



UNIVERSIDAD DE CHILE

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Escuela de Pregrado

Carrera de Geografía

**ANÁLISIS DEL ESTADO DE LA VEGETACIÓN NATIVA DEL CORDÓN
MONTAÑOSO ALEDAÑO A LA VERTIENTE NORTE DEL RÍO MAPOCHO
DE LA PROVINCIA DE TALAGANTE, PERÍODO 1985-2010**

Memoria para optar al título profesional de Geógrafo

CLAUDIO TOMÁS DONOSO GUERRERO

Profesor Guía: Rodrigo Vargas Rona

SANTIAGO - CHILE

2013

Índice

Índice de contenidos		Páginas
1.	Resumen	9
2.	Introducción	10
3.	Planteamiento del problema	12
4.	Objetivos generales y específicos	14
4.1.	Objetivo general	14
4.2.	Objetivos específicos	14
5.	Hipótesis de trabajo	14
6.	Área de estudio	15
6.1.	Delimitación del área de estudio	15
6.2.	Contexto provincial del área de estudio	15
6.3.	Clima	16
6.4.	Vegetación	18
6.4.1.	Bosque esclerofilo mediterráneo andino de <i>Quillaja saponaria</i> y <i>Lithraea caustica</i>	19
6.4.2.	Bosque esclerofilo mediterráneo costero de <i>Lithraea caustica</i> y <i>Cryptocarya alba</i>	20
6.4.3.	Bosque espinoso mediterráneo interior de <i>Acacia caven</i> y <i>Prosopis chilensis</i>	20
6.4.4.	Bosque esclerofilo mediterráneo costero de <i>Cryptocarya alba</i> y <i>Peumus boldus</i>	21
6.5.	Dinámica general del bosque esclerofilo	21
6.6.	Uso actual del área de estudio	22
6.7.	Hidrología	24
6.8.	Geología y Geomorfología	24
6.9.	Suelos	25
7.	Materiales y Métodos	27
7.1.	Materiales utilizados	27
7.2.	Selección de imágenes de satélite	29
7.3.	Preparación de las imágenes	29
7.3.1.	Corrección topográfica	30
7.3.2.	Reflectancia	30
7.3.3.	Corrección atmosférica	31
7.4.	Procesamiento de las imágenes	31
7.4.1.	Índice de la diferencia normalizada de la vegetación	32
7.5.	Cálculo de superficie de las categorías vegetacionales	33
7.6.	Clasificación supervisada preliminar	34
7.6.1.	Descripción de las categorías vegetacionales	35
7.6.1.1.	Bosque esclerofilo denso (cobertura arbórea > 75%)	35

7.6.1.2.	Bosque esclerofilo semidenso (cobertura arbórea $\leq 75\%$ y $\geq 50\%$)	36
7.6.1.3.	Bosque esclerofilo abierto (cobertura arbórea $< 50\%$ y $\geq 25\%$)	37
7.6.1.4.	Bosque esclerofilo muy abierto (cobertura arbórea $< 25\%$)	38
7.6.1.5.	Matorral esclerofilo (cobertura matorral $>$ arbórea)	39
7.6.1.6.	Pradera o matorral esclerofilo muy abierto (cobertura matorral $< 25\%$)	40
7.7.	Clasificación final	41
7.8.	Descripción geográfica de la clasificación	41
7.9.	Validación de la clasificación	43
7.9.1.	Diseño de muestreo sistemático no alineado	43
7.9.2.	Cálculo del tamaño de muestra	44
7.9.3.	Primera etapa de toma de datos en terreno. Metodología Carta de Ocupación de Tierras (COT)	45
7.9.4.	Síntesis de la información del primer muestreo	48
7.9.5.	Segunda etapa de toma de datos en terreno. Metodología muestreo líneas interceptadas	49
7.9.6.	Síntesis de la información del segundo muestreo	50
7.9.5.	Matriz de confusión	51
7.9.6.	Índice de Kappa	51
7.10.	Análisis multitemporal	52
7.10.1.	Corrección geométrica	53
7.10.2.	Periodicidad del fenómeno	53
7.10.3.	Homogeneización radiométrica	54
7.10.4.	Descripción de la variación de las coberturas por categoría	54
8.	Resultados	55
8.1.	Análisis de la vegetación perteneciente a la comuna de Padre Hurtado	55
8.1.1.	Categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto	55
8.1.2.	Categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo	58
8.1.3.	Categoría bosque esclerofilo abierto	61
8.1.4.	Categoría bosque esclerofilo semidenso	63
8.1.5.	Categoría bosque esclerofilo denso	66
8.2.	Análisis de la vegetación perteneciente a las comunas de Peñaflor y Talagante	69
8.2.1.	Categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto	69
8.2.2.	Categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo	69
8.2.3.	Categoría bosque esclerofilo abierto	72

8.2.4.	Categoría bosque esclerofilo semidenso	74
8.2.5.	Categoría bosque esclerofilo denso	76
8.3.	Análisis de la vegetación perteneciente a la comuna de El Monte	79
8.3.1.	Categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto	79
8.3.2.	Categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo	82
8.3.3.	Categoría bosque esclerofilo abierto	84
8.3.4.	Categoría bosque esclerofilo semidenso	86
8.3.5.	Categoría bosque esclerofilo denso	89
8.4.	Validación de la información	92
8.4.1.	Muestras de primera validación en terreno	92
8.4.2.	Muestras de segunda validación en terreno	93
8.5.	Análisis multitemporal	94
8.5.1.	Categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto	98
8.5.2.	Categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo	98
8.5.3.	Categoría bosque esclerofilo abierto	99
8.5.4.	Categoría bosque esclerofilo semidenso	100
8.5.5.	Categoría bosque esclerofilo denso	101
8.5.6.	Análisis en conjunto	102
8.5.6.1.	Análisis de la zona perteneciente a la comuna de Padre Hurtado	102
8.5.6.2.	Análisis de la zona perteneciente a las comunas de Peñaflores y Talagante	103
8.5.6.3.	Análisis de la zona perteneciente a la comuna de El Monte	104
9.	Discusión	105
9.1.	Comportamiento del bosque esclerofilo en la provincia de Talagante.	105
9.2.	Análisis multitemporal y cambio de cobertura del bosque esclerofilo	109
10.	Conclusiones	112
11.	Bibliografía	115
12.	Anexos	119
12.1.	Anexo 1. Mapa 1: División político administrativo de la Provincia de Talagante, área urbana consolidada e hidrología. Proyecto OTAS.	119
12.2.	Anexo 2. Mapa 2: Pisos vegetacionales de Luebert y Pliscoff (2006).	119
12.3.	Anexo 3. Mapa 3: Clasificación del área de estudio según el proyecto Catastro de CONAMA, CONAF y BIRF (1999).	120
12.4.	Anexo 4: Detalle de la hidrología de la provincia de Talagante.	120
12.5.	Anexo 5. Mapa 4: Unidades geológicas del área de estudio.	122
12.6.	Anexo 6. Mapa 5: Unidades de suelo del área de estudio.	123

12.7. Anexo 7. Mapa 6: Sitios de entrenamiento.	128
12.8. Anexo 8. Mapa 7: Clasificación de la vegetación, año 2010.	128
12.9. Anexo 9: Detalle del análisis de las categorías en los rangos de pendiente en las tres zonas diferenciadas.	129
12.10. Anexo 10. Mapa 8: Rangos de altitud.	130
12.10. Anexo 11: Mapa 9: Áreas de influencia de las zonas urbanas.	130
12.11. Anexo 12. Mapa 10: Puntos de muestreos en terreno para primera validación.	131
12.12. Anexo 13. Mapa 11: Puntos de muestreos en terreno para segunda validación.	131
12.13. Anexo 14. Mapa 12: Clasificación de la vegetación, año 1985.	132
12.14. Anexo 15. Mapa 13: Clasificación de la vegetación, año 1987.	132
12.15. Anexo 16. Mapa 14: Clasificación de la vegetación, año 1990.	133
12.16. Anexo 17. Mapa 15: Clasificación de la vegetación, año 1993.	133
12.17. Anexo 18. Mapa 16: Clasificación de la vegetación, año 1996.	134
12.18. Anexo 19. Mapa 17: Clasificación de la vegetación, año 1999.	134
12.19. Anexo 20. Mapa 18: Clasificación de la vegetación, año 2004.	135
12.20. Anexo 21. Mapa 19: Clasificación de la vegetación, año 2007.	135
12.21. Anexo 22: Clasificación de los sitios de entrenamiento.	136
12.22. Anexo 23: Puntos del primer muestreo y clasificación NDVI.	137
12.23. Anexo 24: Cobertura, clasificación y concordancia del primer muestreo	140
12.24. Anexo 25: Puntos del segundo muestreo y clasificación NDVI.	142
12.25. Anexo 26: Cobertura, clasificación y concordancia del segundo muestreo.	145
12.26. Anexo 27: Resumen de registros de incendios en la provincia de Talagante, periodo 1985 – 2012. CONAF 2013.	147

Índice de figuras

Figura 1: Diagrama de flujo de la metodología utilizada.	28
Figura 2: Sitio de entrenamiento de “bosque esclerofilo denso”.	35
Figura 3: Sitio de entrenamiento de “bosque esclerofilo semidenso”.	36
Figura 4: Sitio de entrenamiento de “bosque esclerofilo abierto”.	37
Figura 5: Sitio de entrenamiento de “bosque esclerofilo muy abierto”.	38
Figura 6: Sitio de entrenamiento de “matorral esclerofilo”.	39
Figura 7: Sitio de entrenamiento de la categoría “pradera o matorral esclerofilo muy abierto”.	40
Figura 8: Esquema de muestreo sistemático no alineado.	44
Figura 9: Proyección vertical de la vegetación en el suelo	45
Figura 10: Pauta para estimación visual de recubrimiento.	47
Figura 11: Vista lateral de línea (A-B) en el método de Líneas interceptadas.	49
Figura 12: Esquema de posicionamiento en la toma de datos en terreno.	50

Índice de gráficos

Gráfico 1: Distribución porcentual de las categorías, comuna Padre Hurtado.	55
Gráfico 2: Exposición de la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto, comuna de Padre Hurtado.	56
Gráfico 3: Presencia porcentual de la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto para cada rango de altitud, comuna de Padre Hurtado.	57
Gráfico 4: Presencia porcentual de la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de Padre Hurtado.	58
Gráfico 5: Exposición de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo, comuna de Padre Hurtado.	59
Gráfico 6: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo para cada rango de altitud, comuna de Padre Hurtado.	59
Gráfico 7: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de Padre Hurtado.	60
Gráfico 8: Exposición de la categoría bosque esclerofilo abierto, comuna de Padre Hurtado.	61
Gráfico 9: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo abierto para cada rango de altitud, comuna de Padre Hurtado.	62
Gráfico 10: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo abierto para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de Padre Hurtado.	63
Gráfico 11: Exposición de la categoría bosque esclerofilo semidenso, comuna de Padre Hurtado.	64
Gráfico 12: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo semidenso para cada rango de altitud, comuna de Padre Hurtado.	65
Gráfico 13: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo semidenso para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de Padre Hurtado.	65
Gráfico 14: Exposición de la categoría bosque esclerofilo denso, comuna de Padre Hurtado.	66
Gráfico 15: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo denso para cada rango de altitud, comuna de Padre Hurtado.	67
Gráfico 16: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo denso para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de Padre Hurtado.	68
Gráfico 17: Distribución porcentual de las categorías, comunas de Peñaflo y Talagante.	69
Gráfico 18: Exposición de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo, comunas de Peñaflo y Talagante.	70
Gráfico 19: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo para cada rango de altitud, comunas de	70

Peñaflor y Talagante.	
Gráfico 20: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comunas de Peñaflor y Talagante.	71
Gráfico 21: Exposición de la categoría bosque esclerofilo abierto, comunas de Peñaflor y Talagante.	72
Gráfico 22: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo abierto para cada rango de altitud, comunas de Peñaflor y Talagante.	73
Gráfico 23: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo abierto para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comunas de Peñaflor y Talagante.	73
Gráfico 24: Exposición de la categoría bosque esclerofilo semidenso, comunas de Peñaflor y Talagante.	74
Gráfico 25: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo semidenso para cada rango de altitud, comunas de Peñaflor y Talagante.	75
Gráfico 26: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo semidenso para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comunas de Peñaflor y Talagante.	76
Gráfico 27: Exposición de la categoría bosque esclerofilo denso, comunas de Peñaflor y Talagante.	77
Gráfico 28: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo denso para cada rango de altitud, comunas de Peñaflor y Talagante.	77
Gráfico 29: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo denso para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comunas de Peñaflor y Talagante.	78
Gráfico 30: Distribución porcentual de las categorías en la comuna de El Monte.	79
Gráfico 31: Exposición de la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto, comuna de El Monte.	80
Gráfico 32: Presencia porcentual de la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto para cada rango de altitud, comuna de El Monte.	80
Gráfico 33: Presencia porcentual de la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de El Monte.	81
Gráfico 34: Exposición de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo, comuna de El Monte.	82
Gráfico 35: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo para cada rango de altitud, comuna de El Monte.	83
Gráfico 36: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de El Monte.	83
Gráfico 37: Orientación de la categoría bosque esclerofilo abierto, comuna de El Monte.	84

Gráfico 38: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo abierto para cada rango de altitud, comuna de El Monte.	85
Gráfico 39: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo abierto para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de El Monte.	86
Gráfico 40: Orientación de la categoría bosque esclerofilo semidenso, comuna de El Monte.	87
Gráfico 41: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo semidenso para cada rango de altitud, comuna de El Monte.	88
Gráfico 42: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo semidenso para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de El Monte.	88
Gráfico 43: Orientación de la categoría bosque esclerofilo denso, comuna de El Monte.	89
Gráfico 44: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo denso para cada rango de altitud, comuna de El Monte.	90
Gráfico 45: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo denso para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de El Monte.	91
Gráfico 46: Variación de la cobertura de las categorías definidas en la comuna de Padre Hurtado, periodo 1985 – 2010.	95
Gráfico 47: Variación de la cobertura de las categorías definidas en las comunas de Peñaflo y Talagante, periodo 1985 – 2010.	96
Gráfico 48: Variación de la cobertura de las categorías definidas en la comuna de El Monte, periodo 1985 – 2010.	97
Gráfico 49: Variación de cobertura en áreas conservadas y áreas degradadas en la comuna de Padre Hurtado, periodo 1985-2010.	102
Gráfico 50: Variación de cobertura en áreas conservadas y áreas degradadas en la comuna de Peñaflo y Talagante, periodo 1985-2010.	103
Gráfico 51: Variación de cobertura en áreas conservadas y áreas degradadas en la comuna de El Monte, periodo 1985-2010.	104

Índice de tablas

Tabla 1: Variación de la población en la provincia de Talagante.	16
Tabla 2: Categoría y coberturas de CONAMA, CONAF y BIRF (1999).	23
Tabla 3: Coberturas según proyecto Catastro de CONAMA, CONAF y BIRF (1999).	23
Tabla 4: Serie LVZ-1.	26
Tabla 5: Clasificación serie LVZ-9.	26
Tabla 6: Clasificación asociación MN-5.	26
Tabla 7: Características principales del satélite Landsat 5 TM.	27
Tabla 8: Imágenes seleccionadas para la memoria.	29
Tabla 9: Rangos de Pendiente según Umbrales Morfo dinámicos según Araya Vergara y Börgel, 1972 en HABITERRA, 2011.	42
Tabla 10: Categoría de estratificación.	46
Tabla 11: Categoría de recubrimiento.	47
Tabla 12: Valores índice de Kappa.	52
Tabla 13: Periodicidad en el estudio de fenómenos.	53
Tabla 14: Hectáreas y presencia porcentual de las categorías para cada rango de pendiente en la comuna de Padre Hurtado.	56
Tabla 15: Matriz de confusión de la primera validación.	92
Tabla 16: Matriz de confusión de la segunda validación.	93
Tabla 17: Superficie promedio de la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto en las tres zonas diferenciadas.	98
Tabla 18: Variación de la superficie de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo en las tres zonas diferenciadas.	98
Tabla 19: Variación de la superficie de la categoría bosque esclerofilo abierto en las tres zonas diferenciadas.	99
Tabla 20: Variación de la superficie de la categoría bosque esclerofilo semidenso en las tres zonas diferenciadas.	100
Tabla 21: Variación de la superficie de la categoría bosque esclerofilo denso en las tres zonas diferenciadas.	101

1. Resumen

El bosque esclerofilo ubicado en Chile Central es uno de los 34 *hotspots* del mundo, definidos como zonas del planeta en donde el ecosistema concentra una alta biodiversidad y endemismo, además de encontrarse severamente amenazado. Estas amenazas en el caso específico del bosque esclerofilo de Chile Central, se deben principalmente por situarse en la zona más poblada del país, por lo que ha sido fuertemente reducido especialmente por el cambio de uso de suelo.

La provincia de Talagante ubicada en la zona central de Chile no ha quedado exenta de lo anterior, reduciendo la cobertura de vegetación nativa a pequeños parches en lugares en donde las condiciones morfológicas han evitado el cambio de uso de suelo. Tal es el caso del área de estudio de esta memoria, ubicado en el cordón montañoso aledaño a la vertiente norte del río Mapocho que comprende una extensión de 6.655,59 hectáreas de vegetación nativa. Sin embargo, este remanente de bosque esclerofilo continúa siendo presionado por actividades antrópicas que persisten en reducir la vitalidad natural de este valioso ecosistema.

De esta manera, en el presente estudio se efectuó una clasificación supervisada con la imagen satelital del año 2010 del sensor Landsat 5 TM, para realizar un análisis del estado actual del bosque esclerofilo de esta zona en específico, caracterizando la vegetación presente con visitas en terreno realizadas en el periodo de verano e invierno del año 2012. Además se incorporó un análisis multitemporal con imágenes del mismo sensor, utilizando como base la clasificación inicial realizada para determinar el comportamiento del bosque esclerofilo, cuantificando los cambios de las coberturas presentes en el área de estudio durante el periodo 1985 – 2010.

De esta forma, la clasificación supervisada determinó 5 categorías correspondientes al bosque esclerofilo denso, bosque esclerofilo semidenso, bosque esclerofilo abierto, bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo y pradera o matorral esclerofilo muy abierto. Luego, se comprobó el nivel de asertividad de la clasificación supervisada con trabajos en terreno que además detallaron las principales características de las categorías.

Los resultados apuntaron a que la vegetación de este remanente exhibe un mejor o peor estado de conservación, dependiendo de factores como la exposición de laderas, la altitud y la proximidad a las zonas urbanas. En el análisis multitemporal, se observó una clara tendencia a la degradación que ha tenido el bosque esclerofilo, obteniendo en el periodo de análisis (lapso 1985-2010) un aumento promedio de 299,07 hectáreas de las áreas consideradas como degradadas.

Dado los resultados, se consideran insuficientes los esfuerzos realizados para conservar estos remanentes del bosque esclerofilo, haciéndose imperioso un cambio de paradigma que valore de mejor manera estos ecosistemas naturales a fin de conservarlos, ya que la tendencia actual indica que continuarán degradándose.

Palabras claves: biodiversidad, endemismo, amenazas, actividades antrópicas, bosque esclerofilo, matorral esclerofilo, conservación, degradación.

2. Introducción

En el último tiempo, los ecosistemas naturales del planeta han sido arrastrados a un deterioro que progresivamente ha ido en aumento, llevándolos a un retroceso a una velocidad nunca antes vista, producto principalmente del crecimiento de la población humana y los efectos directos de sus prácticas desarmoniosas con su entorno.

El cambio de uso del suelo, actividad frecuente asociada a los centros poblados, ha reducido las superficies ocupadas por bosques en todo el mundo en casi un 50%, mientras que los caminos, granjas y casas están fragmentando rápidamente lo poco que queda, dejando los bosques reducidos a pequeños parches (Bryant, 1997 en Castillo, 2007). Además, se suma a este proceso de reducción de los ecosistemas naturales, el llamado fenómeno de la "desertificación", que es definido por la Convención de Naciones Unidas en Combate contra la Desertificación (o sus siglas en inglés UNCCD) como: "la degradación de las tierras en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultante de diversos factores, tales como, las variaciones climáticas y las actividades humanas" (UNCCD/CNULCDS, 1999 en Abraham y Torres, 2007).

En Chile se estima que el 78% de los suelos de aptitud silvoagropecuaria se encuentran erosionados, existiendo una creciente desertificación que afecta al 62% del territorio junto con una disminución y pérdida de calidad del bosque nativo (CONAMA, 2003).

Chile Central, es considerado por Luebert y Pliscoff (2006) como una región de bosque esclerofilo. Actualmente esta asociación vegetacional se perfila como un recurso natural muy amenazado por las malas prácticas antrópicas y además muy escaso dado a su disminución a pequeños espacios en quebradas y laderas que no han sido utilizadas para la agricultura (CONAMA, 2009).

Es así que en la provincia de Talagante en sus comunas de Padre Hurtado, Peñaflores, Talagante y El Monte, existe un área en el cordón montañoso aledaño a la vertiente norte del río Mapocho con remanentes de bosque esclerofilo, la cual dado sus condiciones geográficas no ha sido modificada mayormente.

Esta área correspondiente a 6.655,59 hectáreas, es parte de uno de los 34 *hotspots* mundiales debido a que se caracteriza por ser un área con una excepcional concentración de biodiversidad y endemismo, con una alta pérdida de hábitat (Myers *et al.* 2000).

El bosque esclerofilo típico y matorrales del área de clima mediterráneo de Chile Central, es definido internacionalmente como *hotspot* o "punto caliente" de biodiversidad con prioridad de conservación, ya que en esta región se concentra un mínimo de 1.500 especies de plantas vasculares endémicas (equivalente al 0,5% del total de plantas vasculares en el mundo), además de una alta proporción de vertebrados endémicos (Myers *et al.* 2000).

No es de extrañar que en Chile los ecosistemas de gran valor ecológico ubicados próximos a concentraciones urbanas, estén altamente expuestos a riesgos de fuerte alteración e incluso de extinción (Quintanilla, 2002).

Esto último viene a ser un fenómeno global, ya que se calcula que la disminución de la biodiversidad en el mundo es tan crítica que se estima que la actual tasa de extinción de las especies es entre 1.000 a 10.000 veces mayor que sus tasas naturales de extinción. Si esta tendencia continúa, se estima que cerca de dos millones de especies de plantas y animales serán exterminadas en todo el mundo a mediados de este nuevo siglo (Espinosa y Arqueros, 2000).

En términos generales, se ha detenido prácticamente la sustitución de bosque nativo por plantaciones forestales con especies introducidas. No obstante lo anterior, en el caso del bosque esclerófilo persiste la pérdida de superficie por el avance de la agricultura intensiva, además por el llamado fenómeno de la desertificación y por la expansión urbana (CONAMA, 2009).

Son por estas razones que la revalorización y preservación de estos remanentes de vegetación nativa se vuelve prioritario, no tan sólo por sus características particulares y de vulnerabilidad, sino también por las funciones ecosistémicas que benefician a las urbes aledañas.

Es por todo lo anterior que adquiere importancia establecer las condiciones en que se encuentran las áreas que mantienen vegetación nativa asociada al bosque esclerófilo, para así tomar medidas con el fin de preservarlas.

De esta manera, el presente estudio se centra en evaluar el estado actual de la vegetación nativa en términos espaciales y temporales, identificando los tipos de agrupaciones vegetacionales que existen en el cordón montañoso aledaño a la cuenca del río Mapocho, perteneciente a la provincia de Talagante, y en realizar un análisis en retrospectivas con el apoyo de imágenes satelitales, para determinar los cambios de cobertura de la vegetación durante el periodo 1985-2010.

3. Planteamiento del problema

La región mediterránea perteneciente a Chile Central posee características únicas que la hacen albergar una biodiversidad extraordinaria, de un alto endemismo. Sin embargo, es también considerada una de las regiones con mayores amenazas a su ecosistema, por lo que se le ha clasificado mundialmente como uno de los 34 *hotspots*, es decir, es una de las 34 zonas del planeta donde sus valiosos ecosistemas se encuentran altamente en peligro, producto principalmente de las actividades humanas.

El bosque y matorral esclerofilos de Chile Central perteneciente a este enclaustrado natural amenazado, desde tiempo coloniales ha sido disminuido por las actividades antrópicas. Si bien, el daño que desde entonces se ejercía a estos hábitats era satisfactoriamente absorbido por la capacidad de recuperación del sistema natural (resiliencia), hoy en día la realidad es distinta producto de su disminución desconsiderada que sumado al sensible contexto mundial de cambio climático, han hecho a estos ecosistemas extremadamente vulnerables.

De esta manera, cuando hoy en día se pierde algún elemento de la biodiversidad, los ecosistemas pierden su capacidad de recuperación y los servicios que prestan se ven amenazados (Convenio sobre la Biodiversidad Biológica, 2010).

En la actualidad, la provincia de Talagante está clasificada por Gajardo (1994) como una región de bosque y matorral esclerofilos, mientras que por Luebert y Plischoff (2006) como una región de bosque esclerofilo. Sin embargo, la realidad que exhibe esta región es de una abrumadora disminución de la vegetación nativa producto principalmente por las prácticas del hombre, en donde se destaca la actividad del cambio de uso de suelo. Solo se aprecia que en sectores donde las condiciones morfológicas son en demasía adversas para el desarrollo de las actividades antrópicas, existe un mantenimiento de su configuración original.

A pesar de lo anterior, estos sectores que aún mantienen su vegetación nativa, continúan perdiendo la vitalidad de sus componentes sin constatar los esfuerzos necesarios que vayan en auxilio y en post de conservar la vegetación en esta región. Tal es el caso del cordón montañoso aledaño a la vertiente norte al río Mapocho, que atravesando las comunas de Padre Hurtado, Peñaflor, Talagante y El Monte, corresponde a aproximadamente 6.655,59 hectáreas de vegetación nativa asociada al bosque esclerofilo.

Estos remanentes de vegetación autóctona que no han sido modificados por la actividad del cambio de uso de suelo, es producto principalmente de las limitaciones morfológicas que presenta este sector. A pesar de lo anterior, continúan los factores degradantes mermando el funcionamiento de estos ecosistemas, en donde los actuales agentes de reemplazo y especialmente de degradación del bosque nativo se relacionan con los incendios forestales, la extracción indiscriminada de leña, las cortas no autorizadas e incumplimiento en los planes de manejo y las malas prácticas silvopastorales (CONAMA, 2009).

Es necesario señalar que la importancia que tienen estos remanentes de vegetación nativa, se asocia con las características inherentes que poseen estos ecosistemas naturales. Estas cualidades que benefician la vida en general, han sido agrupadas desde un enfoque antropocéntrico en cinco categorías por el Convenio sobre la Biodiversidad Biológica (2010) en donde se distingue: los servicios de aprovisionamiento o suministro de bienes que benefician directamente a las personas y suelen tener un claro valor monetario, como la leña de los bosques, las plantas medicinales y los peces de los mares.

En segundo lugar están los servicios reguladores, los cuales son una gama de funciones vitales desempeñadas por los ecosistemas a las que en raras ocasiones se les asigna un valor monetario en los mercados convencionales. Entre ellos se cuentan la regulación del clima mediante el almacenamiento de carbono y el control de las precipitaciones locales, la eliminación de contaminantes por medio del filtrado del aire y las aguas, y la protección frente a los desastres como el deslizamiento de tierras y las tormentas costeras.

Por otra parte, se encuentran los servicios culturales los cuales no ofrecen beneficios materiales directos pero contribuyen a satisfacer ciertas necesidades y deseos más amplios de la sociedad y, por lo tanto, inciden en la predisposición de las personas a costear los gastos de conservación.

En cuarto lugar está el valor espiritual que se da a ciertos ecosistemas, tal como lugares sagrados o la belleza estética de los paisajes.

Finalmente, están los servicios de apoyo que no benefician directamente a las personas pero que son fundamentales para el funcionamiento de los ecosistemas y, por lo tanto, responsables indirectos de los demás servicios. Entre ellos se cuentan la formación de suelos y los procesos de crecimiento de las plantas.

En el caso del área de estudio, las externalidades positivas emanadas por estos ecosistemas son aún más provechosas desde el punto de vista del hombre, dado que su ubicación es en la zona más poblada del país, por lo que estos beneficios ecosistémicos anteriormente señalados benefician a un altísimo número de población.

Es coincidente a su vez, que la región de los matorrales y bosques esclerofilos ha sido sin lugar a dudas, una de las zonas que han sufrido más intensamente el impacto del hombre (Gajardo, 1981; Donoso, 1982 en Tapia, 2005). De alguna manera, no existe una reciprocidad complementaria entre el hombre y los ecosistemas naturales, por lo que realizar un diagnóstico del estado actual de estos remanentes de vegetación nativa se hace necesario, tanto por la revitalización de la vida que aporta a la provincia potenciando de manera natural a su entorno, como también por el mencionado carácter de enclaustre mundial de biodiversidad y endemismo.

4. Objetivos generales y específicos

4.1. Objetivo general

Determinar el estado actual de la vegetación presente en el cordón montañoso aledaño a la vertiente norte del río Mapocho perteneciente a la provincia de Talagante, en el marco de la realización de un análisis temporal respecto a los cambios de cobertura identificados en la zona.

4.2. Objetivos específicos

Diagnosticar y caracterizar la cobertura de la vegetación del cordón montañoso aledaño a la vertiente norte del río Mapocho de la provincia de Talagante.

Evaluar el comportamiento de la cobertura de la vegetación respecto a las principales variables que influyen en la distribución de éstas.

Analizar temporalmente la variación de las formaciones vegetacionales del área de estudio, enfatizando en los cambios de cobertura que se han visto expuesto.

5. Hipótesis de trabajo

La vegetación nativa perteneciente al cordón montañoso aledaño a la vertiente norte del río Mapocho de la provincia de Talagante, se encuentra en una franca degradación y pérdida de vitalidad de sus componentes, dado las constantes intervenciones en la dinámica natural del bosque esclerofilo, evidenciándose en la disminución de la cobertura asociada a la vegetación más vigorosa presente en el área de estudio.

6. Área de estudio

6.1. Delimitación del área de estudio

El área de estudio de la presente memoria ha sido delimitada por tres criterios fundamentalmente; en primer lugar se consideró la división político administrativa que posee la provincia de Talagante como marco general del estudio; en segundo lugar se consideró el curso natural del río Mapocho y la continuación del río Maipo que atraviesa toda la provincia de Talagante, para restringir el área de estudio a la vertiente norte de este cauce; finalmente puesto que el interés de este estudio es hacer un análisis del estado de la vegetación nativa, se delimitó exclusivamente las zonas que se encuentran sin cambio de uso de suelo, para lo cual se realizó una fotointerpretación de la imagen satelital del sensor Landsat 5 TM del año 2010, en conjunto con la fotointerpretación de las imágenes del software Google earth.

Además se utilizaron los datos del proyecto “Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile” de CONAMA, CONAF y BIRF (1999), que establece los usos actuales que tiene el territorio nacional, para corroborar las fotointerpretaciones realizadas.

6.2. Contexto provincial del área de estudio

Como se ha mencionado anteriormente, la intervención antrópica es uno de los elementos que condiciona de manera determinante el desarrollo de la biosfera, siendo al que se le asocian la mayor pérdida de ecosistemas naturales. La ciudad implica una perturbación gigantesca en las condiciones naturales de los ecosistemas sobre los que se emplaza y los cambios producidos son difícilmente reversibles en el futuro. Diversos autores advierten que el proceso de expansión espacial de las ciudades ejerce crecientes impactos sobre los sistemas ambientales (Sanhueza, 2003 en Frick, 2007).

Entre los efectos más importantes generados por el avance urbano, se destaca la creciente degradación del suelo, recurso que cumple con significativas funciones ambientales que influyen en la calidad de vida de sus habitantes, como por ejemplo, en la capacidad del suelo para infiltrar las aguas lluvias, asegurando la recarga de los acuíferos y controlando el escurrimiento superficial, las inundaciones y la contaminación de las aguas y la fertilidad que presenta para posibilitar el mantenimiento de la biodiversidad (Castro, 2005 en Frick, 2007).

Dado que la cuenca como unidad ambiental se presenta como un sistema semicerrado, cualquier proceso que ocurra en su interior afectará necesariamente al resto del sistema. Debido a ello, el crecimiento inorgánico de la ciudad tiene efectos que trascienden sólo al área urbana consolidada (Romero y Ordenes, 2004 en Frick, 2007).

Es entonces pertinente destacar el factor humano como un elemento configurador del entorno y que por lo tanto condiciona las dinámicas naturales de toda la cuenca. De esta forma, incluyendo el elemento antrópico en el análisis se puede comprender de mejor

manera el contexto global del área de estudio, ayudando a descifrar los procesos que están siendo evidenciados.

El área de estudio se encuentra en la provincia de Talagante y está ubicada en el centro-poniente de la Región Metropolitana, siendo colindante al nor-este con la provincia de Santiago, al sur-este con la provincia Maipo y al oeste con la provincia de Melipilla.

La provincia de Talagante tiene una superficie total de 582 km² que corresponde a una extensión territorial del 3,7% del territorio regional. De este total aproximadamente 6.655,59 hectáreas corresponden al área de estudio, la cual se emplaza en las comunas de Padre Hurtado, Peñaflor, Talagante y El Monte, dejando fuera sólo la comuna de Isla de Maipo que también conforma la provincia de Talagante.

Los datos censales de la provincia de Talagante, levantados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Variación de la población en la provincia de Talagante.

Comuna	Censo 1992	Censo 2002	Censo 2012 (preliminar)	Porcentaje 2012	Variación Intercensal (1992 y 2002)	Variación Intercensal (2002 y 2012)
Talagante	44.686	59.549	64.490	24,16	33,3	8,3
El Monte	21.775	26.577	32.318	12,11	22,1	21,6
Isla de Maipo	20.156	25.638	33.416	12,52	27,2	30,3
Padre Hurtado	28.796	38.517	50.599	18,96	33,8	31,4
Peñaflor	50.018	66.508	86.052	32,24	33,0	29,4
Total Provincia	165.431	216.789	266.875	100	29,9	24,2
Total Región	5.220.732	6.045.532	6.683.852	3,99	15,8	10,6

De esta manera, se aprecia que la provincia de Talagante se encuentra en una fuerte dinámica de expansión demográfica en relación al resto de la región, siendo en este sentido las comunas de Padre Hurtado, Isla de Maipo y Peñaflor, 3 de las 9 comunas que mostraron la variación intercensal más fuerte de toda la región metropolitana según los datos preliminares del censo 2012.

6.3. Clima

Si bien no existe necesariamente una relación determinística entre vegetación y clima, puesto que también hay otros factores que influyen en la fisionomía y composición de la cubierta vegetal, las condiciones climáticas establecen restricciones y potencialidades para la expresión de la composición y, especialmente, la fisionomía de la vegetación de un área (Mueller-Dombois y Ellenberg 1974; Braun-Blanquet 1979; Ozenda 1986; Cox y Moore 2000, Ricotta *et al.* 2002; Walter 2002; Zunino y Zullini 2003 en Luebert y Pliscoff 2004).

De esta manera, se hace necesario saber en qué condiciones climáticas se encuentra una determinada zona cuando se involucra la variable vegetación dentro de una investigación.

Entendiendo lo anterior, se puede especificar que el área de estudio de la presente memoria se encuentra en la zona de influencia del clima Mediterráneo. Este último ha sido objeto de numerosos estudios climáticos específicos locales y regionales (e.g. Schwabe 1956; e.g. Di Castri 1973; Quintanilla 1974; Santibáñez 1984; Caviedes y Daget 1984; Kummerow, Espinoza y Hajek 1988; Pliscoff 2001, 2002, 2005, López-Cortés y López 2004 en Luebert y Pliscoff, 2006).

El Macrobioclima Mediterráneo se distribuye fundamentalmente en la zona central de Chile, que ocupa la franja costera desde 23°S y penetra hacia el interior aproximadamente en la latitud del paralelo 25, donde asume una firma diagonal que alcanza las altas cumbres de los Andes cerca de los 31°S, donde asume todo el ancho del territorio nacional hasta 37°S, latitud donde sufre un angostamiento para extenderse sólo en la depresión intermedia, desapareciendo definitivamente alrededor de los 39°S (Luebert y Pliscoff, 2006).

El clima mediterráneo se caracteriza por ser un clima de la zona extratropical, por lo tanto de fotoperiodismo diario y estacional, con precipitaciones concentradas en el período frío del año y con sequía durante la estación más cálida (Emberger, 1955 en Di Castri y Hajek, 1976).

Se considera como límite superior del clima Mediterráneo el valor 7 del índice de aridez estival que relaciona la precipitación estival con la media de las temperaturas del mes más cálido (Emberger, 1953; Di Castri y Hajek 1976 en Luebert y Pliscoff, 2006).

El Clima Mediterráneo se identifica por una fuerte estacionalidad del ombroclima y el termoclima, con precipitaciones invernales (el trimestre más frío del año es el de mayor precipitaciones) y sequía estival (el trimestre más cálido del año es el de menor precipitación), en que el período de aridez es de al menos dos meses consecutivos (Rivas y Martínez, 1993 en Luebert y Pliscoff, 2006).

