Superficie: 9.456 ha.

Autor: Claudia Cossio Traverso

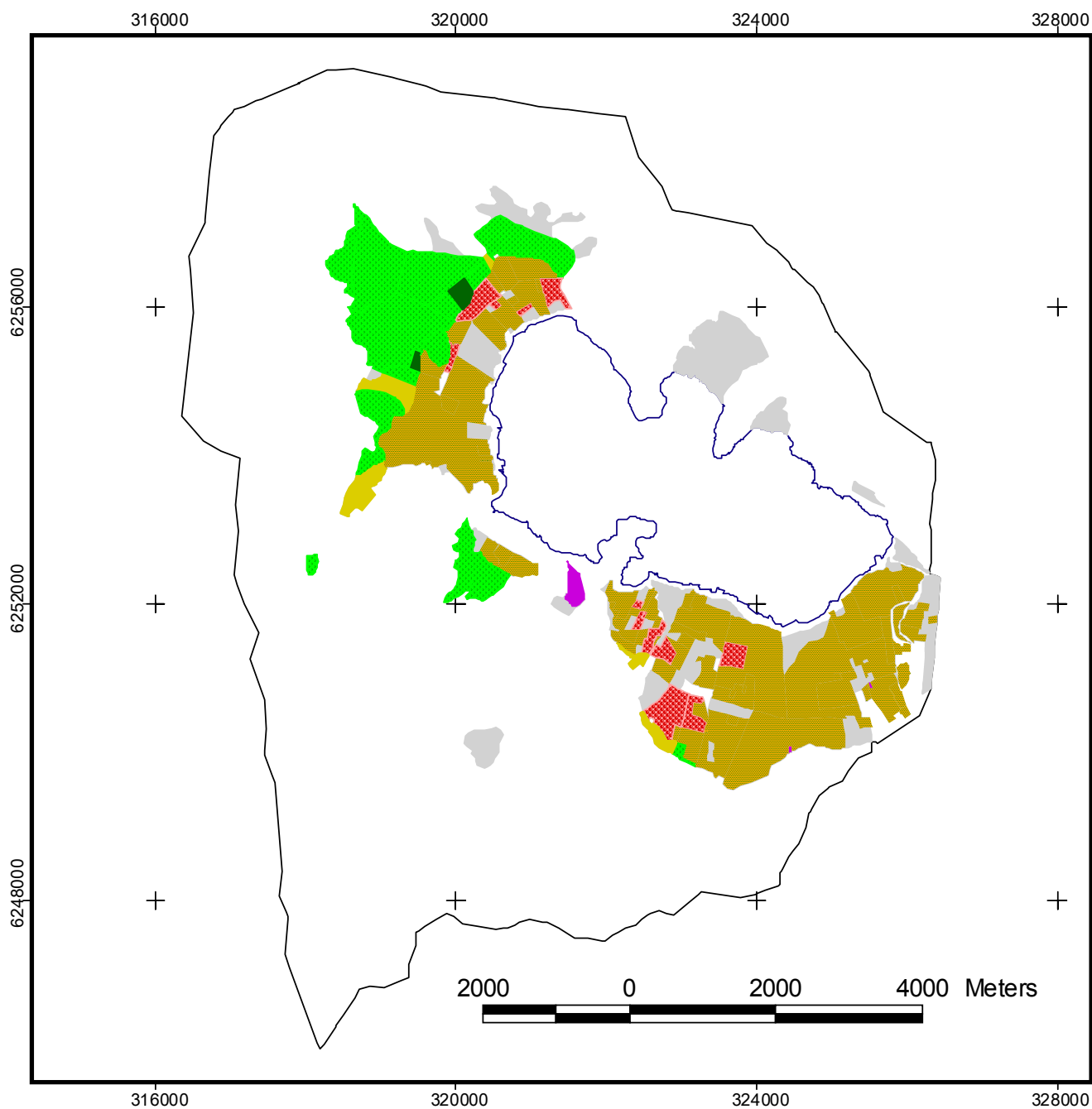
Fecha: Mayo de 2008

Antecedentes Cartográficos:
 Orto fotos digitales Ciren - Corfo 1996,
 escala 1:20.000
 Fotografías aéreas 2006 y 2007
 Google Earth
 Fotografías aéreas SAF 1994

Escala:
 1 : 75.000



Carta 15. Uso de suelo agropecuario 1961.



Carta:
USO AGRÍCOLA
 1994



Pontificia Universidad Católica de Chile
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Proyecto de Título:

Evolución histórica de los patrones de uso de suelo en la cuenca de la Laguna de Aculeo

Tipologías de Uso

- Cambio uso suelo 1994 - 2007.shp
- Infraestr. Pecuaria
 - Chacras
 - Forraje
 - Frutales
 - Maíz - Rastrojeo
 - Pastoreo
 - Cereal Secano
 - No agropecuario
- Cambio uso suelo 1961-1994.shp
- Agropecuario
 - Lim_laguna.shp
 - Lim_captacion.shp

Ubicación:
 R.M. Prov. Maipo
 Hoya Hidrográfica Río Maipo
 Subcuenca Río Angostura

Comuna: Paine Superficie: 9.456 ha.

Autor: Claudia Cossio Traverso

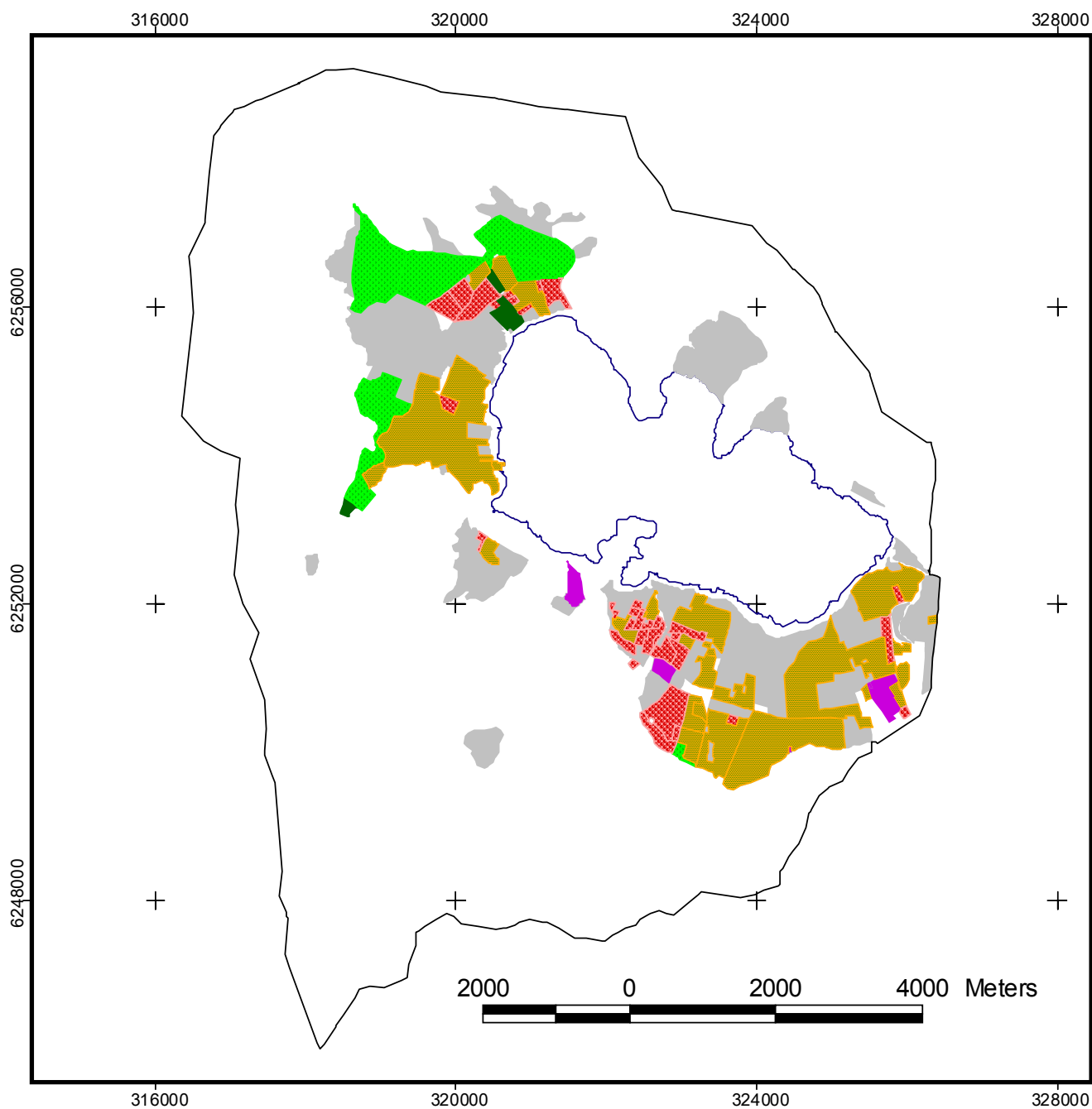
Fecha: Mayo de 2008

Antecedentes Cartográficos:
 Orto fotos digitales Ciren - Corfo 1996,
 escala 1:20.000
 Fotografías aéreas 2006 y 2007
 Google Earth
 Fotografías aéreas SAF 1994

Escala:
 1 : 75.000



Carta 16. Uso de suelo agropecuario 1994.



Carta:
USO AGRÍCOLA
2007



Pontificia Universidad
Católica de Chile
Facultad de Agronomía e
Ingeniería Forestal
Proyecto de Título:

**Evolución histórica de los
patrones de uso de suelo
en la cuenca de la
Laguna de Aculeo**

Tipologías de Uso

Cambio uso suelo 1994 - 2007.shp

- Infraestr. Pecuaria
- Chacras
- Forraje
- Frutales
- Maíz - Rastroje
- Pastoreo
- Cereal Secano
- No agropecuario

Cambio uso suelo 1961-1994.shp

- Agropecuario
- Lim_laguna.shp
- Lim_captacion.shp

Ubicación:

R.M. Prov. Maipo
Hoya Hidrográfica Río Maipo
Subcuenca Río Angostura

Comuna: Paine

Superficie: 9.456 ha.

Autor: Claudia Cossio Traverso

Fecha: Mayo de 2008

Antecedentes Cartográficos:
Orto fotos digitales Ciren - Corfo 1996,
escala 1:20.000
Fotografías aéreas 2006 y 2007
Google Earth
Fotografías aéreas SAF 1994

Escala:
1 : 75.000



Carta 17. Uso de suelo agropecuario 2007.

En vista de los cambios observados en las cartas anteriores, que corresponden a disminuciones notorias del uso agropecuario y una dinámica interna intensa, se elaboraron gráficos que ilustran los cambios ocurridos. La Figura 52 muestra los usos en el año 1994 de los suelos que ya tenían uso agropecuario en 1961. De esta figura es importante observar que los frutales han reemplazado principalmente áreas destinadas a chacras y cereales de riego, mientras que la disminución en cultivos de cereal de secano, pasaron a ser utilizadas para el pastoreo de animales. Los demás cambios, por ejemplo los ocurridos en suelos en que se producía forraje, se responden por las características de la rotación de cultivos y los cambios en la propiedad de la tierra ocurridos en este período. También llama la atención una superficie destinada a pastoreo en 1961 que corresponde a chacras y frutales en 1994, esto se explica porque corresponde a sectores regables, cuyo destino lógico era el de agricultura de mayor intensidad y rentabilidad.

La Figura 53 es complementaria a la Figura 52., grafica la superficie dejó de tener uso Agropecuario en el período 1961 – 1994. De ella es importante destacar que los terrenos que recuperaron vegetación silvestre, eran terrenos de pastoreo y algunas hectáreas de cereal de secano cercanas a los cerros. Y de lo que se disminuyó de chacras, pasó a estar sin uso o bien paso a ser sitio campesino, todo esto explicable por la gran reestructuración agraria y de la propiedad ocurrida en el período.

En el sector de Bocahuao, lugar donde se comenzó la construcción de parcelas de agrado, se registra un cambio de uso de terrenos dedicados a forraje de secano, pasaron a ser parcelas de agrado.

Los cambios en el uso agropecuario ocurridos en el período 1994 – 2007, son graficados en la Figura 54 y Figura 55. En este período, el cultivo de cereal de secano es reemplazado totalmente, principalmente por pastoreo pero también por frutales con sistemas de riego tecnificado. Los frutales aumentan también en terrenos de riego y la infraestructura pecuaria incrementa.

El forraje sufre un cambio de localización, concentrándose en terrenos de riego.