Las características climáticas corresponden de acuerdo al sistema de clasificación climática de Köppen, a un clima templado cálido con una estación seca prolongada de seis a ocho meses de duración cuyo símbolo es **Csb** (Comisión Nacional de Riego, 1981 en García, 2010). Esta clasificación climática, está basada en los valores medios anuales y mensuales de las temperaturas y las precipitaciones. De acuerdo a Cuadrat y Pita (1997), las letras que componen el símbolo de tal clasificación tienen el siguiente significado:

- **C:** Corresponde a climas templados y húmedos en donde el mes más frío tiene una temperatura media comprendida entre 18 y – 3 °C, y la media del mes más cálido supera los 10 °C.

El grupo anterior se divide, creando un subgrupo denominado con letra minúscula que hace referencia a la distribución estacional de la precipitación.

- **s:** Quiere decir que hay presencia de estación seca en verano.

Con la finalidad de matizar el régimen térmico se hace uso de una tercera letra, que para este caso significa lo siguiente:

- **b:** La temperatura media del mes más cálido es inferior a 22 °C, pero con temperaturas medias de al menos cuatro meses por encima de los 10 °C.

La influencia de neblinas costeras (“camanchaca”, “garúa”) es un factor crucial en la distribución de la vegetación del centro y norte de Chile (Reiche 1911, Johnston 1929, Ricardi 1957, Kummerow 1961, Kummerow *et al.* 1961, Follmann 1963, 1967, Follmann y Weisser 1966, Rundel y Mahu 1976, Mooney *et al.* 1980, Reyes y Zizka 1989, Rundel *et al.* 1991, 1996, Dillon 1997, Dillon y Hoffmann 1997, Cereceda *et al.* 1999, 2004, Muñoz-Schick *et al.* 2001, Thompson *et al.* 2003, Egaña *et al.* 2004, López-Cortés y López 2004, en Luebert y Pliscoff 2006), aunque generalmente no es captada en los análisis climáticos basados en datos de estaciones meteorológicas (Kummerow 1962, 1966, Caviedes 1973, Schemenauer *et al.* 1988, Cereceda 1989, Cereceda y Schemenauer 1991, Cereceda *et al.* 1992, 1997, 2002, Larraín *et al.* 2002 en Luebert y Pliscoff 2006). Esta influencia decrece hacia el norte y hacia el interior en términos de números de días con niebla (Cereceda 1989, Cereceda y Schemenauer 1991 en Luebert y Pliscoff 2006).

Por otra parte, uno de los rasgos morfológicos que influye en las características climáticas de la región es la Cordillera de la Costa, la cual actúa como una barrera disminuyendo la influencia marítima al interior de la región, lo cual explica en cierto modo las diferencias térmicas que se producen entre la estación de verano y de invierno (IGM, 1985 en García 2010).

El otro componente climático que afecta el área de estudio, es el régimen general de circulación atmosférica, que para este caso corresponde al mismo régimen de la región Metropolitana, que se caracteriza por la predominancia de los vientos sur-oeste e interrumpidos por períodos de viento sur o períodos de calma. (Ellis, 1993 en Centro EULA – Chile, 2004).

6.4. Vegetación

La zona central de Chile es considerada como la región de bosque esclerófilo por Luebert y Pliscoff (2006) y también reconocida como la región del matorral y bosque esclerófilo por Gajardo (1994), siendo además la zona que presenta la mayor concentración de población del país. En este sentido, la vegetación natural ha estado y está sometida a severos regímenes de perturbación antrópica que ha transformado fuertemente el paisaje vegetal y afectado la dinámica natural de los ecosistemas (Garaventa 1936, 1944, Elizalde 1958, 1970, Gutiérrez y Armesto 1977, Fuentes y Hajek 1979, Gajardo 1981, Balduzzi *et al.* 1982, Armesto y Pickett 1985, Kummerow 1985, Fuentes *et al.* 1986, 1989, Fuentes 1988, 1990, Gastó *et al.* 1990 Ovalle *et al.* 1990, 1993, 1996, Aronson *et al.* 1993, Fuentes y Muñoz 1994, Holmgren *et al.* 2000, Holmgren 2002, Dubroeuq y Livenais 2004 en Luebert y Pliscoff 2006).

Los principales factores de esta perturbación parecen ser la habilitación de terrenos para cultivo agrícola, incendios, la extracción de leña y tierra de hoja y el pastoreo (Armesto y Gutiérrez 1978, Araya y Ávila 1981, Gajardo 1981, Rundel 1981, Balduzzi *et al.* 1982, Ávila *et al.* 1988, Espinoza *et al.* 1988, Fuentes 1988, Quintanilla 1996, Quintanilla y

Reyes 1999, Quintanilla y Leinlaf 2001 en Luebert y Plissock 2006), que en algunos casos han generado serios problemas de desertificación (Fuentes y Hajek 1978, Gajardo 1981, Squella 1985, Etienne *et al.* 1987, Gutiérrez 1993, Universidad de Chile 1997 en Luebert y Plissock 2006).

Una de las últimas clasificaciones de vegetación realizadas en el territorio nacional, corresponde al trabajo realizado por Luebert y Plissock (2006), quienes limitaron dependiendo de variados factores los distintos pisos de vegetación a lo largo y ancho de Chile. En este sentido el concepto de “ piso vegetal ” responde según Luebert y Plissock (2006) a “ espacios caracterizados por un conjunto de comunidades vegetales zonales con estructura y fisionomía uniforme, situadas bajo condiciones mesoclimáticamente homogéneas, que ocupan una posición determinada a lo largo de un gradiente de elevación, a una escala espacio-temporal específica ”.

Los pisos de vegetación corresponden a unidades compuestas, denominadas complejos de comunidades vegetales. Los pisos de vegetación se delimitan en función de las comunidades zonales, por lo que las comunidades intrazonales y extrazonales se integran como parte de la heterogeneidad del complejo (Mueller-Dombois y Ellenberg 1974, Gillet *et al.* 1991, Vigo *et al.* 1997, Van der Maarel 2005 en Luebert y Plissock 2006). En este sentido, Luebert y Plissock (2006) determinaron para el área de estudio los pisos de vegetación que se observan en el Anexo 2 y se describen a continuación:

6.4.1. Bosque esclerofilo mediterráneo andino de *Quillaja saponaria* y *Lithraea caustica*

Descripción: Bosque esclerofilo, típicamente dominado por *Lithraea caustica*, *Quillaja saponaria*, y *Kageneckia oblonga*; *Cryptocarya alba* es localmente abundante en los sectores de mayor humedad. La estrata arbustiva es muy diversa, destacando la presencia de *Escallonia pulverulenta*, *Proustia cuneifolia*, *Colliguaja odorifera*, *Satureja gilliessii* y *Teucrium bicolor*. La estrata herbácea también es diversa, con importante presencia de geófitas, como *Alstroemeria haemantha*, *Pasithea coerulea* y *Solenomelus pedunculatus*. Las laderas rocosas de exposición norte generalmente presentan un matorral dominado por *Colliguaja odorifera*, *Puya berteroniana* y *Echinopsis chiloensis*, con presencia de individuos aislados de *Quillaja saponaria* o *Lithraea caustica*. En algunas zonas costeras este bosque se encuentra asociado con *Jubaea chilensis*.

Dinámica: Los bosques esclerofilos de Chile han estado sometidos a fuertes presiones antrópicas (incendios, talas, pastoreo), razón por la que actualmente se encuentran muy degradados. La degradación de bosque esclerofilo original tiene como efecto una transformación estructural y cambios en la composición florística, que dependen del tipo y nivel de perturbación. Los primeros estadios de degradación producen la transformación estructural de bosque a matorral arborescente y una penetración de elementos más xerófitos como *Baccharis linearis* y *Muehlenckia hastulata*. Perturbaciones más severas podrían producir transformaciones completamente del bosque en un espinal dominado por *Acacia caven* o incluso en una pradera anual. Teóricamente, en ausencia de perturbaciones, estas comunidades de degradación tienden a recuperarse a través de mecanismos de facilitación, para retornar a su estado original, cuya composición de

especies dominantes dependerá de las condiciones específicas del sitio, en especial la disponibilidad hídrica (Oberdorfer 1960, Gutiérrez y Armesto 1977, Armesto y Gutiérrez 1978, Balduzzi *et al.* 1982, Armesto y Pickett 1985, Caro 1996, Donoso 1998, Teillier 2003)

6.4.2. Bosque esclerofilo mediterráneo costero de *Lithraea caustica* y *Cryptocarya alba*

Descripción: Bosque esclerofilo dominado por *Lithraea caustica*, a la que generalmente se le asocian *Cryptocarya alba*, *Peumus Boldus* y *Schinus latifolius*. Presenta un importante contingente de arbustos esclerofilos y espinosos como *Colliguaja odorifera*, *Escallonia pulverulenta*, *Eupatorium glechonophyllum*, *Lobelia excelsa*, *Retanilla trinervia* y otros. La presencia de herbáceas es más bien escasa, principalmente *Solenomelus pedunculatus* y *Vulpia myuros*, mientras que las epífitas están más bien ausentes. En las laderas más secas es frecuente la presencia de matorrales dominados por *Retanilla trinervia* y *Colliguaja odorifera*. En algunos sectores se asocia con *Jubaea chilensis*. En algunas quebradas se observan bosques de *Aextoxicon punctatum*.

Dinámica: Similar a la dinámica del piso vegetal del bosque esclerofilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus*, donde la degradación antrópica produce una transformación estructural del bosque, pérdida de cobertura y favorece la inmigración de especies arbustivas y herbáceas más xerófitas; una recuperación de la vegetación original sería posible en ausencia de perturbaciones (Balduzzi *et al.* 1982, Armesto y Pickett 1985). En sitios afectados por incendios recurrentes los bancos de semillas pueden jugar un rol importante en la regeneración (Jiménez y Armesto 1992).

6.4.3. Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven* y *Prosopis chilensis*

Descripción: Bosque espinoso abierto dominado por *Prosopis chilensis* y *Acacia caven*, con una estrata arbustiva compuesta principalmente por *Cestrum parqui*, *Muehlenbeckia hastulata*, *Schinus Polygamus*, *Solanum Ligustrinum* y *Proustia cuneifolia*. En la estrata herbácea destacan las plantas introducidas como *Avena barbata* y *Cynara cardunculus*, que reflejan el fuerte nivel de degradación que presenta. La presencia del parásito *Ligaria cuneifolia* en las copas de las dos especies dominantes es frecuente y localmente muy abundante. Más ocasionales la presencia de especies esclerofilas como *Quillaja saponaria* y *Lithraea caustica*.

Dinámica: Se ha planteado que el espinal corresponde a una fase de degradación del bosque esclerofilo original (Oberdorfer, 1960), aunque por las condiciones bioclimáticas en que se presentan, al menos en este caso, esa hipótesis resulta dudosa. En todo caso es claro que las áreas de espinales se encuentran fuertemente intervenidas y en algunos casos se aprecia una importante pérdida de cobertura arbórea e incluso la transformación completa de la formación a una pradera (Oberdorfer 1960, Fuentes *et al.* 1989, Ovalle *et al.* 1993).

6.4.4. Bosque esclerofilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus*

Descripción: Bosque lauriesclerofilo dominado por especies esclerofilas, *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus*, que en algunos casos se ven acompañadas por elementos laurifolios como *Dasyphyllum excelsum* y *Persea lingue*. La estrata arbustiva destaca la presencia de *Sophora macrocarpa* y *Lobelia excelsa*. Se caracteriza por un importante contingente de epífitas vasculares (e.g. *Proustia pyrifolia*, *Cissus striata*, *Lardizabala biternata*, *Tropaeolum ciliatum*), lo que revela su carácter de alta humedad. La estructura y composición del bosque está fuertemente determinada por el sitio, especialmente las condiciones de exposición, pudiendo observarse situaciones fuertemente contrastantes de una ladera a otra contigua. En zonas de exposición norte son frecuentes los matorrales dominados por *Colliguaja odorifera* con presencia de suculentas como *Puya berteroniana* y *Echinopsis chiloensis*. En contraste, las situaciones más húmedas de fondos de quebradas o bajos de ladera la composición florística cambia y se integran otros elementos florísticos como los árboles *Beilschmiedia miersii* y *Crinodendron patagua*, los arbustos *Adenopeltis serrata* y *Senna stipulacea* y las epífitas *Bomarea salsilla*, *Boquila trifoliolata* e incluso *Hydrangea serratifolia*. En algunos sectores es posible observar este bosque mezclado con individuos de *Jubaea chilensis*.

Dinámica: Las perturbaciones antrópicas, especialmente los incendios y cortas recurrentes, producen una degradación del bosque original, con una pérdida de cobertura vegetal, cambio en la fisionomía de la comunidad (paso de bosque a matorral) e invasión de elementos de matorrales espinosos y esclerofilos como *Retanilla trinervia*, *Gutierrezia resinosa*, *Muehlenbeckia hastulata* y *Baccharis linearis*. En ausencia de perturbaciones, la recuperación del bosque se produciría a partir de elementos esclerofilos (*Lithraea caustica*, *Quillaja saponaria*) que generaría las condiciones para el restablecimiento de las especies dominantes originales *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus* (Gutiérrez y Armesto 1977, Balduzzi *et al.* 1982, Armesto y Pickett 1985, Caro 1996, Donoso 1998, Holmgren *et al.* 2000, Teillier 2003).

6.5. Dinámica general del bosque esclerofilo

Es preciso explicar la dinámica del bosque esclerofilo que ha sido estudiada por los teóricos forestales, para generar las consideraciones que se deben tener presente con este ecosistema. En este sentido, Gajardo (1981) en el seminario "Bases biológicas para el uso y manejo de recursos naturales renovables: recursos de la zona de matorral y bosque esclerofilo de Chile central" expresó "Considerando la dinámica de la vegetación en sí misma, es posible apreciar que se manifiesta como una respuesta de las propiedades de los componentes vegetacionales y de relación que mantienen con su medio ambiente. Frente a ciertas condiciones ambientales, la respuesta vegetacional se expresa como una forma de vida y una ocupación del espacio. Si la potencialidad del ambiente es suficiente para la existencia de un bosque, la forma de vida dominante serán los árboles que estarán organizados en relaciones verticales y estratificaciones y horizontales de densidad".

Gajardo (1981) señala en este mismo sentido que “Esencialmente, la situación actual de aparente simplicidad estructural, que referimos bajo la formación vegetal de matorral, es atribuible al conocido proceso de desertificación. Es decir, una pérdida de la productividad o capacidad de sostenimiento de cada una de las unidades ambientales originales, que se manifiesta como una pérdida de la diversidad estructural hacia tipos vegetacionales con menores requerimientos”.

De esta forma, los procesos que ha vivido el bosque esclerofilo para alcanzar su estado actual, Gajardo (1981) los explica de la siguiente manera “(...) después del incendio, a la siguiente temporada, la falta de los estratos arbóreos y arbustivos señala una dominancia inmediata del estrato herbácea, que ahora no encuentra competencia y que además tiene a favor el stock de nutrientes liberados del material leñoso. Tenemos aquí la pradera que requiere el ganadero. Pero, junto con el crecimiento de las hierbas, se produce un abundante rebrote de las especies leñosas que aún están vivas. Y, al cabo de algunos años, se encuentra en plena recuperación de la forma de vida leñosa, volviendo a recuperar tanto la dimensión vertical como horizontal, haciendo retroceder la hierba y obstaculizando el paso de los animales. Nuevamente el hombre recurre al uso del fuego, repitiendo el ciclo y así sucesivamente. Pero las cepas van perdiendo su capacidad de brotación y van muriendo; al mismo tiempo disminuye la producción de semillas y las plántulas que germinan mueren por el fuego o son comidas por los animales. La capacidad regenerativa de una comunidad vegetal es bastante alta, pero llega un momento en que sus posibilidades se ven superadas, no por el efecto mismo sobre las plantas, sino por el deterioro que sufre el medio que éstas ocupan”.

En resumen, no es un evento en específico el que hace decantar el proceso de regresión del bosque esclerofilo, sino es la constante presión que se ejerce a estos ecosistemas la que termina por inducir a una vegetación degradada asociada a menores requerimientos de humedad. En concordancia con lo anterior Gajardo (1981) agrega “Sobre el principio que la regresión de las especies con mayores requerimientos provoca un avance de aquellas menos exigentes, encontramos una posible interpretación a la dinámica actual del matorral y bosque esclerofilo”.

6.6. Uso actual del área de estudio

Por otra parte, la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) en conjunto con la Corporación Nacional Forestal (CONAF), periódicamente realizan un levantamiento de uso de suelo a escala 1:50.000 como parte del Proyecto Catastro. En este documento presentan un total de 27 unidades catastrales que caracterizan los distintos usos de suelo que posee el territorio nacional.

En lo que corresponde al área de estudio sólo se identificaron 4 categorías de uso de suelo, las cuales responden a:

1. Matorral: Las características vegetacionales de esta categoría responden a un fuerte grado de intervención antrópica, en donde la vegetación arbustiva ha ocupado

terreno que en su mayoría ha sido cubierto por las especies *Retanilla trinervia*, *Acacia caven*, *Baccharis linearis*.

2. Matorral arborescente: Las características vegetacionales de esta categoría se explican por dos factores; por un lado corresponden a áreas de intervenciones antrópicas intermedias o leves, en los que los remanentes de vegetación leñosa (como *Quillaja saponaria*, *Colliguaja odorifera* y *Lithraea caustica*) tienen un cierto grado de recuperación; y por otro lado, las áreas desnudadas han sido colonizadas por especies arbustivas más agresivas como *Retanilla trinervia* y *Baccharis linearis*.

3. Pradera: Vegetación en la que dominan los pastos o gramíneas. No se identifican especies en esta categoría.

4. Renoval: Corresponde a bosques relativamente jóvenes entre 20 a 80 años, los cuales se originaron posterior a alguna perturbación de origen humano o natural (derrumbes, incendio, talas, etc.), que por medio de semillas o rebrotes se ha reconfigurado. Las especies características de esta categoría corresponden a *Cryptocarya alba*, *Quillaja saponaria* y *Lithraea caustica*.

Estas cuatro categorías a la vez están clasificadas considerando el porcentaje de cobertura según CONAMA, CONAF y BIRF (1999) son cuatro y se detallan a continuación en la tabla 2:

Tabla 2: Categoría y coberturas de CONAMA, CONAF y BIRF (1999).

Categoría	Porcentaje de cobertura
Denso	> 75 %
Semidenso	50 - 75 %
Abierto	25 - 50 %
Muy abierto	< 25 %

Así se conformaron las 10 clases de uso de suelo presentes en el área de estudio, las cuales se describen sus extensiones en la tabla 3 y se grafican en el Anexo 3.

Tabla 3: Coberturas según proyecto Catastro de CONAMA, CONAF y BIRF (1999).

Uso actual	Área (ha.)	Porcentaje
Matorral Abierto	1.005,7	15,11
Matorral Arborescente Muy Abierto	0,99	0,01
Matorral Arborescente Semidenso	1.852,64	27,84
Matorral Arborescente Abierto	727,55	10,93
Matorral Arborescente Denso	52,08	0,78
Matorral Muy Abierto	355,44	5,34
Matorral Semidenso	1.126,38	16,92
Praderas Anuales	4,76	0,07
Renoval Abierto	1.067,03	16,03
Renoval Semidenso	463,02	6,96
Total	6.655,59	100

6.7. Hidrología

En general los ríos cordilleranos de la zona central de Chile, tienen un régimen predominantemente torrencial, con una pendiente a la entrada del valle del orden del 3%, y poseen como característica principal un proceso inestable en cuanto a la pendiente de equilibrio de su cauce (Garín, 1979).

La importancia de estos ríos en términos medioambientales es también de una relevancia trascendental, ya que son sectores de proliferación de vida, en donde se generan dinámicas que amoldan el entorno y éste a su vez a sus espacios circundantes. Las interrelaciones que permiten estos cauces poseen un valor incalculable que beneficia a la vida y el medioambiente.

Los principales cauces de agua próximos al área de estudio, corresponden a los ríos Mapocho y Maipo, siendo éstos los únicos cursos de agua fluviales que drenan en la provincia de Talagante. Esta red de drenaje natural es fundamental para la provincia dado su fuerte utilización en el sector agrícola.

De esta manera, se presenta la espacialización de la hidrología de la provincia de Talagante en el anexo 1, mientras que el detalle de ésta misma se ubica en el anexo 4.

6.8. Geología y Geomorfología

En cuanto a la geología, los datos más actualizados corresponden a los levantados por el SERNAGEOMIN (2003) en la publicación “Mapa Geológico de Chile” a escala 1:1.000.000, en donde se hace una representación conceptual de unidades que reflejan tiempos y mayores procesos, relevantes a escala de compilación y de influencia regional.

Las principales unidades geológicas ubicadas en el área de estudio corresponden a:

Kiag: Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo (123-85 Ma).

Rocas intrusivas. Dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas, monzogranitos de hornblenda y biotita. En la Cordillera de la Costa, regiones II a IV, al este del Sistema de Fallas Atacama-El Romeral y asociados a mineralización de Fe-Cu-Au (Candelaria) y Cu-Au (Andacollo); en la Cordillera de la Costa, regiones V a X.

CPg: Carbonífero-Pérmico (328-235 Ma).

Roca intrusiva. Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas, de hornblenda y biotita, localmente de muscovita. En la Precordillera y Cordillera Principal, regiones I a IV: Batolitos compuestos, ‘stocks’ y cuerpos hipabisales (Sierra Moreno, Cordillera de Domeyko, Batolito Elqui-Limarí); en la Cordillera Principal, regiones X y XI: Batolito Panguipulli-Riñihue y ‘Stock’ Leones.

Ki2m: Cretácico Inferior (Neocomiano).

Secuencias volcánicas y sedimentarias marinas: lavas andesíticas y basálticas, tobas y brechas volcánicas y sedimentarias, areniscas y calizas fosilíferas. En la Precordillera,

región III: Estratos Cerro El Aguila; en la Cordillera Principal, región IV: formación Los Pelambres; en la Cordillera de la Costa, regiones V y Metropolitana: Formación Lo Prado.

De esta manera, las unidades geológicas del área de estudio descritas en la publicación del “Mapa Geológico de Chile” se grafican en el anexo 5, en donde además se detallan el resto de las unidades presentes en la misma.

A nivel geomorfológico, el área de estudio se emplaza en uno de los relieves de la Cordillera de la Costa, en donde las cotas más altas alcanzan altitudes cercanas a los 1000 m.s.n.m. Las estribaciones orientales y algunos de los depósitos de las rinconadas desarrolladas entre ellas están en contacto directo con el cauce o con depósitos de terraplenamiento fluvial. En estos últimos, se aprecia principalmente la existencia de formas de acumulación, asociadas a la acción que ha ejercido el Río Maipo y su afluente el Río Mapocho a lo largo del tiempo, debido a las variaciones de los procesos glaciales e interglaciales del Cuaternario, donde el avance y retroceso de las masas de hielo provocaron la erosión y transporte de sedimentos dentro de la alta cordillera para ser depositados en la llanura central debido a la acción fluvial (Milovich, 2000 en Luca, 2010).

6.9. Suelos

Por otra parte, la clasificación más actual realizada en la Región Metropolitana en relación a los suelos, fue levantada por el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), a través del “Estudio agrológico de la Región Metropolitana”, en donde se realizó una actualización y homogeneización de los estudios de suelos. Esta clasificación presenta información completa sobre los suelos que incluye el estudio agrológico y las clasificaciones interpretativas de Capacidad de Uso, Categoría de Riego, Clases de Drenaje, Aptitud Frutal, Aptitud Agrícola y Erosión Actual de los Suelos.

De modo general, los principales órdenes de suelo presentes en el área de estudio son según CIREN y CORFO (1996) los siguientes:

Mollisols: Son los suelos profundos, con un horizonte superficial negro, rico en materia orgánica, que se han formado en condiciones de estepa o de pradera. Son suelos fértiles que, con adecuado manejo, pueden producir rendimientos muy elevados.

Alfisols: Son suelos cuya característica esencial es poseer un horizonte B fuertemente expresado por un incremento de arcilla en relación con el horizonte A. Son suelos que, adecuadamente manejados, pueden llegar a ser muy productivos ya que presentan un buen nivel de elementos nutrientes.

Inceptisols: Son suelos con mayor grado de desarrollo que los Entisols, ya que presentan un horizonte B bien definido; incluso pueden tener un horizonte superficial negro con alto contenido de materia orgánica.

Por su parte, las principales unidades de suelo ubicadas en el área de estudio fueron las siguientes:

Serie Lo Vásquez (LVZ)

LVZ-1: Corresponde a suelos de textura superficial franco arcillo arenosa, moderadamente profundos, de topografía de lomajes con 20 a 30% de pendiente y bien drenados.

Tabla 4: Serie LVZ-1.

Capacidad de uso	Vlle1	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	6	Aptitud frutal	E
Erosión	1	aptitud agrícola	7

LVZ-9: Corresponde a la Fase de textura superficial arcillosa, delgada, en topografía muy escarpada con más de 45% de pendiente y excesivamente drenada. Se ubica en los sectores de vertientes de quebradas con buena vegetación arbustiva y arbórea.

Tabla 5: Clasificación serie LVZ-9.

Capacidad de uso	Vlle1	Clase de drenaje	6
Categoría de riego	6	Aptitud frutal	E
Erosión	0	aptitud agrícola	7

Asociación Mansel

MN-5: Corresponde a la Fase de textura superficial franco arcillo limosa, ligeramente profunda, topografía de montaña con pendientes superiores a 50%, bien drenada y con pedregosidad superficial y afloramientos rocosos comunes.

Tabla 6: Clasificación asociación MN-5.

Capacidad de uso	Vlle1	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	6	Aptitud frutal	E
Erosión	0	aptitud agrícola	7

De esta forma, las unidades de suelo del área de estudio clasificadas por CIREN y CORFO (1996) se grafican en el Anexo 6, en donde además se detallan el resto de las unidades presentes en la misma.

7. Materiales y Métodos

7.1. Materiales utilizados

1- Imágenes satelitales multiespectral del satélite Landsat 5 TM.

Tabla 7: Características principales del satélite Landsat 5 TM.

Banda	Espectro	Ancho de Banda (μm)	Tamaño de píxel (m)
1	Azul	0,45 - 0,52	30 x 30
2	Verde	0,52 - 0,60	30 x 30
3	Rojo	0,63 - 0,69	30 x 30
4	Infrarrojo cercano	0,76 - 0,90	30 x 30
5	Infrarrojo medio	1,55 - 1,75	30 x 30
6	Infrarrojo térmico	10,4 - 12,5	120 x 120
7	Infrarrojo lejano	2,08 - 2,35	30 x 30
8	Pancromática	-	

2- Cartografía digital de la Región Metropolitana. Proyecto OTAS escala 1:50.000.

3- Software de sistema información geográfica (SIG).

4- ArcGis 9.3.

5- ArcGis 10.

6- ENVI 4.4.

7- ERDAS IMAGINE.

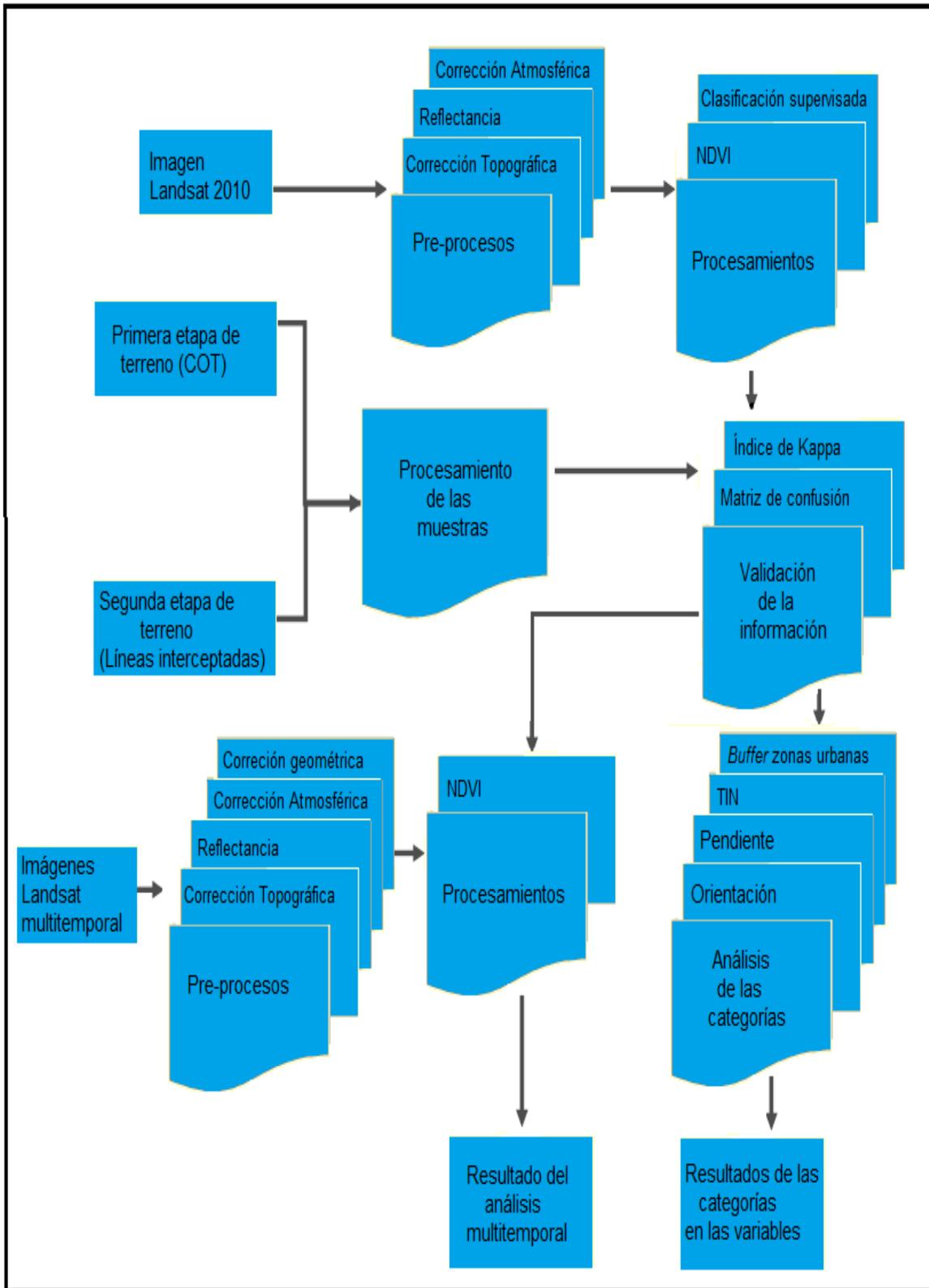
8- GOOGLE EARTH.

9- Equipo GPS (Sistema de Posicionamiento Global) marca Garmin, modelo Etrex.

10- Huincha para medir, RedLine professional 30 metros.

11- Vara de 2 metros.

Figura 1: Diagrama de flujo de la metodología utilizada.



7.2. Selección de imágenes de satélite

Las imágenes de satélite fueron seleccionadas bajo la mirada de dos criterios principalmente, sin embargo, fue determinante en una primera instancia considerar la disponibilidad de las imágenes descargables gratuitamente desde el sitio de internet de la *United States Geological Survey* (USGS) (<http://glovis.usgs.gov/>).

El primer criterio fue la consideración exclusiva de las imágenes que se encuentren dentro de la estación de verano, para que los resultados sean comparables entre imágenes y de esta forma, no atribuir los cambios a fenómenos climatológicos ya establecidos. El segundo criterio a considerar fue el porcentaje de cobertura y distribución espacial de nubes sobretodo en las áreas de interés para el estudio.

Teniendo en cuenta estos dos criterios y considerando además que el sensor de Landsat 7 se encuentra deteriorado a partir del año 2003, se obtuvieron las siguientes imágenes para realizar el estudio:

Tabla 8: Imágenes seleccionadas para la memoria.

Imagen	Sensor	Fuente	Fecha
LT52330831985025XXX03	Landsat 5 TM	USGS	15-01-1985
LT52330831987015XXX03	Landsat 5 TM	USGS	15-01-1987
LT52330831990023CUB00	Landsat 5 TM	USGS	23-01-1990
LT52330831993079CUB00	Landsat 5 TM	USGS	20-03-1993
LT52330831996040CUB00	Landsat 5 TM	USGS	09-02-1996
LT52330831999032CUB00	Landsat 5 TM	USGS	01-02-1999
LT52330832004030CUB00	Landsat 5 TM	USGS	30-01-2004
LT52330832007038CUB00	Landsat 5 TM	USGS	07-02-2007
LT52330832010030CUB00	Landsat 5 TM	USGS	30-01-2010

7.3. Preparación de las imágenes

La interpretación digital de las imágenes de satélite se basa principalmente en el análisis del comportamiento espectral de los elementos fundamentales del paisaje. Estos últimos se manifiestan con una respuesta diferente en cada una de las bandas espectrales que registra la imagen de satélite, siendo la combinación de bandas una herramienta útil que puede servir para obtención de información más precisa, a partir la generación de índices, transformaciones y clasificaciones espectrales (Oyola, 2009).

Para generar información con las imágenes mediante técnicas geomáticas, es necesario primeramente realizar las aplicaciones de correcciones que eliminen el ruido generado por las condiciones atmosféricas u otras limitantes que distorsionen la veracidad de lo captado por los sensores.

7.3.1. Corrección topográfica

Mediante este tipo de corrección se compensan las diferencias de iluminación de una imagen debido a la topografía del terreno, las que ocasionan una variación en la respuesta espectral de los píxeles de la escena (Oyola, 2009).

Las imágenes Landsat 5 TM proporcionadas por el sitio de internet de la *United States Geological Survey* (USGS), están procesadas con una corrección estándar de terreno a partir de los *Digital Elevation Model* (DEM) que proporcionan una mayor exactitud topográfica. Para ello, se utilizan modelos de elevación digital como *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), *Canadian Digital Elevation Data* (CDED), *The National Elevation Dataset* (NED), *Digital Terrain Elevation Data* (DTED) y el GTOPO 30.

En general, todas las imágenes proporcionadas por el sitio de la *United States Geological Survey* (USGS) vienen con estas correcciones. Sin embargo, se tuvo el reparo de seleccionar las imágenes con la categoría "L1T", que son aquellas que poseen la mejor calidad de estas correcciones.

7.3.2. Reflectancia

La capacidad para detectar y cuantificar cambios del medio ambiente en la tierra y su balance energético global depende de los sensores de los satélites que pueden proporcionar de forma calibrada, las mediciones consistentes de las características de la superficie de la tierra. Para reducir la variabilidad entre escenas se puede lograr a través de la normalización de la radiación solar mediante la conversión de los valores de radiancia espectral a una reflectancia planetaria (Chander y Markham, 2003).

En este sentido, radiancia es descrito por Brizuela *et al.* (2007) como cantidad de energía electromagnética que pasa a través o es emitida desde un área en particular, confinada en un ángulo sólido en una dirección específica, mientras que reflectancia es el cociente entre la energía reflejada y la energía incidente. De esta forma, la reflectividad es una variable cuyos valores son comparables para distintos lugares y distintas fechas, haciendo más sólida la interpretación de los datos y el análisis integrado entre imágenes de distintos sensores (Chuvieco, 1996).

Cuando se comparan imágenes de distintas fechas es ventajoso transformar los valores de radiancia en reflectancia porque se remueve el efecto producido por ángulo solar y se compensan las diferencias en los valores de la irradiancia solar extra-atmosférica (Chander y Markham, 2003; Brizuela *et al.* 2007). De esta manera, la reflectancia combinada de la superficie y atmósfera se calcula mediante la fórmula 1:

Fórmula 1: Ecuación de Reflectancia.

$$P_{\rho} = \frac{\pi * L_{\lambda} * d^2}{E_{SUN\lambda} * \cos \theta}$$

Donde:

P_p : Reflectancia planetaria adimensional.

L_λ : Radiancia espectral en apertura del sensor.

d : Distancia tierra-sol en unidades astronómicas.

$ESUN_\lambda$: Irradiancia solar exoatmosférica media.

ϑ : Ángulo cenital solar en grados.

7.3.3. Corrección atmosférica

Esta corrección se utiliza para eliminar distorsiones de las imágenes debido a los efectos de las partículas presentes en la atmósfera. Comprende principalmente la eliminación del efecto de la dispersión de la radiación electromagnética originada por parte de los gases y partículas en suspensión en la atmósfera (Oyola, 2009). Tiene como fin minimizar el efecto de la radiación reflejada por la atmósfera, para lo cual se utilizó el método propuesto por Chávez (1975), en donde se indica que los cuerpos u objetos de alta absortividad* deberían tener valores de nivel digital 0 (Chuvieco, 1996 en Oyola, 2009). Este proceso, conocido como *Dark Object Subtraction Model* (DOSM) elimina el efecto de la niebla sobre la imagen.

7.4. Procesamiento de las imágenes

El nivel de reflectancia de las imágenes se ve modificado principalmente por los siguientes factores de la vegetación; primeramente los tipos de pigmentos, ya que éstos afectan a las longitudes de ondas del espectro visible (0,4-0,7 μm) donde el 65% es absorbido por la Clorofila, el 29% por la Xantófila y el 6% por Carotenos; la estructura de las hojas (capa esponjosa del mesófilo) a su vez aumenta la reflectividad en la zona del infrarrojo cercano (0,8-1,1 μm); y finalmente el contenido de humedad afecta la reflectividad ya que entre los rangos 1,4 μm y 1,8 μm (infrarrojo medio), ésta depende directamente del contenido de agua entre y dentro de las células. De esta manera, en condiciones de hidratación normales ambos valles son profundos y marcados, mientras que en condiciones de estrés hídrico éstos son menos marcados aumentando su reflectividad (Moreno, *et al.* 2001 en Hernández y Montaner, 2009).

Si se analiza el comportamiento del dosel vegetal, los factores que afectan su reflectividad son la proporción de hojas, lignina y efecto del suelo, la geometría de las hojas y los ángulos de observación de éstas (Sreck, *et al.* 2003 en Hernández y Montaner, 2009).

De manera general, se puede decir que la vegetación presenta una reducida reflectividad en las bandas visibles (azul, verde y rojo), con un máximo relativo en la región del verde 0.55 μm , siendo esto debido al efecto absorbente de los pigmentos fotosintéticos de las hojas, entre ellos la clorofila absorbe en la zona del rojo. La estructura celular interna de la

Absortividad: medida de la cantidad de luz absorbida por una solución.

elevada reflectividad en el infrarrojo cercano que luego va reduciéndose paulatinamente hacia el infrarrojo medio. Por tanto, el contraste más nítido se presenta entre las bandas visibles (especialmente rojo) y el infrarrojo cercano. Cuanto mayor es ese contraste, mayor es el vigor de la vegetación (Chuvieco, 1996).

7.4.1. Índice de la diferencia normalizada de la vegetación

El procesamiento de las imágenes incluyó la generación del índice NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Este índice sirve para mejorar la capacidad de interpretación de los datos, que suelen ser utilizados para optimizar la discriminación entre dos cubiertas con comportamiento reflectivo muy distinto entre dos bandas (Chuvieco, 1996).

Por ejemplo, se puede obtener una nueva banda dividiendo una banda original por otra. Así se obtiene una banda que actúa como un índice que podría mejorar la interpretación de algún tipo de cobertura en particular (Hernández, 2005 en Oyola, 2009).

El NDVI establece una correlación entre las bandas de la imagen satelital para crear una imagen simplificada en donde se genera un gradiente desde las zonas con gran biomasa o vigor vegetacional, hasta las zonas sin cobertura vegetal. Para su cálculo se utiliza la fórmula 2:

Fórmula 2: Ecuación del NDVI.

$$NDVI = IRC - R / IRC + R$$

Donde:

IRC: banda del Infrarrojo cercano.

R: banda color rojo.

Cuando la vegetación sufre algún tipo de estrés (por ejemplo plagas o sequías), su reflectividad será inferior en el infrarrojo cercano, aumentando en el rojo, con lo que el contraste entre ambas bandas será mucho menor que si la planta no estuviese sometida a esa situación de estrés (Chuvieco, 1996).

En varios estudios se ha comprobado una clara relación entre el cociente infrarrojo medio/infrarrojo cercano y el contenido de humedad en las hojas, lo que permite detectar aquellas zonas afectadas por estrés hídrico (Hunt y Rock, 1989; Vogelmann, 1990; Cohen, 1991 en Pérez, 2004).

Los valores entregados por el NDVI varían entre -1 y 1. Si el valor se acerca a 1 está indicando una vegetación vigorosa y sana, mientras los valores cercanos a cero se relacionan con suelo fraccionado a desnudo y en tanto los valores negativos generalmente corresponden a nubes o cuerpos de agua. Así, mediante el empleo de este índice se puede identificar diferentes tipos de cobertura vegetal.

7.5. Cálculo de superficie de las categorías vegetacionales

En esta etapa de la investigación se generó una nomenclatura de las distintas categorías vegetacionales presentes en el área de estudio, entendiendo “categorías vegetacionales” como clases o tipos de vegetación identificables dentro del área de estudio basándose en su comportamiento espectral.

Estas categorías fueron establecidas considerando los pisos vegetacionales propuestos por Luebert y Pliscoff (2006), en conjunto con las categorías y coberturas definidas por CONAMA, CONAF y BIRF (1999).

La primera categoría que se estableció fue el “bosque esclerofilo denso”, que comprende los pisos vegetacionales del bosque esclerofilo mediterráneo andino de *Quillaja saponaria* y *Lithraea caustica*, el bosque esclerofilo mediterráneo costero de *Lithraea caustica* y *Cryptocarya alba* y por último el bosque esclerofilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus*. Esto se realizó debido a que el comportamiento espectral de los mencionados pisos vegetacionales poseen una respuesta similar en las imágenes Landsat, ya que la resolución que posee este sensor es muy baja, por lo que no permite diferenciar entre las especies. Sin embargo, las imágenes Landsat han demostrado en otros estudios que poseen una resolución que permite diferenciar coberturas (Castillo, 2007; Oyola, 2009), por lo que se incorporó la terminología de CONAMA, CONAF y BIRF (1999) para distinguir la cobertura de la vegetación, siendo definido en este caso particular como “denso” lo que corresponde a una cobertura arbórea superior al 75%, representando la categoría que presenta el mejor estado de conservación del bosque esclerofilo.

La segunda categoría establecida fue el “bosque esclerofilo semidenso”, el cual responde a los mismos pisos vegetacionales del bosque esclerofilo denso, con un grado leve de deterioro que se ve reflejado en una pérdida de cobertura de la vegetación arbórea. Para determinar el grado de cobertura “semidenso” se utilizó como referencia los rangos establecidos por CONAMA, CONAF y BIRF (1999), y se fijó en una cobertura superior o igual al 50% e inferior o igual al 75% de especies arbóreas.

En tercer lugar se encuentra la categoría de “bosque esclerofilo abierto”, el cual viene a ser un bosque esclerofilo con un grado avanzado de degradación. Este bosque esclerofilo no sólo presenta una pérdida de cobertura de las especies arbóreas, sino además una disminución en la vigorosidad de la vegetación y la aparición de especies indicadoras de intervención. Para determinar el grado de cobertura “abierto” también se utilizó como referencia los rangos establecidos por CONAMA, CONAF y BIRF (1999), y se fijó en una cobertura superior o igual al 25% e inferior al 50% de especies arbóreas.

La cuarta categoría es el “bosque esclerofilo muy abierto” que según los pisos vegetacionales de Luebert y Pliscoff, se asocia al bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven* y *Prosopis chilensis*, el cual abarca una región considerable del área de estudio y es calificado como una etapa consolidada de deterioro del bosque esclerofilo original. En términos de cobertura según la terminología establecida por CONAMA,

CONAF y BIRF (1999), el término “muy abierto” responde a una cobertura menor al 25% de vegetación arbórea.

Se agregó en quinto lugar la categoría “matorral esclerofilo”, en base a la referencia del uso de suelo establecido por CONAMA, CONAF y BIRF (1999), mientras que también se consideró la terminología utilizada por CONAMA, CONAF y BIRF (1999) para diferenciar coberturas. En este sentido, esto se realizó con el fin de distinguir la abundancia que presenta las especies matorrales, de tal manera que de existir una mayor cobertura de éstas por sobre las especies arbóreas, esta zona se consideraría como “matorral esclerofilo”.

Por último, se agregó una categoría que se relaciona a dos usos de suelos establecidos por CONAMA, CONAF y BIRF (1999), correspondientes a las zonas de praderas y matorral muy abierto. Esta categoría recibió el nombre de “pradera o matorral esclerofilo muy abierto” y se asocia al estado más degradado que puede presentar el bosque esclerofilo. En términos de cobertura según la terminología establecida por CONAMA, CONAF y BIRF (1999), el término “muy abierto” responde a una cobertura menor al 25% de vegetación arbórea.

7.6. Clasificación supervisada preliminar

El método de la clasificación supervisada parte de un cierto conocimiento de la zona de estudio, adquirido por experiencia previa o por trabajo en campo. Esta mayor familiaridad con el área de estudio permite al intérprete delimitar sobre la imagen unas áreas suficientemente representativas para cada una de las categorías que componen la leyenda. Estas áreas se dominan *training fields* (áreas de entrenamiento) (Chuvieco, 1996).

De ahí como lo señala explícitamente el término “*training fields*”, es que estas áreas ayudan a “entrenar” al programa de clasificación en el reconocimiento de las distintas categorías. En otras palabras, a partir de las áreas de entrenamiento se caracterizan cada una de las categorías para posteriormente asignar en el resto de los píxeles de la imagen, las categorías en función de la similitud de sus números digitales (ND) extraídos como referencia inicialmente (Chuvieco, 1996).

Para realizar esta primera delimitación se utilizó las imágenes del software Google earth, ya que posee una mejor resolución que las imágenes Landsat, permitiendo distinguir de mejor manera entre las categorías previamente descritas. Mientras que para la determinación de las áreas suficientemente representativas para cada una de las categorías, como es señalado por Chuvieco (1996), fueron establecidas con el asesoramiento de la ingeniera forestal Larisa Donoso.

En cuanto al tamaño de la muestra, según Chuvieco (1996) se requiere seleccionar un mínimo de $m + 1$ píxeles por categoría, siendo “m” el número de bandas que integran el análisis. Sin embargo, conviene superar con creces este límite mínimo.

Las categorías fueron muestreadas el día 13 de enero de 2012 y son graficadas en el anexo 7, detalladas en el anexo 22 y descritas a continuación:

7.6.1. Descripción de las categorías vegetacionales

7.6.1.1. Bosque esclerofilo denso (cobertura arbórea > 75%)

El bosque esclerofilo denso está representado por comunidades con presencia dominante de *Cryptocarya alba*, *Lithraea caustica* o *Quillaja saponaria*. Es más probable encontrar esta asociación vegetal en las laderas de exposición sur, más favorecida por la humedad, siendo más comúnmente dominante la especie *Cryptocarya alba*, mientras que en condiciones intermedias se aprecia la dominancia de *Lithraea caustica* y *Quillaja saponaria*. En general, cuando el bosque se encuentra en buen estado carece de sotobosque y escasamente se pueden ver helechos, como es mencionado por Teillier *et al.* (2005).

Los sitios de entrenamientos utilizados para definir la categoría de “bosque esclerofilo denso”, corresponden a los puntos ubicados en las coordenadas UTM en la tabla del Anexo 22.

Figura 2: Sitio de entrenamiento de “bosque esclerofilo denso”.



7.6.1.2. Bosque esclerofilo semidenso (cobertura arbórea $\leq 75\%$ y $\geq 50\%$)

El bosque esclerofilo semidenso corresponde a la segunda categoría del bosque esclerofilo, diferenciándose con la primera por encontrarse con un grado de deterioro. Es sin embargo, un estado muy leve de alteración, reflejado en una pérdida de cobertura arbórea, o bien, una disminución de la vigorosidad de las especies presentes. Otra característica es la aparición del sotobosque con presencia de helechos como Quilquil (*Blechnum hastatum*) y los culantrillos (*Adiantum sp.*).

Los sitios de entrenamientos utilizados para definir el “bosque esclerofilo semidenso”, corresponden a los puntos ubicados en las coordenadas UTM en la tabla del Anexo 22.

Figura 3: Sitio de entrenamiento de “bosque esclerofilo semidenso”.



7.6.1.3. Bosque esclerofilo abierto (cobertura arbórea < 50% y ≥ 25%)

Esta categoría corresponde a un estado avanzado de deterioro que presenta el bosque esclerofilo original. Sin embargo, aún conserva de manera muy reducida remanentes de la vegetación arbórea, dando paso a un tipo de matorral secundario en el que son frecuentes especies indicadoras de degradación como el romerillo (*Baccharis linearis*), el tebo (*Retanilla trinervia*), y el espino (*Acacia caven*) (Teillier *et al.* 2005; Luebert y Pliscoff, 2006).

Los sitios de entrenamientos utilizados para definir el “bosque esclerofilo abierto”, corresponden a los puntos ubicados en las coordenadas UTM en la tabla del Anexo 22.

Figura 4: Sitio de entrenamiento de “bosque esclerofilo abierto”.



7.6.1.4. Bosque esclerofilo muy abierto (cobertura arbórea < 25%)

El bosque esclerofilo muy abierto responde a una fase consolidada de degradación del bosque esclerofilo original, en donde aparece la predominancia del espinal de baja cobertura.

Es altamente probable que las zonas de espinales sean espacios donde el bosque esclerofilo se encuentre extremadamente deteriorado por las intervenciones antrópicas (Luebert y Pliscoff, 2006). En algunos casos se aprecia una importante pérdida de cobertura arbórea, siendo reemplazado casi en su totalidad por los espinales.

Los sitios de entrenamientos utilizados para definir el “bosque esclerofilo muy abierto”, corresponden a los puntos ubicados en las coordenadas UTM en la tabla del Anexo 22.

Figura 5: Sitio de entrenamiento de “bosque esclerofilo muy abierto”.



7.6.1.5. Matorral esclerofilo (cobertura matorral > arbórea)

La categoría de matorral esclerofilo responde a un estado consolidado de la degradación del bosque esclerofilo, donde la presencia de vegetación arbórea ha sido completamente remplazada por un sotobosque de baja altura y poca cobertura. En general, cuando el bosque esclerofilo se encuentra en este estado de deterioro, se puede apreciar la presencia dominante de arbustos como el romerillo (*Baccharis linearis*), el tebo (*Retanilla trinervia*) y el crucero (*Colletia spinosissima*) (Teillier *et al.* 2005; Luebert y Plissock, 2006).

Los sitios de entrenamientos utilizados para definir la categoría del “matorral esclerofilo”, corresponden a los puntos ubicados en las coordenadas UTM en la tabla del Anexo 22.

Figura 6: Sitio de entrenamiento de “matorral esclerofilo”.



7.6.1.6. Pradera o matorral esclerofilo muy abierto (cobertura matorral < 25%)

Esta categoría responde a todas las zonas que se encuentren con una cubierta vegetal considerablemente menor, dado a las condiciones que presentan estas áreas o las variables intrínsecas que impiden una mayor cobertura vegetal. Estas zonas también pueden ser asociadas a sectores en donde la vegetación haya sido recientemente devastada por acciones humanas tal como los incendios forestales.

Los sitios de entrenamientos utilizados para definir la categoría de “pradera o matorral esclerofilo muy abierto”, corresponden a los puntos ubicados en las coordenadas UTM en la tabla del Anexo 22.

Figura 7: Sitio de entrenamiento de la categoría “pradera o matorral esclerofilo muy abierto”.



7.7. Clasificación final

Una vez realizada la clasificación preliminar, se observó la respuesta espectral en las 6 categorías establecidas, para así esclarecer las diferencias en cada una de ellas. En este sentido, se estableció la relación correspondiente entre las categorías y el rango del NDVI.

Para el caso de la categoría bosque esclerofilo denso se encontró una respuesta espectral distinta al resto, que indicaba una buena salud de la vegetación y que dentro del rango del NDVI su resultados fueron entre 0.4 a 1, sin representar confusión con el resto de las categorías. Por su parte, en las categorías del bosque esclerofilo semidenso y bosque esclerofilo abierto también presentaron respuestas espectrales distintas, por lo que tampoco existió confusión en sus rangos del NDVI, siendo estos últimos entre 0.3 a 0.4 y 0.25 a 0.3, respectivamente.

Sin embargo, para el caso de las categorías del bosque esclerofilo muy abierto y el matorral esclerofilo, existieron escasas diferencias en las respuestas espectrales en ambas categorías, teniendo firmas espectrales muy similares que reflejaban una avanzada pérdida de la vigorosidad del bosque esclerofilo. Esto igualmente se plasmó en el rango del NDVI, que resultó para ambas categorías entre 0.1 a 0.25, por lo que se consideró pertinente dado esto último y a fin de evitar las confusiones, fusionar ambas categorías en una sola que correspondería a la categoría “bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo”.

Con este paso metodológico se redujo de 6 categorías vegetacionales a 5, comprendiendo bosque esclerofilo muy abierto y matorral esclerofilo como una sola categoría denominada “bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo”.

Finalmente, la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto tuvo un comportamiento distinto al resto de las categorías anteriores, lo que se observó en el rango de NDVI que correspondió entre 0.01 a 0.1.

7.8. Descripción geográfica de la clasificación

Dada la amplia extensión del área de estudio se consideró pertinente realizar una descripción más profunda y detallada de las formaciones vegetacionales identificadas, para lo cual se utilizó como marco de referencia la división política administrativa de las comunas de la provincia de Talagante.

En primer lugar, se diferenció la comuna de Padre Hurtado en donde el área de estudio se extiende en 1.938,57 hectáreas correspondientes al 29,13% del total de ésta.

En segundo lugar, se diferenciaron las comunas de Peñaflor y Talagante que con una extensión respectiva de 1.140,33 y 164,07 hectáreas, representan el 17,13% y el 2,47% del total del área de estudio. Dada la escasa representatividad de la extensión de la comuna de Talagante, se consideraron estas dos comunas como un conjunto que

representa la segunda zona diferenciada con un total de 1304,4 hectáreas, es decir, el 19,59% del total del área de estudio.

Por último, se diferenció la comuna de El Monte que con 3.412,62 hectáreas fue la comuna con mayor extensión del área de estudio, concentrando un 51,28% del total de ésta.

Por otro lado, los datos entregados por la clasificación final en las diferentes categorías fueron cruzados con 3 variables abióticas y una cuarta que fue denominada de “origen antrópico”, de manera de establecer patrones de comportamiento según estas variables.

La primera de estas variables fue la exposición respecto a la luz solar, para lo cual se generó, con el software ARCGIS 9.3, un “*Aspect*” a partir de las curvas de nivel del proyecto OTAS escala 1:50.000, que definen la orientación que poseen los distintos sectores del área de estudio.

La segunda variable abiótica que se consideró fue la pendiente, para lo cual se realizó, con el software ARCGIS 9.3, un “*Slope*” a partir de las mismas curvas de nivel del proyecto OTAS, estableciendo rangos de pendientes según la clasificación de Araya Vergara y Börgel (1972), descritos en la tabla 9.

Es necesario agregar que se consideró pertinente en este cruce de clasificaciones realizar un análisis porcentual por rango, es decir, calcular la extensión total por rango y establecer porcentualmente para cada una de las categorías lo que corresponde de ese total, para de esta forma visualizar patrones de comportamiento de la vegetación según los distintos rangos. De esta manera, se evitó que los resultados conduzcan necesariamente a que cada categoría concentre su superficie en los rangos de pendiente que poseen casi la totalidad del área de estudio.

Tabla 9: Rangos de Pendiente según Umbrales Morfo dinámicos, según Araya Vergara y Börgel, 1972 en HABITERRA, 2011.

Pendiente	Concepto	Umbral Geomorfológico
0-2	Horizontal	Erosión nula a leve.
2-5	Suave	Erosión débil, difusa, <i>Sheet wash</i> . Inicio de regeras. Soliflucción.
5-10	Moderada	Erosión moderada a fuerte. Inicio de erosión lineal. <i>Rill wash</i> o desarrollo de regueras.
10-20	Fuerte	Erosión intensa. Erosión lineal frecuente. Cárcavas incipientes.
20-30	Muy fuerte a moderadamente escarpada	Cárcavas frecuentes. Movimientos en masa. Reptación.
30- 45	Escarpada	Coluccionamiento. Soliflucción intensa. Inicio de derrumbes.
+ de 45	Muy escarpada a acantilada	Desprendimiento y derrumbes. Corredores de derrubios frecuentes.

En tercer lugar, se consideró la altitud como una variable descriptiva de la vegetación, para lo cual se generó un “TIN” (*Triangulated Irregular Network*) que en base a las curvas de nivel del proyecto OTAS (utilizando nuevamente el software ARCGIS 9.3) se establecieron rangos cada 100 metros. Así al igual que en el análisis anterior de los rangos de pendiente, se realizó en este cruce de clasificaciones un análisis porcentual por cada rango establecido. Esto es, calcular el total de superficie por rango y establecer porcentualmente a cada una de las categorías lo que le corresponde de ese total.

La cuarta variable establecida para describir el comportamiento de la vegetación fue la intervención humana, para lo cual se generaron áreas de influencia cada 1 kilómetro respecto de los polígonos de las zonas urbanas consolidadas del proyecto OTAS (1998) escala 1:50.000.

Para realizar esta última tarea se utilizó el *toolbox “buffer”* del software ARGIS 9.3. El modo en que se trataron los datos (al igual que en los casos de las variables pendiente y altitud) fue a partir de un análisis porcentual por rango, vale decir, calcular el total de superficie por rango y establecer porcentualmente a cada una de las categorías lo que le corresponde de ese total.

A fin sintetizar y obtener un valor representativo en la descripción de estas últimas tres variables, se dividió el conjunto de los rangos en dos tramos de manera equitativa calculando la proporción estimada de cada categoría de la vegetación respecto del área total del conjunto de los rangos divididos. De esta forma, en los rangos pares no existió inconveniente en la división simétrica de los tramos, en cambio en el momento que la cantidad de rangos fue impar se optó por dejar la mediana fuera del cálculo para mantener equitativo el análisis.

Se realizó además, dado a las diferencias identificadas a lo ancho de la provincia en la composición de la vegetación de las categorías, una descripción en cada una éstas en las tres zonas diferenciadas. Este fenómeno sólo se dio en este sentido, sin identificar variaciones en la composición de la vegetación de las categorías en el resto de las variables analizadas.

7.9. Validación de la clasificación

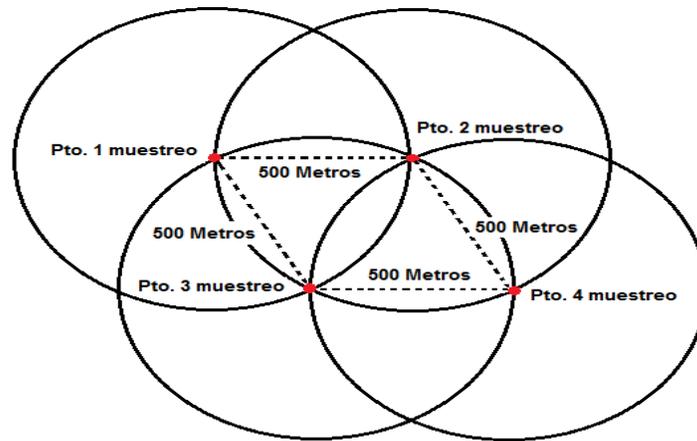
Para llevar a cabo este proceso de verificación siempre es necesario comparar los resultados generados con una fuente externa, que se considere fiel representante de la realidad (Chuvienco, 1996). Por esta razón, concluida la etapa de clasificación se realizó el proceso de verificación aplicando técnicas de muestreo que permitieron estimar con mayor exactitud la veracidad de los datos generados.

7.9.1. Diseño de muestreo sistemático no alineado

El método sistemático no alineado consiste en ubicar en forma aleatoria el primer punto de muestreo y a partir de su establecimiento determinar la ubicación de todos los demás puntos en forma sistemática introduciendo una modificación aleatoria de la ubicación espacial de éstos en uno o los dos ejes (Ministerio del Ambiente, 2009). La distancia entre

los puntos de muestreo fue de aproximadamente 500 metros y se buscó realizar una muestra homogénea del área de estudio.

Figura 8: Esquema de muestreo sistemático no alineado.



Fuente: elaboración propia.

Cabe mencionar que producto de las limitaciones inherentes que posee tomar los datos de terreno en sectores poco intervenidos, tal como fue el caso del área de estudio, las muestras fueron tomadas conforme a la accesibilidad que tuvieron los sectores. De esta manera, se utilizaron los senderos ya habilitados para acceder al área en cuestión.

7.9.2. Cálculo del tamaño de muestra

Para el caso de una imagen clasificada, en donde la variable no es cuantitativa sino categórica, se recomienda emplear la distribución binomial de probabilidad (Chuvieco, 1996; Castillo 2007). La expresión más sencilla se presenta en la fórmula 3:

Fórmula 3: Ecuación para tamaño de muestra.

$$N = \frac{Z^{2*}\alpha*\beta}{E^2}$$

Donde Z, es el valor de la abscisa de la curva normal estandarizada para un nivel determinado de probabilidad; α indica el porcentaje de aciertos estimado; β el de errores ($\beta = 1 - \alpha$) y E, el nivel permitido de error. El valor de α y β puede estimarse a partir de datos auxiliares.

Se consideró los porcentajes de aciertos y errores iguales a 95% y 5%, respectivamente, en base al trabajo de Castillo (2007), quien utilizando imágenes Landsat y realizando técnicas similares de clasificación obtuvo un porcentaje de aciertos del 97,1%.

Así se consideró el error estándar permisible de 5%, para un 95% de confianza, formulando en definitiva la siguiente ecuación:

$$N = \frac{1,96^{2*}95*5}{5^2} = 72,99$$

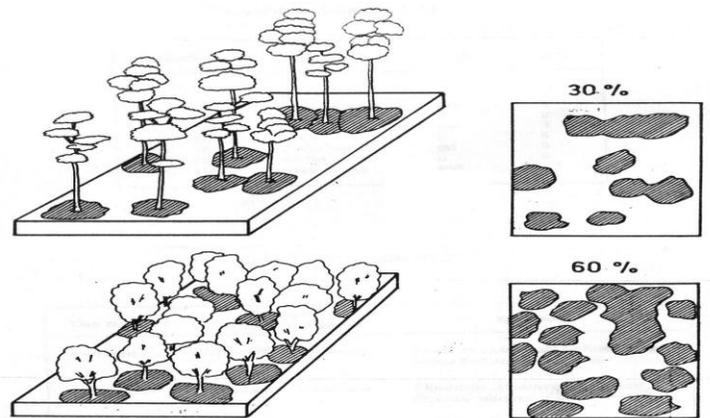
Conviene resaltar que el valor obtenido fue el mínimo tamaño de la muestra, que debe entenderse simplemente como el piso base. Es decir, el muestreo mínimo a realizar en este estudio, fue de 73 puntos de verificación.

7.9.3. Primera etapa de toma de datos en terreno. Metodología Carta de Ocupación de Tierras (COT)

Los problemas derivados del tamaño de las parcelas en relación con la detección del tipo de distribución horizontal de una especie y del grado de asociación entre especies, llevaron a diferentes autores a desarrollar los “métodos puntuales de muestreo” (*plotless sampling*) que evitan el empleo de parcelas (Clark y Evans, 1954; Hopkins y Skellen, 1954; Pielon, 1969 en Donoso 1993).

Al analizar un bosque o comunidad forestal, puede faltar la descripción de las distribuciones vertical y horizontal de la vegetación, pero por lo menos algunos de los parámetros que miden la abundancia o estructura cuantitativa de la vegetación aparecerán necesariamente en una descripción de ella. Sin duda la mejor forma de analizar la vegetación para obtener una buena descripción de ella es midiendo sus diferentes parámetros; sin embargo existen formas de estimarlos, desarrolladas y utilizadas principalmente por las escuelas fitosociológicas europeas (Donoso, 1993). Entre esos parámetros clásicos de medición de abundancia de la vegetación, el empleado en esta memoria fue la cobertura o proporción del piso ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas del vegetal (Donoso, 1993).

Figura 9: Proyección vertical de la vegetación en el suelo.



Fuente: Etienne y Prado, 1982.

En este sentido y teniendo en cuenta las unidades de vegetación definidas anteriormente en la clasificación final, se realizó la descripción para cada uno de los puntos de muestreo teniendo como primera consideración sortear el efecto “frontera” (esto es, evitar la toma de muestra en sectores donde la clasificación final se presenta en el borde de una categoría y otra). Para lo cual se tomaron las muestras de vegetación en zonas con una estructura vegetacional homogénea, evitando las zonas próximas a las divisorias y muestreando preferentemente las zonas en donde la vegetación se exhibió en forma continua.

Además de lo anterior, se realizó el muestreo en base a dos de los tres criterios fundamentales que utiliza la metodología Carta de Ocupación de Tierras (COT) (Etienne y Prado, 1982) para definir las categorías que representan. Estos criterios son descritos en Donoso (2007):

1. Formación vegetal: Es aquel conjunto de plantas, pertenecientes o no a la misma especie, que presentan caracteres convergentes tanto en su forma como comportamiento. Su determinación se hizo en base a los tipos biológicos presentes en las unidades, a través de la estimación de su estratificación y recubrimiento (Godron *et al.* 1968 en Etienne y Prado, 1982).

Se reconocieron cuatro tipos biológicos:

1. Leñoso Alto: especies de tejidos lignificados o leñosos cuyas alturas exceden los dos metros.
2. Leñoso Bajo: especies de tejidos lignificados cuyos tamaños no pasan los dos metros de altura.
3. Herbáceo: especies de tejidos no lignificados, con hojas y tallos ricos en clorofila.
4. Suculento: bajo esta denominación se agrupan principalmente las cactáceas (quiscos y tunillas) y las bromeliáceas (chaguales y cardones).

La estratificación se refiere a la disposición vertical de la vegetación y está dada por los tipos biológicos presentes en la comunidad. En este sentido, la metodología COT descrita por Etienne y Prado (1982) establece que para este procedimiento se realiza una estimación visual, en donde el investigador debe situarse en una posición tal, que le permita una visión global de la formación y luego determinar el tipo biológico presente. Para identificar la estratificación se utilizó una escala estandarizada (Etienne y Prado, 1982) que se detalla en la tabla 10.

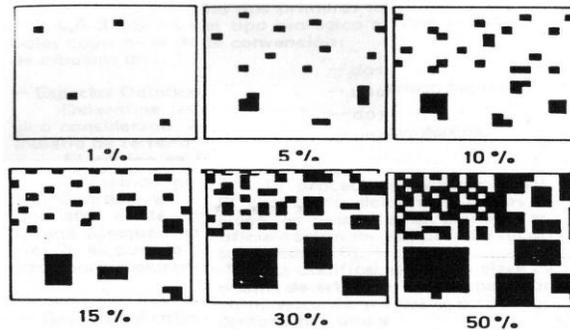
Tabla 10: Categoría de estratificación.

Tipo Leñoso Alto	Tipo Leñoso Bajo	Tipo Herbáceo	Tipo Suculento
2-4 m	0-25 cm	0-25 cm	0-25 cm
4-8 m	25-50 cm	25-50 cm	25-50 cm
8-16 m	50-100 cm	50-100 cm	50-100 cm
> 16 m	1-2 m	1-2 m	1-2 m

La estructura horizontal o recubrimiento representa la superficie de suelo que es ocupada por la vegetación. Su estimación se realizó en forma separada para cada tipo biológico y se expresó como el porcentaje de suelo cubierto por tipo en relación con la superficie total de la unidad descrita (Figura 9).

Es en este mismo sentido, la metodología COT establece que el investigador debe estimar visualmente el porcentaje de cobertura vegetal en base a la pauta presentada en la figura 10.

Figura 10: Pauta para estimación visual de recubrimiento.



Fuente: Folk, en Godron *et al.* 1968, en Etienne y Prado, 1982.

Para la determinación del recubrimiento se utilizó la clave de codificación propuesta por Etienne y Prado (1982) descrita en la tabla 11.

Tabla 11: Categoría de recubrimiento.

Cobertura (%)	Densidad	Índice
1-5	Escasa	1
5-10	Muy clara	2
10-25	Clara	3
25-50	Poco densa	4
50-75	Densa	5
75-100	Muy densa	6

Para realizar el cálculo final de cobertura vegetal en los distintos tipos biológicos, Etienne y Prado (1982) establecen el siguiente ejemplo:

Para el estrato leñoso bajo, con rangos de cobertura entre 25 - 50% y 10 - 25%.

Se suman los valores externos:

Valores mínimos: $25 + 10 = 35\%$

Valores máximos: $50 + 25 = 75\%$

Se obtiene el promedio entre estos valores: $\frac{35 + 75}{2} = \frac{110}{2} = 55\%$

Por lo tanto, el valor promedio para el tipo leñoso bajo será un 55%.

2. Especies dominantes: Son aquellas plantas cuyas características morfológicas marcan fisonómicamente la vegetación. Su determinación se hizo en base a los tipos biológicos anteriormente descritos, registrándose en orden de importancia las especies más representativas de cada punto de muestreo (Donoso, 2007).

7.9.4. Síntesis de la información del primer muestreo

Para la validación de la clasificación se realizaron los terrenos en el periodo de verano 2012, con fecha 04 de febrero (terreno 1), 10 de febrero (terreno 2), 18 de febrero (terreno 3), 25 de febrero (terreno 4), 3 de marzo (terreno 5), 6 de marzo (terreno 6), 10 de marzo (terreno 7) y 17 de marzo (terreno 8).

Para cada uno de estos terrenos se utilizó un equipo GPS con el fin establecer el posicionamiento de los puntos de muestreo. Estos puntos se exhiben en el Anexo 12 y están descritos en los Anexos 23 y 24.

Concluida la etapa de recolección de datos en terreno, la información fue ingresada y clasificada según las características que presentaban las formaciones vegetacionales captadas en terreno. En primer lugar, se caracterizaron los puntos de muestreo según las unidades vegetacionales que, a su vez, se determinaron en función de las especies dominantes que componen los distintos tipos biológicos, los rangos de altura y recubrimiento de dichos tipos biológicos.

En este sentido, de acuerdo a Etienne y Prado (1982) en la información referida a la formación vegetal, descrita por su estratificación y recubrimiento, se establecieron dos límites de cobertura mínima para determinar el tipo biológico que representa una unidad vegetal homogénea: por una parte para los tipos leñosos altos y suculentos se fijó el límite en un 10% de cobertura mínima, mientras que para los leñosos bajos y herbáceos se estableció en al menos un 25% de cobertura.

La clasificación de las formaciones vegetacionales está determinada por la importancia relativa que poseen los distintos tipos biológicos, según los porcentajes de recubrimiento anteriormente señalados. De esta manera, en aquellas formaciones vegetacionales con un tipo biológico dominante, se determinó automáticamente aquel tipo biológico como el dominante. Para otros casos con formaciones vegetacionales más heterogéneas, la denominación fue a partir del tipo biológico que tuviera mayor cobertura. Sin embargo, esta regla considera la excepción cuando el tipo biológico leñoso alto presente coberturas mayores o iguales al 50%, recaerá el nombre de la formación “leñosa alta” sin importar el rango de cobertura que los otros tipos biológicos posean (Etienne y Prado, 1982).

Concluyendo, la determinación de la formación vegetal asociada a la categoría “Pradera o matorral esclerofilo muy abierto” fue establecida en el momento que todos los tipos biológicos presenten una cobertura menor al mínimo contemplado anteriormente (Etienne y Prado, 1982).

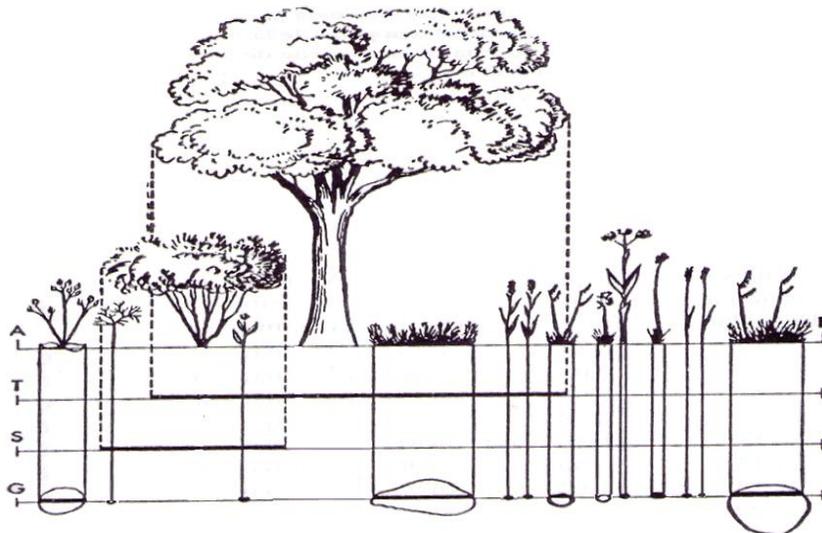
7.9.5. Segunda etapa de toma de datos en terreno. Metodología muestreo líneas interceptadas

Esencialmente consiste en extender una cuerda sobre el piso del bosque o el suelo y se registran en medida de la longitud las copas que interceptan la línea, con la precisión que se desea (figura 11). El registro se efectúa por especies y si las copas de los distintos estratos se traslapan, la cobertura se mide para cada estrato. El método tiene la ventaja de ser más rápido y apto para medir cobertura en grandes superficies y, especialmente, para bosques y vegetación leñosa (Donoso, 1993).

La precisión del método depende a su vez de la precisión que se obtenga con la proyección vertical de las copas sobre la cuerda, la que se hace menor mientras más alto es el estrato y menor es la visibilidad. Se recomienda el empleo de una vara de unos 3 metros de largo para con ella lograr una mayor precisión de la proyección desde el borde de la copa hasta la línea interceptada (Donoso, 1993).

Esta técnica de medición de cobertura vegetal se realiza tendiendo sobre el área de copas de la vegetación una línea de 15 a 30 metros de longitud. Ha sido ampliamente utilizada para medir la cobertura de herbáceas de hoja ancha, arbustos, matorrales y árboles. Este atributo de la vegetación se puede medir a intervalos de tiempo específicos, lo suficientemente largos para identificar cambios en la cobertura vegetal (Wilson y Tupper, 1982 en Sánchez 2008).