En el período 1994 - 2007 la superficie de uso Agropecuario disminuyó en un 17%. Continúa produciéndose, al igual que en el período anterior, abandono de terrenos de chacras y revegetación de matorral en terrenos de pastoreo por disminución de intensidad y desaparición de la rotación con trigo, pero lo más relevante es el reemplazo por parcelas de agrado.

Figura 52. Reemplazos internos de uso de suelo agropecuario (1961-1994) respecto de la superficie de uso agropecuario en 1961, que conservó este uso en 1994.

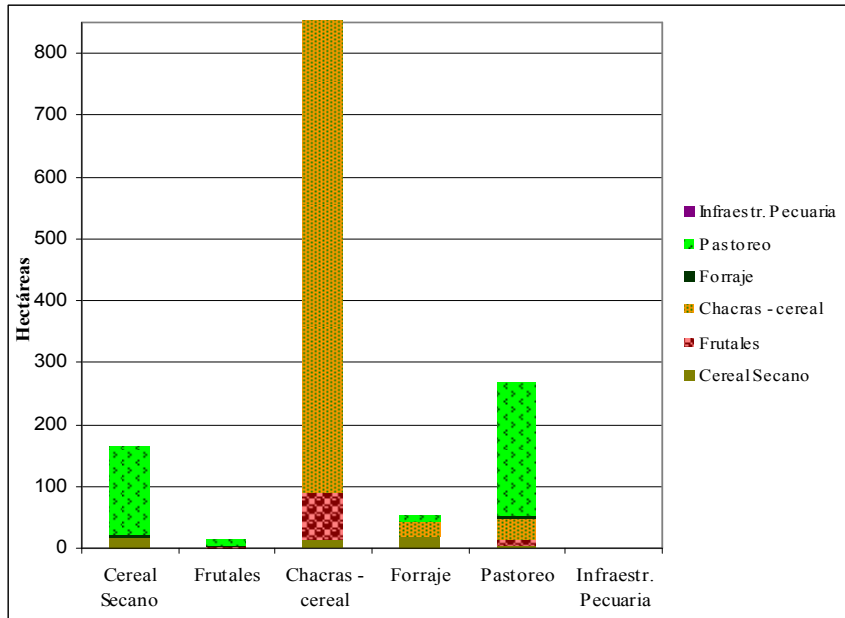


Figura 53. Destino de la superficie total (ha) de los territorios que dejaron de tener uso Agropecuario en el período 1961 – 1994.

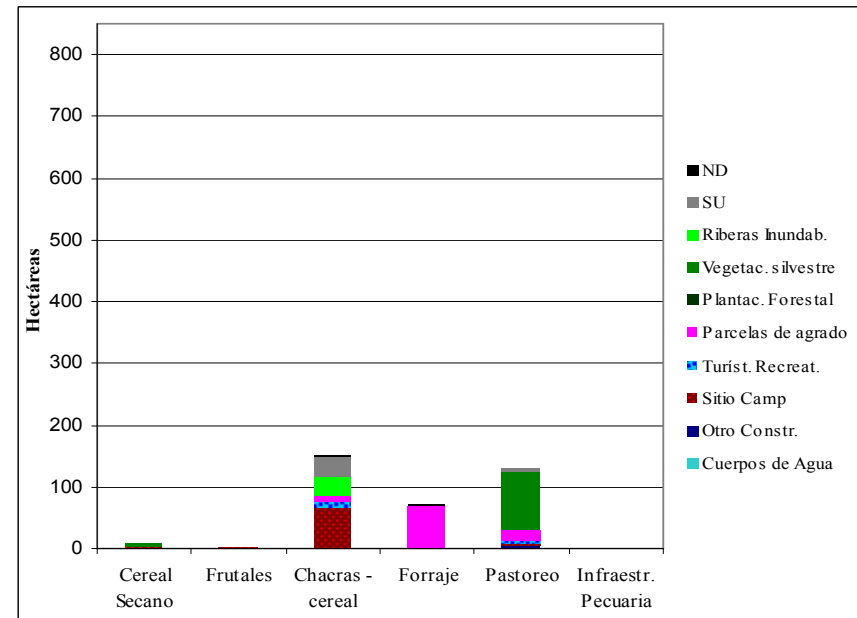


Figura 54. Reemplazos internos de uso de suelo agropecuario (1994 – 2007) respecto de la superficie de uso agropecuario en 1994, que conservó este uso en 2007.

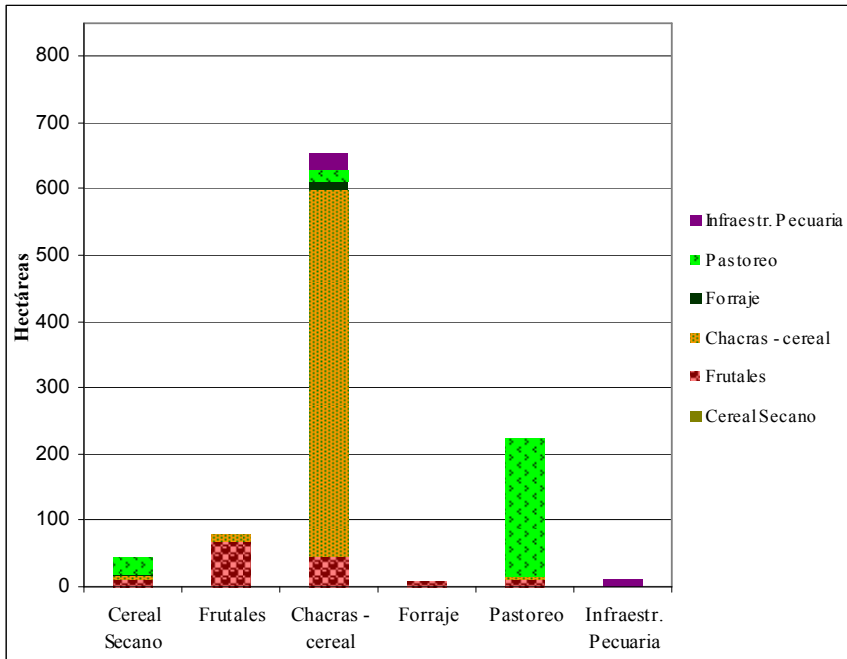


Figura 55. Destino de la superficie total (ha) de los territorios que dejaron de tener uso Agropecuario en el período 1994 - 2007.

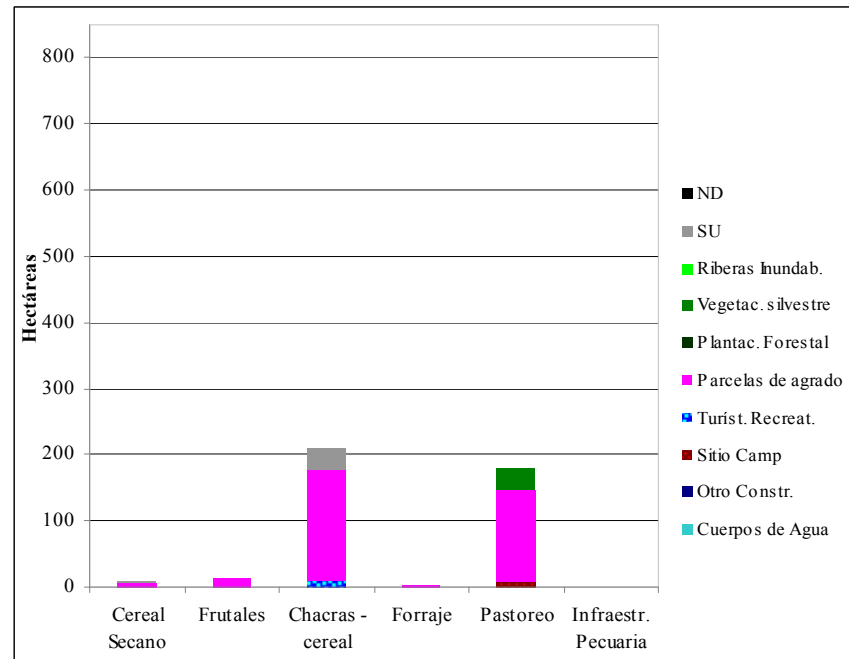


Figura 56. Condominio sector occidental de la Laguna de Aculeo.



Autor: Claudia Cossio, 2007.

Figura 57. Parcela de agrado con acceso privado a la laguna..



Autor: Claudia Cossio, 2007.

Figura 58. Vivienda de inquilino, construida en la época hacendal.



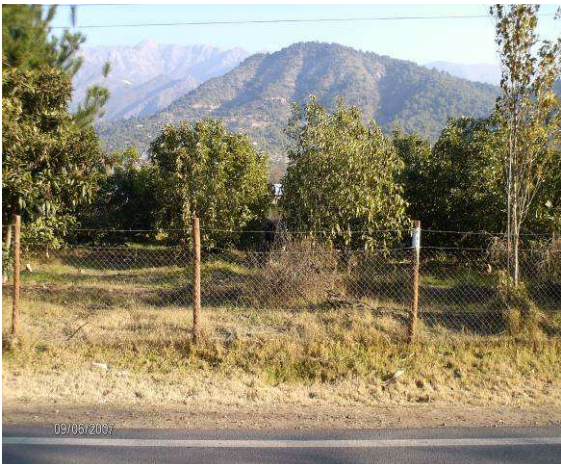
Autor: Juan Gastó, 2007.

Figura 59. Muro y muelle de parcela de recreación para propietarios de un condominio.



Autor: Claudia Cossio, 2007.

Figura 60. Plantación de paltos en parcela campesina.



Autor: Claudia Cossio, 2007.

Figura 61. Bodega abandonada. Fue entregada como bien común en la reforma agraria.



Autor: Juan Gastó, 2007.

5.4. Evolución de manejo e intensidad de la actividad agropecuaria en el período 1961–2007.

Ante la información espacial que puede entregar la fotointerpretación, subyace un cambio en el manejo agrícola que requiere de un análisis más profundo, entendiendo que pone en contexto los cambios de usos de suelo estudiados y puede ayudar a comprender la disminución del 40% de la superficie de uso agropecuario registrada en 46 años.

Los suelos ubicados en los distritos planos que rodean la laguna han sido los más aptos para el laboreo y el desarrollo de la producción agrícola en Aculeo. Aún así los suelos planos cercanos al cuerpo de agua ven limitado su crecimiento por el hidromorfismo que se presenta en invierno (ver Carta 3), el cual dificulta la producción frutal. Esta condición no impide que los suelos de Aculeo sean óptimos para la producción de cultivos de verano, pero este momento coincide con la época en que los cursos de agua se secan completamente. Es así como la red de canales de riego diseñada a principios del siglo XX, que obtiene agua por elevación desde la Laguna de Aculeo, permite aprovechar este potencial.

La red de canales riega los mejores suelos que rodean la laguna, dejando los suelos menos aptos, para actividades de menor intensidad y rentabilidad por unidad de superficie como los cultivos de secano y el pastoreo.

En el punto anterior (Figura 43), específicamente en el Cuadro 25, se describió de manera general cada una de las 6 tipologías definidas dentro del uso Agropecuario, pero quedó pendiente detallar la evolución de intensidad y de manejo que ocurrió en cada tipología en los últimos 46 años, cambios que se describen cualitativamente a continuación.

Cereal seco:

El cultivo de cereal en secano es una práctica extinta en el área de estudio. Actualmente no beneficia económicamente al productor, por los bajos rendimientos que otorga, por el valor de venta de la tierra y la superficie disponible.

Localización:

Antes de desaparecer, el cereal de secano era sembrado en sitios arables de secano (sobre la cota que recorren los canales de regadío).

Tenencia de la tierra:

Propietario, las superficies de secano de Aculeo no justificaban un alquiler, además correspondían a terrenos comunitarios.

Riego:

No

Fertilización:

Alta mientras el costo fue bajo. El limitante es la humedad del suelo.

Manejo rotacional:

Producción de bajos rendimientos, se producía en terrenos recién quemados los arbustos y la pradera, luego de una cosecha se dejaban descansar 2 o 3 años en los que crecían nuevamente la pradera y espinos y se pastoreaban. En 1860 se fertilizaba e manera importante, por lo que las temporadas de barbecho perdieron popularidad. Es un cultivo que desapareció luego de la reforma agraria.

Especies cultivadas:

Trigo

Pastoreo:

Es una tipología que representa parte de los cambios agropecuarios en las dos etapas estudiadas, principalmente por el cambio de localización registrado en el primer período y el posterior reemplazo por parcelas de agrado en los últimos 13 años (ver Figura 54 - 41).

Localización:

Se presentan en distritos ondulados de baja altura y distritos planos de secano, concentrándose en el sector occidental de la laguna. El cambio de localización registrado se debe a que los terrenos que dejaron de ser sembrados con cereal de secano pasaron ser terrenos de pastoreo, y los terrenos de pastoreo que se encontraban más cercanos a los cerros se poblaron con vegetación arbustiva, contribuyendo a la concentración de la actividad agropecuaria en los distritos planos. Proceso que se registró entre 1961 y 1994.

Tenencia de la tierra:

Terrenos comunitarios, con animales de distinto dueño o que se les pagar por ingresar los animales a pastar ("talaje")

Riego:

No

Fertiización:

No

Manejo rotacional:

Las praderas no son mejoradas ni se manejan los períodos de pastoreo en los terrenos planos. Sí existe estacionalidad en los cerros.

Es importante señalar que el pastoreo nunca fue una actividad intensiva y se realizaba en todos los cerros de la cuenca, que no han sido considerados en la actividad agropecuaria por su cobertura arbustiva y boscosa.

Parte importante de los terrenos clasificados como de pastoreo pertenecían a sectores que eran parte de la rotación con cereal de secano, evento que requería de la limpia del terreno y se eliminaba la vegetación arbustiva que comenzaba a desarrollarse. Por ello en los años posteriores a este cultivo era posible mantener animales

Forraje:

Es una tipología que en superficie no es relevante, pero que luego de un descenso abrupto registrado en 1994, ha ido consolidando un espacio en Aculeo.

Localización:

En 1961 se presentaban en sitios arables de secano o riego reducido como en el sector de la cuesta el cepillo. Al ser perennes pueden soportar riegos más esporádicos pero su rendimiento se reduce, por lo que actualmente se presenta casi exclusivamente en terrenos con riego (David Conteras 2008, com. pers.)

Tenencia de la tierra:

Propietario

Riego:

En 1961 se producía en secano, actualmente sólo en riego y sitios con riego intermitente.

Fertilización:

No.

Manejo rotacional:

Solían formar parte de la rotación de cultivos: forraje – cereal – chacra, cuando el fundo era manejado como una unidad, dinámica que ya no se presenta y se presentan en paños de destino más fijo y son destinados a la alimentación de caballos de campesinos y de los criaderos.

La alfalfa se corta mensualmente entre septiembre y marzo.

Especies cultivadas:

Principalmente alfalfa

Chacra – cereal:

Es la tipología más relevante, representa cerca del 60% de la superficie de uso agropecuario y su superficie se ha reducido en un 40% en 46 años.

Localización:

Se ubica en los sitios planos de riego y no ha cambiado, ya que no se han aumentado los terrenos de riego gravitacional.

Tenencia de la tierra:

Ha cambiado de ser trabajada por el propietario a ser arrendada a agricultores que producen grandes superficies distribuidas en diversas parcelas.

Riego:

El riego gravitacional caracteriza al 100% de la superficie de esta tipología y se realiza principalmente de septiembre a marzo, atrasándose hasta 20 días en años lluviosos.

Fertilización:

El aumento ha sido constante y la realidad supera incluso lo recomendado por SOQUIMICH (ver Cuadro 27)

Manejo rotacional:

El cambio registrado resulta notorio. Antes de la atomización de tierras producto de la reforma agraria, era posible rotar los cultivos en un vasto territorio. Al producirse la subdivisión, en menos tierra se debía producir suficiente para mantener a la familia, por tanto las decisiones de manejo que comenzaron a tomar en forma individual los parceleros debían evitar los cultivos de menor rentabilidad, favoreciendo la repetición de cultivos de una temporada a otra.

El segundo cambio importante se produce por la producción temprana de cucurbitáceas. Tradicionalmente el cultivo de hortalizas de verano se realizaba en rotación con trigo que cubría el suelo en invierno, pero la producción temprana implica laboreo de la tierra en julio y agosto. De manera que cerca del 20 de agosto, ya se encuentren plantadas las sandías y emergidos los zapallos que se espera, puedan comercializarse la primera semana de Diciembre (Hugo Mejías, 2007 com. pers.). Esto provoca que el suelo se utilice con cultivos de verano y quede el terreno desnudo en otoño e invierno.

Especies cultivadas:

Monocultivo de maíz (Antonio Coalianni, 2007 com. pers.), sandías, zapallos, tomate, semilleros de maravilla y maíz, tomate, algunos productores de brócoli y coliflor.

Cuadro 27. Aplicación de nitrógeno en Chile, en base a recomendaciones de SOQUIMICH.

	kg N / ha					
	1955	1964	1969	1984	2001	2007
Trigo	45 - 75	45	60 - 90	60 - 108	150 - 200	
Maíz	30 - 60	90 - 180	120 - 180	165 - 225	226 - 250	323
Cáñamo	60 - 120	90 - 180	120 - 180	120 - 180	-	
Sandía, Zapallo	10 - 50	30 - 60	30 - 60	75 - 120	170	274

Fuente: Agenda del Salitre, 1955, 1964, 1969, 1984, 2001. Entrevistas en Aculeo, 2007.

Infraestructura pecuaria:

Se ha mencionado que no existen grandes empresas en Aculeo y que su localización no sigue un patrón común. Tanto los terrenos como la infraestructura pertenecen a los propietarios de los animales y el alimento se obtiene de fuentes externas al territorio demarcado.

Los cambios en esta tipología se limitan al incremento de la crianza de caballos, actividad heredada de la época hacendal.

Frutales:

La superficie de frutales se ha incrementado de manera importante. De 16 ha. en 1961, hoy existen casi 150 ha. dedicadas a frutales. Aún así, no presenta un crecimiento en extensiones enormes como ocurre en valles vecinos de secano.

Localización:

Pese al aumento de superficie, los huertos se mantienen en el plano regado y reemplazan cultivos de hortalizas. En los terrenos más cercanos a la laguna existe restricción de plantación de frutales por el hidromorfismo que representa un impedimento para el desarrollo de raíces y la sanidad vegetal.

Tenencia de la tierra:

Es casi impensado que un productor invierta en una plantación frutal si el terreno no es propio.

Riego:

El riego gravitacional ha dejado paso al riego por goteo, denominador común para los huertos comerciales.

Fertilización:

De acuerdo a los requerimientos de los frutales y a los análisis de suelo.

Manejo rotacional:

No

Especies plantadas:

Durante la primera mitad del siglo XX eran importantes las viñas y los almendros. En la década de 1950 se plantaron cítricos. Es común la presencia de pequeños huertos de paltos y existe una plantación de kiwis. En los últimos años, los cerezos y otros carozos han comenzado a plantarse.

A modo de síntesis se ha elaborado el Cuadro 28.

Cuadro 28. Gatillantes del cambio de manejo en las tipologías de uso Agropacuario.

Agropecuario	Intensidad	Cambios de manejo	Gatillante
Cereal secano	↓	Desaparición, (terrenos cambian a pastoreo)	Subdivisión, baja de rentabilidad del cultivo en secano, baja de rendimiento por cultivo consecutivo
Chacras, cereal, hortalizas.	↑	Aumento de fertilización Disminución de la rotación Suelo desnudo en invierno	Subdivisión, presión inmobiliaria, preferencias del mercado (mejores precios al inicio de la temporada), el cultivo lo realizan arrendatarios
Forraje	—	Se concentran en terrenos con riego	Rendimientos en secano no son convenientes
Frutales	↓	Riego por goteo, se mantienen en sitios planos no muy cercanos a la laguna	Riego por goteo es más eficiente y asegura calidad de fruta, la rentabilidad es mayor Valor como lugar turístico y atomización de la propiedad
Pastoreo	↓	Revegetación de terrenos. Aunque esto de manera general, ya que hay zonas que se aumentó la carga animal y por tanto la intensidad.	Propiedad comunitaria de la tierra, empobrecimiento de los dueños de los animales, dedicación a otras actividades de trabajo, migración, propiedades individuales de reducido tamaño
Infraestr. pecuaria	—	No hay patrón común de manejo	

Figura 62. Pradera sobrepastoreada a principios de Junio en Aculeo.



Autor: Claudia Cossio, 2007.

Figura 63. Pradera sobrepastoreada, con matorral de espinos en Julio.



Autor: Claudia Cossio, 2008.

Figura 64. Almendros en Los Hornos.



Autor: Claudia Cossio, 2007.

Figura 65. Ladera con matorral nativo y huerto de kiwis en el sector occidental de la laguna.



Autor: Claudia Cossio, 2007.

Figura 66. Rastrojo de maíz, pastoreado por equinos y bovinos.



Autor: Claudia Cossio, 2007.

Figura 67. Suelo desnudo y arado en Junio. Será plantado con cucurbitáceas en Agosto.



Autor: Claudia Cossio, 2007.

6. Análisis y discusión de los resultados

6.1. Características de cambios estructurales según período de tiempo.

Una vez procesada la información sobre la estructura del paisaje y los cambios de uso de suelo, se hace necesario integrar las razones históricas y geográficas que produjeron dichos cambios.

La matriz de uso de suelo hasta 1961 es de carácter agropecuario. Dependiendo de las posibilidades que ofrecían los suelos y la topografía se realizaban actividades de explotación agropecuaria con diversa intensidad y la distribución espacial del fundo seguía también esta línea.

El Cuadro 29 presenta las transiciones de uso de suelo más notorias en el área de estudio, de la que se desprende que los principales determinantes de la estructura del paisaje en la cuenca de Aculeo son la agricultura y la urbanización.

A continuación, los cambios de ambos procesos que han sido registrados en el capítulo anterior, son analizados a la luz de las circunstancias históricas y geográficas, de modo de explicar los factores que los determinan.

Cuadro 29. Transiciones de uso de suelo más relevantes en el período 1961 - 2007.

Descripción de la transición	Superficie	Características
Vegetación silvestre – Construido	720,4 ha	Concentradas en el período 2. Sectores de pendientes onduladas en los que se construyeron condominios.
Agropecuaria – Construido	537,3 ha	Concentradas en el período 2. construcción de parcelas de agrado en terrenos de riego y secano.
Agropecuaria – Vegetac. silvestre	134 ha	Concentradas en el período 1, en sitios colindantes con cerros de vegetación silvestre, por disminución de intensidad de pastoreo y cese de cultivo de cereales de secano.
Agropecuaria - SU - Construido	34,8 ha	Abandono de cultivos de riego que no se revegetaron y posteriormente se convirtieron en parcelas de agrado.

* SU: sin uso.

El punto de partida para este análisis es 1961. Año en que la situación administrativa está marcada por la división de la hacienda efectuada en 1954 entre los hijos del dueño, aunque se conservó la delimitación de potreros que ya existían a principios del siglo XX. Específicamente el área de estudio comprende los fundos o hijuelas: Los Hornos, Rangue y parte de Pintué.

Además de la división, se vendieron predios a particulares, siendo este proceso, un anticipo de los dueños ante la inminencia de la reforma agraria.

La producción agrícola en 1961 es intensa, y acaban de ser incorporados nuevos terrenos al riego en Los Hornos (en 1954 y 1960), gracias a la instalación de nuevas bombas de elevación de agua desde la laguna, que permiten la producción en riego de chacras, frutales y trigo principalmente. En los terrenos planos y ondulados, inmediatamente sobre los canales de riego, se produce trigo de secano con rotaciones, dejando años de barbecho y pastoreo, siendo una práctica común desmontar con fuego para sembrar y luego dejar descansar (Solo de Zaldivar, 2008 com. pers.)

Los cerros de la cuenca se utilizan para ganadería extensiva y para explotación maderera, actividad que ha disminuido en intensidad desde fines del siglo XIX, al cierre de la fundición de cobre en Los Hornos (Figura 68).

Entre el año 1961 y el año 1994 se produjeron cambios en el uso de suelo muy intensos, como ya se he señalado reiteradamente. La información histórica indica que los cambios dependieron de más de un factor relevante, que no ocurrieron simultáneamente y que en el mismo período se produjo auge y decadencia de la actividad agropecuaria. El resultado de esto es que la información recogida esconde la verdadera magnitud de los cambios ocurridos en 33 años. Es por esto que se hace necesario complementar las mediciones con los acontecimientos clave en los cambios de tipología e intensidad de uso del suelo.

El aumento en la intensidad de la producción agrícola y la afluencia turística, fueron cambios que no causaron un fuerte impacto en la población residente en la década de 1960. Es la Reforma Agraria, que se gestó en Aculeo a partir de 1968 y culminó en 1975, el hito que produjo cambios de fondo en la sociedad y en la estructura de la propiedad, hechos que repercutieron en el manejo agrícola y el uso de suelo en general hasta el día de hoy.