Figura 11: Vista lateral de línea (A-B) en el método de Líneas interceptadas.



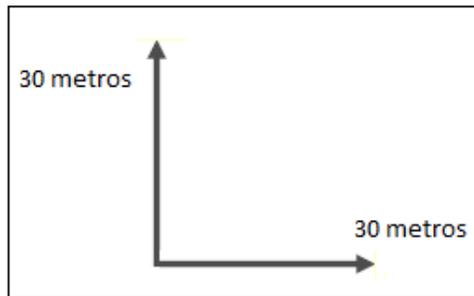
Fuente: Gates, 1949 en Donoso, 1993.

Donde: T = nivel árbol; S = nivel matorral; G = nivel herbáceo.

Para realizar la diferenciación entre los distintos estratos se utilizó las categorías de estratificación propuestas por Etienne y Prado (1982) expuestas en la tabla 10, además se tuvo las mismas consideraciones del muestreo anterior para evitar el efecto "frontera" en la toma de datos en terreno, mientras que la medición de cada punto de muestreo se realizó en dos tramos de 30 metros, dispuestos de manera perpendicular entre sí (figura 12).

Esto último se realizó ya que la intención de este muestreo fue medir y comparar la cobertura en un píxel de la imagen del sensor Landsat que posee una resolución de 30 x 30 metros. Luego de tomar la muestra en los dos tramos de 30 metros para cada uno de los puntos de muestreo, se calculó la cobertura en ambas muestras en base a la fórmula 4, para finalmente promediarlas y obtener la cobertura final de cada uno de los puntos de muestreo.

Figura 12: Esquema de posicionamiento en la toma de datos en terreno.



Fuente: elaboración propia.

Fórmula 4: Ecuación de cobertura vegetal por estrato.

$$\text{Cobertura vegetal por estrato} = \frac{\sum \text{Longitud interceptada por estrato}}{\text{Longitud total empleada en el estudio}}$$

7.9.6. Síntesis de la información del segundo muestreo

Para la segunda validación de la clasificación del NDVI se realizaron los terrenos en el periodo invierno 2012, con fecha 22 de junio (terreno 1), 30 de junio (terreno 2), 5 de julio (terreno 3), 17 de julio (terreno 4), 25 de julio (terreno 5), 9 de agosto (terreno 6), 17 de agosto (terreno 7) y 25 de agosto (terreno 8).

En cada uno de estos terrenos se utilizó un equipo GPS con la finalidad de posicionar con exactitud los puntos de muestreo que se exhiben en el Anexo 13.

Además se utilizaron los instrumentos de campo propios para este tipo de muestras, entre los que se encuentran la huincha de 30 metros para medir cobertura y vara de 2 metros de altura para diferenciar las distintas alturas de las especies. La descripción en detalle de cada uno de los puntos de muestreo con su valor correspondiente se encuentra en los Anexos 25 y 26.

Para determinar a que corresponden los puntos de muestreo, se utilizaron los mismos principios del primer muestreo, vale decir, la determinación se hizo a través del cálculo de cobertura para todos los tipos vegetacionales por separado y se consideraron los mismos rangos de cobertura mínimos para determinar el tipo biológico que representa una unidad vegetacional homogénea.

Por otro lado, la determinación del tipo biológico dominante se realizó bajo los mismos procedimientos de la síntesis de información del primer muestreo, esto es, para aquellas formaciones vegetacionales con un tipo biológico dominante, se determinó automáticamente aquel tipo biológico como el dominante, mientras que para otros casos con formaciones vegetacionales más heterogéneas, la denominación fue a partir del tipo biológico que tuviera mayor cobertura (este procedimiento como fue mencionado anteriormente, considera la excepción de cuando el tipo biológico leñoso alto presente coberturas mayores o iguales al 50%, recaerá el nombre de la formación “leñosa alta” sin importar el rango de cobertura que los otros tipos biológicos posean).

Por último la determinación de la formación vegetacional asociada a la categoría “pradera o matorral esclerófilo muy abierto” fue establecida en el momento que todos los tipos biológicos presentaron una cobertura menor al mínimo contemplado anteriormente (Etienne y Prado, 1982).

7.9.7. Matriz de confusión

La Matriz de confusión consiste en una tabla con clases reales (clases de referencia) que aparecen en columnas, mientras que las unidades identificadas computacionalmente aparecen en las filas de la misma. La tabla formada presenta una visión general de las asignaciones, tanto de las correctas (elementos de la diagonal) como de las migraciones o fugas (elementos fuera de la diagonal) (Ariza, 1996 en Oyola, 2009).

De esta forma, en el proceso de validación de los resultados generados en este estudio, se cruzó la información de los polígonos clasificados en las imágenes Landsat 5 TM del año 2010 configurados en la fase de clasificación final, los que conforman la cobertura digital total del área de estudio y, por otro lado, los datos clasificados de terreno según la formación vegetacional que conforma, siendo éstos las clases reales de referencia, generando así la matriz de confusión que expresa la fiabilidad que tiene el estudio.

7.9.8. Índice de Kappa

El coeficiente Kappa refleja la concordancia inter-observador y puede ser calculado en tablas de cualquier dimensión, siempre y cuando se contrasten dos observadores. El coeficiente Kappa puede tomar valores entre -1 y +1, siendo más cercano a +1, mayor es el grado de concordancia inter-observador, por el contrario, mientras más cercano a -1, mayor es el grado de discordancia inter-observador. Un valor del índice Kappa igual a 0 refleja que la concordancia observada es precisamente la que se espera a causa exclusivamente del azar (Cerdeña y Villarroel, 2008).

Para realizar el cálculo del índice de Kappa se utilizó la fórmula 5 expresada a continuación:

Fórmula 5: Cálculo índice de Kappa.

$$K = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e}$$

Siendo:

$$P_0 = \frac{\text{N}^\circ \text{ de acuerdos}}{\text{N}^\circ \text{ de acuerdos} + \text{N}^\circ \text{ de desacuerdos}}$$

$$P_e = \sum_{i=1}^n (P_{i1} \times P_{i2})$$

Donde:

n = número de categorías.

i = número de la categoría (de 1 hasta n).

pi1 = proporción de ocurrencia de la categoría i para el observador 1.

Pi2 = proporción de ocurrencia de la categoría i para el observador 2.

La interpretación de los resultados de esta ecuación se expresa en la tabla 12:

Tabla 12: Valores índice de Kappa.

Valor Kappa	Fuerza de concordancia
< 0,2	Pobre
0,2 - 0,4	Débil
0,4 - 0,6	Moderada
0,6 - 0,8	Buena
> 0,8	Muy buena

Fuente: López, 2001 en Oyola, 2009.

7.10. Análisis multitemporal

Una de las aportaciones más destacadas de la teledetección espacial al estudio del medio ambiente es su capacidad para seguir procesos dinámicos. Al tratarse de información adquirida por un sensor situado en una órbita estable y repetitiva, las imágenes de satélite constituyen una fuente valiosísima para estudiar los cambios que se producen en la superficie terrestre, ya sean debidos al ciclo estacional de las cubiertas, a catástrofes naturales o alteraciones de origen humano (Chuvieco, 1996).

En este contexto, para generar un análisis multitemporal fue necesario realizar tres procesos que aseguren la veracidad de la información (Chuvieco, 1996). Estos tres procesos se describen a continuación:

7.10.1. Corrección geométrica

Para la comparación multitemporal es preciso que las imágenes se ajusten con gran nivel de detalle, ya que de otro modo se estaría detectando como transformaciones lo que fuera solamente fruto de una falla de ajuste entre imágenes. En efecto, puede llegar a ser muy grave, especialmente cuando se trata de detectar categorías con una gran variabilidad espacial, como es el caso de las zonas urbanas (Gordon, 1982 en Chuvieco, 1996).

Las imágenes Landsat provistas por la USGS cuentan con una corrección geométrica al momento de descargarlas de Internet. De esta manera, se comprobó la exactitud de las imágenes satelitales, comparándolas entre sí con la herramienta "Swipe" del Software ERDAS IMAGINE, para así verificar la precisión de éstas.

7.10.2. Periodicidad del fenómeno

Otro aspecto no menos importante a considerar cuando se habla de un análisis multitemporal, es la escala temporal en la que se manifiesta un fenómeno o, dicho de otra forma, su duración en el tiempo. En este sentido, el rango de los fenómenos ambientales que se estudian en teledetección puede ir desde unas pocas horas (ciclones tropicales, terremotos, erupciones volcánicas) hasta varios años (desertificación, crecimiento urbano). El segundo aspecto se relaciona con la permanencia de los efectos de esa perturbación, que también puede variar en un ciclo de pocos días hasta varios años. En definitiva, la pervivencia de los efectos del fenómeno no tiene que estar relacionado o dicho de otro modo, un fenómeno de corta duración puede tener una larga continuidad y viceversa (Chuvieco, 1996).

La frecuencia más idónea para observar un determinado fenómeno dependerá de ambas variables: duración y pervivencia. Algunos procesos requieren una observación prácticamente continua, como puede ser la cartografía de nubes, mientras que para otros bastará un inventario anual o quinquenal (Jensen *et al.* 1983 en Chuvieco, 1996). A continuación se presenta en la tabla 13, una estimación del periodo que se requiere para calcular cambios en distintos tipos de fenómenos.

Tabla 13: Periodicidad en el estudio de fenómenos.

Fenómeno	Periodo de observación recomendable
Dinámica atmosférica	15-30 min
Seguimiento de desastres	2-24 horas
Evaluación de desastres	1-7 días
Predicción de cosechas	2-3 meses
Análisis de la deforestación	1-3 años
Actualización de mapas de cobertura	3-5 años
Dinámica urbana	5-7 años
Actualización de mapas topográficos	10-20 años

Fuente: Jensen *et al.* 1983 en Chuvieco, 1996.

7.10.3. Homogeneización radiométrica

Otro importante problema en la detección de cambios se produce por las variaciones que introducen las condiciones de observación, situaciones atmosféricas o la calibración del sensor. Estos aspectos modifican la signatura espectral de un píxel, aunque se mantenga constante la cubierta. En consecuencia, es preciso homogeneizar los números digitales (ND) de las imágenes que intervienen en el análisis. Para ello, se optó en este estudio por acudir a los modelos de conversión vistos previamente, incorporando los parámetros de corrección topográfica, atmosférica y de iluminación más propios para cada fecha (Chuvieco, 1996).

7.10.4. Descripción de la variación de las coberturas por categoría

Los datos entregados para cada una de las fechas en las distintas categorías fueron procesados con el fin de establecer patrones de comportamiento de cada una de las categorías descritas anteriormente. De esta forma, se generaron gráficos temporales para esclarecer el comportamiento que están evidenciando cada una de estas categorías, logrando determinar la tendencia a las cuales se están inclinando durante el periodo analizado.

A partir de la segmentación del área de estudio a través de las zonas utilizadas en la etapa de la descripción geográfica de las categorías (véase en método 7.8), se vislumbró a las regiones más afectadas por los agentes degradantes de la vegetación. De esta manera, también se diferenciaron aquellos sectores que presentan una menor presión y en consecuencia mantiene más vigorosa la vegetación. Por consiguiente, se pudo establecer las primeras directrices de donde se deben generar los esfuerzos para enfrentar la degradación de la vegetación nativa del área de estudio.

Asimismo se estableció una dicotomía conceptual en dos clases para observar de mejor manera la dinámica del ecosistema del área de estudio, en base a las categorías anteriormente descritas. En este sentido, se consideró la clase de áreas conservadas como las categorías bosque esclerofilo denso y bosque esclerofilo semidenso, dada su alta composición vegetal arbórea que según la bibliografía citada responde a los remanentes naturales mejor conservados de vegetación nativa.

Como contraparte, se consideró la clase de áreas degradadas como las categorías pradera o matorral esclerofilo muy abierto, bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo y el bosque esclerofilo abierto, ya que en los dos primeros casos la composición vegetal fue muy reducida mostrando una pobre cobertura y en el caso del bosque esclerofilo abierto, por la alta presencia de matorral esclerofilo y una considerable pérdida arbórea que también se le asocia a un estado temprano de degradación.

8. Resultados

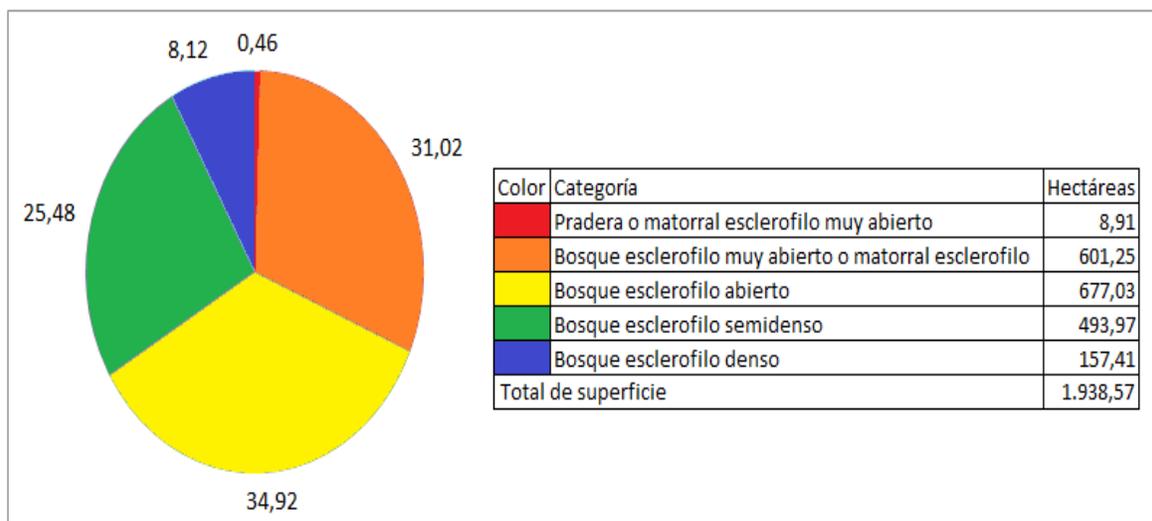
La clasificación final y los resultados de cobertura de la imagen del año 2010 del satélite Landsat 5 TM, se grafican en el Anexo 8 y se describen a continuación:

8.1. Análisis de la vegetación perteneciente a la comuna de Padre Hurtado

La zona del área de estudio perteneciente a la comuna de Padre Hurtado presentó una vegetación con una configuración muy degradada, concentrando la mayor cantidad de su extensión en un bosque esclerofilo con síntomas de degradación.

En cuanto a las perturbaciones exógenas relevantes se identificó el cruce ruta 76 (Padre Hurtado) – Cuesta Barriga – cruce ruta 68 (Los Panguiles), que constituye una calzada de asfalto y hormigón de una vía para ambos lados, ensanchada a calzada doble en la cuesta, que une la comuna de Padre Hurtado con la comuna de Curacaví. Esta vía que contiene un flujo diario de 1.604 vehículos según DICTUC (2011), fue pavimentada en el año 1930, es decir, es una vía consolidada hace poco más de 8 décadas (en base a información de contacto directo con Gustavo Rodríguez funcionario de la Oficina Provincial de Vialidad de Talagante, de la Dirección Regional de Vialidad del MOP RMS).

Gráfico 1: Distribución porcentual de las categorías, comuna Padre Hurtado.

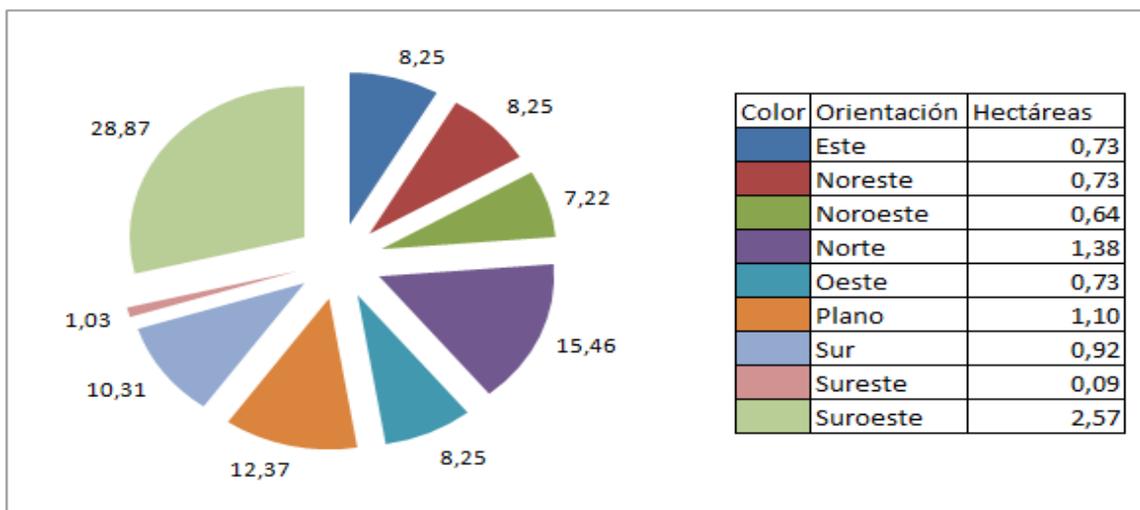


8.1.1. Categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto

La categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto tuvo una presencia menor en esta zona del área de estudio con una extensión de 8,91 hectáreas correspondientes al 0,46% del total comunal.

Al realizar el cruce de esta clasificación con el “Aspect” generado con las curvas de nivel del Proyecto OTAS, se obtuvo como muestra el gráfico 2, que las zonas donde más se ubicó esta categoría fueron las laderas de exposición Suroeste y Norte, con porcentajes respectivos de 28,87% y 15,46%. Mientras que en las laderas Sureste y Noroeste se obtuvo la menor presencia con porcentajes respectivos de 1,03% y 7,22%.

Gráfico 2: Exposición de la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto, comuna de Padre Hurtado.



Por otro lado, en el cruce de esta categoría con el “*Slope*” generado con las curvas de nivel y en base a la clasificación de Araya-Vergara y Börgel (1972), se observó que en general esta variable abiótica no juega un rol en la distribución de las categorías vegetacionales.

Tabla 14: Hectáreas y presencia porcentual de las categorías definidas para cada rango de pendiente en la comuna de Padre Hurtado.

Categoría (hectáreas) / Rangos de pendiente	0°-2°	2°-5°	5°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-45°	Más de 45°
Pradera o matorral esclerofilo muy abierto	1,09	0,00	0,09	3,09	3,73	0,91	0,00
Bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo	19,38	4,59	23,43	125,30	251,71	167,65	9,19
Bosque esclerofilo abierto	26,58	24,68	37,15	143,27	266,56	168,85	9,94
Bosque esclerofilo semidenso	20,66	13,77	25,28	84,80	178,40	161,00	10,06
Bosque esclerofilo denso	7,17	0,27	1,91	21,70	56,10	66,54	3,72
Total	74,88	43,31	87,85	378,16	756,50	564,95	32,91
Categoría (porcentaje por rango) / Rangos de pendiente	0°-2°	2°-5°	5°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-45°	Más de 45°
Pradera o matorral esclerofilo muy abierto	1,46	0,00	0,10	0,82	0,49	0,16	0,00
Bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo	25,89	10,60	26,66	33,13	33,27	29,68	27,92
Bosque esclerofilo abierto	35,49	56,97	42,29	37,89	35,24	29,89	30,21
Bosque esclerofilo semidenso	27,59	31,80	28,77	22,43	23,58	28,50	30,56
Bosque esclerofilo denso	9,58	0,63	2,17	5,74	7,42	11,78	11,31

Como se puede observar en la tabla 14, la distribución en hectáreas de las categorías en los rangos de pendiente concentraron su extensión principalmente en los 10°-20°, 20°-30° y 30°-50°, ya que como el área de estudio es un cordón montañoso, la mayor parte de su superficie corresponde a un terreno con pendiente pronunciada, y por lo mismo, la mayoría de las categorías concentraron su extensión en estos rangos.

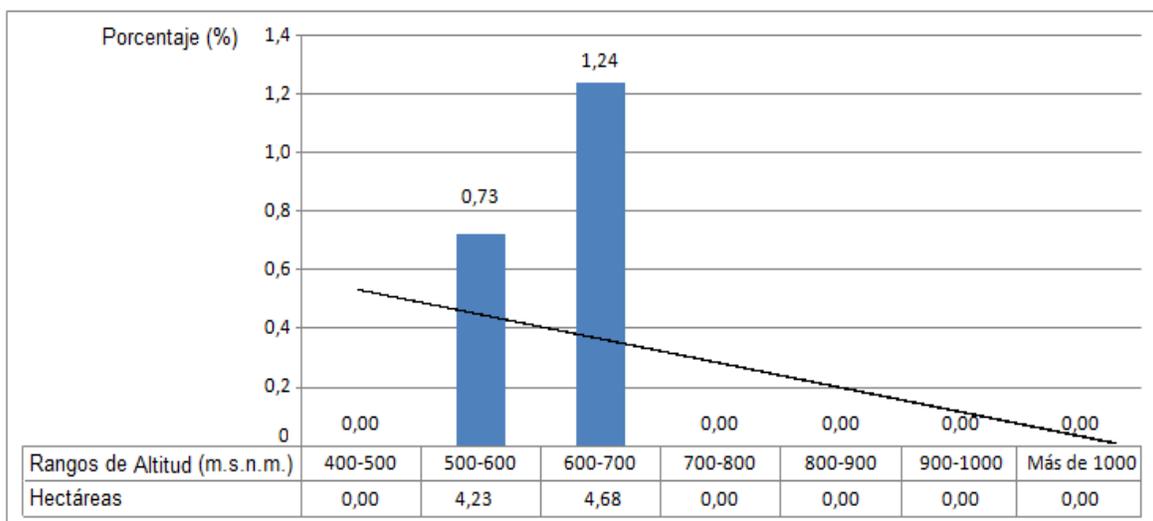
En cuanto a la distribución porcentual de las categorías en los rangos de pendiente, se apreció que en general existió una linealidad en la distribución, sin una marcada tendencia en la proporción de alguna categoría en uno o unos de los rangos preferentemente.

De este modo, los resultados del resto de las zonas diferenciadas y en cada categoría se encuentran detallados en el anexo 9.

En el análisis del comportamiento de la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto respecto a los rangos de altitud establecidos (mapa en anexo 10), se observó que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los tres rangos de menor altitud tuvo una presencia porcentual de 0,56%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los tres rangos con mayor altitud no registró presencia de esta categoría.

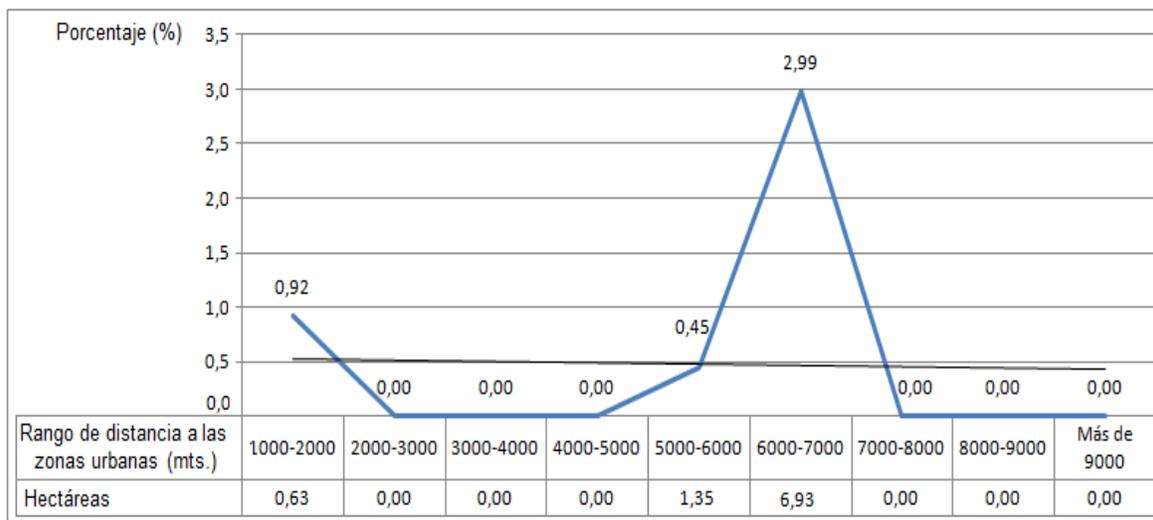
De esta manera, la distancia establecida entre los rangos de mayor altitud y los rangos de menor altitud no dista significativamente, sin dar muestras claras de una tendencia en la distribución de la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto respecto a esta variable.

Gráfico 3: Presencia porcentual de la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto para cada rango de altitud, comuna de Padre Hurtado.



Por otra parte, en el análisis del comportamiento de la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto respecto a la distancia de las zonas urbanas (mapa en anexo 11), se apreció que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los cuatro rangos más próximos a las zonas urbanas tuvo una presencia porcentual de 0,09%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los cuatro rangos más distantes a las urbes exhibió una presencia porcentual no muy disímil de 0,74%, sin distanciarse significativamente del anterior, ni pudiendo evidenciar una clara diferencia en la distribución respecto a esta variable.

Gráfico 4: Presencia porcentual de la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de Padre Hurtado.



En cuanto a las visitas en terreno se observó que estas zonas representaron esencialmente sectores incendiados como se expresó en los puntos de muestreo N° 11 y N° 12 de la primera etapa de toma de datos en terreno. Sin embargo, dado que el muestreo se realizó dos años posteriores a la fecha de toma de la imagen, se advirtió que además de los restos de vegetación carbonizada y de praderas anuales, existió la aparición de rebrotes principalmente de la especie *Lithraea caustica*.

A pesar de lo anterior, se observó que esta categoría también representó otras coberturas como fue el caso presentado en el punto de muestreo N° 1 de la primera etapa de toma de datos en terreno, en donde se identificó una faena minera que cortó una cara del cerro llevándose consigo toda la vegetación nativa de la zona.

8.1.2. Categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo

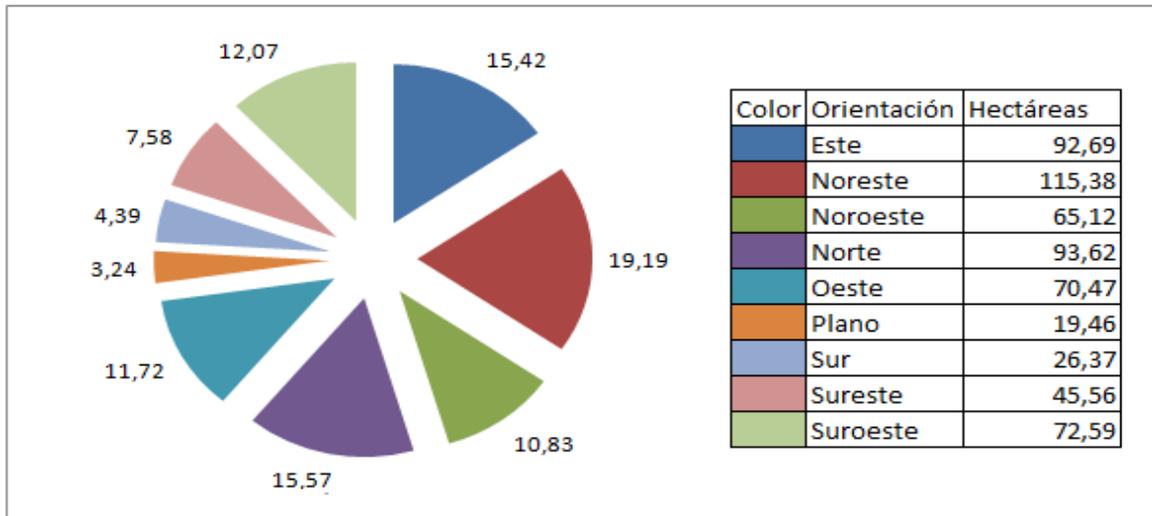
El bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo fue la segunda categoría de mayor extensión con 601,25 hectáreas correspondientes al 31,02% del total comunal.

De esta extensión las zonas en donde se ubicó esta categoría preferentemente (como muestra el gráfico 5), respondió a laderas de exposición Noreste y Norte, con una cobertura de 19,19% y 15,57%, respectivamente.

Por otra parte, los sectores en donde hubo menor extensión de esta categoría correspondieron a las zonas planas, laderas de exposición Sur y Sureste, con una cobertura de 3,24%, 4,39% y 7,58%, respectivamente.

Se aprecia entonces, una tendencia a una mayor superficie en las laderas con algún grado de orientación norte (vale decir, Norte, Noreste y Noroeste) que en conjunto suman un total del 45,59%, mientras que una baja presencia en las laderas con algún grado de orientación Sur (es decir, Sur, Sureste y Suroeste) que suman en conjunto un 24,04%.

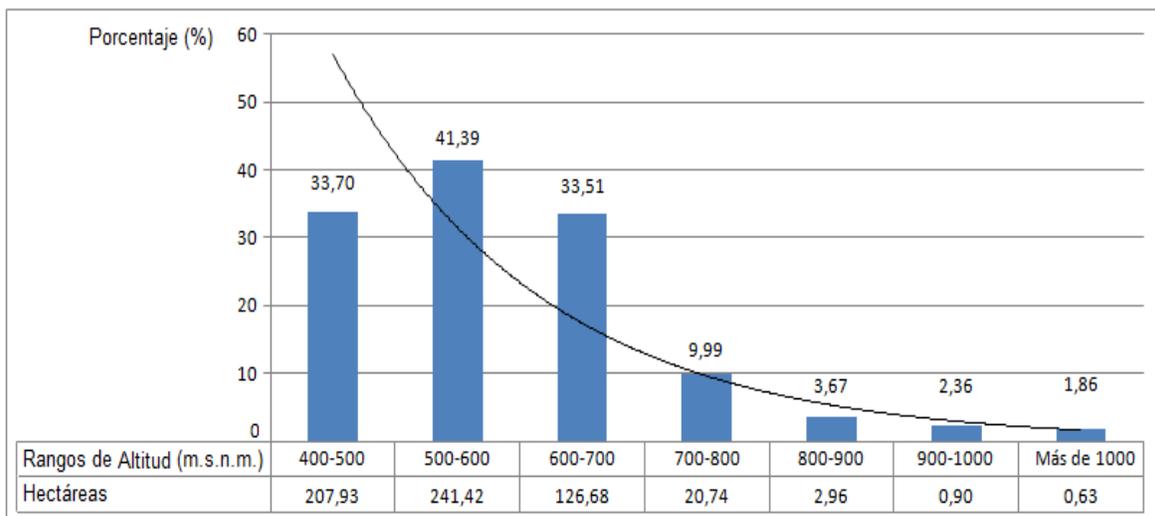
Gráfico 5: Exposición de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo, comuna de Padre Hurtado.



Por otra lado, lo expuesto en el análisis realizado en la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo respecto a los rangos de altitud, fue que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los tres rangos de menor altitud mostró una presencia porcentual de 36,5%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los tres rangos de mayor altitud exhibió una presencia porcentual de 2,94%.

De esta forma, los datos anteriores indican que es mucho más probable encontrar áreas con la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo en las zonas con menor altitud que en las zonas de mayor altitud en este sector del área de estudio.

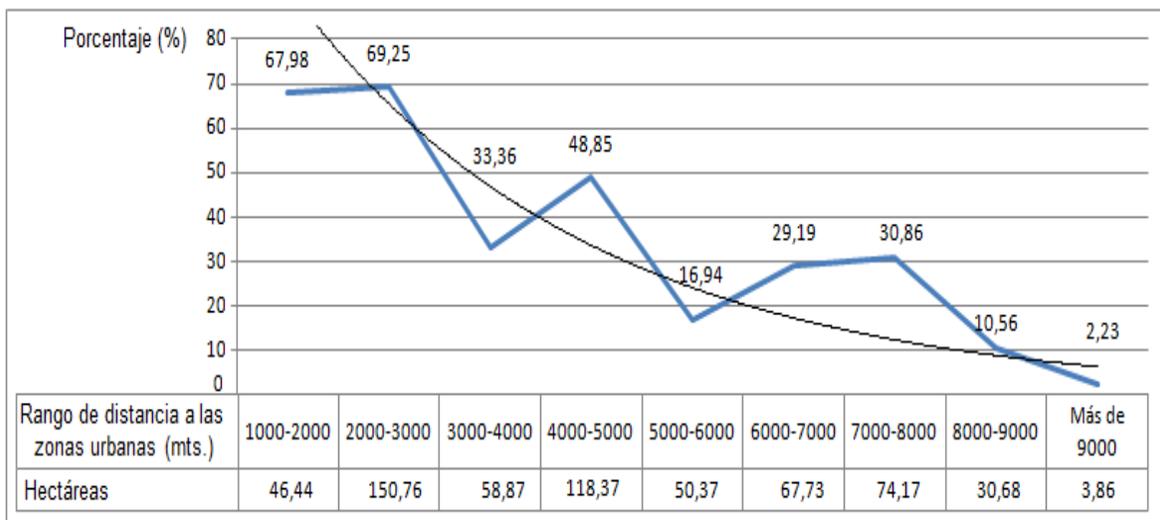
Gráfico 6: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo para cada rango de altitud, comuna de Padre Hurtado.



En el análisis de la categoría bosque esclerófilo muy abierto o matorral esclerófilo respecto a los rangos de distancia a las zonas urbanas, se apreció un claro patrón de comportamiento, ya que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los cuatro rangos más próximos a las urbes tuvo una presencia porcentual de 53,13%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los cuatro rangos más distantes a las zonas urbanas presentó una presencia porcentual considerablemente menor de 18,84%.

Por lo tanto, es factible decir que mientras más cerca de las urbes es más probable encontrar áreas con la categoría bosque esclerófilo muy abierto o matorral esclerófilo, probabilidad que disminuye conforme se aleja de las zonas urbanas.

Gráfico 7: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerófilo muy abierto o matorral esclerófilo para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de Padre Hurtado.



En cuanto a la experiencia en terreno se observó la presencia de especies como *Quillaja saponaria* y *Acacia caven*, que fueron las especies que en general dominaron esta categoría, siendo la última la que con mayor frecuencia se presentó dentro del primer muestreo, exhibiendo una altura que por lo habitual no superó los 2 metros.

Por otro lado, el sotobosque presentó una importante presencia de las especies arbustivas *Retanilla trinervia* y *Baccharis linearis*, que tal como son descritas por Teillier *et al.* (2005) y Luebert y Pliscoff (2006), estas especies se encuentran en zonas intervenidas del bosque esclerófilo.

8.1.3. Categoría bosque esclerofilo abierto

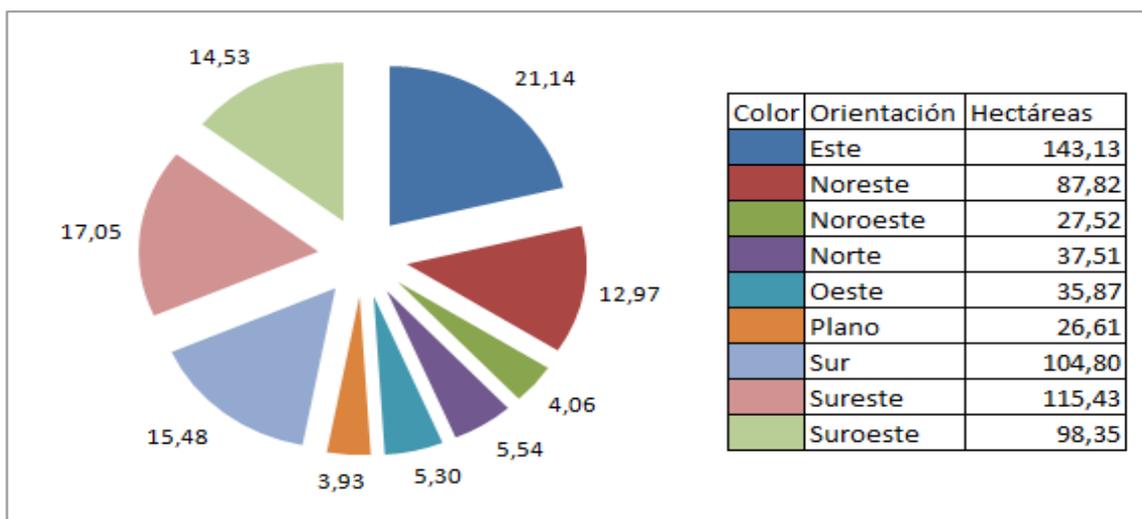
El bosque esclerofilo abierto fue la categoría que presentó la mayor cobertura en relación a sus homólogas en el área de estudio comunal, con una extensión de 677,03 hectáreas correspondientes al 34,93% de total comunal.

La distribución del bosque esclerofilo abierto exhibió una mayor superficie en laderas de exposición Este con un 21,14% de cobertura, seguido por laderas de exposición Sureste con 17,05% y Sur con 15,48%.

Por su parte, las orientaciones con menor extensión de esta categoría correspondieron a laderas de exposición Noroeste, Oeste y Norte, que representaron el 4,06%, 5,30% y 5,54%, respectivamente.

De esta manera, en la distribución de la cobertura de esta categoría existe una destacable tendencia a una mayor superficie en laderas con algún grado de exposición Este y Sur.