La (Carta 8) muestra la distribución de la tierra producto de la Reforma Agraria en el área de estudio, que se inició en este caso en los primeros años de la década de 1970.

Para la agricultura, el cambio más importante es que ya no fue posible planificar los cultivos según las características de cada potrero y según la rotación necesaria. Los nuevos dueños, al poseer una porción reducida de tierra que debían hacer producir cada año para su sustento, se vieron imposibilitados de realizar rotación de los cultivos e intensificaron la producción.

El análisis indica que la actividad agrícola continuó con gran intensidad en las parcelas de riego, y disminuyó en el secano, ya que los terrenos de secano prácticamente no fueron parcelados, sino que se dejó como bien común para todos los campesinos o como reserva para los antiguos dueños del fundo. Esto explica la concentración de la actividad agropecuaria en los distritos planos.

En el año 1994 ya se registró abandono de tierras, principalmente en sector oriental de la laguna. Algunas, encontraron mayor facilidad para recuperar cobertura arbustiva al disminuir la intervención, transformación identificada por Castillo (2007) al medir el índice SAVI a fotografías de 1975 y 2003. Por esta razón fueron calificadas en la tipología vegetación silvestre. Otros terrenos, probablemente con un historial más largo de cultivo y desmonte, que cesaron la siembra de trigo pero no se revegetaron notoriamente, fueron clasificados como terrenos de pastoreo.

Este abandono o más precisamente disminución de la intensidad de uso, ya que continuaron siendo sitios de pastoreo de ganado; se debe al carácter de predios de uso común que adquirieron luego de la Reforma Agraria. En conjunto con esta condición de administración comunitaria que dificulta la toma de acuerdos y la repartición de ganancias, el territorio agrícola comenzó a tener un uso inmobiliario.

En la década de 1960, la actividad turística comienza a constituir un interés por parte de visitantes provenientes de Santiago y sectores rurales cercanos, constituyéndose los primeros camping y ventas de terrenos en la orilla norte de la laguna, sector llamado Bocahuao, que carece de extensas planicies para el cultivo y no justificaban la elevación de agua para riego, lo que lo convertía en un terreno sin usos productivos importantes.

Luego de la reforma agraria, se encontró facilidad para adquirir sitios campesinos que tenían acceso al lago, para el establecimiento de parcelas de agrado, específicamente en Rangué.

Es el año 1980 el que marca una diferencia en el desarrollo inmobiliario, al aprobarse la subdivisión de predios rústicos con una extensión mínima de 0,5 ha. Llegando a encontrarse, en 1994, un 67% de las riberas del cuerpo de agua con uso recreativo o de parcelas de agrado.

Junto con la ocupación de la orilla norte de la laguna, se generó el establecimiento de población en la vía de acceso desde Pintué hacia Bocahuao y producto de la nueva propiedad de la tierra, se establecieron nuevos sitios campesinos en el sector de Los Hornos, ambos en terrenos anteriormente cultivados.

La tendencia hacia la decadencia de la actividad agropecuaria, que comenzó a mostrarse en la desaparición de la agricultura de secano hacia 1994 y la revegetación de terrenos de piedemonte, se ratifica en el período 1994 – 2007, cuando el territorio prácticamente es seccionado por los condominios.

Adicionalmente, la actividad agropecuaria de pequeña escala realizada en los sitios campesinos, se reduce por la subdivisión entre familiares.

Ya en 1994, la mayor parte de los terrenos que poseían acceso a la laguna se encontraban contruidos para parcelas de agrado, y su valor monetario era muy elevado, por lo que la tendencia que marca el período 1994 -2007 es al loteo de terrenos que luego de la reforma agraria permanecieron como terrenos de particulares, reservas entregadas a los antiguos dueños y en última instancia terrenos comunes que fueron vendidos a particulares.

Estos loteos se constituyeron como condominios con un acceso vigilado y un terreno común para acceder a la laguna y se ubicaron en primera instancia en los distritos planos más cercanos a la laguna, reemplazando terrenos de agricultura de riego. A medida que dichos terrenos fueron más escasos, se desarrollaron condominios en los distritos ondulados, alejados de la laguna pero con vista panorámica hacia ella, que también contaron con un predio común para acceder a la Laguna de Aculeo.

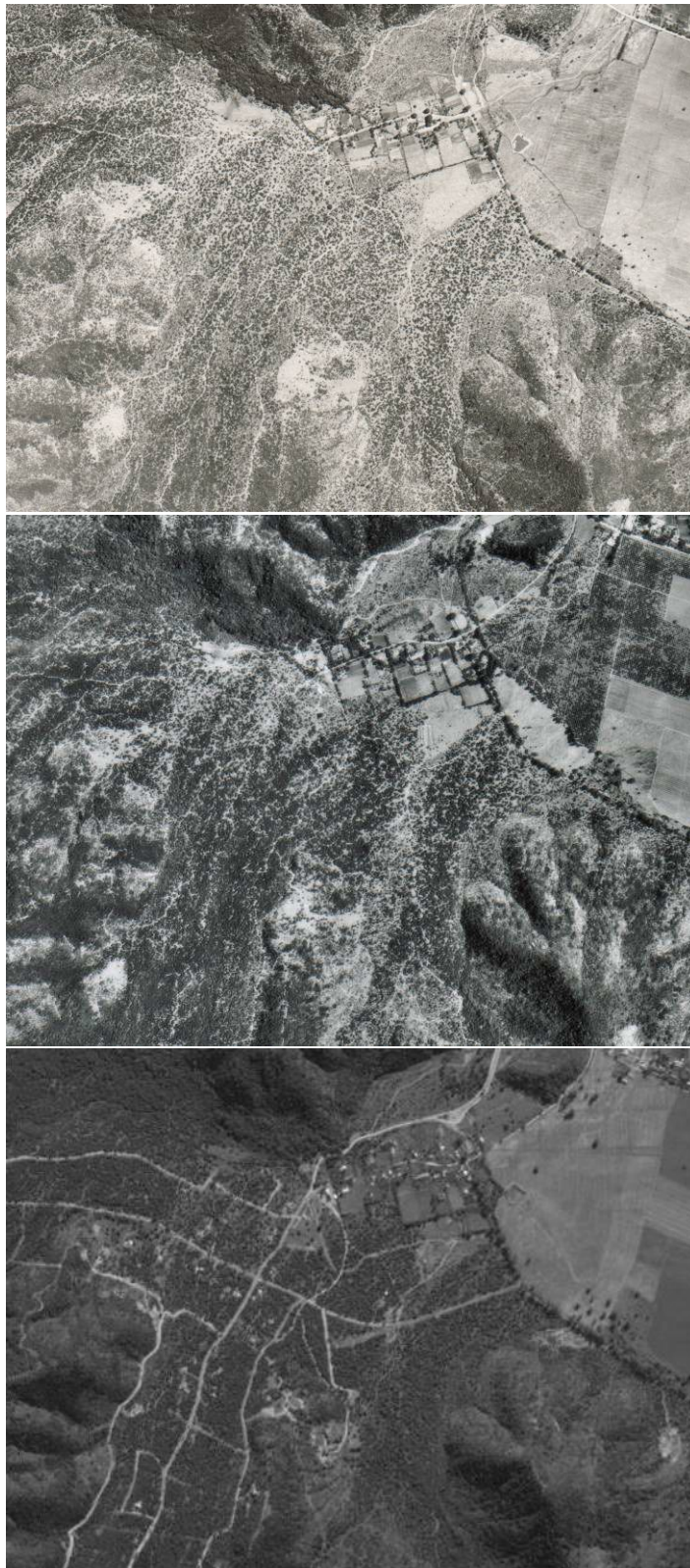
Aunque no es posible establecer la tasa de cambio actual es evidente que los procesos de cambio continúan ocurriendo en la actualidad, pero se ha instalado fuertemente en los últimos años la preocupación por la conservación de los recursos naturales. Es así como se han protegido más de 1.000 ha de terrenos privados en los cerros del área de estudio, las que no serán deforestadas, construidas ni utilizadas para el pastoreo de ganado.

A pesar de esto, la cuenca de la Laguna de Aculeo es un territorio en conflicto medioambiental. Las múltiples funciones que se espera que este territorio cumpla no están alcanzando las condiciones que los actores involucrados consideran como mínimas, y más aún, existe conciencia de que estas se encuentran en un deterioro progresivo.

Aunque la perspectiva de este estudio no puede ser otra que una mirada particular de quien la realiza, se han identificado las consecuencias del cambio estructural del territorio que se clasifican en las aristas que de manera general son consideradas en el desarrollo sustentable del paisaje.

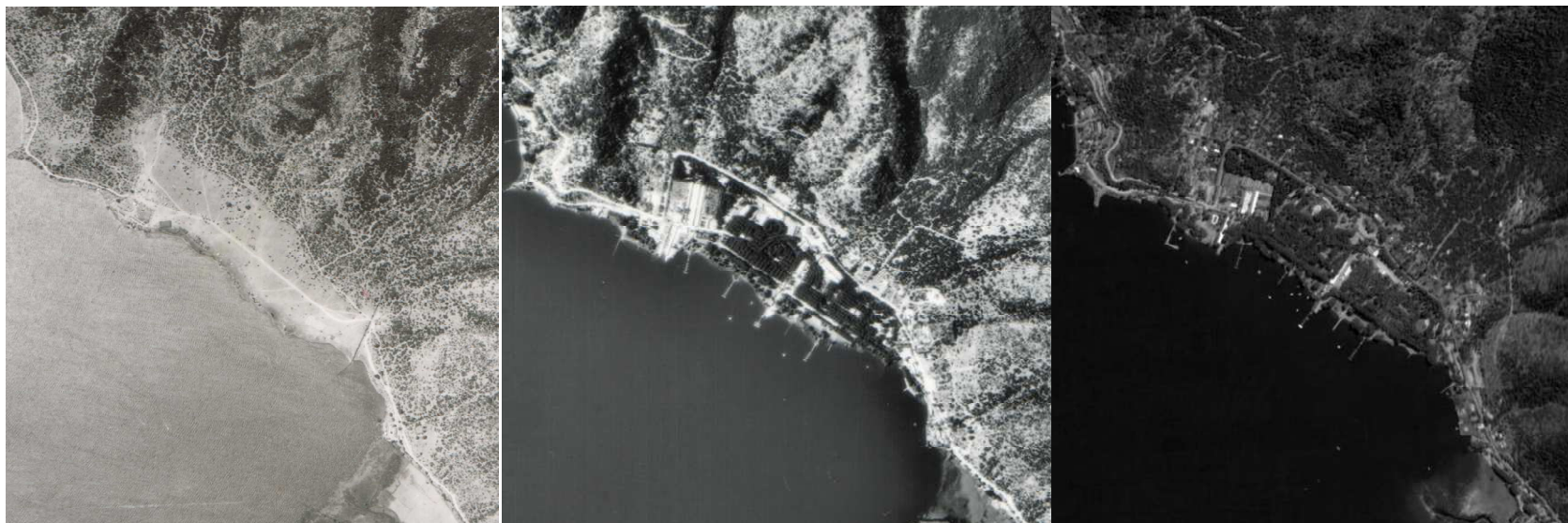
Figura 68. Secuencia de cambios en el sector de Los Hornos en los años 1961, 1994 y 2007.

Se observa el aumento de cobertura vegetal entre 1961 y 1994 y la construcción del condominio Alto Laguna.



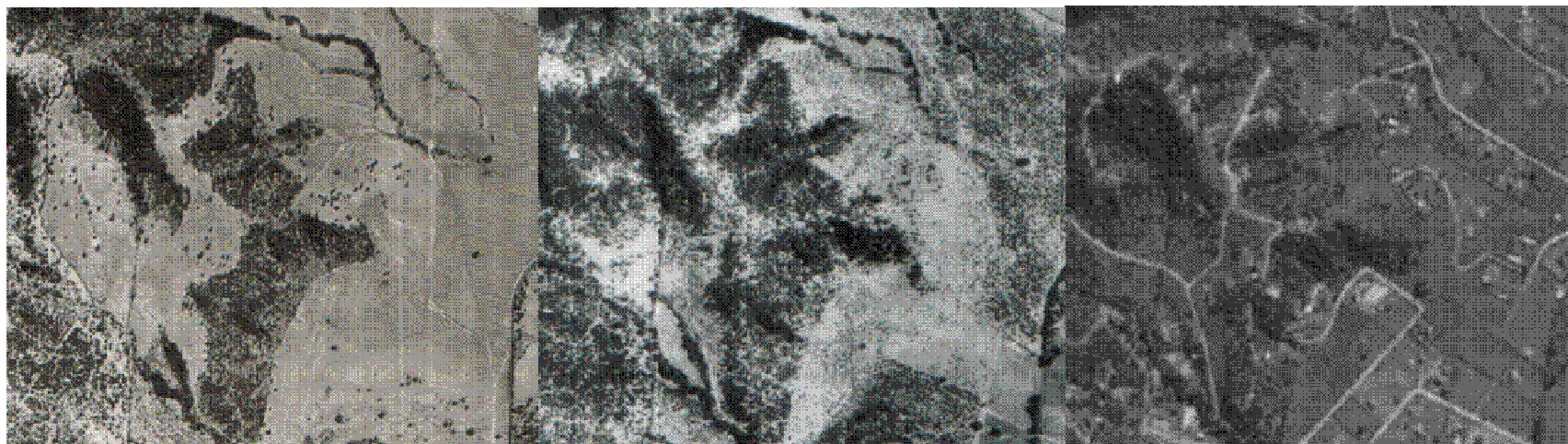
Fuente: Elaboración propia en base a fotografías aéreas SAF 1961, 1994 y Google Earth, 2007.