Gráfico 8: Exposición de la categoría bosque esclerofilo abierto, comuna de Padre Hurtado.

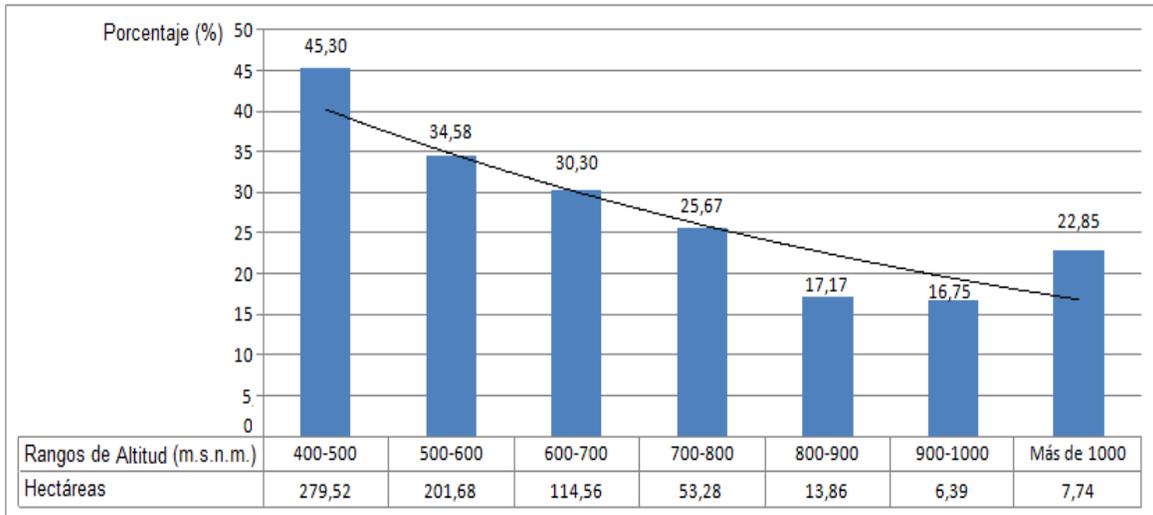


En el análisis de la categoría bosque esclerofilo abierto en relación a los rangos de altitud, se observó que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los tres rangos de menor altitud mostró una presencia porcentual de 37,75%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los tres rangos de mayor altitud exhibió una presencia porcentual de 18,32%.

De este modo, los resultados anteriores apuntan a que es más probable localizar áreas con la categoría bosque esclerofilo abierto en las zonas con menor altitud que en las zonas de mayor altitud en este sector del área de estudio.

Se apreció además que el bosque esclerofilo abierto exhibió una leve alza en el último rango de altitud, este fenómeno se puede relacionar a que esta zona se ubica en las proximidades de la Cuesta Barriga (como muestra el anexo 10), por lo que este aumento se asociaría a la influencia de este componente exógeno.

Gráfico 9: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo abierto para cada rango de altitud, comuna de Padre Hurtado.

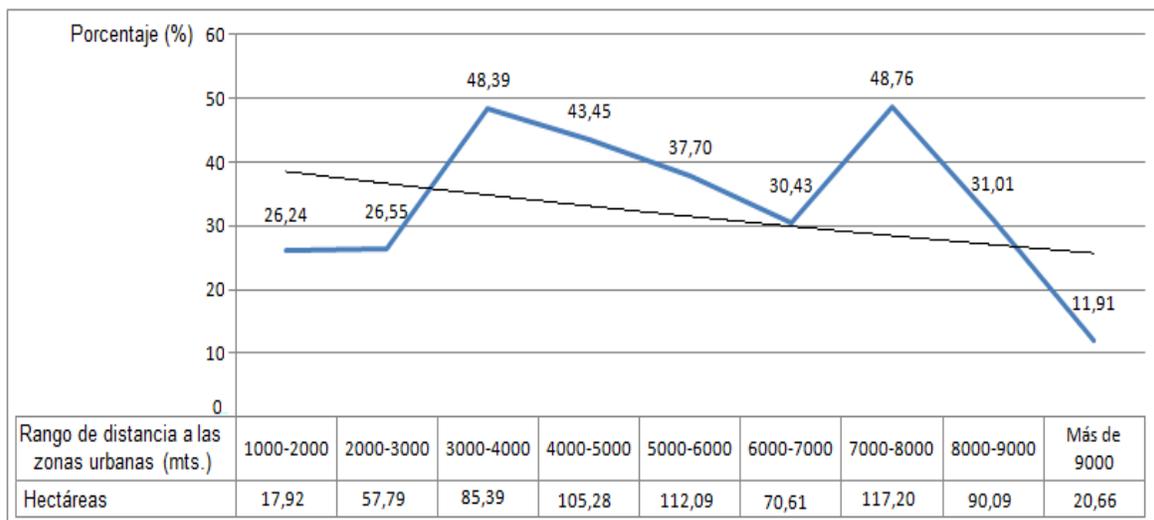


El análisis del comportamiento de la categoría bosque esclerofilo abierto respecto a los rangos de distancia a las urbes, mostró que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los cuatro rangos más próximos a las zonas urbanas exhibió una presencia porcentual de 37,75%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los cuatro rangos más distantes a las urbes presentó una presencia porcentual de 18,32%.

De esta forma, se aprecia que la distribución de la categoría bosque esclerofilo abierto en este sector del área de estudio presenta una leve tendencia a una mayor extensión en las zonas más próximas a las urbes.

En este caso se observó que el bosque esclerofilo abierto exhibió la presencia porcentual más alta en el rango de los 7000 a 8000 metros de distancia a las zonas urbanas, deformando la tendencia a la baja que presentó esta categoría en los rangos más alejados de las urbes. Este fenómeno se puede asociar a que en esta zona comienza la penetración de la Cuesta Barriga (como muestra el anexo 11), por lo que este aumento se relacionaría a la influencia de este elemento exógeno.

Gráfico 10: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo abierto para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de Padre Hurtado.



En terreno el modo en que se presentó la vegetación en esta categoría fue de un visible retroceso de la vegetación vigorosa, dando paso a especies espinosas resistentes a condiciones más secas como fue el caso de *Retanilla trinervia*, que incluso en estas condiciones alcanzó alturas superiores a los 2 metros.

A pesar de lo anterior, la presencia de estas especies no fue predominante en la cobertura, siendo superadas por especies arbóreas tales como *Lithraea caustica*, *Quillaja saponaria* o *Acacia caven*, que en general se encontraron entre los 4-8 metros de altura.

La presencia de la especie *Baccharis linearis* indicó que estas zonas han sido intervenidas y que un porcentaje de la vegetación original fue reemplazada por una más apta para las condiciones actuales de sequedad.

8.1.4. Categoría bosque esclerofilo semidenso

Esta categoría presentó una importante extensión que cubrió 493,97 hectáreas correspondientes al 25,48% del total del área de estudio comunal.

La presencia de especies espinosas en esta categoría disminuyó considerablemente dado que en estas zonas la vegetación nativa no ha sido alterada en gran medida o en el caso de haber sido afectada, las condiciones naturales hacen que su recuperación sea más veloz en comparación a otras zonas donde las condiciones son más adversas.

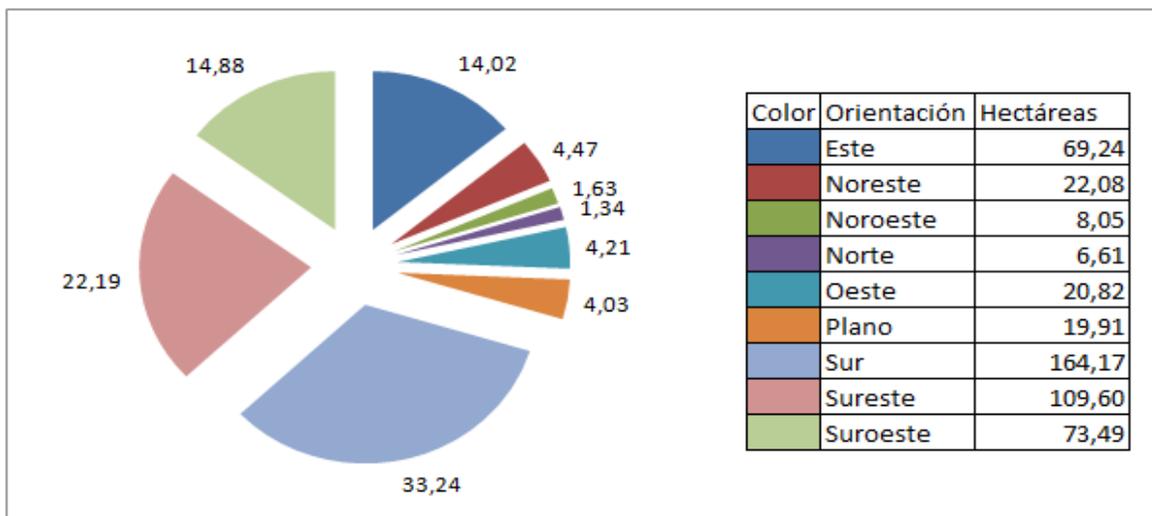
De esta manera, se observó que el bosque esclerofilo semidenso tuvo una clara tendencia a ubicarse en las laderas exposición Sur donde existe mayor humedad, condición que como ha sido mencionado facilita una vegetación más vigorosa.

Como se exhibe en el gráfico 11, fueron las laderas de exposición Sur, Sureste y Suroeste, las que concentraron la mayor cantidad de cobertura presentando en conjunto el 70,31% del total de esta categoría, desglosándose en 33,24%, 22,19% y 14,88%, respectivamente.

Por su parte, las zonas con menor extensión de esta categoría correspondieron a laderas de exposición Norte y Noroeste, con una superficie de 1,34% y 1,63%, respectivamente.

Por lo tanto, se aprecia la tendencia a que esta categoría se encuentra intensamente ubicada en laderas con orientación Sur, mientras que aquella intensidad disminuye en las zonas próximas a las laderas con orientación Norte.

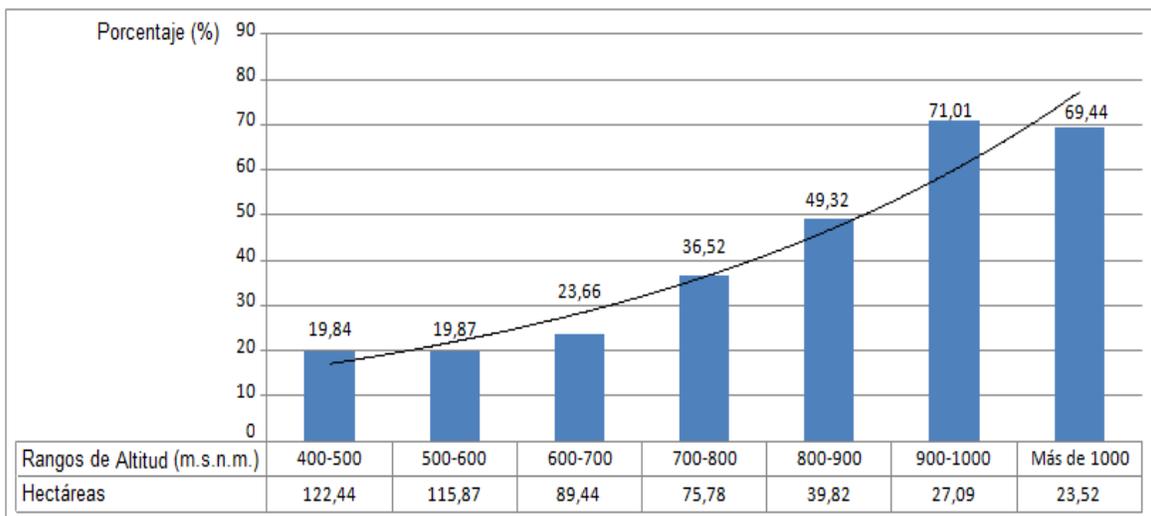
Gráfico 11: Exposición de la categoría bosque esclerofilo semidenso, comuna de Padre Hurtado.



Por otro lado, el análisis de los rangos de altitud en la categoría bosque esclerofilo semidenso, arrojó que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los tres rangos de menor altitud exhibió una presencia porcentual de 20,77%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los tres rangos de mayor altitud mostró una presencia porcentual de 59,2%.

Es claro entonces, que hay mayor probabilidad de hallar áreas con la categoría bosque esclerofilo semidenso en las zonas con mayor altitud que en las zonas de menor altitud en este sector del área de estudio.

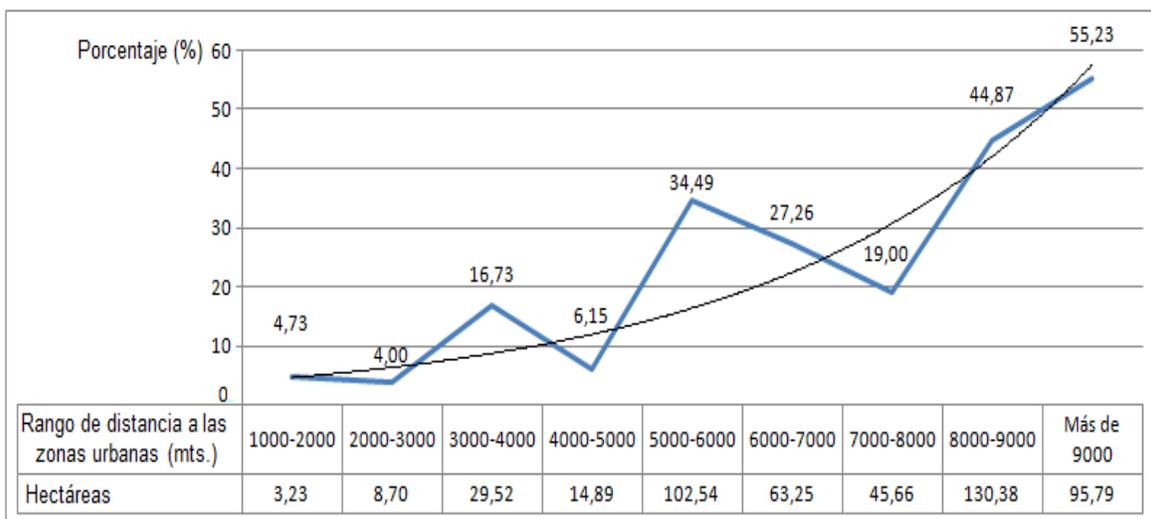
Gráfico 12: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo semidenso para cada rango de altitud, comuna de Padre Hurtado.



En el comportamiento de la categoría bosque esclerofilo semidenso respecto a la distancia de las zonas urbanas, se observó que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los cuatro rangos más próximos a las urbes tuvo una presencia porcentual de 7,99%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los cuatro rangos más distantes a las zonas urbanas mostró una presencia porcentual de 35,78%.

Por lo tanto, se puede plantear que existe un claro patrón de distribución en esta categoría, el cual responde a que mientras más retiradas de las zonas urbanas el bosque esclerofilo semidenso tiene una mayor probabilidad de presentar superficie que respecto a las zonas más próximas de las mismas.

Gráfico 13: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo semidenso para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de Padre Hurtado.



En terreno se observó que las especies dominantes de estas zonas fueron esencialmente arbóreas y correspondieron principalmente a *Quillaja saponaria*, *Lithraea caustica* y *Kageneckia oblonga*, que por lo general se ubicaron entre los 4-8 metros de altura. Otras especies arbóreas identificadas pero con una menor abundancia fueron *Cryptocarya alba* y *Escallonia pulverulenta*, que al igual que la especie arbustiva *Colliguaja odorifera* fueron especies acompañantes, nunca dominantes.

Por otro lado, apareció de manera muy aislada la especie arbustiva *Retanilla trinervia*, dejando ver que si bien el bosque esclerofilo semidenso se mostró bien conservado, no ha quedado libre de intervenciones en su dinámica natural que han hecho aparecer este tipo especies indicadoras de alteración.

8.1.5. Categoría bosque esclerofilo denso

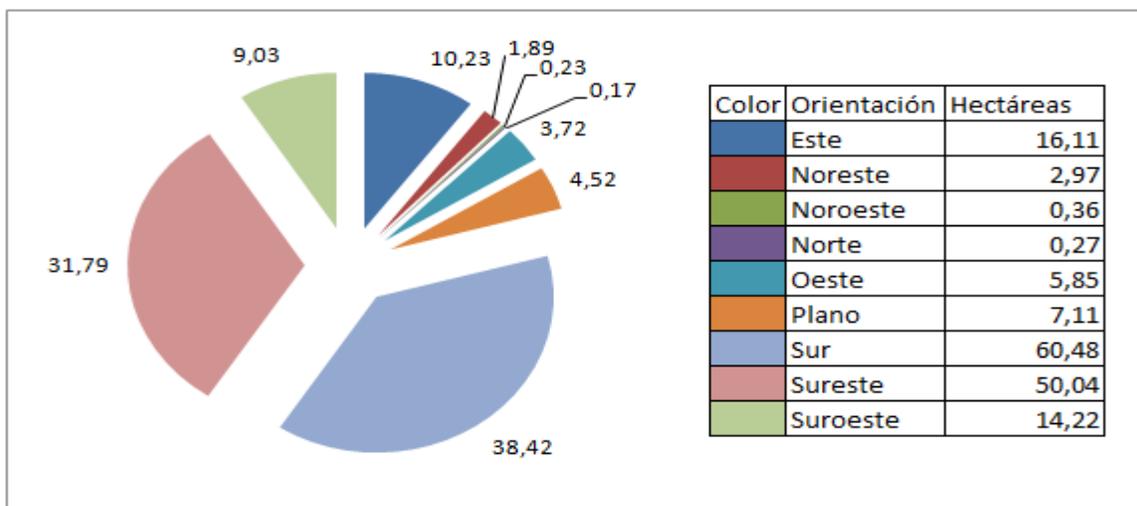
El bosque esclerofilo denso fue la segunda categoría que presentó menor cobertura en este sector, viéndose reducida a 157,41 hectáreas que correspondieron al 8,12% del área de estudio comunal.

La escasa área que ocupó esta categoría se distribuyó preferentemente en laderas de exposición Sur y Sureste, que sumaron en conjunto el 70,21% del total de esta categoría en esta zona del área de estudio, desglosándose en 38,42% y 31,79%, respectivamente.

Las zonas con menor presencia de esta categoría correspondieron a las laderas de exposición Norte y Noroeste, que en conjunto alcanzaron el 0,4% del total de esta categoría en este sector del área de estudio.

El conjunto de los datos anteriores señala que esta categoría posee una tendencia muy fuerte a posicionarse en laderas con orientación sur, mientras que por el contrario, una escasa extensión en las zonas con orientación norte.

Gráfico 14: Exposición de la categoría bosque esclerofilo denso, comuna de Padre Hurtado.

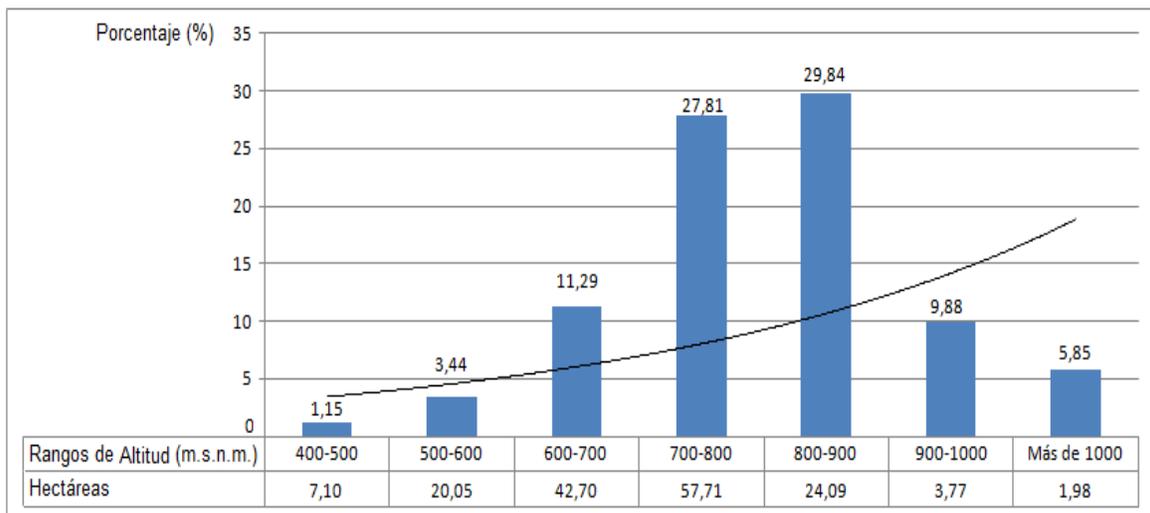


Respecto al análisis de la categoría bosque esclerofilo denso en relación a los rangos de altitud, se observó que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los tres rangos con menor altitud tuvo una presencia porcentual de 4,43%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los tres rangos con mayor altitud exhibió una significativa diferencia con una presencia porcentual de 19,54%.

Entonces, es evidente que el patrón de distribución de esta categoría en esta zona del área de estudio responde a una mayor probabilidad de encontrar áreas con bosque esclerofilo denso en las zonas de mayor altitud que en las zonas de menor altitud.

Se observó que el bosque esclerofilo denso exhibió una baja en la presencia porcentual a partir del rango de los 9000 m.s.n.m., este fenómeno se puede relacionar a que estos rangos se ubican en las proximidades de la Cuesta Barriga (como muestra el anexo 10), por lo que esta disminución se asociaría a la influencia de este componente exógeno.

Gráfico 15: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo denso para cada rango de altitud, comuna de Padre Hurtado.

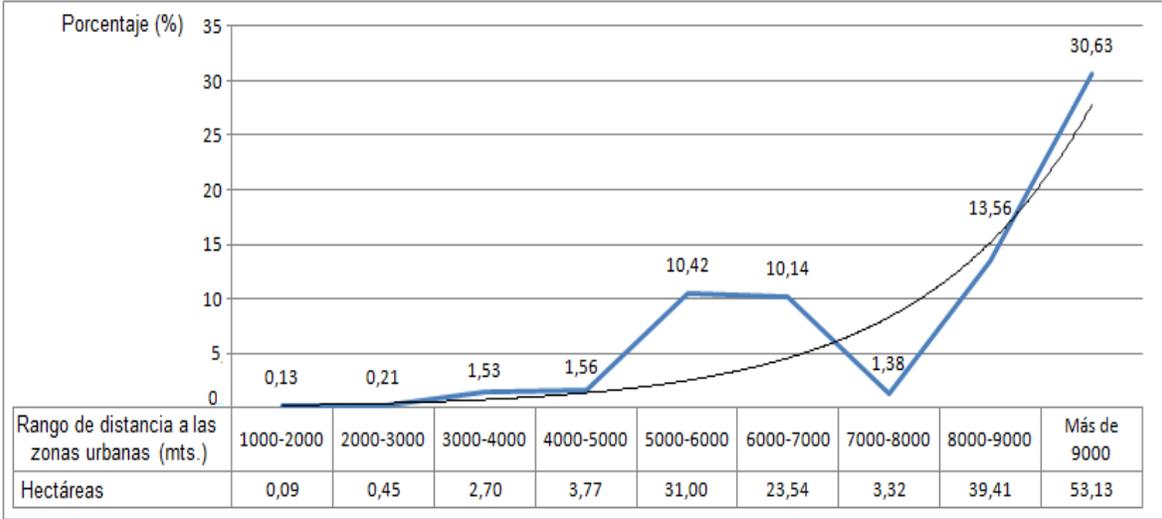


En el análisis de la categoría bosque esclerofilo denso respecto a la distancia a las zonas urbanas, se apreció que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los cuatro rangos más próximos a las urbes tuvo una presencia porcentual de 0,99%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los cuatro rangos más distantes a las zonas urbanas exhibió una presencia porcentual considerablemente mayor de 12,75%.

De esta forma, se marca una evidente diferencia para decir que existe un patrón de comportamiento, el cual responde a que mientras más cerca a las zonas urbanas esta categoría tiene una menor probabilidad de presentar superficie que respecto a las zonas más alejadas de las urbes en este sector del área de estudio.

En este caso se observó que el bosque esclerofilo abierto exhibió una baja en la presencia porcentual del rango de los 7000 a 8000 metros de distancia a las zonas urbanas, deformando la tendencia al alza que presentó esta categoría en los rangos más alejados de las urbes. Este fenómeno se puede asociar a que en esta zona comienza la penetración de la Cuesta Barriga (como muestra el anexo 11), por lo que esta disminución se relacionaría a la influencia de este elemento exógeno.

Gráfico 16: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo denso para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de Padre Hurtado.



La experiencia en terreno apuntó a que las especies dominantes que se encontraron en estos sectores correspondieron principalmente a *Cryptocarya alba* y *Quillaja saponaria*, que dado a las excelentes condiciones en que se encontraron, vale decir, en laderas exposición sur con alto contenido de humedad, lejanas y poco accesibles desde los centros poblados, alcanzaron por lo general entre los 8-12 metros de altura.

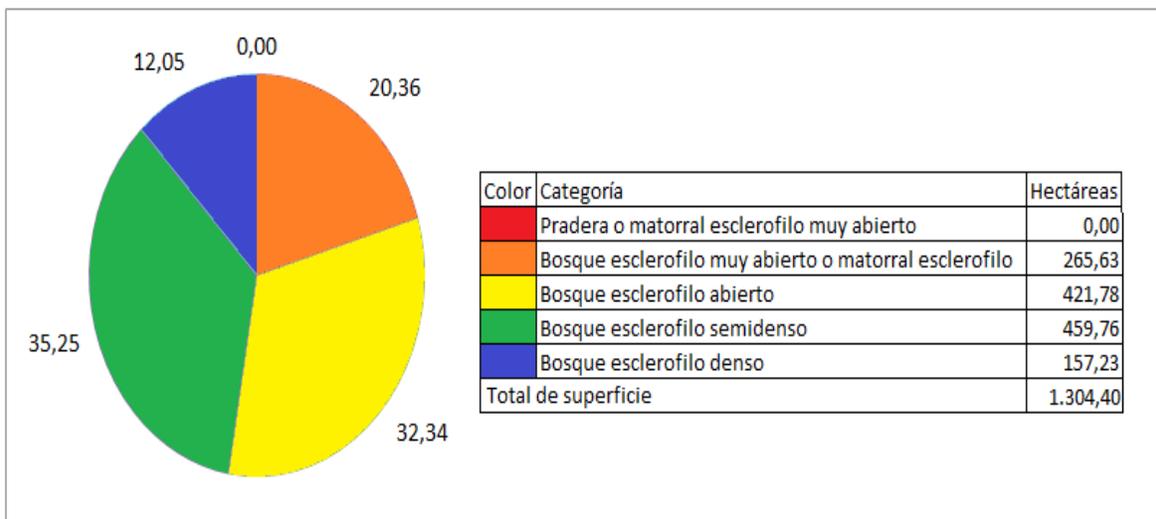
Por otro lado, se observó la fuerte retirada del sotobosque en conjunto con las especies arbustivas, permitiendo la presencia de especies arbóreas acompañantes tales como *Lithraea caustica* y *Kageneckia oblonga*.

8.2. Análisis de la vegetación perteneciente a las comunas de Peñaflor y Talagante

La zona perteneciente a las comunas de Peñaflor y Talagante presentó una gran proporción de vegetación del bosque esclerofilo con síntomas de degradación. Este fenómeno fue más contenido que respecto a lo evidenciado en la comuna de Padre Hurtado, ya que también se observó gran porcentaje de vegetación relacionada a un estado conservado del bosque esclerofilo original.

En cuanto a las intervenciones exógenas se identificó el cruce G-74 - (Bollenar) – Mallarauco – cruce G-384 (Peñaflor) que constituye una calzada de asfalto de una vía para ambos lados, que une la comuna de Peñaflor con la comuna de Melipilla. Esta vía que contiene un flujo diario de 1.693 vehículos según DICTUC (2011), fue pavimentada en el año 1982, es decir, es una vía consolidada hace poco más de 3 décadas (en base a información de contacto directo con Gustavo Rodríguez funcionario de la Oficina Provincial de Vialidad de Talagante, de la Dirección Regional de Vialidad del MOP RMS).

Gráfico 17: Distribución porcentual de las categorías, comunas de Peñaflor y Talagante.



8.2.1. Categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto

En esta zona del área de estudio no se identificó la presencia de esta categoría tanto en la clasificación del NDVI como en las visitas realizadas a terreno.

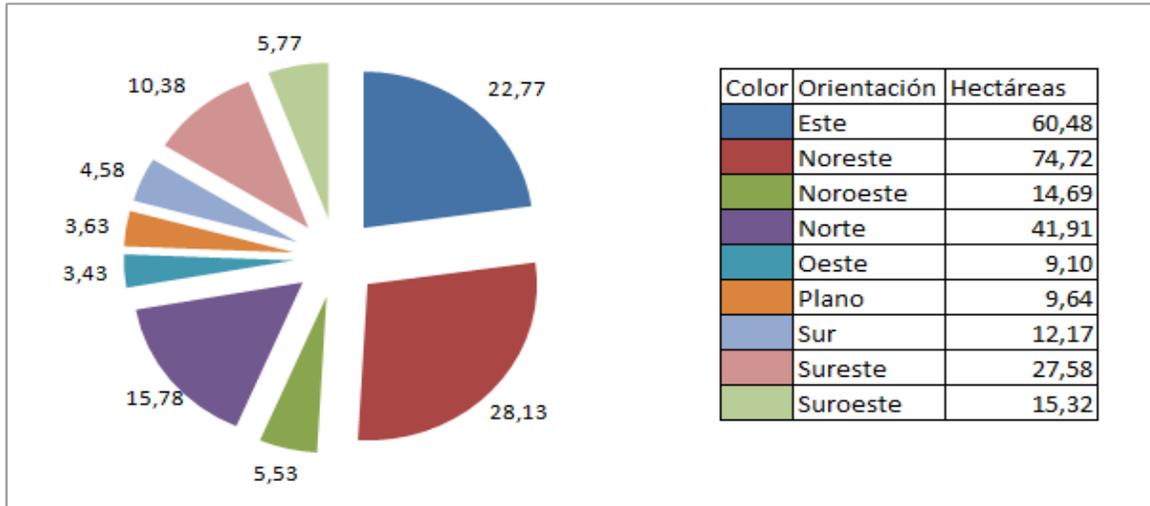
8.2.2. Categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo

La extensión de esta categoría ocupó un área de 265,63 hectáreas correspondientes al 20,36% del total de esta zona del área de estudio.

La distribución de esta categoría se concentró en especial en laderas de exposición Noreste, Este y Norte, que en conjunto sumaron un 66,68%, desglosándose en 28,13%, 22,77% y 15,78%, respectivamente.

De esta manera, se marca la tendencia a una mayor concentración de esta categoría en laderas de exposición Este y Norte.

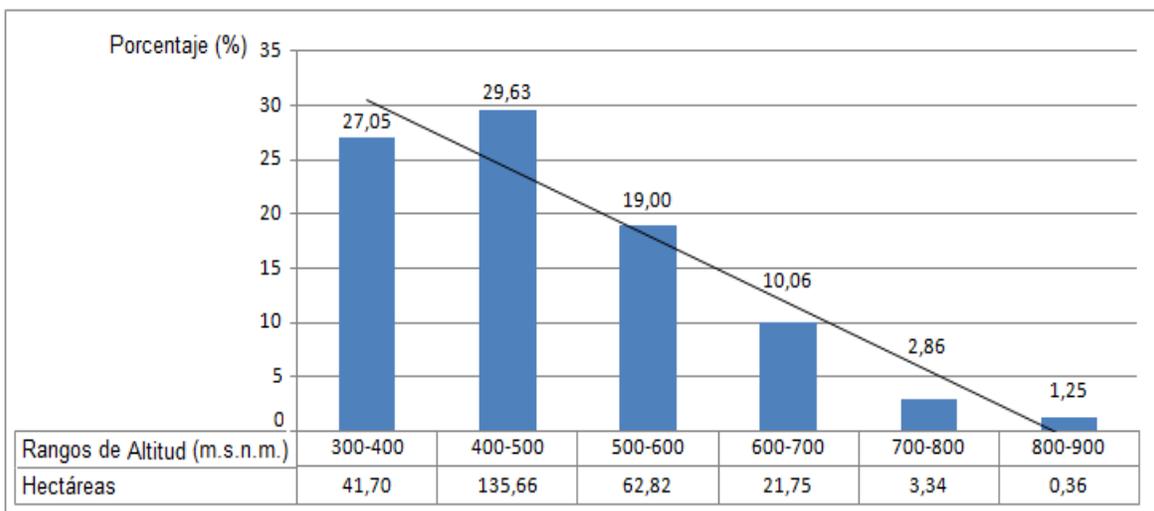
Gráfico 18: Exposición de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo, comunas de Peñaflor y Talagante.



Por otro lado, se observó que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los tres rangos de menor altitud exhibió una presencia porcentual de 25,48%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los tres rangos con mayor altitud presentó una presencia porcentual de 7,04%.

De este modo, se puede decir que es mucho más probable encontrar áreas con la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo en las zonas con menor altitud que en las zonas con mayor altitud en este sector del área de estudio.

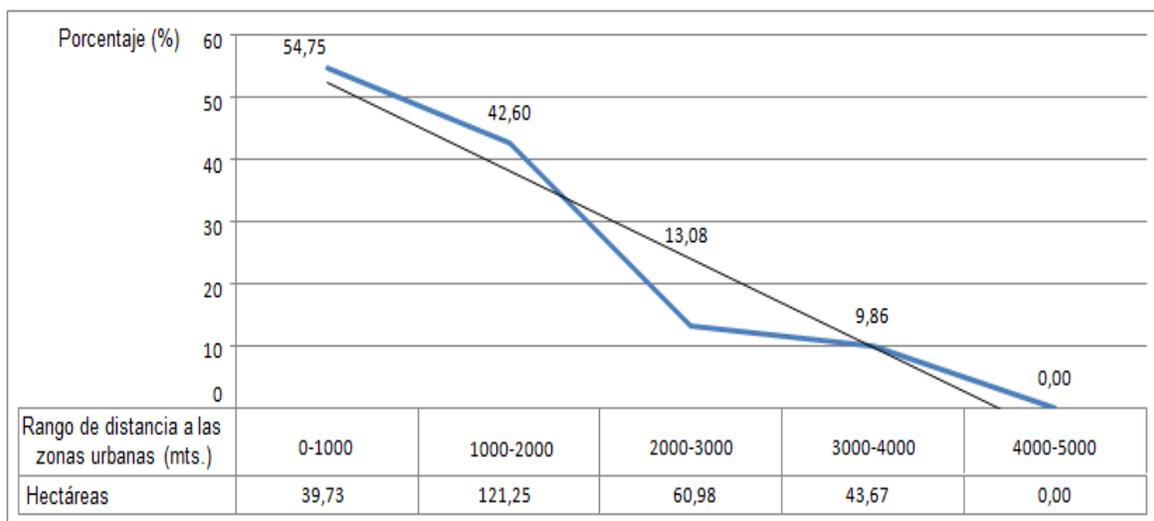
Gráfico 19: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo para cada rango de altitud, comunas de Peñaflor y Talagante.



Por otro lado, el comportamiento de esta categoría respecto a los rangos de distancia a las zonas urbanas, mostró que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los dos rangos más cercanos a las urbes tuvo una presencia porcentual de 45,06%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los dos rangos más distantes a las zonas urbanas expuso una presencia porcentual considerablemente menor de 9,08%.

De esta forma, queda claro que mientras más cerca a las urbes es más probable encontrar áreas con esta categoría y viceversa.

Gráfico 20: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comunas de Peñaflor y Talagante.



Por su parte, en la experiencia en terreno se observó que las especies arbóreas más abundantes fueron *Acacia caven* y *Quillaja saponaria*, encontrándose por lo general entre los 2-4 metros de altura. Los arbustos más abundantes identificados fueron *Colliguaja odorifera*, *Retanilla trinervia* y *Baccharis linearis*, que como ya ha sido mencionado anteriormente, estas dos últimas especies se asocian a zonas intervenidas del bosque esclerofilo.

Por otra parte, se apreció la aparición relativamente importante de una especie escasamente identificada en la comuna de Padre Hurtado, correspondiente a la suculenta *Echinopsis chilensis* que se presentó con una alta abundancia en todas las categorías establecidas, en especial en la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo.