Figura 69. Secuencia de cambios en el sector del camping Pintué en los años 1961, 1994 y 2007.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografías aéreas SAF 1961, 1994 y Google Earth, 2007.

Figura 70. Secuencia de cambios en el sector occidental de la Laguna de Aculeo en los años 1961, 1994 y 2007.



Autor: Claudia Cossio, 2007.

Se observan los terrenos cultivados con trigo de secano en 1961 (color claro). La revegetación de los terrenos que son pastoreados en 1994 y la construcción de parcelas de agrado en 2007.

6.2. Impactos del cambio de uso de suelo en el funcionamiento del paisaje

El gran número de tomadores de decisiones individuales presentes en la cuenca de la Laguna de Aculeo, cuyos intereses son distintos, ha creado los cambios que se han plasmado desde una perspectiva particular en este estudio.

La gran intensidad y frecuencia de los cambios estructurales que ha generado la actividad humana en este territorio, genera respuestas de la naturaleza. La combinación entre las respuestas y las acciones revela que las múltiples funciones que se le exigen al mencionado territorio han sobrepasado el límite de lo que este es capaz de soportar, y la respuesta entregada se expresa en la disminución y escasez de recursos que la actividad humana requiere, fenómeno que se explica a continuación.

Deterioro del dominio natural

La cuenca de la Laguna de Aculeo es un ejemplo evidente del deterioro del recurso hídrico por contaminación difusa y por destrucción directa del ecosistema. Ya se ha explicado la condición de hipereutrofia que presenta el cuerpo de agua, producto de una combinación de factores que se han sucedido en el tiempo, acentuadas en el siglo XX y el principio del siglo XXI y que han permitido un arrastre de suelo importante desde el piedemonte y la carga de nutrientes adicionales, provenientes de actividades agropecuarias, habitacionales y recreativas. Sumándose a esto la destrucción directa de ambientes clave para el equilibrio del ecosistema como los ecotonos de riberas.

Los efectos de la eutrofia repercuten directamente en la composición, abundancia y localización de organismos vivos, en el uso recreativo, la evaluación estética, el uso para consumo humano, y pone en peligro la existencia del cuerpo de agua.

La particularidad que se presenta en Aculeo es que, debido a la dinámica hídrica de la cuenca de la Laguna de Aculeo (cuenca cerrada con precipitaciones torrenciales estacionales), los efectos de la contaminación se presentan en el mismo territorio que la genera, específicamente en el cuerpo de agua. Esto la diferencia de las cuencas fluviales chilenas, las cuales evacúan a través del curso de agua los contaminantes, y estos desembocan en el océano, generando problemas en un territorio más extenso, en el cual son menos perceptibles.

Efectos en la sociedad

Las tradiciones culturales de Aculeo se generaron en un territorio relativamente aislado, con una organización social de inquilinaje. El pasar de los años ha ido modificando las formas de vida y la herencia cultural de los habitantes.

Está claro que la reforma agraria provocó grandes cambios sociales, pero el cambio que ha causado mayor impacto y deterioro en la sociedad de Aculeo es el desarrollo inmobiliario, amparado bajo el decreto ley 3516 que permite subdividir predios en unidades de 0,5 hectáreas.

Los condominios, enrejados y con una entrada única para control, se encuentran desacopladas del entorno. Forman grandes parches que perforan y disectan el paisaje rural, limitan la amplitud de la vista y quienes los habitan temporalmente sólo establecen relaciones con los habitantes locales para contratar servicios domésticos, ya que

consumen solo algunos productos locales, no participan de la vida cotidiana y no se integran a los eventos sociales.

Las riberas, al pertenecer legalmente a particulares, no ofrecen un espacio de disfrute público para los visitantes y habitantes permanentes. Los servicios públicos no han logrado asumir el control de los espacios para los ciudadanos y han permitido que se produzca el desarrollo territorial de manera incontrolada y que se genere una segregación tanto física como social entre los habitantes permanentes y quienes poseen parcelas de agrado.

La disminución de las fuentes laborales de la agricultura y la reducción de superficie para la producción agrícola de subsistencia producto del desarrollo inmobiliario y la subdivisión predial que favorecen los subsidios de vivienda social rural, han provocado que progresivamente Aculeo se transforme en un desierto en épocas de baja afluencia de visitantes, y reviva en los fines de semana y época estival.

Una misma área puede resultar de atracción para unos mientras que para otros no, esto se debe a los factores personales que intervienen en dicho proceso, determinados fundamentalmente por los intereses de cada cual y sus necesidades. En el caso de Aculeo se piensa que su cercanía con Santiago y las fuentes laborales estacionales que se genera, hacen que muchos de los descendientes de campesinos trabajen en Santiago los días hábiles de la semana y acudan los fines de semana a las segundas viviendas que han construido en Aculeo, gracias a la cesión de pequeños sitios por sus familiares y los subsidios estatales.

Impacto económico

El uso agropecuario del territorio ofrece una débil competencia por la rentabilidad de la actividad, favoreciendo la construcción habitacional en esta zona tan cercana a Santiago y con un gran atractivo recreativo, pese a la legislación que pretende proteger los predios de uso agropecuario y forestal.

Ante el gran valor potencial de la tierra, muchos propietarios asignatarios de la reforma agraria han optado por dedicarse a otras actividades económicas, principalmente servicios domésticos, a la espera de obtener buenos precios por la venta de sus tierras. Mientras tanto, arriendan sus parcelas para cultivos de verano, existiendo por ejemplo, un productor que arrienda el 20% de la superficie dedicada a cultivos regados. Este factor contribuye además a desincentivar la plantación de huertos frutales y las prácticas de conservación de la fertilidad del suelo, que requieren de una inversión planificada para el futuro.

Los servicios que puede brindar Aculeo a los visitantes y habitantes estacionales son limitados, por lo que estos siguen dependiendo casi íntegramente de la ciudad y por ello no aportan mayormente al ingreso monetario de la localidad ni constituyen un incentivo para la inversión en servicios y espacios públicos.

Pese a que la calidad del agua de la Laguna de Aculeo no representa un peligro para la salud humana al recrearse en ella, la apariencia estética de esta y la pobreza de fauna íctica, merman una explotación más rentable del recurso.

Lo expuesto anteriormente permite señalar que el área de estudio ha sido receptora de los aspectos negativos de la urbanización y no ha recibido todos los positivos, produciéndose una sobrecarga humana

6.3. Escenario futuro.

Las tendencias de modificación del territorio que se han registrado en el período 1994-2007 dominadas por el desarrollo inmobiliario, deberían continuar en la misma dirección en los próximos años, aunque probablemente a una menor tasa de cambio, ya que aparentemente se presenta una desaceleración, observable en la gran cantidad de parcelas en venta y en el estancamiento de los nuevos proyectos inmobiliarios.

Hoy en día no existe planificación del uso del suelo, ya que corresponde a una zona rural, y pese a las intenciones del municipio no se ha logrado realizar un plan regulador seccional. Adicionalmente, no existe capacidad para fiscalizar el cumplimiento de las normas existentes sobre construcción e intervención de bosque nativo. Esto tanto por los impedimentos legales para realizarlo, como por que el trabajo de los fiscalizadores no coincide con los días en que las casas se encuentran ocupadas.

Un factor determinante es la legislación para las subdivisiones prediales que favorece la división cuadriculada de grandes superficies que diseccionan y perforan el hábitat de flora y fauna con rejas y muros, cortas de sotobosque y destrucción de riberas, no dejando espacios para corredores biológicos.

El deterioro del cuerpo de agua dulce es de conocimiento público y de importancia internacional. Ya es fuente de preocupación y conflicto para la comunidad (problemas de volumen, intervención de riberas, mortandades de peces). Existiendo denuncias concretas por el notorio arrastre de sedimentos generado por los condominios en los cerros (Alto Laguna y Piedra Molino) y conflictos por la intervención de las riberas.

Hasta el momento, los intentos por solucionar el conflicto medioambiental que puede llevar a la transformación de la Laguna de Aculeo en un pantano en el mediano plazo, no han logrado generar soluciones. Ante esta situación, es imperativo, para un escenario futuro favorable, resolver el problema legal de la laguna, que al ser un cuerpo de agua natural, debería ser un bien nacional de uso público. La mencionada condición de cuerpo de agua privado, que erróneamente posee, representa un serio impedimento para el ordenamiento territorial, generación de espacios públicos y conservación de los ecotonos de ribera, cuya función ecológica ha sido descrita.

El proyecto GEF Cantillana, que abarca dentro de su territorio de influencia a la cuenca de Aculeo, y que tiene allí la vía de acceso más cercana a Santiago. Ha puesto el conflicto en el tapete, brindando la oportunidad para realizar participación ciudadana y podría facilitar la solución de problemas normativos y eventualmente, lograr cambios de fondo.

La agricultura por su parte no parece tener un futuro diferente al que ha llevado hasta el momento, pero las ventajas climáticas para la producción temprana, y su importancia en la generación de empleo y mantención de los espacios abiertos; además de la importancia cultural y ecológica, requieren de su fomento y protección.

La oportunidad que presentan los terrenos agrícolas y sus márgenes para proteger la biodiversidad, disminuir la carga de nutrientes a la laguna y conectar los territorios protegidos de Cantillana con el cuerpo de agua, requiere que las medidas que se tomen permitan reenfocar la agricultura hacia la conservación de suelos, prácticas amigables con el medio ambiente y a constituir un territorio que proteja en sus márgenes la biodiversidad que posee el Cordón de Cantillana.

Las negociaciones para lograr un consenso y generar cambios, pueden tardar demasiado o pueden arrojar soluciones que generen más deterioro de la naturaleza, por

lo que la opinión de expertos sobre la receptividad tecnológica del territorio es de gran importancia para predecir las respuestas que generarán las intervenciones.

6.4. La metodología, alcances y limitantes.

Para lograr los análisis históricos de cambio del paisaje, que revelen diversos aspectos de la acción humana en el territorio, es necesario valerse de una combinación de representaciones del territorio como mapas, fotografías, registros escritos, entrevistas, fotografías aéreas e imágenes de percepción remota. De esta manera fue posible la elaboración de cartografía que estima los usos de suelo en períodos previos a 1961 en el área de estudio.

En la búsqueda de un límite común para analizar el problema, cuyos principales efectos se evidencian en el cuerpo de agua, se adopta el área de captación de aguas lluvias que confluyen en la laguna. Los aspectos sociales sin embargo, se analizaron con un límite que es casi coincidente, pero a veces más extenso, que corresponde a la Hacienda Aculeo y posteriormente al distrito censal de Aculeo.

La información dura usada para este estudio corresponde a las fotografías aéreas e imágenes satelitales disponibles de manera gratuita. Es claro que esta información no completa las necesidades de conocimiento para responder las preguntas específicas sobre el uso de suelo, tanto en el momento de la fotografía como en el período entre fotografías. Es necesario entonces interpretar la información presente, a la luz de los objetivos de la investigación, extrapolando los determinantes de ciertas características actuales del paisaje y mediante la interpretación de la información secundaria, que permite llenar los vacíos de información, conociendo la escala, superficie cubierta, metodología y finalidad de los estudios realizados.

La metodología de fotointerpretación manual tiene la ventaja de poder realizarse en base a relatos históricos y planos antiguos para suplir la habitual carencia de información precisa e integrar espacio y tiempo en la cartografía.