8.2.3. Categoría bosque esclerofilo abierto

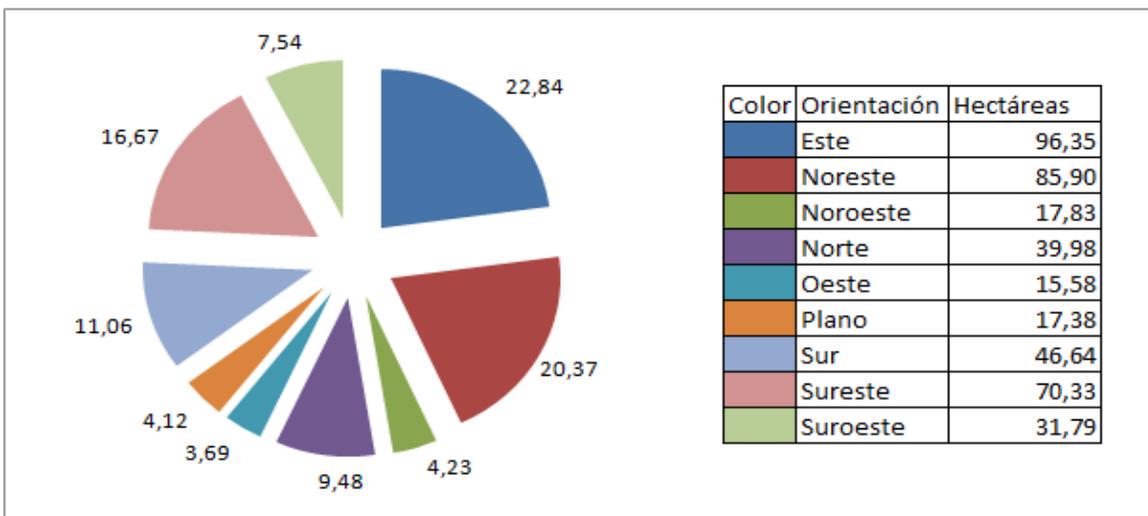
El bosque esclerofilo abierto fue la segunda categoría con mayor extensión, presentando una extensión de 421,78 hectáreas correspondientes al 32,32% del total de este sector del área de estudio.

En esta categoría se apreció que su extensión fue principalmente en las laderas de exposición Este, Noreste y Sureste, posicionándose con un 22,84%, 20,37% y 16,67%, en forma respectiva.

En cuanto a las orientaciones que presentaron menor extensión de esta categoría, correspondieron principalmente a las laderas de exposición Oeste, Plano y Noroeste (como muestra el gráfico 21), distribuyéndose en éstas con una cobertura de 3,69%, 4,12% y 4,23%, respectivamente.

De esta manera, se aprecia que en esta categoría existe un patrón de distribución que responde a una mayor extensión en las laderas con exposición Este, para ir disminuyendo paulatinamente conforme se aproxima a las laderas exposición Oeste.

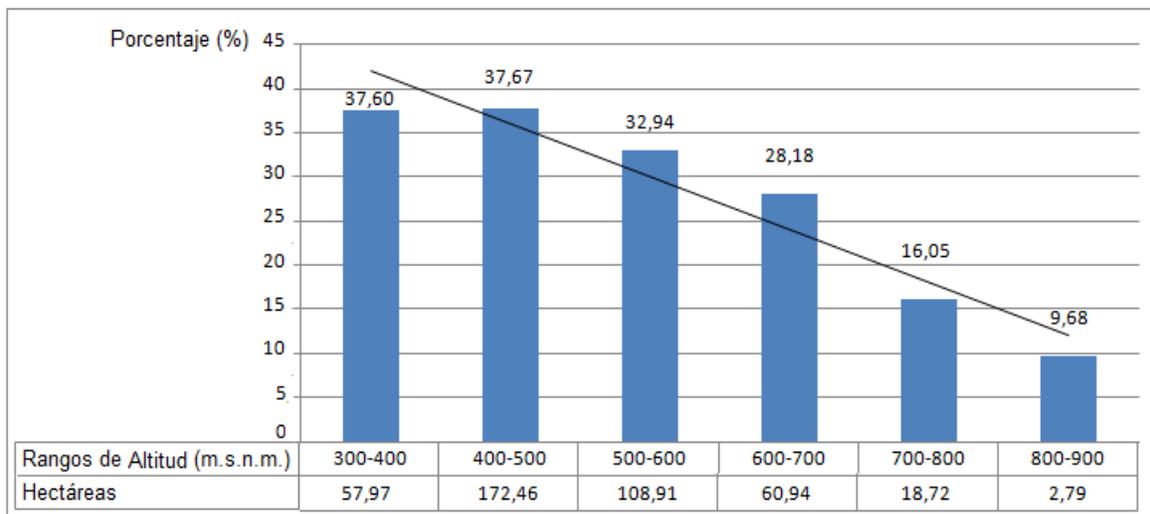
Gráfico 21: Exposición de la categoría bosque esclerofilo abierto, comunas de Peñaflo y Talagante.



En el análisis del bosque esclerofilo abierto en relación a los rangos de altitud, se observó que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los tres rangos de menor altitud tuvo una presencia porcentual de 36%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los tres rangos de mayor altitud exhibió una presencia porcentual de 22,79%.

Los resultados anteriores apuntan a que es más probable encontrar áreas con la categoría bosque esclerofilo abierto en las zonas con menor altitud que en las zonas de mayor altitud en este sector del área de estudio.

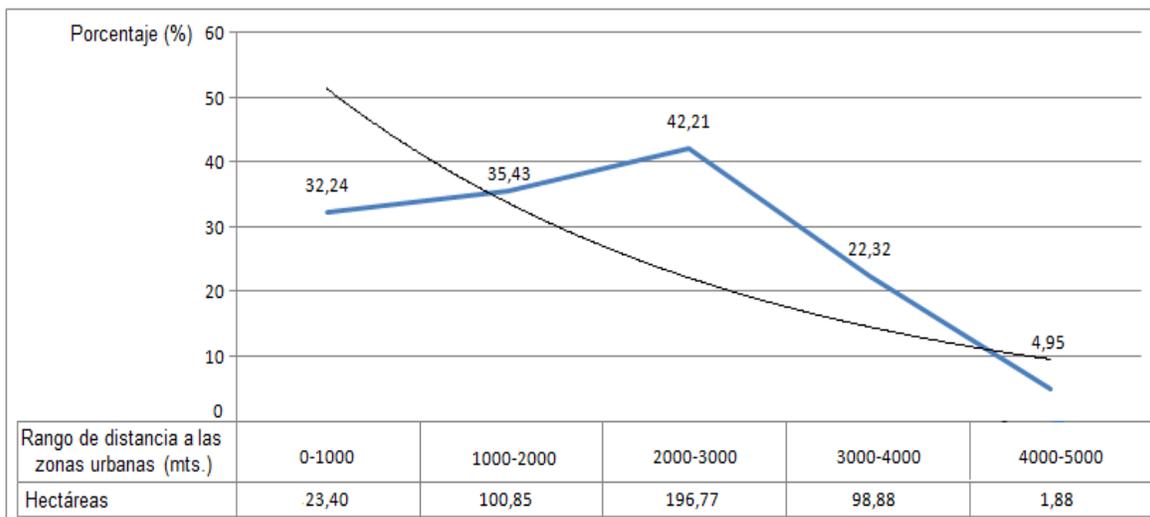
Gráfico 22: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo abierto para cada rango de altitud, comunas de Peñaflor y Talagante.



Por otro lado, en el análisis de la categoría bosque esclerofilo abierto respecto a los rangos de distancia a las urbes, se denotó que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los dos rangos más cercanos a las zonas urbanas tuvo una presencia porcentual de 34,74%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los dos rangos más distantes a las urbes exhibió una presencia porcentual de 20,95%.

Es evidente entonces, la existencia de un patrón en la distribución de la categoría bosque esclerofilo abierto en relación a esta variable, siendo la tendencia a una mayor extensión en las zonas más próximas a las urbes.

Gráfico 23: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo abierto para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comunas de Peñaflor y Talagante.



Las especies más frecuentes identificadas en terreno en esta categoría correspondieron a las especies arbóreas *Lithraea caustica* y *Quillaja saponaria*, que generalmente se encontraron entre los 4-8 metros de altura, mientras que la especie *Escallonia pulverulenta* se presentó con una menor cobertura y no superó los 2 metros de altura.

Por otra parte, las especies arbustivas que con más frecuencia fueron identificadas correspondieron a *Colliguaja odorifera*, *Retanilla trinervia* y *Baccharis linearis*, mientras que también se observaron con una menor abundancia las especies *Flourensia thurifera* y *Calceolaria polifolia*, siendo estas últimas especies no identificadas anteriormente en el área de estudio.

8.2.4. Categoría bosque esclerofilo semidenso

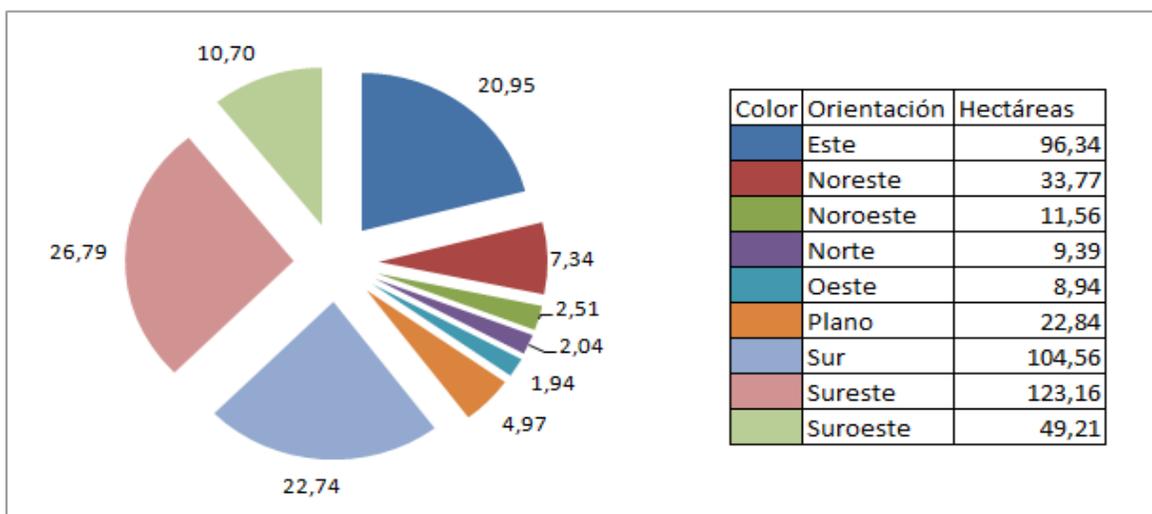
La categoría del bosque esclerofilo semidenso representó la mayor cobertura en esta zona del área de estudio, extendiéndose en 459,76 hectáreas correspondientes al 35,24% del total de este sector.

La ubicación de esta categoría fue principalmente y como lo muestra el gráfico 24, en laderas de exposición Sureste, Sur y Este, que sumaron en conjunto un total de 70,48%, desglosándose en 26,79%, 22,74% y 20,95%, respectivamente.

Por otra parte, las zonas que presentaron menor presencia en esta categoría fueron laderas de exposición Oeste, Norte y Noroeste, que en conjunto sumaron un total de 6,49%, distribuidos en 1,94%, 2,04% y 2,51%, respectivamente.

De esta manera, se identifica un claro patrón en la distribución de esta categoría, en donde la ubicación preferente son laderas con orientación Sur y desde ahí disminuye paulatinamente su extensión conforme se acerca a laderas de exposición Norte.

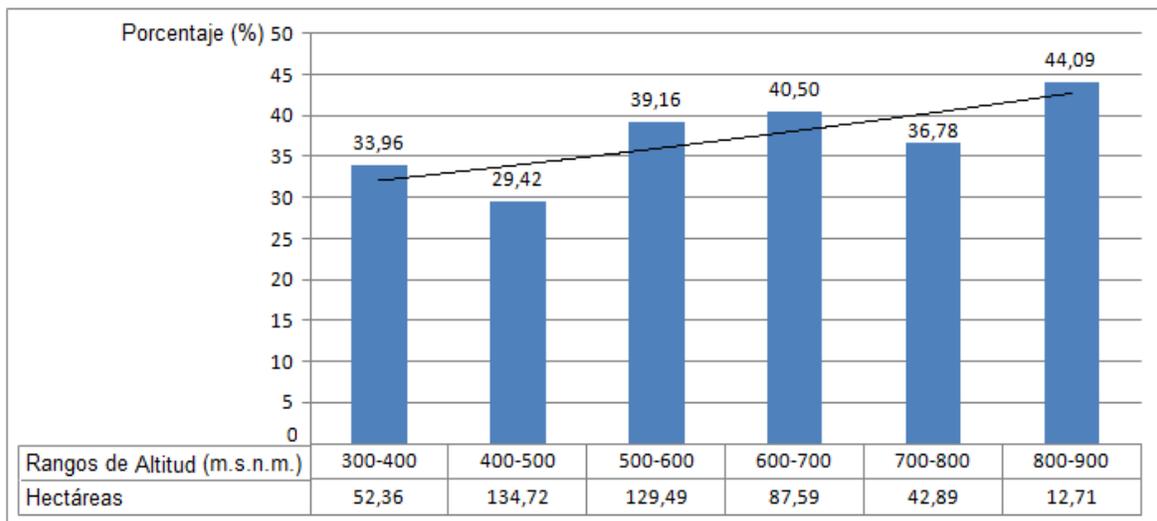
Gráfico 24: Exposición de la categoría bosque esclerofilo semidenso, comunas de Peñaflor y Talagante.



El análisis de la distribución de la categoría bosque esclerofilo semidenso en relación a los rangos de altitud, arrojó que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los tres rangos de menor altitud expresó una presencia porcentual de 33,58%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los tres rangos de mayor altitud mostró una presencia porcentual de 39,59%.

Por lo tanto, es ligeramente más probable encontrar áreas con la categoría bosque esclerofilo semidenso en las zonas con mayor altitud que en las zonas de menor altitud en este sector del área de estudio.

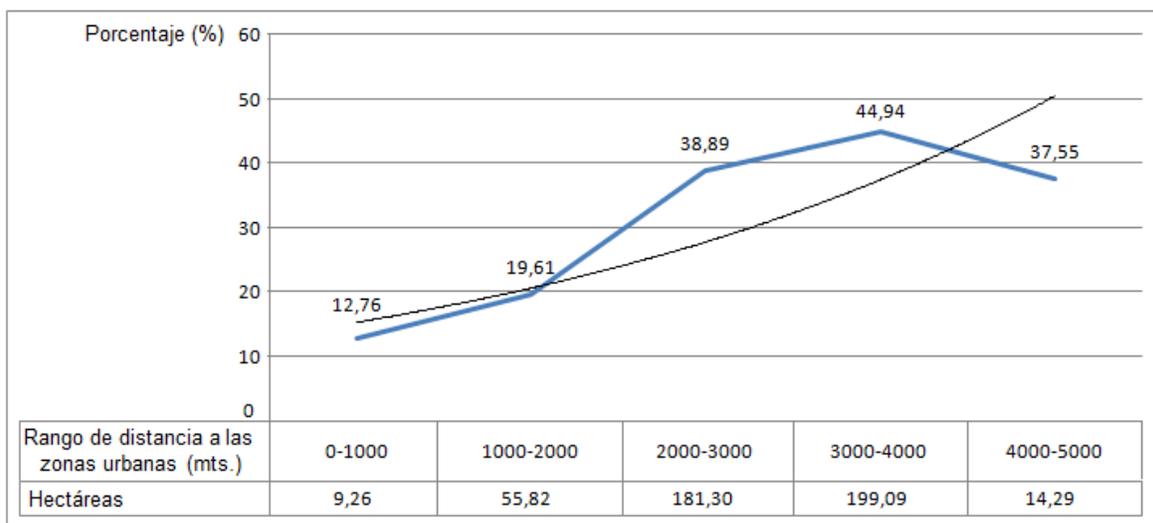
Gráfico 25: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo semidenso para cada rango de altitud, comunas de Peñaflo y Talagante.



En cuanto al comportamiento de la categoría bosque esclerofilo semidenso respecto a la distancia a las urbes, se apreció que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los dos rangos más próximos a las zonas urbanas tuvo una presencia porcentual de 18,22%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los dos rangos más distantes a las urbes exhibió una presencia porcentual de 44,36%.

De este modo, se estableció una distancia considerable para explicitar la existencia de un patrón de comportamiento en la distribución del bosque esclerofilo semidenso, el cual responde a que mientras más retiradas de las zonas urbanas existe una mayor probabilidad de presentar superficie de esta categoría que respecto a las zonas más próximas a las urbes en este sector del área de estudio.

Gráfico 26: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo semidenso para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comunas de Peñaflor y Talagante.



El terreno evidenció la presencia de procesos de alteraciones en los árboles, ya que en general no exhibieron alturas significativas, encontrándose principalmente entre 2-4 metros de altura. Las especies que con mayor frecuencia se identificaron fueron *Quillaja saponaria* y *Lithraea caustica*.

Por otra parte, los arbustos más frecuentemente identificados fueron las especies *Colliguaja odorifera*, *Retanilla trinervia* y *Baccharis linearis*. Estas dos últimas especies, como ya fue señalado, son indicadoras de alteración.

Por otro lado, fue identificada con una menor abundancia la especie arbustiva *Proustia cuneifolia*, lo cual agranda la biodiversidad presente en esta zona del área de estudio.

8.2.5. Categoría bosque esclerofilo denso

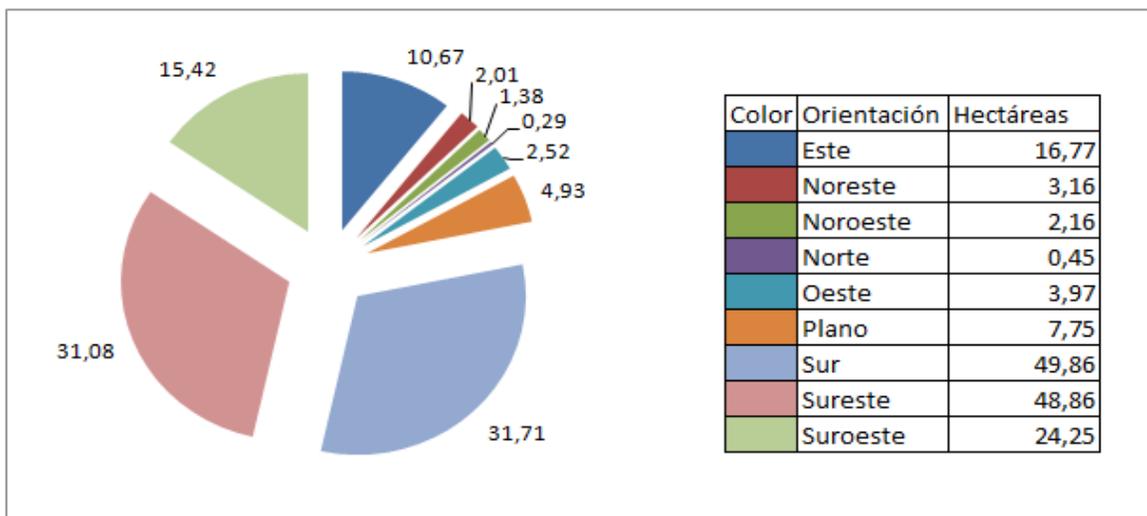
Esta categoría se encontró bastante reducida extendiéndose en 157,23 hectáreas correspondientes al 12,05% de esta zona del área de estudio.

Las zonas que en general ocupó esta categoría fueron laderas de exposición Sur, Sureste y Suroeste, que en conjunto sumaron un total de 78,21%, distribuidos en 31,71%, 31,08% y 15,42%, respectivamente.

En tanto las zonas que presentaron menor presencia de esta categoría correspondieron a laderas de exposición Norte, Noroeste y Noreste, que sumaron en total un 3,68%, desglosándose en 0,29%, 1,38% y 2,01%, respectivamente.

De esta manera, se vislumbra un claro patrón en la distribución de esta categoría, el cual responde a la ubicación preferente en laderas con orientación Sur, para ir desde ahí disminuyendo paulatinamente su extensión conforme se acerca a las laderas de exposición Norte, en donde existe una pobre presencia de esta categoría.

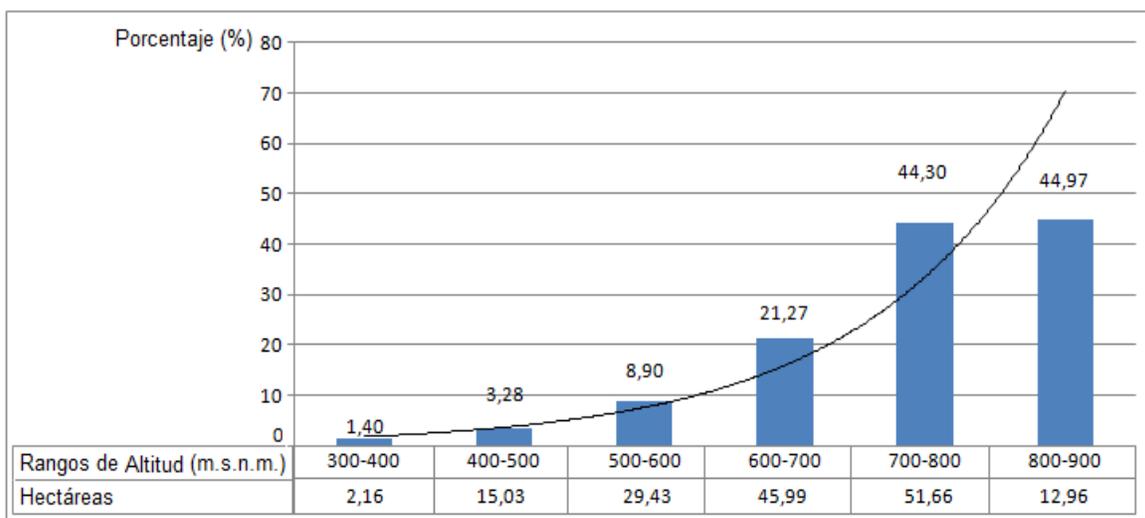
Gráfico 27: Exposición de la categoría bosque esclerofilo denso, comunas de Peñaflor y Talagante.



En el análisis de la categoría bosque esclerofilo denso en relación a los rangos de altitud, se observó que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los tres rangos de menor altitud mostró una presencia porcentual de 4,95%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los tres rangos de mayor altitud tuvo una presencia porcentual de 30,58%.

Por lo tanto, es evidente que existe mayor probabilidad de encontrar áreas con la categoría bosque esclerofilo denso en las zonas con mayor altitud que en las zonas de menor altitud en este sector del área de estudio.

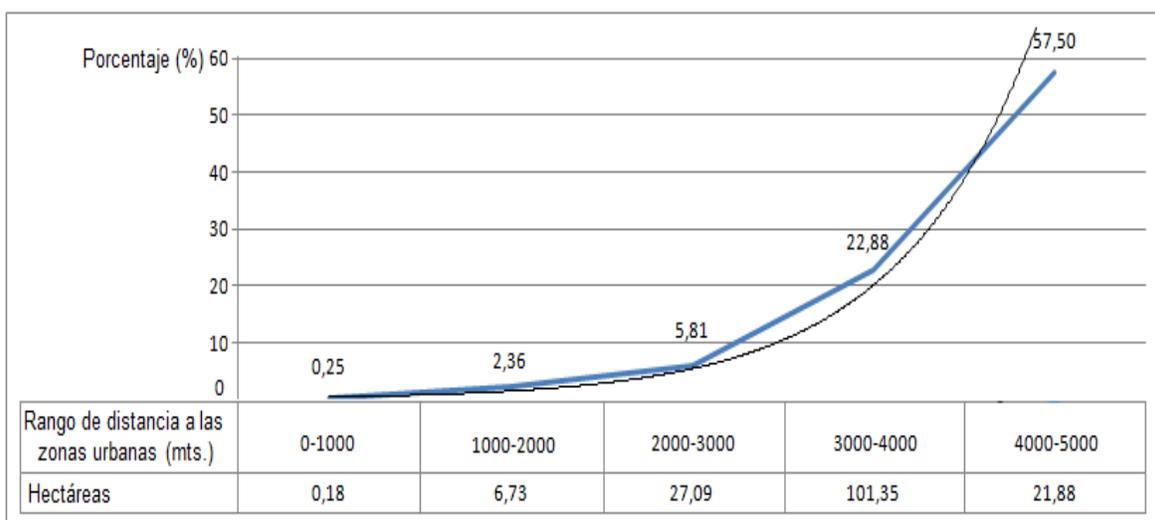
Gráfico 28: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo denso en los rangos de altitud, comunas de Peñaflor y Talagante.



Por otro lado, en el análisis del comportamiento de la categoría bosque esclerofilo denso respecto a la distancia de las zonas urbanas, se observó que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los dos rangos más próximos a las urbes tuvo una presencia porcentual de 1,93%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los dos rangos más distantes a las zonas urbanas exhibió una presencia porcentual de 25,62%.

De esta forma, se facilita el entendimiento que en este caso existe un claro patrón de distribución, el cual responde a que mientras más cercanas a las urbes la categoría bosque esclerofilo denso tiene una menor probabilidad de presentar superficie que respecto a las zonas más alejadas de las mismas.

Gráfico 29: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo denso para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comunas de Peñaflor y Talagante.



En terreno se constató que en general estos frondosos follajes de vegetación arbórea se encontraron entre 4-8 metros de altura y las especies dominantes fueron mayoritariamente *Cryptocarya alba* y *Quillaja saponaria*, mientras que con una menor frecuencia se identificaron las especies *Lithraea caustica*, *Kageneckia oblonga*, *Acacia caven* y *Escallonia pulverulenta*.

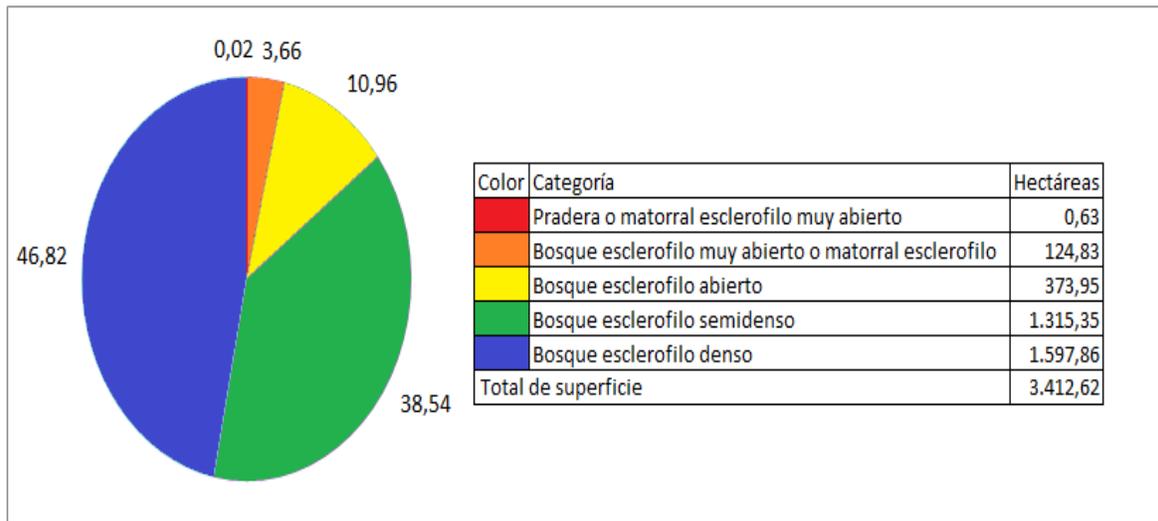
Por otro lado, los arbustos identificados tuvieron una pobre cobertura en esta categoría, en donde la mayor presencia la tuvo la especie *Colliguaja odorifera*, mientras que de manera más aislada se encontró la especie *Retanilla trinervia*.

8.3. Análisis de la vegetación perteneciente a la comuna de El Monte

La zona del área de estudio perteneciente a la comuna de El Monte presentó una vegetación con una clara predominancia de vegetación vigorosa. Es así que esta comuna se perfila como la zona mejor conservada, con un alto porcentaje de vegetación asociada al estado más prístino del bosque esclerofilo.

En cuanto a las perturbaciones exógenas no se identificó la existencia de alguna como en los casos anteriores en que se presenciaron infraestructuras viales. Sin embargo, se observó los vestigios de la ocurrencia de un incendio forestal que recientemente arrasó con una superficie considerable de vegetación de esta zona del área de estudio.

Gráfico 30: Distribución porcentual de las categorías en la comuna de El Monte.



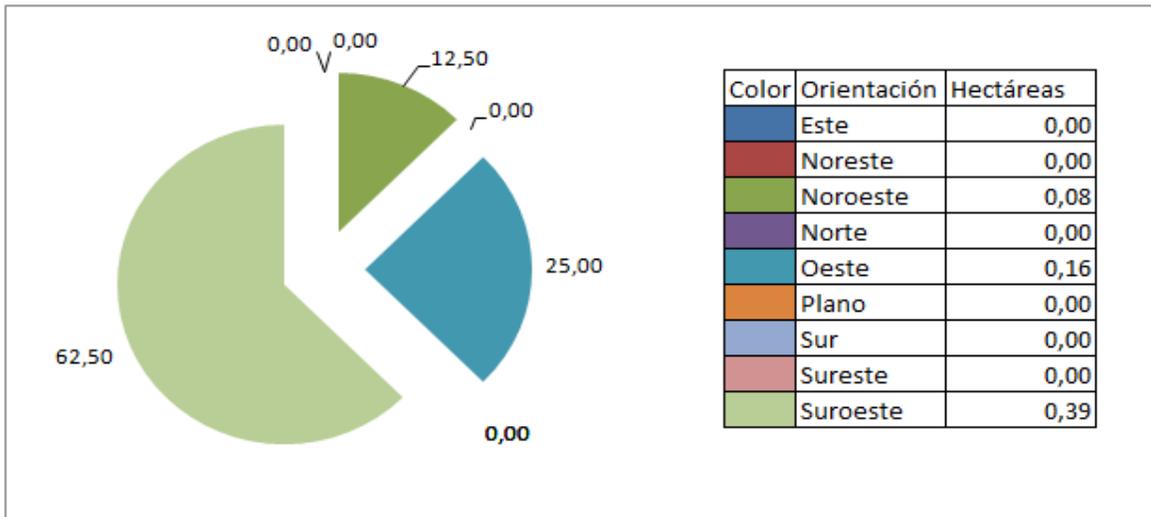
8.3.1. Categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto

Esta categoría según la clasificación del NDVI tuvo una cobertura considerablemente menor, extendiéndose en 0,63 hectáreas representando el 0,02% del área de estudio comunal, lo que correspondió en gran parte a zonas incendiadas.

En este sentido, se observó que la distribución de esta categoría posee una fuerte presencia en laderas de exposición Suroeste, para también extenderse en laderas de exposición Oeste y Noroeste que completan el total de 0,63 hectáreas.

Dadas las características que presenta esta categoría, se hace imposible establecer algún patrón de comportamiento respecto a la distribución de ésta en las orientaciones donde se extiende, ya que todo indica que sus orígenes se producen de una manera azarosa no relacionada con esta variable abiótica, sino más bien por las intervenciones humanas que merman la vegetación original.

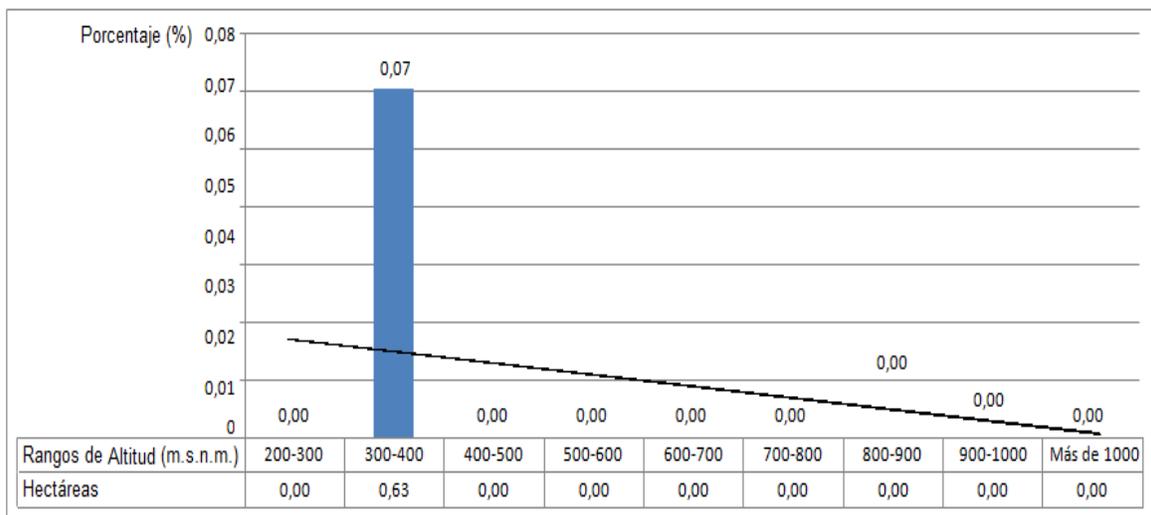
Gráfico 31: Exposición de la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto, comuna de El Monte.



En el análisis del comportamiento de la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto respecto a los rangos de altitud establecidos, se apreció que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los cuatro rangos de menor altitud mostró una presencia porcentual de 0,03%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los cuatro rangos de mayor altitud no registró presencia porcentual.

La distancia establecida entre los rangos de mayor altitud y los rangos de menor altitud no marca una diferencia significativa, manifestando la inexistencia de un patrón comportamiento en la distribución de esta categoría respecto a los rangos de altitud en este sector del área de estudio.

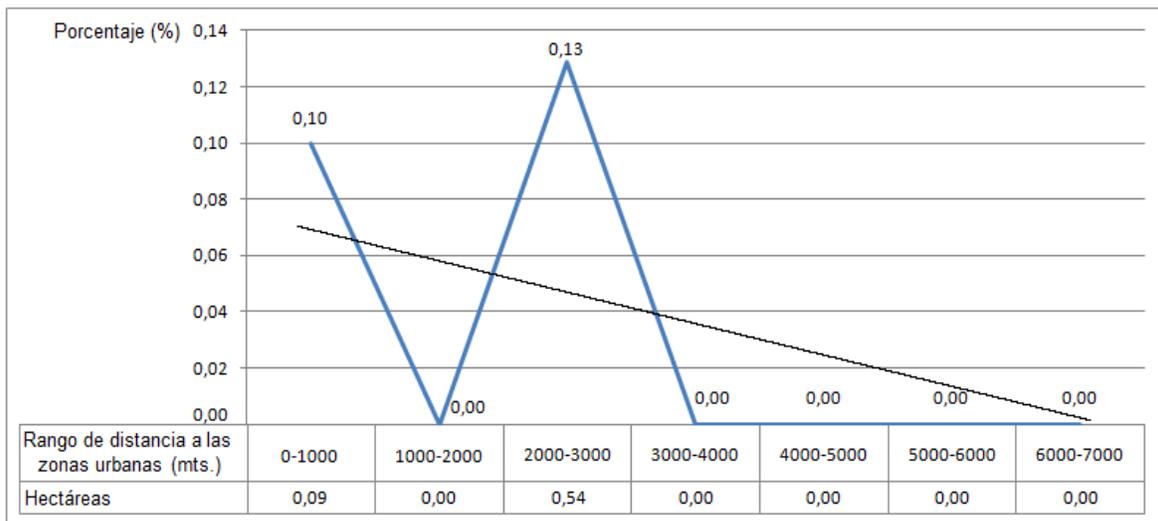
Gráfico 32: Presencia porcentual de la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto para cada rango de altitud, comuna de El Monte.



En cuanto a la variable distancia respecto a las zonas urbanas, se observó que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los tres rangos más próximos a las urbes tuvo una presencia porcentual de 0,1%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los tres rangos de distancia más alejados de las zonas urbanas no presentó presencia porcentual.

De esta manera, se observa la ausencia de un patrón de comportamiento en la distribución de esta categoría respecto a los rangos de distancia a las zonas urbanas, dado la escasa diferencia establecida entre los rangos en este sector del área de estudio.

Gráfico 33: Presencia porcentual de la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de El Monte.



La experiencia en terreno exhibió que esta categoría se encuentra subestimada por la clasificación del NDVI, ya que en los alrededores del punto 89 del primer muestreo, existieron claras evidencias (árboles quemados, vegetación carbonizada) que apuntaron a que recientemente habría ocurrido un incendio forestal que habría arrasado con gran parte de la vegetación existente. La razón por la cual este evento no fue plasmado por la imagen con la cual se realizó la clasificación, es porque ésta fue tomada con fecha anterior a ocurrido el siniestro.

De este modo, se puede entender que para las próximas fechas de realizar un análisis de estas características, es muy probable que esta categoría haya aumentado en desmedro del resto.

8.3.2. Categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo

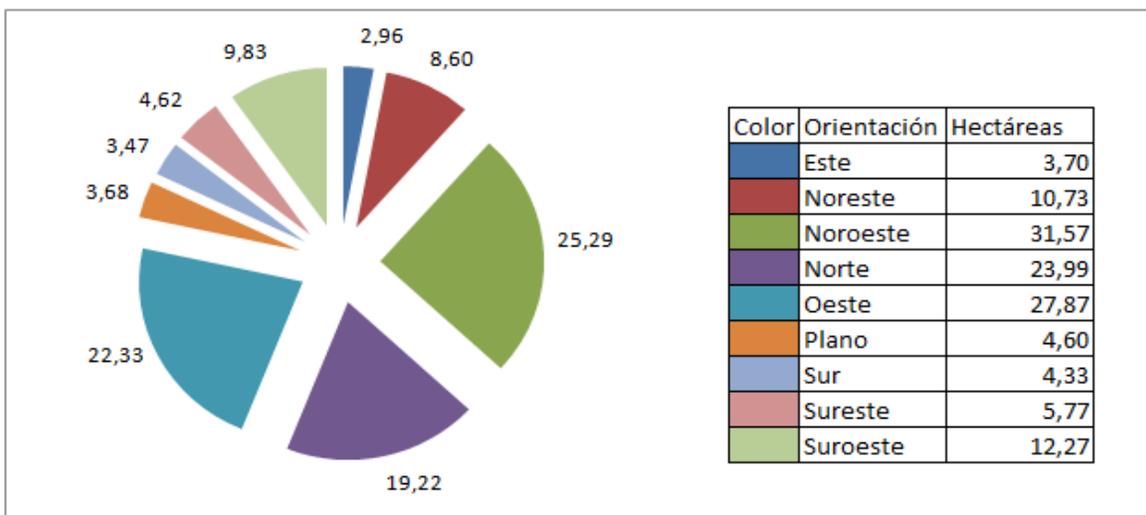
La categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo constituyó un parte menor de esta zona, extendiéndose en 124,83 hectáreas correspondientes al 3,66% del área de estudio comunal.