Las tipologías prediales utilizadas para la clasificación del análisis, no definen un uso único, de hecho hay topologías de uso múltiple por lo que se clasificaron según el uso principal del territorio que tenían y la posibilidad de agruparlas. Estas tipologías evolucionan en el tiempo, pudiendo ser diferentes cuando han transcurrido 33 o 13 años. Dada esta limitante, el análisis de la evolución de cada tipología fue indispensable pero difícil de integrar en la cartografía ante la pobreza de datos duros.

Fuera de las limitaciones de información y del protocolo de fotointerpretación, las técnicas utilizadas proveen de un enfoque simple pero efectivo, que relaciona y revela la relación de la sociedad con el territorio y por tanto la naturaleza, en un paisaje característico de cercanía a una metrópolis en expansión con un atractivo turístico frágil. Por ello la información generada puede ser utilizada para conocer la contribución de los usos de suelo a las características presentes de la vegetación, calidad del agua, suelo, etc. Y puede complementar información producida a una escala pequeña, ayudando a interpretarla.

7. Conclusiones

Las principales características del paisaje han sido determinadas por la actividad humana, es por esto que el estudio de la estructura del paisaje permite conocer el proceso de ocupación, apertura de tierras y las situaciones políticas y económicas que han pasado por el territorio dejando su huella.

La cuenca de la Laguna de Aculeo ha sufrido modificación de estructura y funcionamiento en forma intensa a partir de la explotación de la Hacienda Aculeo. La actividad que determina la matriz territorial de la cuenca es la agropecuaria, siendo esta la función primordial del territorio, además de ser un lugar para vivir, hasta mediados del siglo XX.

El análisis de las fotografías aéreas y complementos, evidencia que hay cambios de gran relevancia en el período 1961–1994 que no alcanzan a registrarse con precisión, principalmente en las tasas de cambio. Un análisis más preciso y concluyente se podría haber obtenido con fotografías aéreas de un año cercano a 1980, ya que se piensa que en este período la agricultura comenzó su decadencia y se inició el auge inmobiliario.

En los sectores donde el uso principal del suelo no ha cambiado, las modificaciones corresponden a las prácticas de uso e intensidad, observándose cambio en las rotaciones de cultivos y recuperación de vegetación en el piedemonte, luego del cese de la siembra de trigo y el posterior uso en pastoreo extensivo.

Los condominios cerrados y parcelas de agrado, pese a no utilizar efectivamente todo el terreno que disponen, han perforado y disectado la matriz agropecuaria en los distritos planos y avanzan sobre la falda de los cerros con técnicas constructivas que carecen de regulación.

La particularidad que define los patrones de uso del suelo en Aculeo, es la de ser un territorio rural cercano a Santiago y tener un atractivo recreativo, haciéndolo doblemente atractivo para la intervención urbanizadora. La característica natural de Aculeo, es la de ser una cuenca lacustre endorreica, lo que la hace acumular los contaminantes y reaccionar con un deterioro progresivo de la calidad del agua que comenzó a gestarse a principios del siglo XX.

Es evidente que las actividades que han provocado los principales cambios en el territorio, se han guiado por factores económicos para ocuparlo. A fin de cuentas en la laguna de Aculeo no ha habido un cambio significativo de valores en los últimos 50 años que provocarían el cambio de estructura y funcionamiento, nada más la ciudad de Santiago ha crecido y le ha comenzado a pedir más funciones a este territorio, transformándolo en un lugar que con un valor inmobiliario de la tierra y que depende de Santiago para funcionar. Esto genera conflictos por espacio y recursos ya que hay conflicto de intereses entre los actores sociales.

La sociedad es la que determina los límites de lo aceptable y de lo útil. Estos límites son los que determinan qué elementos del paisaje son importantes y merecen conservarse. Sin embargo, la definición y toma de decisiones es tan caótica, que el paisaje parece crearse de manera espontánea, por ello es necesario diseñar el paisaje, con voluntad de los actores sociales involucrados y la disponibilidad de información que integre disciplinas y brinde una visión global sobre el territorio y la sociedad, y el monitoreo de su evolución en el tiempo.

8. Referencias bibliográficas

- Antrop M. 2000: Background concepts for integrated landscape analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 77 (2000) 17–28.
- Antrop M. 2005: Why landscapes of the past are important for the future. *Landscape and Urban Planning* 70 (2005) 21–34.
- Antrop M. 2003: Continuity and change in landscapes 1-14. In *Multifunctional Landscapes Volume II: Continuity and Change* Eds. Mander Ü.; Antrop M. WIT Press.
- Aránguiz, I. 2002. La cuenca como unidad natural de ordenación territorial. 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.
- Armesto J., et. al. 1996: Bosques templados de la cordillera de la costa. p. 199-214. En Armesto JJ, C Villagrán y M Kalin Arroyo (Ed.) *Ecología de los Bosques nativos de Chile*. Ed. Universitaria.
- Balbontín R. 1982, *Lagunas tranquilas y embalses en relación a la Región Metropolitana*. Seminario, U. de Chile. Fac. de Arq. y Urb. Depto. De Construcción 145 pp. Santiago, Chile.
- Bécares, E., Conty, A., Rodríguez-Villafañe, C. y Blanco, S. 2004. Funcionamiento de los lagos someros mediterráneos. *Ecosistemas* 2004/2. (URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/042/revision3.htm>)
- Beklioglu M. et. al. 2007: State of the art in the functioning of shallow Mediterranean lakes: workshop conclusions. *Hydrobiologia* (2007) 584:317–326.
- Benner P.; Sedell J. 1997: Upper Willamette river landscape: A historic perspective pp. 23-48. En *River Quality: Dynamics and restoration*. Lewis Publishers Boca Raton, Fla. 463 p. Laenen A., Dunnette D. (eds.).
- Bonham J. 2003: *Effects of Spatial Information on Estimated Farm Nonpoint Source Pollution Control Costs*. Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science In Agricultural and Applied Economics
- Bosshard A. 1997: What does objectivity mean for analysis, valuation and implementation in agricultural landscape planning? A practical and epistemological approach to the search for sustainability in 'agri-culture'. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 63 (1997) 133-143
- Bosshard A. 2000: A methodology and terminology of sustainability assessment and its perspectives for rural planning. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 77 (2000) 29–41.
- Cabrera S.; Montecino V. 1982: Eutrophy in Lake Aculeo, Chile. *Plant and Soil* 67, 377-387.
- Cabrera S.; Montecino V. 1984: Limnological pilot Project for the characterization of temperate lakes in Central Chile. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22, 1332-1334.
- Campbell N., D'Arcy B., Frost A., Novotny V. and Sansom A. (eds). 2004: *Diffuse pollution: An introduction to the problems and solutions*. London: IWA Publishing, 2004.
- Castillo Y. 2007: *Detección de cambios en la vegetación mediante percepción remota*. Sitio Cordón de Cantillana Región Metropolitana. Memoria de Título. Universidad

- de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Escuela de Agronomía. Santiago, Chile.
- Castro M.; Lardiés R., 2002: Movilidad espacial y trabajo agrícola de la población residente en el distrito de la laguna de Aculeo, Chile. *Scripta Nova Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, Vol. VI, nº 119 (40), 2002.
- Castro P. 2003: Evolución de la estructura agraria de la hacienda Aculeo, caso Rangué, comuna de Paine. Memoria de Título. Universidad de Chile.
- Chiras D.; Reganold J.; Owen O. 2002: Natural resource conservation : management for a sustainable future. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, c2002. xiv, 642 p.
- CIREN. 1996: Estudio Agrológico Región Metropolitana. Descripción de Suelos, Materiales y Símbolos. Centro de Información de Recursos Naturales, CORFO. Publicación 115, Tomos 1 y 2. 464 p.
- Costa D. 2002: Determinación de unidades territoriales sensibles como base para una propuesta de ordenamiento territorial: Sitio prioritario Altos de Cantillana y Laguna de Aculeo. Región Metropolitana, Chile. Seminario de Grado, Instituto de Geografía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Costello L. 2007: Going Bush: the Implications of Urban-Rural Migration. *Geographical Research*. March 2007. 45(1):85–94.
- Di Castri F. Hajek E. 1976: Bioclimatología de Chile. Vicerrectoría Académica Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Doing H. 1997: The Landscape as an Ecosystem. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 63: 221-225
- Dourojeanni A. Jouravlev A. Chávez G. 2002: Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. Numero 47 Serie Recursos Naturales e Infraestructura. CEPAL. Santiago de Chile, agosto de 2002.
- Elizalde R. 1970: La sobrevivencia de Chile : la conservación de sus recursos naturales renovables. Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago, Chile.
- Flemer, D.A. (1972). Current Status of Knowledge Concerning the Cause and Biological Effects of Eutrophication in Chesapeake Bay. *Journal of Ches. Sci.* 13:S144-S149.
- Freeman A. 2004: Regional-scale eutrophication models: a bayesian treed model approach.
- Gajardo R. 1994. La vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria. Chile. 165 p.
- Gastó J., D. Contreras, F. Cosío y R. Demanet. 1986. Bases y planteamientos resolutivos. En: Contreras, D., J. Gastó y F. Cosío. (Ed) Ecosistemas pastorales de la zona mediterránea árida de Chile. Tomo I Estudio de las comunidades agrícolas de Carquindaño y Yerba Loca del secano costero de la Región de Coquimbo. CONICYT–UNESCO. Montevideo, Uruguay. 475 p.
- Gastó J. y S. Gallardo. 1985: Ecosistema terrestre. En: Soler, F. 1985. Medio Ambiente en Chile. Centro de Investigación y planificación del medio ambiente (CIPMA). Ediciones Univesidad Católica de Chile. 412p.
- Gastó J., Vieli L., Vera L. 2006: Paisaje cultural. De la silva al ager. *Agronomía y Forestal*, No. 28 (2006), pp. 29-33.

- Gastó J., Montalva R., Vieli L. 2007: Sustentabilidad de la Agricultura. Conceptos Unificadores. *Simposio Internacional de Agricultura Sustentable*. Centro de Investigación en Química Aplicada. Universidad A. A. Antonio Narro. Saltillo, Octubre 2007.
- Gee J. 1986. *Freshwater Studies (Practical Ecology Series)*. George Allen and Unwin Ltd. London.
- Groot J. C. J., Rossing W., Jellema A., Stobbelaar D. J., Renting H., Van Ittersum M. 2007: Exploring multi-scale trade-offs between nature conservation, agricultural profits and landscape quality—A methodology to support discussions on land-use perspectives. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120: 58–69.
- Gulati R. Lammens E. De Pauw N. Van Donk E. 2007: Preface. Shallow lakes in a changing world. *Hydrobiologia* (2007)584:1-2.
- Hardin G. 1968: The Tragedy of Commons. *Science*, 162 (1968), pp. 1243-1248.
- Hidalgo R. 2007: Desplazamientos intraurbanos y configuración metropolitana. Taller nacional sobre migración interna y desarrollo en Chile: diagnóstico, perspectivas y políticas. CEPAL/CELADE. 10 de abril, 2007.
- Jenny B. Valero-Garcés B., Urrutia R., Kelts K., Veit H., Appleby P.G. and Geyh M. 2002: Moisture changes and fluctuations of the Westerlies in Mediterranean Central Chile during the last 2000 years: The Laguna Aculeo record (33°50'S). *Quaternary International* 87 (2002) 3–18.
- Jenny B. Wilhelm D. Valero-Garcés B.L. 2003: The Southern Westerlies in Chile: Holocene precipitation estimates base don a water balance model for Laguna Aculeo (33°50'S). *Climate Dynamics* 20: 269-280.
- Klaassen M.; Nolet B. 2007: The role of herbivorous water birds in aquatic systems through interactions with aquatic macrophytes, with special reference to the Bewick's Swan – Fennel Pondweed system *Hydrobiologia* (2007) 584:205–213.
- LaGro J., 1998: Landscape context of rural residencial development in southeastern Wisconsin (USA). *Landscape Ecology* 13: 65-77.
- Leadley A. 1987. *Freshwater Ecology*. Heinemann Educaitonal Books Ltd. London.
- Letelier M. 1991: *Aculeo: Tierra llena de recuerdos*, Editorial Andrés Bello, Santiago, Chile.
- Mühlhauser H. Vila I. 1987: Eutrofización, impacto en un ecosistema acuático montañoso. *Arch. Biol. Med. Exp.* 20: 117-124.
- Mühlhauser H. DGA, 1987: Estudio Limnológico de la Laguna de Aculeo, Región Metropolitana. Dirección General de Aguas. MOP, 98 p.
- Mühlhauser H. 1991: Estudio Caracterización Limnológica de la Laguna de Aculeo: con énfasis en su eutrofia. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias. Departamento de Ciencias Ecológicas, Santiago, Chile.
- Muñoz J. G. 1999: Pueblos Indios del Valle Central Chileno, Algunos Aspectos Económicos. *América Latina en la historia económica*. Num 12. julio – diciembre 1999.
- OECD. 2006: Correlations between trophic indicators. Research of the Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD). Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax ([SWCSMH](http://www.swcsmh.org)) April 03, 2006 (cf. [Kerekes, 1983](#); [Mandaville, 2000](#); and [Vollenweider and Kerekes, 1982](#))
<http://lakes.chebucto.org/TPMODELS/OECD/correlations.html>