La ubicación de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo fue principalmente en laderas de exposición Noroeste, Oeste y Norte, con una extensión de 25,29%, 22,33% y 19,22%, respectivamente.

Por otro lado, las zonas que presentaron menor cobertura de esta categoría fueron las laderas de exposición Este, Sur y las zonas planas, con una extensión de 2,96%, 3,47% y 3,68%, respectivamente.

Por lo tanto, en este sector del área de estudio se marca la tendencia a ubicarse mayoritariamente esta categoría en laderas de exposición Oeste y Norte, para disminuir en un gradiente conforme se acerca a las laderas de exposición Este y Sur.

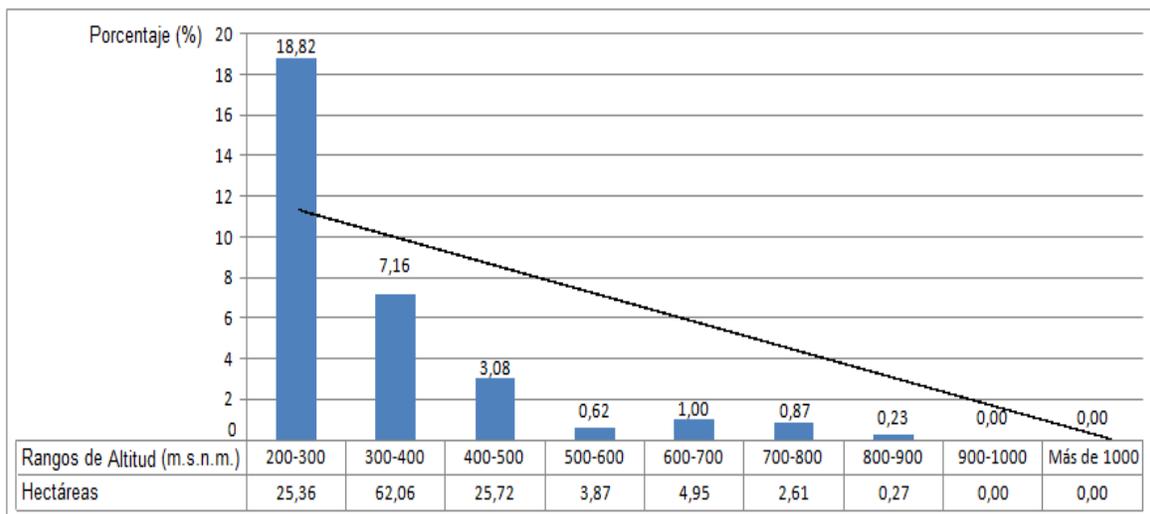
Gráfico 34: Exposición de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo, comuna de El Monte.



Lo que exhibió la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo respecto a los rangos de altitud, fue que la proporción estimada de ésta en el conjunto de los cuatro rangos de menor altitud tuvo una presencia porcentual de 4,76%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los cuatro rangos de mayor altitud mostró una diferencia significativa con una presencia porcentual de 0,63%.

De esta manera, se puede decir que en este sector del área de estudio es más probable encontrar la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo en las zonas con menor altitud que en las zonas de mayor altitud.

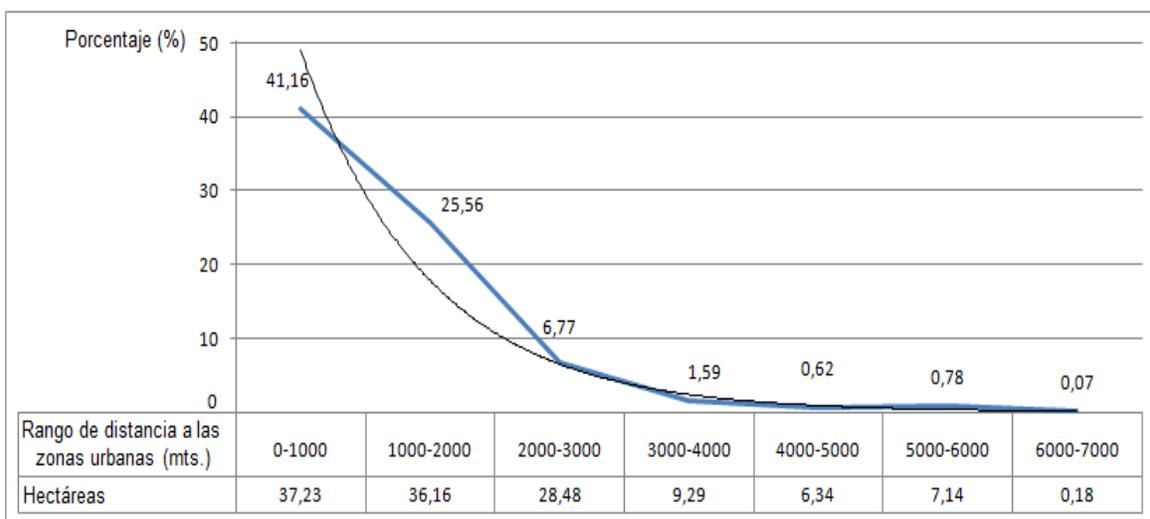
Gráfico 35: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo para cada rango de altitud, comuna de El Monte.



Por otra parte, la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los tres rangos más próximos a las urbes tuvo una presencia porcentual de 15,62%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los tres rangos más distantes a las zonas urbanas exhibió una presencia porcentual muy menor de 0,63%.

De esta forma, se marca la clara tendencia a una mayor proporción en la extensión de esta categoría en las zonas más cercanas a las urbes, para ir luego disminuyendo dicha proporción conforme se aleja de las zonas urbanas.

Gráfico 36: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de El Monte.



En la experiencia de terreno en estas zonas del área de estudio se identificaron con mayor frecuencia las especies *Colliguaja odorifera*, *Retanilla trinervia*, *Baccharis linearis*, además de *Puya berteroniana*, *Puya coerulea* y *Chusquea cumingii*, tres especies que nunca antes habían sido identificadas en el área de estudio.

Esto último es de suma importancia destacarlo, ya que no sólo aumenta el grado de biodiversidad de la zona, sino además porque la primera de estas especies está clasificada como una especie en categoría de conservación a nivel nacional, haciendo estos espacios aún más valiosos de lo entendido hasta ahora.

Es destacable a su vez que las especies *Puya berteroniana* y *Puya coerulea* se ubicaron como lo señala Luebert y Pliscoff (2006) en laderas rocosas de exposición Norte, en donde se encontró una categoría vegetacional con características de intervención, ya que además fue mayoritaria la presencia de especies arbustivas. Sin embargo, estas zonas deben ser consideradas como áreas con vegetación xerofítica de alto valor ecológico, dado la aparición de estas especies.

8.3.3. Categoría bosque esclerofilo abierto

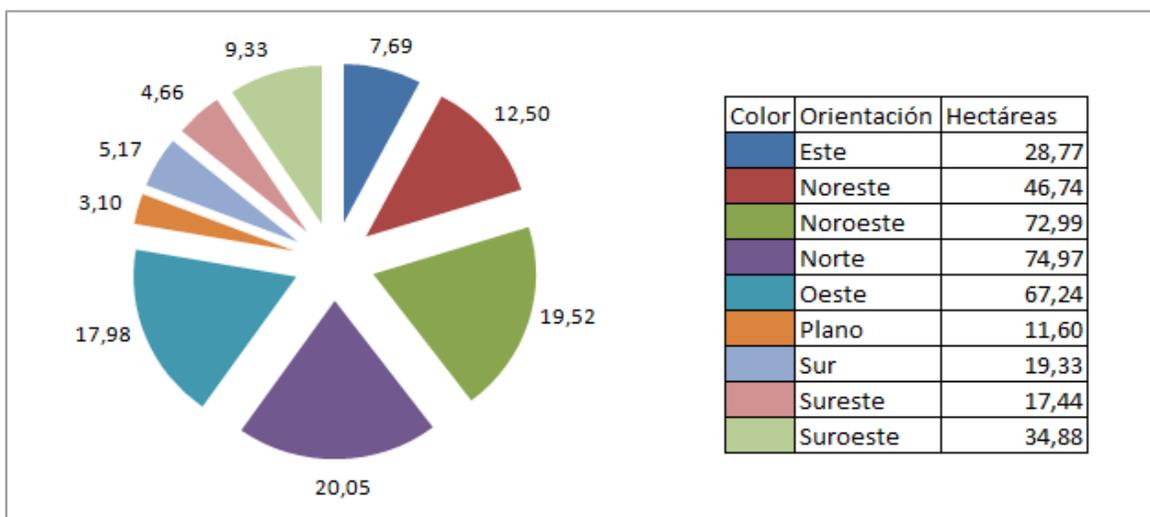
La extensión que conformó la categoría bosque esclerofilo abierto fue de 373,95 hectáreas correspondientes al 10,96% del área de estudio comunal.

Los sectores en donde se encontró con mayor frecuencia el bosque esclerofilo abierto correspondieron a laderas de exposición Norte, Noroeste, Oeste y Noreste, con una extensión de 20,05%, 19,52%, 17,98% y 12,50%, respectivamente.

Los sectores con menor presencia de esta categoría fueron las zonas planas, laderas de exposición Sureste y Sur, con una extensión de 3,10%, 4,66% y 5,17%, respectivamente.

De este modo, se marca la tendencia a una mayor ubicación de esta categoría en laderas con orientación Norte y Oeste, para luego ir disminuyendo hacia las zonas con orientación Este y Sur.

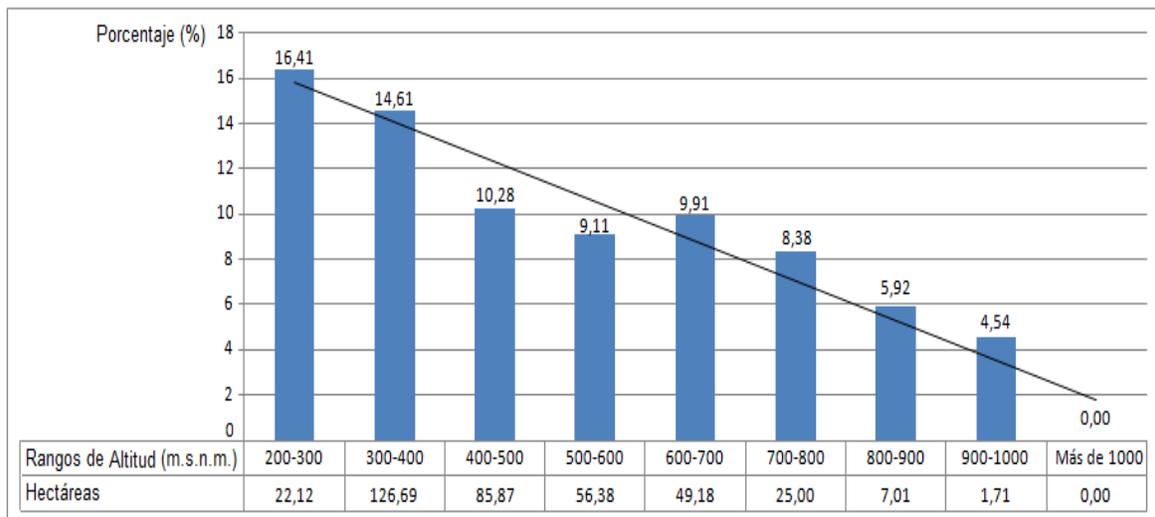
Gráfico 37: Orientación de la categoría bosque esclerofilo abierto, comuna de El Monte.



Por su parte, en el análisis de la categoría bosque esclerofilo abierto en relación a los rangos de altitud, se observó que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los cuatro rangos de menor altitud mostró una presencia porcentual de 11,85%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los cuatro rangos de mayor altitud tuvo una presencia porcentual de 7,34%.

Los resultados anteriores apuntan a que es levemente más probable localizar áreas de la categoría bosque esclerofilo abierto en las zonas con menor altitud que en zonas de mayor altitud en este sector del área de estudio.

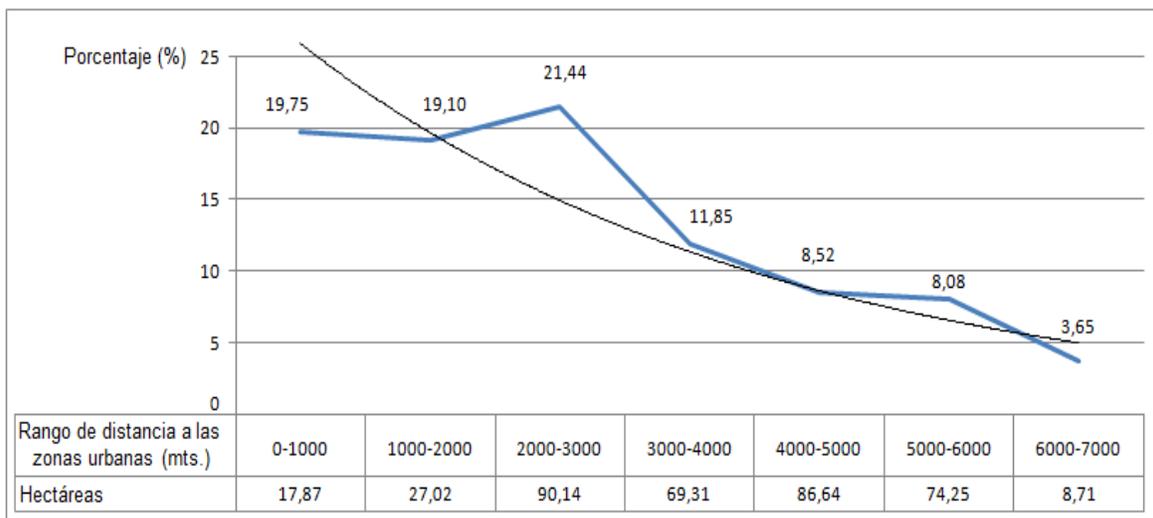
Gráfico 38: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo abierto para cada rango de altitud, comuna de El Monte.



En tanto al análisis del comportamiento de la categoría bosque esclerofilo abierto en relación a la distancia a las urbes, se apreció que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los tres rangos más próximos a las zonas urbanas exhibió una presencia porcentual de 20,7%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los tres rangos más alejados de las urbes presentó una presencia porcentual considerablemente más baja de 7,8%.

Dado la distancia establecida entre los rangos de distancia más próximos y más distantes a las zonas urbanas, se facilita el entendimiento que mientras más próximos a las urbes la categoría bosque esclerofilo abierto tiene una mayor probabilidad de presentar superficie que en relación a las zonas más alejadas de las mismas en este sector del área de estudio.

Gráfico 39: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo abierto para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de El Monte.



En cuanto a la experiencia en terreno, las especies que con más frecuencia fueron identificadas correspondieron a *Lithraea caustica* y *Acacia caven*, que por las condiciones en que se encontraron sólo se ubicaron entre los 2-4 metros de altura.

Además se identificó la presencia de la especie *Escallonia pulverulenta* que se observó con escasa abundancia y que en general no superó los 2 metros de altura.

Por otra parte, se encontró en estas zonas las especies arbustivas *Colliguaja odorifera*, *Retanilla trinervia* y *Baccharis linearis*. Estas dos últimas especies son indicadores de intervención, por lo que estas zonas de bosque esclerofilo deben ser consideradas como áreas en un proceso inicial de regresión, con una vegetación apta para condiciones de mayor sequedad, situación no viable para la vegetación original que de alguna manera había creado el equilibrio necesario para habitar estas zonas.

8.3.4. Categoría bosque esclerofilo semidenso

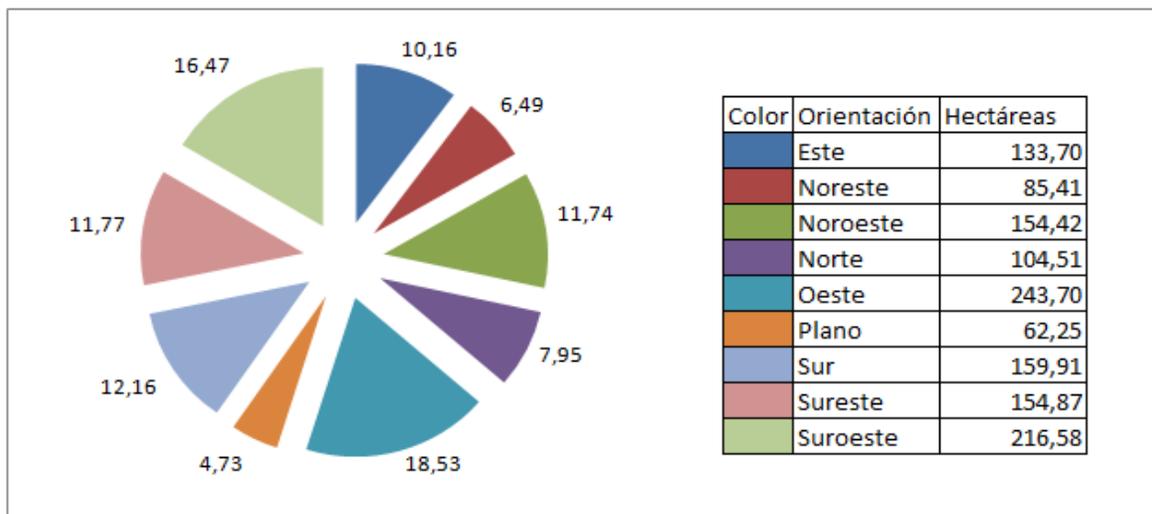
Esta categoría presentó una de las mayores coberturas en esta zona del área de estudio, alcanzando una extensión de 1.315,35 hectáreas correspondientes al 38,54% del área de estudio comunal.

La distribución que tuvo el bosque esclerofilo semidenso en esta zona del área de estudio fue bastante homogénea en todas las orientaciones como muestra el gráfico 40. Sin embargo, las orientaciones que resaltaron del resto correspondieron a laderas de exposición Oeste, Suroeste y Sur, con una extensión de 18,53%, 16,47% y 12,16%, respectivamente.

Las orientaciones con menor presencia de esta categoría fueron las laderas de exposición Noreste, Norte y Este, con una extensión de 6,49%, 7,95% y 10,16%, respectivamente.

De esta forma, se aprecia que en esta categoría existe una leve tendencia a una mayor extensión en laderas de exposición Oeste y Sur, para luego ir disminuyendo hacia las zonas con orientación Norte y Este.

Gráfico 40: Orientación de la categoría bosque esclerofilo semidenso, comuna de El Monte.

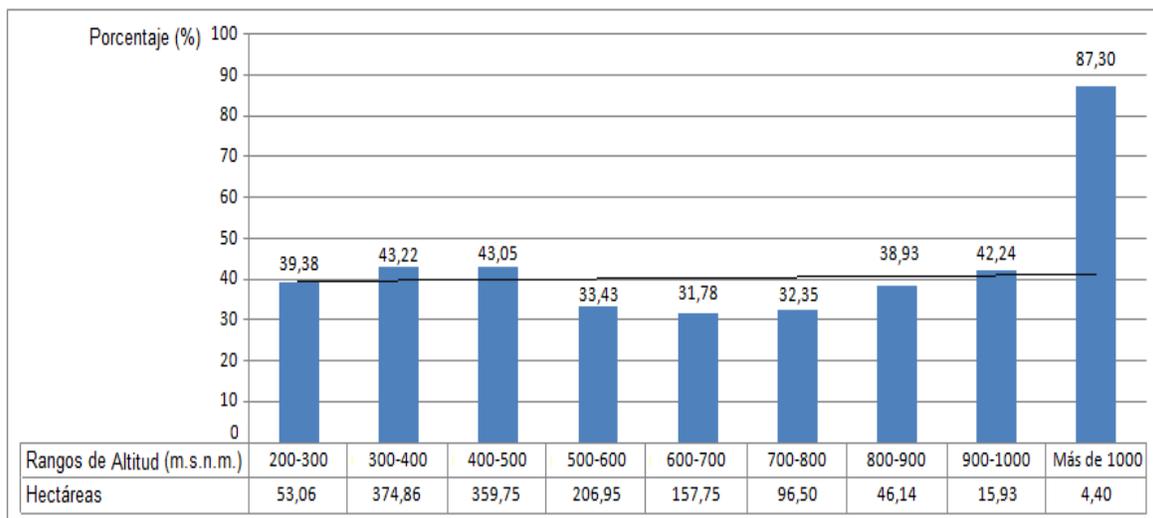


En el análisis de la categoría bosque esclerofilo semidenso respecto a los rangos de altitud, se observó que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los cuatro rangos con menor altitud tuvo una presencia porcentual de 40,49%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los cuatro rangos de mayor altitud presentó una presencia porcentual de 35,46%.

De esta manera, se puede decir que es levemente más probable encontrar áreas con la categoría bosque esclerofilo semidenso en las zonas con menor altitud que en las zonas de mayor altitud en este sector del área de estudio. No obstante, existe un grado de uniformidad evidente en la distribución dada la proximidad de los porcentajes, tal como lo muestra la línea de tendencia en el gráfico 41.

El aumento de la presencia porcentual de esta categoría que se apreció en el rango de altitud mayor a 1000 m.s.n.m., se produjo ya que esta zona es la cumbre (como se observa en el anexo 10), por lo que las condiciones locales no son las mismas que en el resto de las laderas, siendo más favorables para la presencia de especies arbustivas. Esta variación, sin embargo, fue en un rango de una superficie pequeña (correspondiente al 0,15% del total comunal) y no afectó la tendencia general de la distribución.

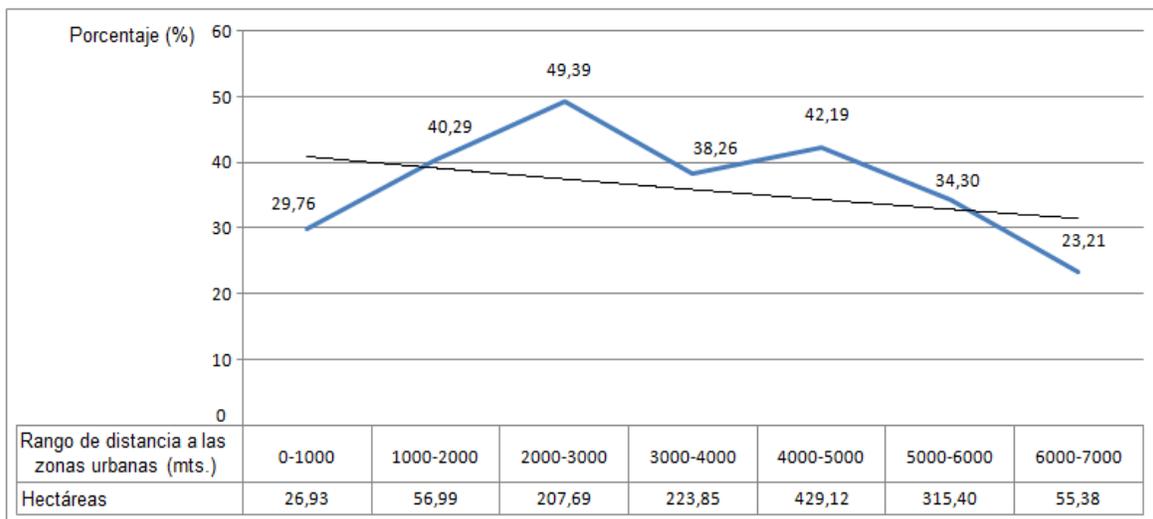
Gráfico 41: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo semidenso para cada rango de altitud, comuna de El Monte.



En cuanto al cálculo del comportamiento de la categoría bosque esclerofilo semidenso respecto a la distancia a las zonas urbanas, se observó que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los tres rangos más próximos a las zonas urbanas presentó una presencia porcentual de 44,07%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los tres rangos más distantes a las urbes tuvo una presencia porcentual no muy disímil de 36,77%.

De este modo, se puede apreciar que los rangos de distancia a las urbes distan levemente entre sí, evidenciando una distribución relativamente homogénea con una ligera tendencia a la ubicación de esta categoría en las zonas más cercanas a las urbes.

Gráfico 42: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo semidenso para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de El Monte.



En la experiencia en terreno se observó que las especies dominantes en estas zonas correspondieron a *Quillaja saponaria*, *Lithraea caustica* y *Kageneckia oblonga*, especies que en general se encontraron entre los 4-8 metros de altura, mientras que las especies *Escallonia pulverulenta* y *Acacia caven*, aparecieron con una menor abundancia y se ubicaron entre los 2-4 metros de altura.

Además, se evidenció una alta biodiversidad en los arbustos en esta zona del área de estudio, identificando especies como *Colliguaja odorifera*, *Retanilla trinervia*, *Proustia cuneifolia*, *Chusquea cumingii*, *Puya berteroniana* y *Puya coerulea*.

Existió la aparición de nuevas especies que aumentan el grado de biodiversidad en el área de estudio, siendo por una parte las especies arbustivas *Lobelia tupa*, *Lobelia excelsa* y *Eryngium paniculatum*, además de la planta parásita *Ligaria cuneifolia* que en la totalidad de los casos observados habitó en la especie *Lithraea caustica*.

8.3.5. Categoría bosque esclerofilo denso

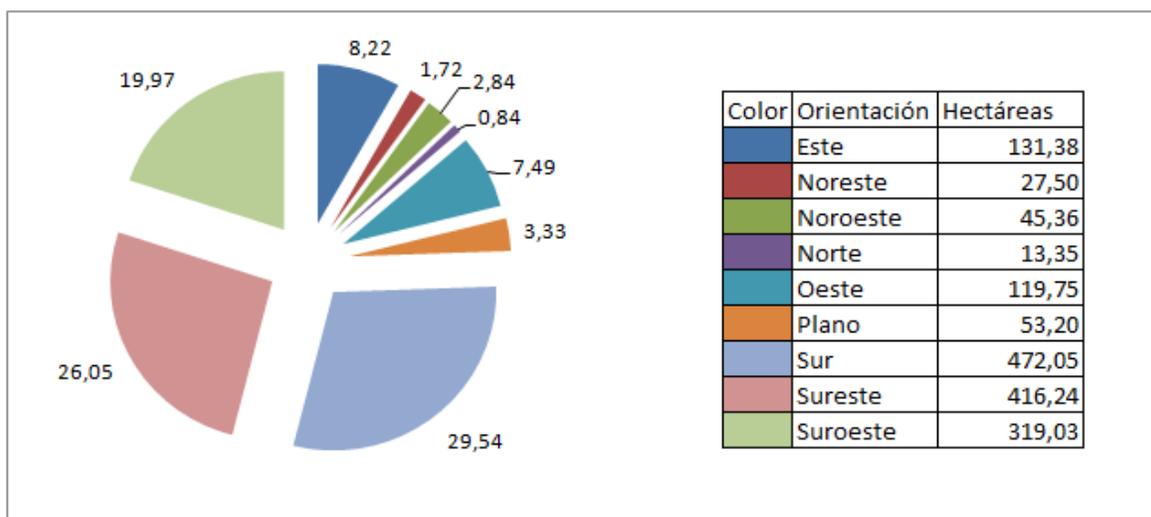
El bosque esclerofilo denso fue la categoría que presentó mayor extensión en esta zona del área de estudio, exhibiendo una superficie que ascendió a 1.597,86 hectáreas correspondientes al 46,82% del área de estudio comunal.

Los sectores en donde se encontró más frecuentemente esta categoría fueron las laderas de exposición Sur, Sureste y Suroeste, que sumaron en conjunto el 75,56% del total de la categoría en esta zona del área de estudio.

Por su parte, las zonas que presentaron menor extensión de esta categoría fueron las laderas de exposición Norte, Noreste y Noroeste, con una extensión de 0,84%, 1,72% y 2,84%, respectivamente.

De este modo, la tendencia en la distribución de esta categoría responde a que laderas con algún grado de exposición Sur son los sectores que concentran la mayor superficie, disminuyendo esta concentración conforme se aproxima a laderas exposición Norte.

Gráfico 43: Orientación de la categoría bosque esclerofilo denso, comuna de El Monte.

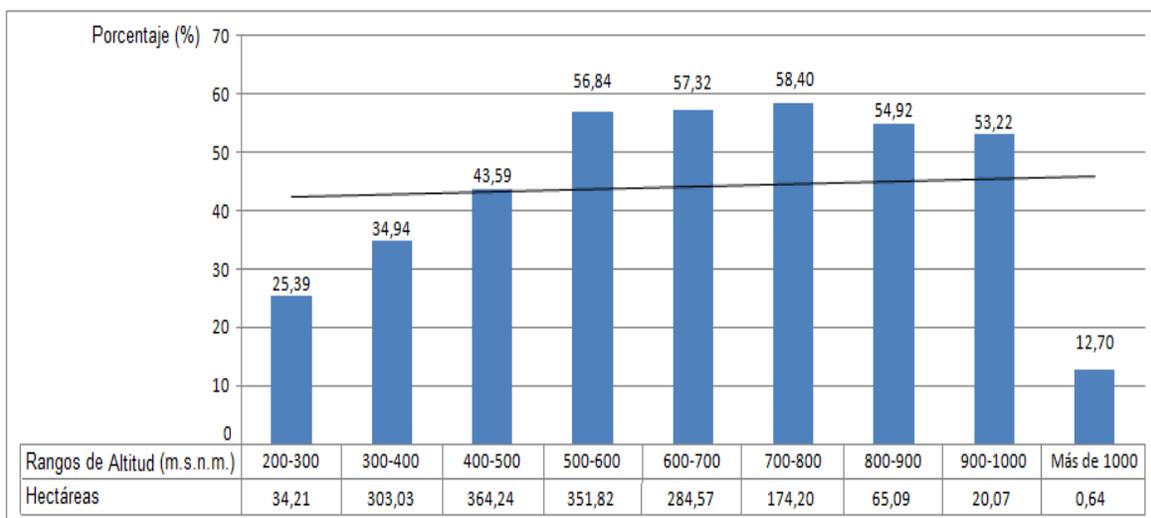


En el análisis de la categoría bosque esclerofilo denso en relación a los rangos de altitud, se observó que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los cuatro rangos de menor altitud tuvo una presencia porcentual de 42,88%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los cuatro rangos de mayor altitud exhibió una presencia porcentual de 56,57%.

Consecuente con lo anterior, es factible decir que es más probable encontrar áreas con la categoría bosque esclerofilo denso en las zonas con mayor altitud que en las zonas de menor altitud en este sector del área de estudio.

La disminución de la presencia porcentual de esta categoría que se observó en el rango de altitud mayor a 1000 m.s.n.m., se debió a que esta zona es la cumbre (como se observa en el anexo 10), por lo que las condiciones locales no son las mismas que en el resto de las laderas, siendo menos favorables para la presencia de especies arbóreas. Esta variación, sin embargo, fue en un rango de un área pequeña (correspondiente al 0,15% del total comunal) y no afectó la tendencia general de la distribución.

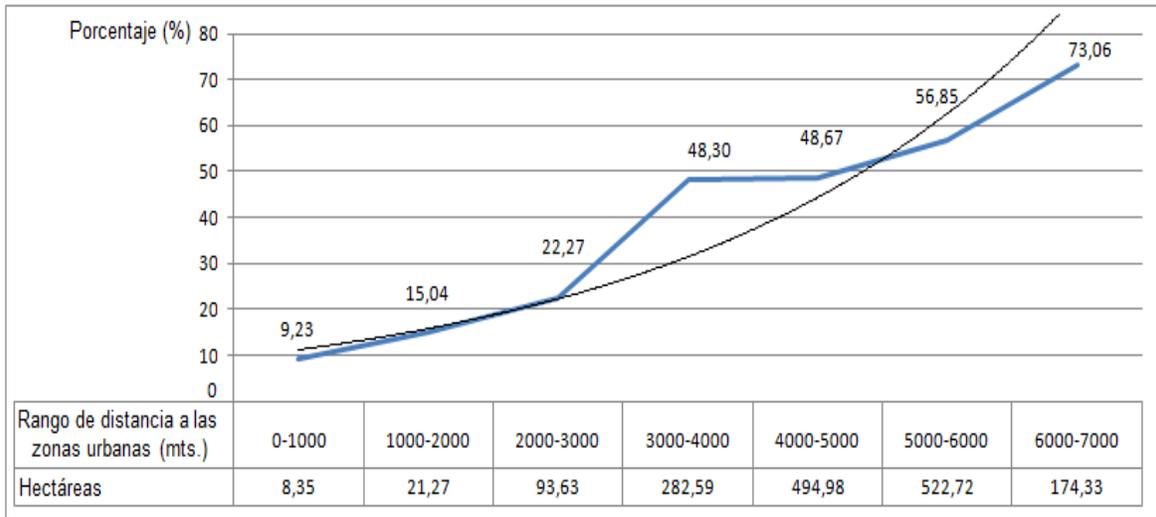
Gráfico 44: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerofilo denso para cada rango de altitud, comuna de El Monte.



En tanto al comportamiento de la categoría bosque esclerofilo denso respecto a la distancia a las zonas urbanas, se apreció que la proporción estimada de esta categoría en el conjunto de los tres rangos más próximos a las urbes exhibió una presencia porcentual de 18,89%, mientras que dicha proporción para el conjunto de los tres rangos más distantes a las zonas urbanas mostró una presencia porcentual de 54,8%.

De esta manera, es claro establecer la existencia de un patrón de comportamiento en esta categoría, el cual responde a que mientras más alejado de las zonas urbanas hay una mayor probabilidad para encontrar bosque esclerofilo denso, probabilidad que disminuye conforme se aproxime a las urbes.

Gráfico 45: Presencia porcentual de la categoría bosque esclerófilo denso para cada rango de distancia respecto a las zonas urbanas, comuna de El Monte.



La experiencia en terreno arrojó que las especies dominantes en esta categoría correspondieron a *Cryptocarya alba* y *Quillaja saponaria*, especies que en general se encontraron entre los 4-8 metros de altura, mientras que las especies *Lithraea caustica*, *Acacia caven*, *Escallonia pulverulenta* y *Kageneckia oblonga*, fueron especies menos abundantes y que se ubicaron en el rango de los 2-4 metros de altura.

Cabe indicar que si bien, como ya ha sido mencionado, la altura de estos bosques se encontraron en general entre los 4-8 metros, existen relictos de bosques antiguos de la especie *Cryptocarya alba* ubicados en las zonas más alejadas de los centros poblados que presentaron alturas en el rango de los 8-12 metros.

Por otra parte, las especies arbustivas exhibieron una presencia muy escasa en estas zonas, identificándose la especie *Colliguaja odorifera* y aún con una menor abundancia la especie *Retanilla trinervia*. No aparece la especie *Baccharis linearis*.

8.4. Validación de la información

8.4.1. Muestras de primera validación en terreno

Los resultados de los primeros terrenos fueron la toma de 100 puntos de muestreo que describen las formaciones vegetacionales presentes. Es destacable que el levantamiento de esta información en terreno se realizó con el asesoramiento de la ingeniera forestal Larisa Donoso, quien participó en las dos primeras campañas de terreno.

De esta manera, los resultados de las muestras de terreno fueron cruzados con la información generada en la clasificación del NDVI, componiendo así la Matriz de confusión que presenta el nivel de asertividad que tiene la clasificación realizada.

Tabla 15: Matriz de confusión de la primera validación.

Categorías de NDVI	Datos de terreno					Total
	Pradera o matorral esclerofilo muy abierto	Bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo	Bosque esclerofilo abierto	Bosque esclerofilo semidenso	Bosque esclerofilo denso	
Pradera o matorral esclerofilo muy abierto	3	-	-	-	-	3
Bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo	-	19	-	-	-	19
Bosque esclerofilo abierto	-	4	17	-	-	21
Bosque esclerofilo semidenso	1	1	-	34	-	36
Bosque esclerofilo denso	-	-	-	-	21	21
Total	4	24	17	34	21	100

En la matriz de confusión de la primera validación se pueden ver los 100 puntos comparados y distribuidos en las 5 categorías. En este caso se aprecia que 94 de éstos fueron correctamente asignados, lo significa que la clasificación realizada en el NDVI posee una exactitud total del 94%, mientras que los puntos mal clasificados fueron sólo 6, lo que corresponde a un 6% de error. Lo anterior en teoría quiere decir que aproximadamente 94 de cada 100 píxeles están correctamente clasificados según esta primera validación.

En la matriz de confusión se observa que los errores acontecidos corresponden a las categorías bosque esclerofilo abierto y bosque esclerofilo semidenso, donde en ambos casos hubo una sobreestimación en la clasificación del NDVI, ya que en terreno se pudo apreciar un estado de degradación mayor en la vegetación.