- Ongley E. 1996: Control of water pollution from agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper (FAO). 0254-5284, no. 55 FAO Rome (Italy) 101 p.
- Ortega H. 2005: Hijos de la Reforma Agraria. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad Central. Santiago, Chile.
- Ozan Tan C. & Ozesmi U. 2006: A generic shallow lake ecosystem model based on collective expert knowledge. *Hidrobiología* (2006)563:125-142.
- Potter, K. 2002: Landscape characteristics and North Carolina stream life: A multiple-scale ecological risk assessment of nonpoint source pollution.
- Ryan R. J., Packman A. I. 2006: Changes in streambed sediment characteristics and solute transport in the headwaters of Valley Creek, an urbanizing watershed. *Journal of Hydrology* 323 (2006) 74-91.
- Ryding, S y Rast, W. (Eds.), 1992. El control de la eutrofización en lagos y pantanos. Ediciones Pirámide, Madrid y UNESCO, París. 375 págs.
- Saez I. 2005: Movimientos Populares Siglos XIX y XX. Soy campesino y soy cantor, la fiesta de la cruz de mayo, un espacio de sociabilidad y conformación de identidad campesina. Aculeo 1960 – 2005. Seminario de Grado. Facultad de Filosofía y Humanidades. Universidad de Chile.
- Sancha A. M., Castillo G. y Thiers R. 1977: Estudio Limnológico de la laguna de aculeo, factibilidad de uso del agua para riego y recreación. Publicación I-44. Fac. de Cs. Fis. y Mat. Depto Obras Civiles U. de Chile. 25 pp. Santiago, Chile.
- Sanchez, L. A., Ataroff M., Lopez R.,2002. Soil erosion under different vegetation covers in the Venezuelan Andes. *The Environmentalist* 22, 161-172.
- Santibáñez F.; Uribe J.M.; Vicencio M. 1990: Atlas agroclimático de Chile: regiones V y Metropolitana. Santiago, Chile Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- Saud V. 2007: La interfase rural/urbana de la Región Metropolitana como escenario para la formulación de instrumentos de planificación participativa. El caso de la Comuna de Buin. *Revista Electrónica DU&P. Diseño Urbano y Paisaje Volumen IV N°10*. Centro de Estudios Arquitectónicos, Urbanísticos y del Paisaje Universidad Central de Chile. Santiago, Chile. Abril 2007.
- Saud V. 2007: La interfase rural/urbana de la Región Metropolitana como escenario para la formulación de instrumentos de planificación participativa. El caso de la Comuna de Buin. *Revista Electrónica DU&P. Diseño Urbano y Paisaje Volumen IV N°10*. Centro de Estudios Arquitectónicos, Urbanísticos y del Paisaje Universidad Central de Chile. Santiago, Chile. Abril 2007.
- SECPLA I. M. Paine. 2003: Diagnostico comunal Paine Agosto 2003. Santiago, Chile.
- SECPLA I. M. Paine. 2004: Pladeco 2004 – 2012. Santiago, Chile.
- Sepúlveda M. 2004: Estrategias para el uso sostenible de los recursos naturales utilizando el enfoque de cuencas. Estudio de caso. *Revista Electrónica de la REDLACH. Número 1, Año 1 (2004)*.
- Silva F. 1962: Tierras y pueblos de Indios en el Reino de Chile. Esquea histórico – jurídica. Facultad de Ciencias Jurídicas. Pontificia Universidad Católica de Chile. Estudios de historia del derecho Chileno no. 7. Santiago, Chile.
- Soto M.; Castro C.; Rodolfi G.; Maerker M.; Padilla R. 2006: Procesos geodinámicos actuales en ambiente de media y baja montaña. Borde meridional de la cuenca del

- río Maipo, Región Metropolitana de Santiago Revista de Geografía Norte Grande. No. 35 pp. 77-95.
- Turner M., 2005: Landscape Ecology In North America: Past, Present, And Future. Ecology, 86(8), 2005, pp. 1967–1974.
- U. de Chile. 2007. Profundización de la línea de base ambiental y ecológica del sector de mayor valor ecológico del cordón de Cantillana. Elaborado para CONAMA-GEF-PNUD. Proyecto “Conservación de la Biodiversidad en los Altos de Cantillana, Chile”.
- Urban D. 1987: Landscape Ecology. A hierarchical perspective can help scientists understand spatial patterns. BioScience, Vol. 37, No. 2. (Feb., 1987), pp. 119-127.
- Van Mansvelt. 1997: An interdisciplinary approach to integrate a range of agro-landscape values as proposed by representatives of various disciplines Agriculture. Ecosystems and Environment 63 (1997) 233-250.
- Villa R. Villagrán C. Jenny B. 2004: Pollen evidence for late-Holocene climatic variability at Laguna de Aculeo, Central Chile (lat. 34°S). The Holocene 14 (3), pp. 361-367.
- Wagner, K. 2001. Limnology: The Science Behind Lake Management. Lakeline, Spring 2001:24-26.

Anexos**Anexo I. Precipitaciones****Cuadro 1. Registro de precipitaciones mensuales (mm), período 1988 - 2007**

Estación : LAGUNA ACULEO
 Código BNA: 05716005-5 Latitud S : 33 52 00 UTM Norte : 6250038 mts
 Altitud : 360 msnm Longitud W : 70 52 00 UTM Este : 326909 mts
 Cuenca : Rio Maipo
 SubCuenca : Rio Maipo Medio

AÑO	AÑO												Anual
	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	
1988	.	.	.	.	10,0	3,2	.	.	.	.	.	.	.
1989	192,1	188,1	24,7	10,0	0,9	0,0	0,0	0,0	.	23,5	47,1	24,8	511,2
1990	114,9	104,8	60,7	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6	0,0	18,3	1,2	321,9
1991	191,4	.	.	.	.	.	.	.	.	21,0	207,7	240,4	660,5
1994	154,0	14,0	11,0	7,0	0,0	5,0	.	.	.	.	.	60,0	251,0
1995	154,0	76,5	19,0	4,0	0,0	0	0,0	10,0	0,0	43,0	0,0	171,0	477,5
1996	67,0	80,0	0,0	11,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	40,0	12,0	58,0	268,0
1997	79,0	173,0	116,5	63,0	7,0	0	0,0	0,0	0,0	15,0	196,0	509,0	1158,5
1998	2,0	0,0	23,0	0,0	0,0	0	0,0	1,5	0,0	32,0	15,5	49,0	123,0
1999	17,0	147,0	152,0	17,5	8,5	.	0,0	0,0	13,5	9,0	40,5	88,0	493,0
2000	34,5	0,0	182,0	12,0	2,0	0	0,0	22,0	0,0	14,0	14,5	641,5	922,5
2001	404,0	122,0	12,5	2,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	19,7	87,0	9,0	656,2
2002	159,0	198,5	20,5	7,0	0,0	2,5	0,0	0,0	7,0	1,5	218,0	394,5	1008,5
2003	79,7	16,0	31,0	1,5	31,0	0	3,5	0,0	0,0	0,0	119,0	129,0	410,7
2004	123,0	110,5	30,5	6,5	53,0	0	0,0	0,0	22,0	70,5	31,0	68,0	515,0
2005	60,5	193,0	36,5	11,5	19,0	0	0,0	0,0	11,0	7,0	128,5	251,0	718,0
2006	306,0	72,0	12,5	59,5	0,0	0	0,0	0,0	0,0	8,5	49,0	127,0	634,5

Fuente: DGRH MOP.

Cuadro 2. Precipitaciones máximas anuales en 24, 48 y 72 h. estación Aculeo (33° 52' S, 70° 52' W).

Año	Máxima en 24 horas		Máxima en 48 horas		Máxima en 72 horas	
	Fecha	Precipitación (mm)	Fecha	Precipitación (mm)	Fecha	Precipitación (mm)
1988	19/11	8	19/11	10	20/11	10
1989	25/07	95	25/07	140	26/07	140
1990	30/08	54	29/08	62	30/08	64
1991	26/05	81	18/06	157	27/05	166
1994	24/07	40	18/07	63	19/07	96
1995	13/08	68	12/08	74	13/08	74
1996	02/04	33	06/07	49	12/06	51
1997	19/06	130	19/06	210	19/06	230
1998	05/06	32	05/06	33	06/06	33
1999	27/06	50	29/08	80	05/09	86
2000	14/06	130	13/06	242	13/06	292
2001	18/07	115	17/07	160	18/07	173
2002	03/06	170	03/06	310	03/06	360
2003	20/05	69	20/05	119	21/05	119
2004	01/08	53	12/07	78	02/08	108
2005	26/08	76	26/08	92	27/08	106
2006	11/07	129	11/07	155	11/07	158
2007	16/02	15	16/02	15	17/02	15

Fuente: DGRH MOP.

Anexo II. Cambio de uso de suelo

Figura 1.

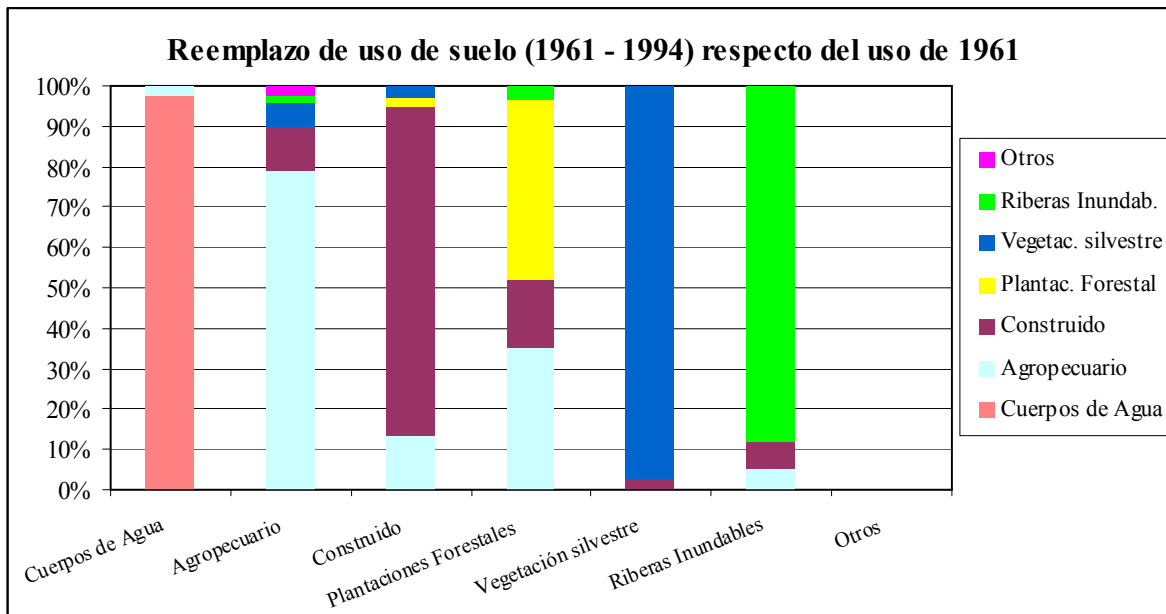
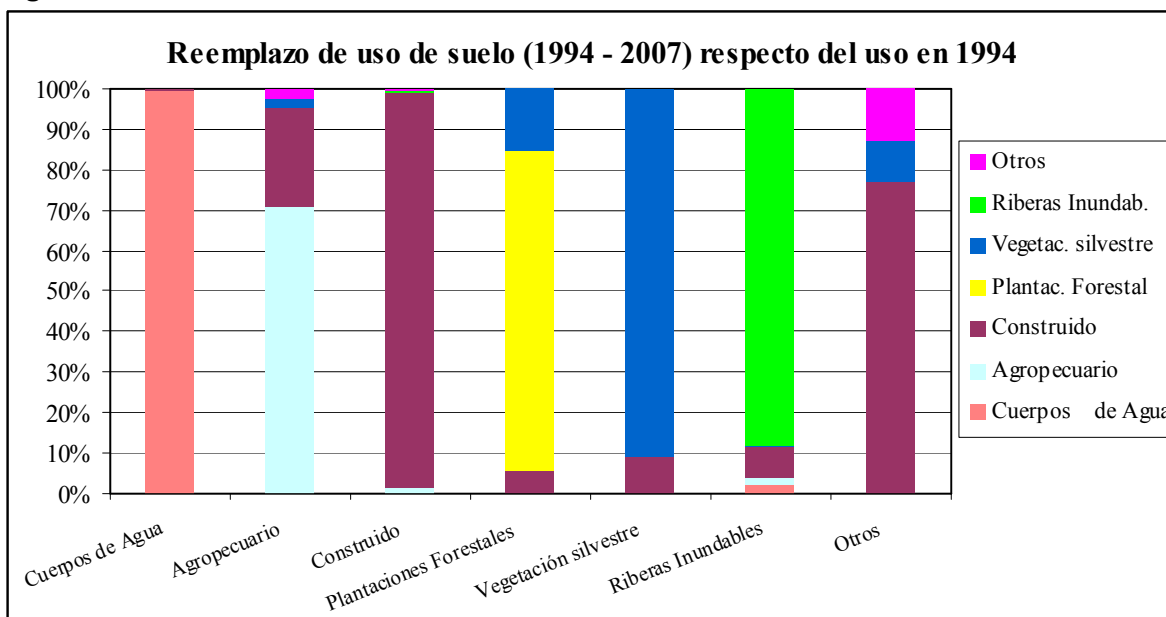
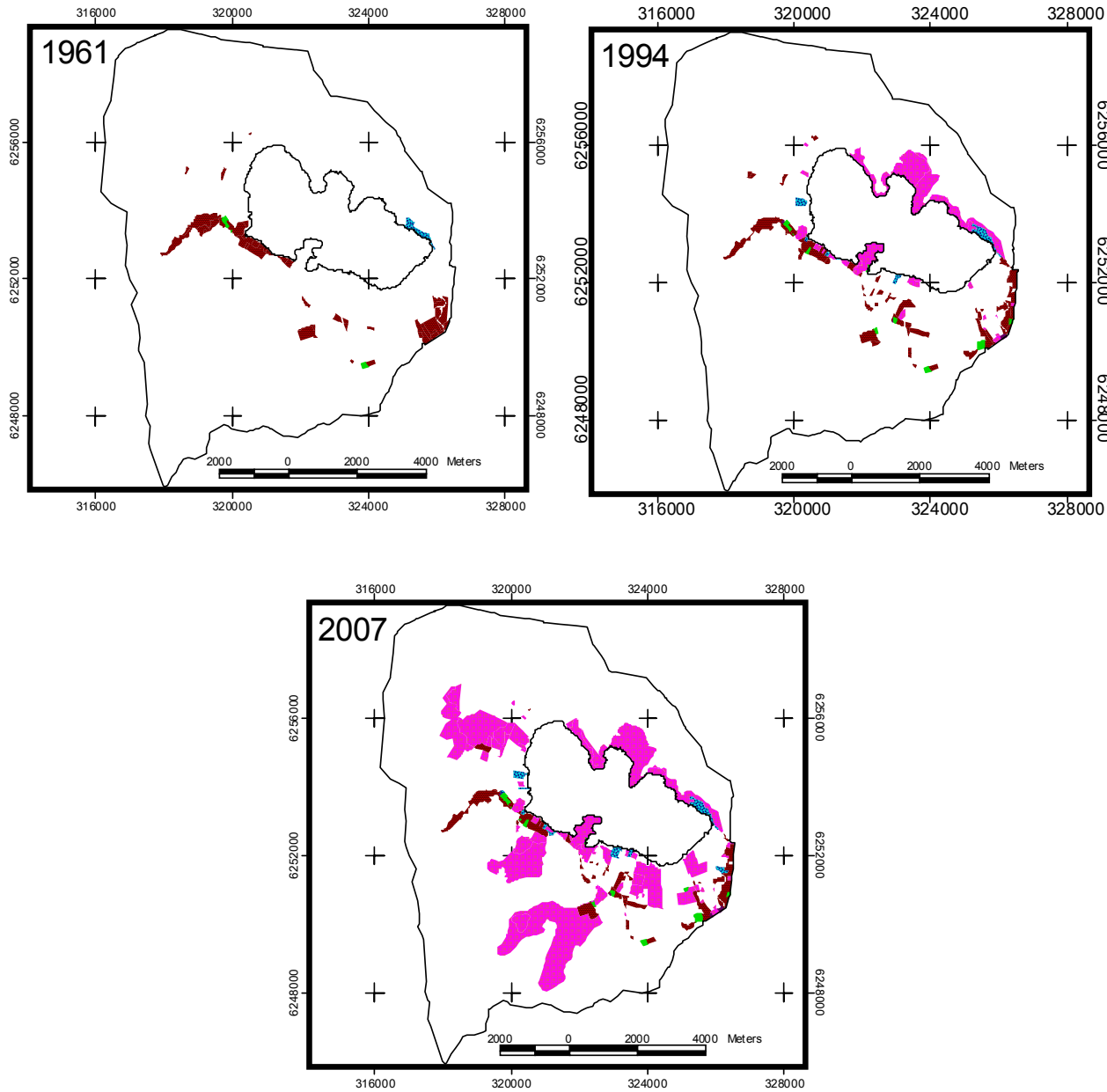









Figura 2.



Carta 1. Uso construido años 1961, 1994, 2007.



Carta: USO CONSTRUIDO 	
Pontificia Universidad Católica de Chile Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal Proyecto de Título: Evolución histórica de los patrones de uso de suelo en la cuenca de la Laguna de Aculeo	
Tipologías de Uso	
Lim_laguna.shp Lim_captacion.shp Cambio uso suelo 1961-1994.shp	
<ul style="list-style-type: none">  Comercial  Espacio Público  Parcelas de Agrado  Sitios Campesinos  Turístico - Recreati 	
Ubicación: R.M. Prov. Maipo Hoya Hidrográfica Río Maipo Subcuenca Río Angostura	
Comuna: Paine	Superficie: 9.456 ha.
Autor: Claudia Cossio Traverso	
Fecha: Mayo de 2008	
Antecedentes Cartográficos: Ortofotos digitales Ciren - Corfo 1996, escala 1:20.000 Fotografías aéreas SAF 1994, 1961. Letelier M. 1908	
Escala: 1 : 200.000	

Cuadro 1. Transiciones de uso de suelo (ha.) período 1961-1994 y 1994-2007.

		1994																			Total 1961		
1961	Caja Estero	de Cereal Secano	Chacras	Comerc.	Espacio P-blico	Forestal	Forestal Pastoreo	- Conserv.	Forraje	Frutales	Infraestr. Pecuaría	Laguna	Laguna Ribera	- Maíz Rastrojeo	- ND	Otros	Parcelas de Agrado	de Pastoreo	Sitios Campes. SU	Tranque	Turístico Recreati		
Caja de Estero	30,5																		27,3	0,5			58,3
Cereal Secano		15,4					7,2		7,3										143,0	2,3			175,2
Chacras		0,8	13,1	703,9		1,5				79,3			29,9	57,7	1,0		9,6	1,0	64,1	33,6	0,4	10,1	1.006,0
Comercial																							-
Espacio P-blico					6,0																		6,0
Forestal				0,7		12,8					9,4		1,0				2,9			1,7			28,4
Forestal - Pastoreo				4,4	0,6	3,2	5.921,4									4,7	160,3			11,9			6.106,5
Conservación																							-
Forraje			18,1	18,8										5,9	0,9		67,0	8,9	2,5				122,1
Frutales				2,6						3,4								7,7	2,8				16,5
Infraestr. Pecuaría											0,2												0,2
Laguna												1.207	1,3									0,4	1.209,1
Laguna - Ribera				4,7									76,1				4,6					1,2	86,5
Maíz - Rastrojeo																							-
ND																							-
Otros																							-
Parcelas de Agrado																							-
Pastoreo			4,9	8,2	0,3	5,7	1,3	94,4		4,3	10,0	1,6		24,7			15,7	215,1	2,9	4,9		4,4	398,6
Sitios Campesinos			2,5	29,7	1,5	2,6	6,4	6,8			0,7			0,0			25,7		143,2			2,8	221,9
SU																							-
Tranque																				0,5		4,1	4,6
Turístico - Recreati																						10,9	16,4
Total 1994	31,3	54,1	773,0	1,7	16,4	23,7	6.029,9	-	11,6	93,4	11,2	1.207	108,3	88,3	2,0	4,7	291,2	402,9	232,4	38,5	4,6	29,8	9.456,3

		2007																			Total 1994		
1994	Caja Estero	de Cereal Secano	Chacras	Comerc.	Espacio P-blico	Forestal	Forestal Pastoreo	- Conserv.	Forraje	Frutales	Infraestr. Pecuaría	Laguna	Laguna Ribera	- Maíz Rastrojeo	- ND	Otros	Parcelas de Agrado	de Pastoreo	Sitios Campes. SU	Tranque	Turístico Recreati		
Caja de Estero	27,9																		1,3	0,1	2,0		31,3
Cereal Secano									3,2	9,9				6,2			6,3	25,4		3,2			54,1
Chacras			464,2		0,9				13,9	46,9	23,5						167,4	15,7	0,4	31,8		8,3	773,0
Comercial				2,1																			2,1
Espacio P-blico				0,3	16,1																		16,5
Forestal						18,6		3,7														1,4	23,7
Forestal - Pastoreo							4.453,2	1.029									546,9		0,2			0,5	6.029,8
Conservación																							-
Forraje										8,1							3,4						11,6
Frutales				10,2						68,5							14,6						93,4
Infraestr. Pecuaría											11,2												11,2
Laguna					0,2							1.206	0,3									0,8	1.207,4
Laguna - Ribera	1,1		1,3				0,4					1,5	95,4				6,5			0,2		1,9	108,3
Maíz - Rastrojeo														88,3									88,3
ND															0,9								2,0
Otros								4,7															4,7
Parcelas de Agrado																	1,0					2,3	291,2
Pastoreo			6,5				29,0	3,4		9,9							139,4	207,1	7,7				402,9
Sitios Campesinos			1,9		0,2					6,5							16,2		203,1	4,0			232,0
SU																	33,8			4,9			38,7
Tranque																					4,6		4,6
Turístico - Recreati																						29,8	29,8
Total 2007	28,9	-	484,3	2,4	17,3	18,6	4.482,6	1.041	17,1	149,9	34,7	1.208	96,7	94,5	0,9	-	1.223,7	248,2	211,6	46,0	4,6	46,0	9.456,3

Cuadro 2. Métrica de parches de cada tipología de uso de suelo en los años 1961, 1994 y 2007.

	Superficie total (ha)			Numero de parches			Tamaño promedio de parches (ha)		
	1961	1994	2007	1961	1994	2007	1961	1994	2007
Caja de Estero	58	31	29	3	2	2	19,4	15,6	14,5
Cereal Secano	175	54	-	2	5	0	87,6	10,8	-
Chacras	1.006	773	484	7	12	16	143,7	64,4	30,3
Comercial	-	2	2	0	4	4	-	0,5	0,6
Conservación	-	-	1.041	0	0	3	-	-	346,9
Espacio Público	6	16	17	3	9	11	2,0	1,8	1,6
Forestal	28	24	19	4	6	4	7,1	4,0	4,7
Forestal - Pastoreo	6.106	6.030	4.483	1	1	4	6.106,5	6.029,8	1.120,6
Forraje	122	12	17	5	2	3	24,4	5,8	5,7
Frutales	16	93	150	3	10	15	5,5	9,3	10,0
Infraestr. Pecuaria	0	11	35	1	3	4	0,2	3,7	8,7
Laguna	1.209	1.207	1.208	1	1	1	1.209,1	1.207,4	1.207,6
Laguna - Ribera	86	108	97	5	7	15	17,3	15,5	6,4
Maíz - Rastrojeo	-	88	94	0	1	2	-	88,3	47,2
ND	-	2	1	0	2	1	-	1,0	0,9
Otros	-	5	-	0	1	0	-	4,7	-
Parcelas de Agrado	-	291	1.224	0	17	30	-	17,1	40,8
Pastoreo	399	403	248	17	6	3	23,4	67,2	82,7
Sitios Campesinos	222	232	212	16	28	29	13,9	8,3	7,3
SU	-	39	46	0	3	9	-	12,9	5,1
Tranque	5	5	5	7	7	7	0,7	0,7	0,7
Turístico – Recreat.	16	30	46	1	6	10	16,4	5,0	4,6
Total general	9.456	9.456	9.456	76	133	173	124,4	71,1	54,7