Por otra parte, el cálculo del índice de Kappa arrojó como resultado un 0,92 que como lo indica la tabla 12 (López, 2001 en Oyola, 2009) expresa una relación de concordancia muy buena entre la clasificación del NDVI y las muestras en terreno para la primera validación.

8.4.2. Muestras de segunda validación en terreno

Los resultados de los terrenos de la segunda validación fueron la toma de 96 puntos de muestreo que describen la cobertura de cada uno de los tipos biológicos presentes en una longitud de 30 metros de largo y 30 metros de ancho, determinando así la formación vegetal que representan.

Los datos resultantes de las muestreas de terreno de la segunda validación fueron interceptados con la información generada en la clasificación del NDVI, creando así la segunda Matriz de confusión que presenta el nivel de asertividad que tiene la clasificación realizada inicialmente.

Tabla 16: Matriz de confusión de la segunda validación.

Categorías de NDVI	Datos de terreno					Total
	Pradera o matorral esclerofilo muy abierto	Bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo	Bosque esclerofilo abierto	Bosque esclerofilo semidenso	Bosque esclerofilo denso	
Pradera o matorral esclerofilo muy abierto	1	-	-	-	-	1
Bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo	-	17	-	-	-	17
Bosque esclerofilo abierto	-	2	17	-	-	19
Bosque esclerofilo semidenso	-	3	4	24	-	31
Bosque esclerofilo denso	-	-	-	1	27	28
Total	1	22	21	25	27	96

En la matriz de confusión de la segunda validación se pueden ver los 96 puntos comparados y distribuidos en las 5 categorías. En este caso, se aprecia que en 86 puntos del universo total muestreado fueron correctamente asignados por la clasificación del NDVI. Esto significa que la clasificación realizada en el NDVI posee una exactitud total del 89,58%, mientras que los puntos mal clasificados fueron sólo 10, arrojando un error correspondiente al 10,42%.

En esta segunda matriz de confusión se observa que al igual en la primera matriz, los errores acontecidos corresponden a sobreestimaciones por parte de la clasificación NDVI, siendo en este caso en las categorías bosque esclerofilo abierto, bosque esclerofilo semidenso y bosque esclerofilo denso. De esta forma, se aprecia que los errores arrojados por la clasificación NDVI, se asocian principalmente a exponer una realidad mejor conservada, ya que lo exhibido en terreno fue una menor vigorosidad de la vegetación presente.

El cuanto al cálculo del índice de Kappa arrojó como resultado un 0,86 que como lo indica la tabla 12 (López, 2001 en Oyola, 2009) expresa una relación de concordancia muy buena entre la clasificación del NDVI y las muestras en terreno de la segunda validación.

8.5. Análisis multitemporal

Luego de realizar las correcciones atmosférica, topográfica, geométrica, y la homogeneización radiométrica de las imágenes de satélite, se efectuó la clasificación del NDVI para cada una de las fechas con los mismos rangos establecidos en la clasificación del año 2010.

De esta manera, se presentan los mapas de las clasificaciones de NDVI realizadas para las fechas 1985, 1987, 1990, 1993, 1996, 1999, 2004, 2007 y 2010 en los anexos 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 8, respectivamente.

A continuación se exhiben los resultados de las coberturas de las categorías definidas en la comuna de Padre Hurtado (gráfico 46), las comunas Peñaflor y Talagante (gráfico 47) y la comuna de El Monte (gráfico 48).

Gráfico 46: Variación de la cobertura de las categorías definidas en la comuna de Padre Hurtado, periodo 1985 - 2010.

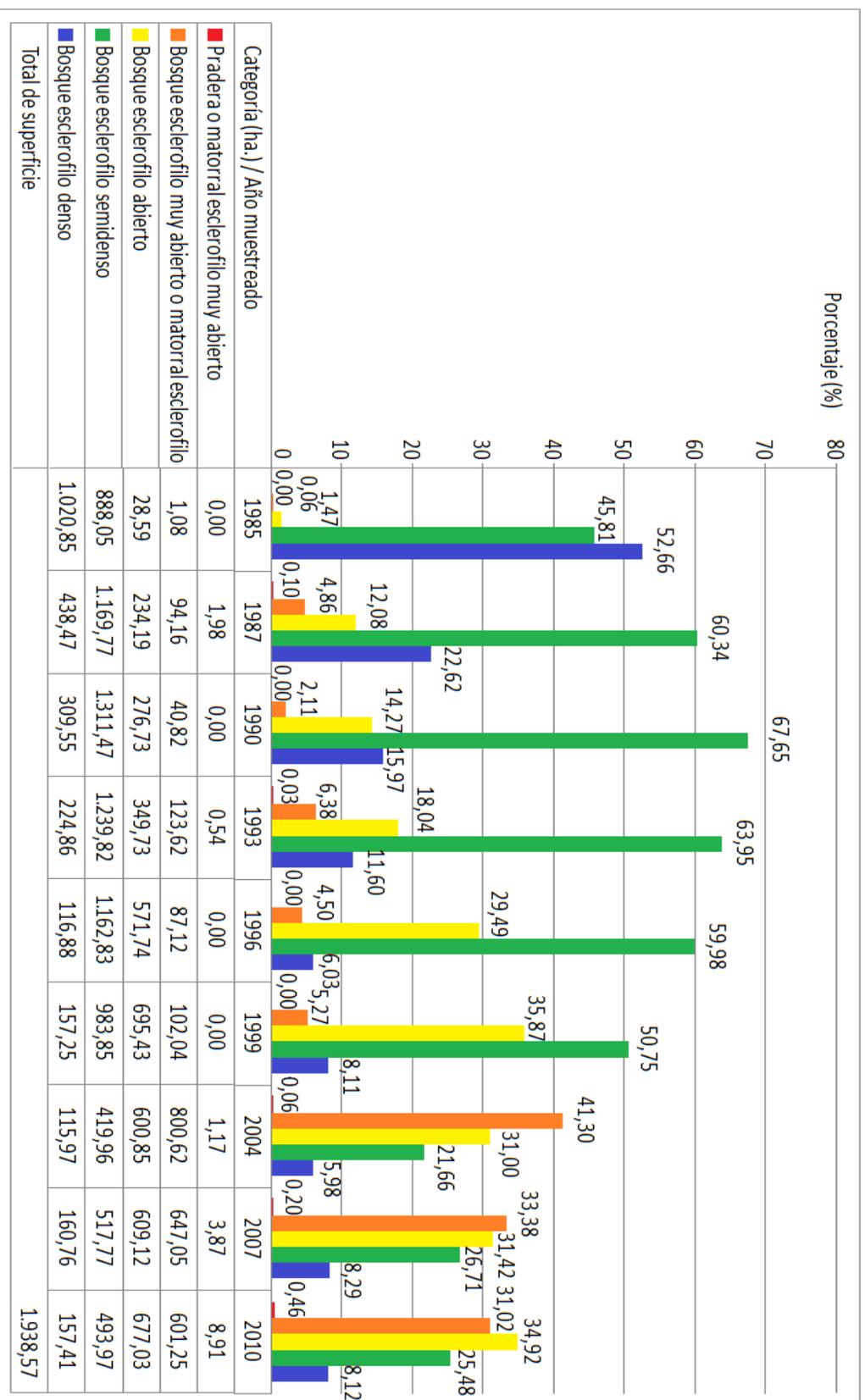
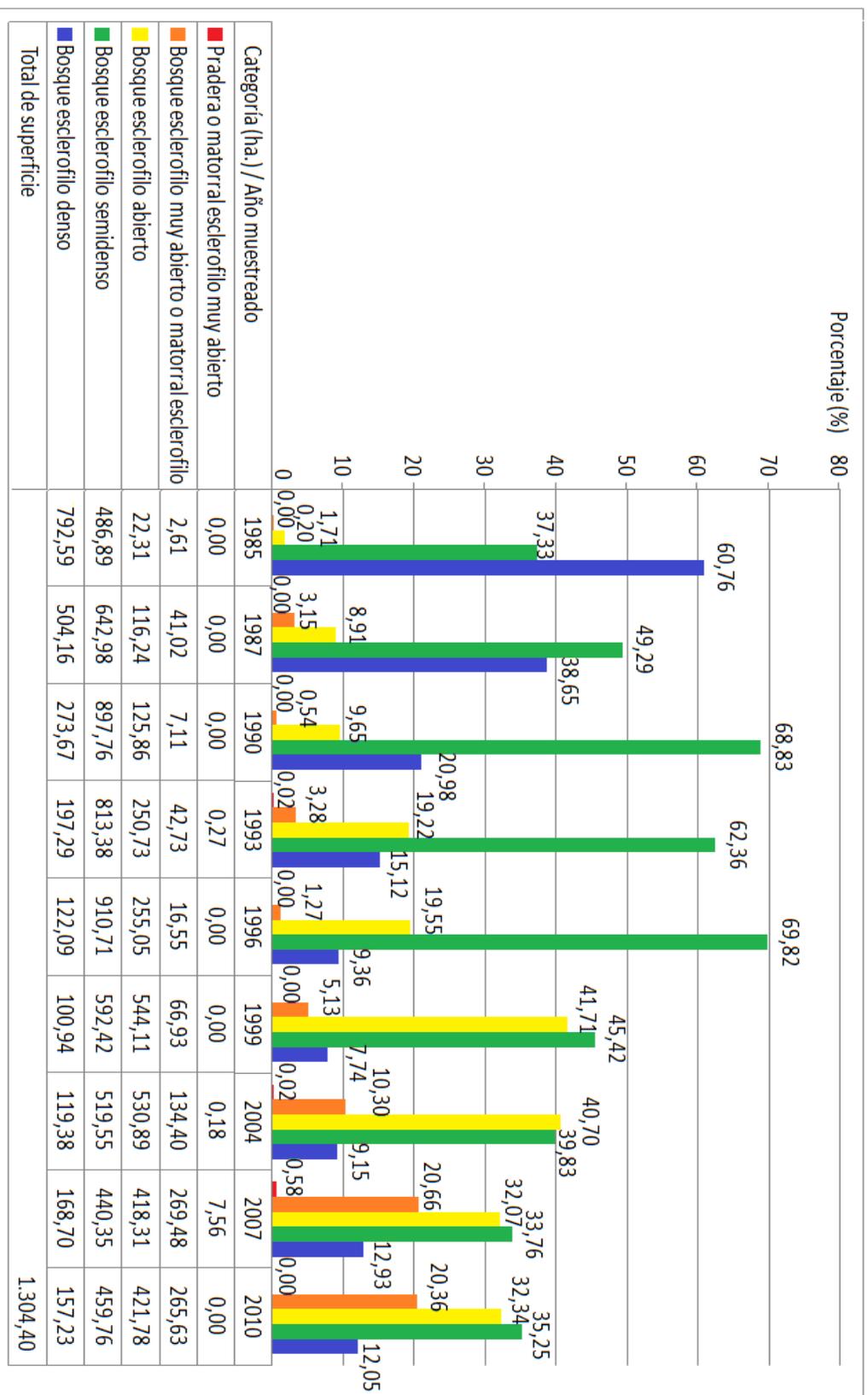


Gráfico 47: Variación de la cobertura de las categorías definidas en las comunas de Peñaflor y Talagante, periodo 1985 - 2010.



8.5.1. Categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto

Esta categoría representa las áreas donde la vegetación ha sido devastada por eventos externos a la dinámica natural del ecosistema, por lo que su aparición es de carácter azaroso, sin un patrón definido más que el infortunio de la intervención humana.

En la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto se apreció que sus apariciones no fueron extensas pero sí recurrentes, además de una ausencia en la lógica del comportamiento de la cobertura, ratificando su naturaleza impredecible o más allá de los alcances del presente estudio.

Tabla 17: Superficie promedio de la categoría pradera o matorral esclerofilo muy abierto en las tres zonas diferenciadas.

Zona diferenciada	Superficie promedio	
	Hectáreas	Porcentaje
Padre Hurtado	1,83	0,09%
Peñaflor y Talagante	0,89	0,07%
El Monte	0,8	0,02%

De esta manera, se observó una leve tendencia en la superficie promedio de esta categoría a lo largo del análisis multitemporal, donde la comuna de Padre Hurtado ubicada más próxima a la metrópolis de Santiago presentó la mayor cobertura promedio, luego la zona perteneciente a las comunas de Peñaflor y Talagante, para finalmente la comuna de El Monte que exhibió la menor superficie promedio de esta categoría en el área de estudio.

8.5.2. Categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo

Esta categoría que se asocia a un estado degradado del bosque esclerofilo, se apreció la existencia de un patrón de comportamiento transversal en las tres zonas diferenciadas, donde a medida que transcurren los años la extensión de la cobertura fue en aumento.

Tabla 18: Variación de la superficie de la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo en las tres zonas diferenciadas.

Zona diferenciada	Superficie promedio 1985-1999		Superficie promedio 2004-2010		Variación entre ambos periodos	
	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje
Padre Hurtado	74,81	3,86%	682,97	35,23%	608,16	31,37%
Peñaflor y Talagante	29,49	2,26%	223,17	17,11%	193,68	14,85%
El Monte	69,53	2,04%	72,34	2,12%	2,81	0,08%

Conforme a la tabla 18, se puede establecer una clara directriz que presenta a la comuna de El Monte como la zona menos afectada por los agentes de degradación, ya que si bien en el periodo 1985 - 1999 era la zona que tenía la segunda mayor extensión en hectáreas de esta categoría, fue en los seis años finales donde se contiene del crecimiento que

evidencia el resto de las zonas, para posicionarse como el sector con la menor extensión y proporción de esta categoría.

Posteriormente le sigue la zona perteneciente a las comunas de Peñaflor y Talagante, que luego del primer periodo 1985 - 1999 donde tenía la menor extensión de esta categoría (segunda en proporción), fue en el periodo 2004 - 2010 donde exhibió un fuerte crecimiento que la posicionó como la zona con la segunda mayoría de extensión y proporción de esta categoría.

Finalmente la comuna de Padre Hurtado se perfiló como la zona con mayor extensión y proporción de esta categoría durante todo el periodo de análisis, destacando así las fuertes intervenciones que ha experimentado esta zona del área de estudio.

8.5.3. Categoría bosque esclerofilo abierto

La categoría del bosque esclerofilo abierto que se asocia a un estado temprano de degradación en la vegetación nativa dado a su pérdida de cobertura arbórea y aparición de especies indicadoras de intervención, presentó al igual que la anterior categoría un patrón de comportamiento al alza durante el periodo analizado.

Tabla 19: Variación de la superficie de la categoría bosque esclerofilo abierto en las tres zonas diferenciadas.

Zona diferenciada	Crecimiento promedio 1985-1999		Pick máximo año 1999		Superficie promedio 1999-2010		Variación neta entre los años 1985 y 2010	
	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje
Padre Hurtado	133,37	6,88%	695,43	35,87%	645,61	33,30%	648,44	33,45%
Peñaflor y Talagante	104,36	8,00%	544,11	41,71%	478,77	36,70%	399,47	30,62%
El Monte	79,11	2,32%	406,69	11,92%	374,91	10,99%	362,80	10,63%

Consecuente con la tabla 19, la zona perteneciente a las comunas de Peñaflor y Talagante, fue el sector que presentó la mayor proporción de crecimiento promedio entre los años 1985 - 1999 y además en los últimos once años evidenció la mayor proporción de esta categoría, exhibiendo así que el proceso que está experimentando esta zona del área de estudio es de una etapa inicial de pérdida de vigorosidad de la vegetación nativa.

Por su parte la comuna de Padre Hurtado, que si bien exhibió la variación neta más fuerte en el área de estudio, mostró la proporción de crecimiento promedio entre los años 1985 - 1999 y el porcentaje de superficie promedio en los últimos once años del periodo de análisis, más moderada respecto a la zona perteneciente a las comunas de Peñaflor y Talagante.

Por último, la comuna de El Monte fue la zona que presentó menor crecimiento, proporción y variación neta de esta categoría, destacando así la poca intervención que ha tenido esta zona del área de estudio respecto a sus homólogas.

8.5.4. Categoría bosque esclerofilo semidenso

La variación de la cobertura que presentó esta categoría tuvo un comportamiento muy particular, ya que primeramente se exhibe un alza paulatina hasta alcanzar un pick máximo entre los años 1990 y 1996, dependiendo de la zona diferenciada, para luego sufrir un descenso y estabilizarse en las últimas fechas.

Este comportamiento se debió principalmente a que el aumento inicial provino de la pérdida de cobertura en la categoría bosque esclerofilo denso, que para las fechas en que el bosque esclerofilo semidenso aumentó, éste disminuyó en mayor magnitud aportando cobertura a esta categoría y a su vez a las categorías bosque esclerofilo abierto y bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo.

La disminución que se produjo luego de esta alza, se debió a que la categoría bosque esclerofilo denso se estabilizó y dejó de “proveer” cobertura al bosque esclerofilo semidenso, quien a su vez fue afectado por las condiciones externas y cedió su extensión a la categoría bosque esclerofilo abierto y bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo, las cuales crecieron exponencialmente en el último tramo del análisis.

Tabla 20: Variación de la cobertura de la categoría bosque esclerofilo semidenso en las tres zonas diferenciadas.

Zona diferenciada	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje
Padre Hurtado	Crecimiento promedio 1985-1990		Pick máximo año 1990		Decrecimiento promedio 1990-2004		Superficie promedio 2004-2010	
	211,71	10,92%	1.311,47	67,65%	222,88	11,50%	477,23	24,62%
Peñaflor y Talagante	Crecimiento promedio 1985-1996		Pick máximo año 1996		Decrecimiento promedio 1996-2007		Superficie promedio 2007-2010	
	105,96	8,12%	910,71	69,82%	156,79	12,02%	450,06	34,50%
El Monte	Crecimiento promedio 1985-1993		Pick máximo año 1993		Decrecimiento promedio 1993-1996		Superficie promedio 1996-2010	
	496,89	14,56%	1.785,21	52,31%	227,02	6,65%	1.495,72	43,83%

De esta forma, la zona perteneciente a la comuna de El Monte se perfiló como el sector que en el periodo de crecimiento mostró el mayor aumento, mientras que en el periodo de decrecimiento se vio menormente disminuida, concentrando así el mayor porcentaje de esta categoría en los últimos seis años de análisis como se aprecia en el gráfico 48.

La zona perteneciente a las comunas de Peñaflor y Talagante, que si bien creció con el ritmo más leve y decreció con el ritmo más fuerte, se estabilizó con la segunda mayor proporción de esta categoría en los últimos seis años de análisis como se observa en el gráfico 47.

Finalmente la zona perteneciente a la comuna de Padre Hurtado que creció y decreció con un ritmo intermedio en relación a las zonas homólogas, se posicionó con el menor porcentaje de cobertura de esta categoría en los últimos seis años de análisis como lo muestra el gráfico 46 .

8.5.5. Categoría bosque esclerofilo denso

El bosque esclerofilo denso es la categoría que representa el estado más vigoroso del ecosistema presente en el área de estudio y sin lugar a dudas fue la categoría que se vio más reducida en el periodo analizado.

El cambio de cobertura que mostró de esta categoría en las tres zonas diferenciadas, expuso un comportamiento similar en cada una de éstas, con un pick máximo en la primera fecha muestreada para luego exhibir un descenso mantenido hasta estabilizarse entre los años 1993 y 1999, dependiendo la zona del área de estudio.

Tabla 21: Variación de la cobertura de la categoría bosque esclerofilo denso en las tres zonas diferenciadas.

Zona diferenciada	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje
Padre Hurtado	Pick máximo 1985		Decrecimiento promedio 1985-1996		Superficie promedio 1996-2010		Variación neta entre los años 1985 y 2010	
	1.020,85	52,66%	225,99	11,66%	141,65	7,31%	863,44	44,54%
Peñaflor y Talagante	Pick máximo 1985		Decrecimiento promedio 1985-1999		Superficie promedio 1999-2010		Variación neta entre los años 1985 y 2010	
	792,59	60,76%	138,33	10,60%	136,56	10,47%	635,36	48,71%
El Monte	Pick máximo 1985		Decrecimiento promedio 1985-1993		Superficie promedio 1993-2010		Variación neta entre los años 1985 y 2010	
	3.091,19	90,58%	621,87	18,22%	1.468,04	43,02%	1.493,33	43,76%

De esta manera, se apreció que la comuna de El Monte siendo la zona diferenciada de mayor tamaño (51,28% del total) exhibió el pick más alto en proporción y hectáreas de esta categoría, y a pesar que sufrió el mayor decrecimiento y la mayor variación neta en hectáreas, presentó la mayor cobertura en hectáreas y en proporción del bosque esclerofilo denso durante todo el periodo de análisis.

La zona perteneciente a las comunas de Peñaflor y Talagante, fue el sector que si bien presentó la mayor variación neta porcentual, se mantuvo durante casi todo el periodo de análisis (salvo en el año 1999), como la zona con la segunda mayor proporción de esta categoría.

Finalmente la zona del área de estudio perteneciente a la comuna de Padre Hurtado, fue la zona que presentó el menor porcentaje de esta categoría durante casi todo el periodo de análisis (salvo el año 1999 que se posicionó segunda), evidenciando la poca conservación de la vegetación original en esta zona del área de estudio.

8.5.6. Análisis en conjunto

En este análisis se aprecia una relación indirecta entre ambas clases definidas (ver método 7.10.4, en página 54), ya que por el crecimiento de una de las clases significa el retroceso de la otra en igual medida. De este modo, se evidenció un comportamiento transversal en las tres zonas diferenciadas, donde las áreas conservadas disminuyeron al mismo ritmo que las áreas degradadas crecieron.

8.5.6.1. Análisis de la zona perteneciente a la comuna de Padre Hurtado

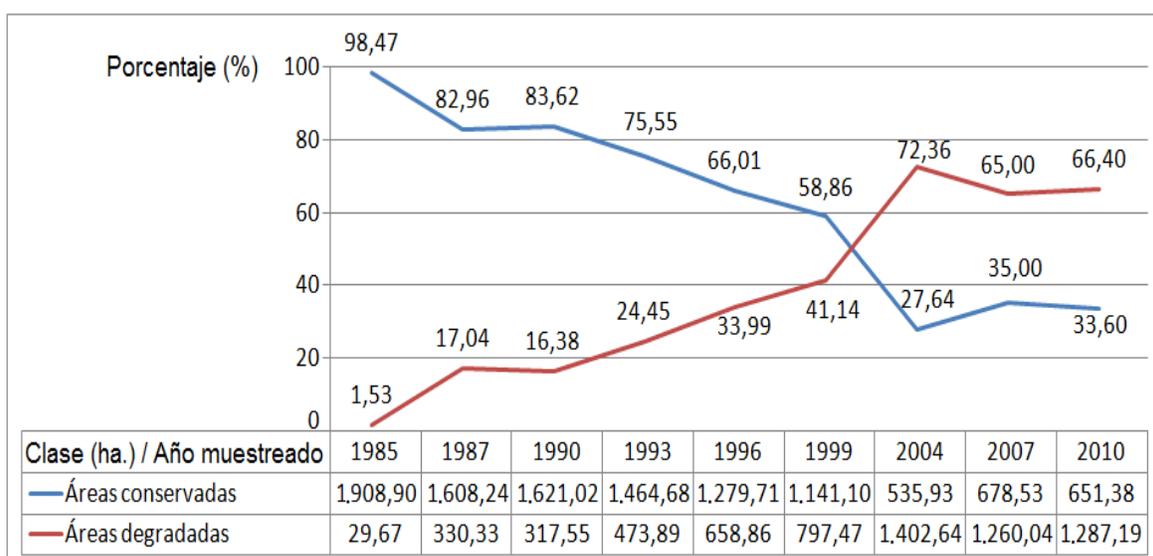
En el caso de la comuna de Padre Hurtado se observó una fuerte reducción de las áreas conservadas, con una disminución promedio entre cada fecha en el periodo de mayor variación (lapso 1985 – 2004) del orden del 11,8%, esto es, una disminución de las áreas conservadas entre cada fecha en un promedio de 228,83 hectáreas.

Posterior a esta abrupta disminución de las áreas conservadas y el consecuente aumento de las áreas degradadas, se apreció una estabilización de las clases como lo muestra el gráfico 49, que para el caso de las áreas conservadas fue en torno al 30,08% que promediaron los últimos seis años del análisis, mientras que para el caso de las áreas degradadas fue alrededor del promedio del 67,92%.

De esta forma, se observó que para el año 1985 las áreas conservadas eran del orden del 98,47%, mientras que para el año 2010 disminuyeron al 33,6%, variando en 64,87%, esto es, en 1.257,52 hectáreas.

Es a su vez importante enfatizar que existió un cambio en la dominancia de las clases definidas, ya que después del año 1999 fueron las áreas degradadas la clase con mayor extensión, mostrando la fuerte intervención que ha experimentado esta zona del área de estudio.

Gráfico 49: Variación de cobertura de las áreas conservadas y áreas degradadas en la comuna de Padre Hurtado, periodo 1985-2010.



8.5.6.2. Análisis de la zona perteneciente a las comunas de Peñaflo y Talagante

Por su parte, la zona perteneciente a las comunas de Peñaflo y Talagante presentó un fuerte aumento de las áreas degradadas en desmedro de las áreas conservadas, sin embargo esta alza fue más moderada en relación a lo observado en la zona perteneciente a la comuna de Padre Hurtado.

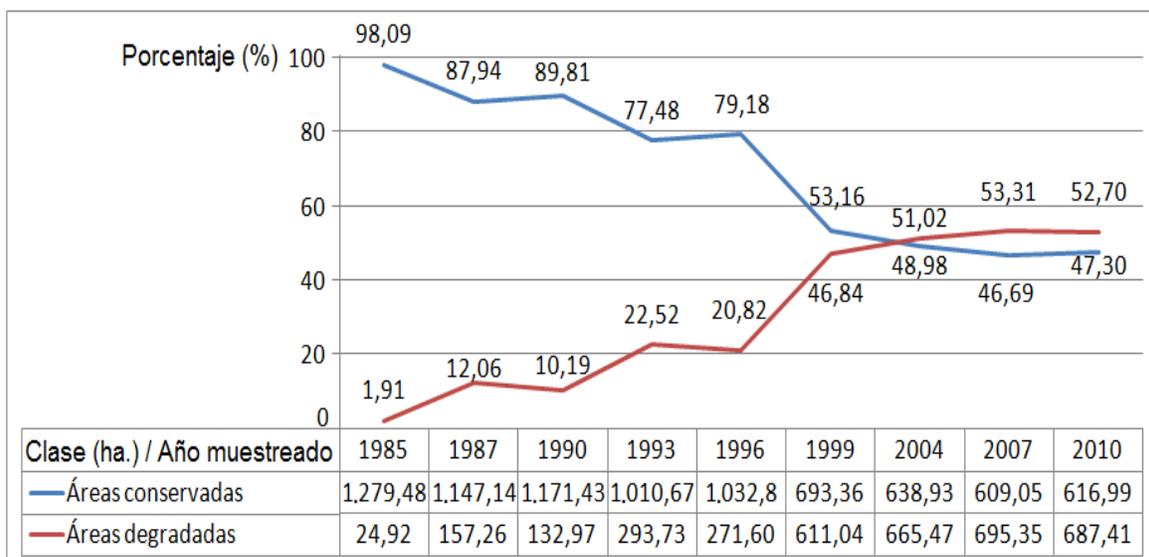
De esta manera, se diferenciaron dos etapas en esta zona; la primera correspondiente entre los años 1985 y 2004, donde existió una disminución promedio de las áreas conservadas del orden del 8,18%, esto es, un promedio de 106,76 hectáreas entre cada fecha muestreada.

Posteriormente, en el segundo periodo diferenciado entre los años 2004 y 2010, se evidenció una estabilización de las áreas conservadas en torno a las 621,65 hectáreas que promediaron en estos últimos seis años, vale decir, alrededor del 47,66%, mientras que las áreas degradadas se estabilizaron en torno al 52,34% promedio, esto es, alrededor de las 682,74 hectáreas.

De esta forma, se observó que para el año 1985 las áreas conservadas eran del orden del 98,09%, mientras que para el año 2010 se redujeron al 47,03%, variando en 50,79%, es decir, en 662,49 hectáreas, siendo una disminución fuerte pero a su vez más moderada respecto a lo exhibido en la comuna de Padre Hurtado.

Al igual que en el caso de la zona perteneciente a la comuna de Padre Hurtado, existió un cambio en la dominancia de las clases definidas, ya que después del año 1999 fueron las áreas degradadas la clase con mayor extensión, exhibiendo la fuerte influencia de los agentes degradantes en esta zona del área de estudio.

Gráfico 50: Variación de cobertura de las áreas conservadas y áreas degradadas en las comunas de Peñaflo y Talagante, periodo 1985-2010.



8.5.6.3. Análisis de la zona perteneciente a las comunas de El Monte

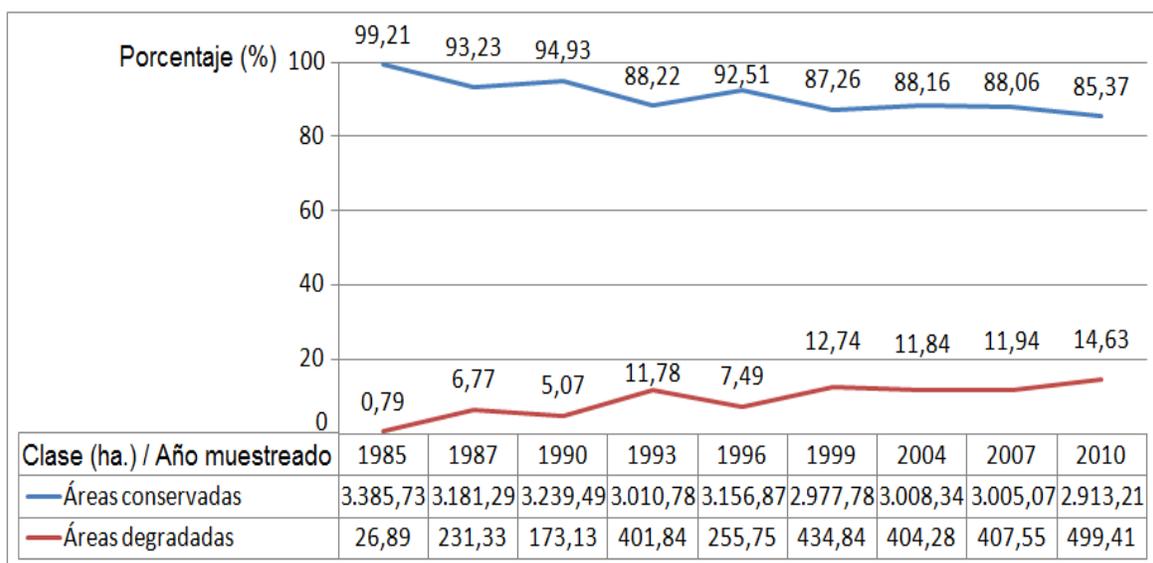
Finalmente la comuna de El Monte fue la zona que presentó la variación más leve de las clases definidas, observándose una baja pendiente en la pérdida de las áreas conservadas y consecuentemente un leve aumento en las áreas degradadas.

De esta manera, se apreció que para el año 1985 las áreas conservadas eran del orden del 99,21%, mientras que para el año 2010 se mantuvieron en el 85,37%, variando sólo 13,85%, vale decir, en 472,52 hectáreas, siendo la disminución más leve experimentada en el área de estudio.

Así el crecimiento de las áreas degradadas fue en un promedio del 1,73% entre cada fecha muestreada, esto es, un aumento promedio de 59,07 hectáreas.

Es evidente entonces, que en el transcurso de tiempo analizado la zona que presenta las condiciones más óptimas para la preservación del ecosistema es la comuna de El Monte, teniendo los índices de decrecimiento de las áreas conservadas más bajos, y por lo mismo, el aumento más leve en la clase o las categorías asociadas a un estado degradado del bosque esclerófilo.

Gráfico 51: Variación de cobertura en áreas conservadas y áreas degradadas en la comuna de El Monte, periodo 1985-2010.



9. Discusión

9.1. Comportamiento del bosque esclerofilo en la provincia de Talagante.

Las condiciones que afectan o definen el actual territorio tienen diferentes magnitudes o campos de acción. Por un lado existen las macro condiciones, las cuales definen la situación general del lugar; se refiere a las condiciones de cambio de clima y sequía. Por el otro lado, existen las micro condiciones o condición local, las que definen las características particulares de los lugares; se refiere a los micro climas, los humedales, las micro cuencas y la acción del hombre que aparece como variable en la medida en que incide y modifica su entorno o territorio (Carrasco, 2006).

Existe una larga historia de perturbaciones humanas que tienen una fuerte influencia en el funcionamiento de los ecosistemas y composición de especies en las cinco regiones mediterráneas de todo el mundo (Aschmann, 1973; Conacher y Sala, 1998 en Van de Wouw, P. *et al.* 2011).

A diferencia de otras regiones mediterráneas, los incendios forestales en Chile Central no se generan espontáneamente ya que son producidos por los seres humanos y, por lo tanto, son un tipo relativamente reciente de perturbación en términos evolutivos (Aschmann y Bahre, 1977 en Van de Wouw, P. *et al.* 2011).

En este sentido, Montenegro *et al.* (2004) en Fernández *et al.* (2009) expresa que los incendios en la zona central de Chile prácticamente no tienen origen natural, sino antrópico, por lo que las adaptaciones evolutivas de la vegetación no se relacionan con el fuego, siendo su regeneración menor que la registrada en otras zonas del planeta donde la vegetación sí se relaciona con el fuego.

El ecosistema del bosque esclerofilo de la zona de Chile Central muestra ser resistente a los incendios, pero el marcado aumento en la frecuencia de éstos puede constituir un aspecto importante a considerar, ya que puede resultar en efectos negativos tanto en los patrones sucesionales como en la diversidad vegetal (Montenegro *et al.* 2004 en Fernández *et al.* 2009).

Además de la muerte directa de árboles, el fuego causa gran daño por interferencia con los procesos fisiológicos, especialmente la fotosíntesis (Donoso, 1997 en Fernández *et al.* 2009). Como efectos indirectos sobre la vegetación, se pueden mencionar, la pérdida de biodiversidad y pérdida de hábitat (Fernández *et al.* 2009).

Por otro lado, las perturbaciones lineales, como los caminos y las líneas de transmisión, generan un gradiente sucesional desde el borde impactado hacia el interior de la formación adyacente (Siegenthaler *et al.* 2000 en Girón, 2007). Los caminos generan cambios sobre los componentes bióticos y físicos del ambiente (Forman y Alexander, 1998).

Independiente del tipo y envergadura de camino, se identifican siete grandes efectos que los caminos generan sobre el ambiente: mortalidad producto de la construcción, mortalidad producto de atropellos, modificación de la conducta animal, alteración del

medio físico en torno al camino, modificación del medio químico en torno al camino, dispersión de especies exóticas e incremento en el uso de áreas por seres humanos (Trombulak y Frissell, 2000).

Van de Wouw, P. (2011) expresa que la probabilidad de bosque esclerofilo de conmutación en sabanas de *Acacia caven* tiende a aumentar a medida que las carreteras están más cerca.

A pesar de lo anterior, Girón (2007) explicita que “Claramente el camino no es el único responsable de la condición actual de la vegetación, sino más bien, este se insertó en un ambiente sobre el cual se han desarrollado perturbaciones, en su mayoría antrópicas de distinta intensidad y extensión, e incluso algunas de ellas de larga data como es la ganadería y la extracción de leña para combustible”. Se puede entender entonces que los caminos no son la causa única del estado actual de la vegetación, no obstante, constituyen una condición por la cual fenómenos como los incendios forestales aumentan su ocurrencia, sirviendo a su vez como un indicador del grado de intervención antrópica existente en la zona.

Los resultados de la presente memoria indican una relación entre la vegetación y la infraestructura vial del área de estudio, dado a que el camino Cuesta Barriga que data de 1930, se ubica en el sector con mayor degradación vegetacional, seguido por la zona perteneciente a las comunas de Talagante y Peñaflores, la que es penetrada por la Cuesta Mallarauco que data de 1982, mientras que la zona perteneciente a la comuna de El Monte que no presenta vías de penetración y resultó con las formaciones vegetacionales más vigorosas.

De esta manera, en la descripción de las unidades vegetacionales del área de estudio, se constató diferentes etapas del bosque esclerofilo a lo ancho de la provincia, donde la comuna de Padre Hurtado, ubicada al noreste de la provincia siendo más cercana a la metrópolis de Santiago, presentó la vegetación más presionada y por lo mismo más degradada del área de estudio, denotando una pérdida de su resiliencia natural tal como lo describe Gajardo (1981), producto de las constantes intervenciones que ha sufrido esta zona en particular.

De esta forma, la vegetación que presentó la comuna Padre Hurtado fue con la presencia de las especies *Lithraea caustica*, *Quillaja saponaria*, *Cryptocarya alba*, *Kageneckia oblonga*, *Escallonia pulverulenta*, *Colliguaja odorifera* y *Acacia caven*, además de una gran abundancia de especies indicadoras de alteración como *Retanilla trinervia* y *Baccharis linearis* (Teillier et al. 2005; Luebert y Pliscoff, 2006), las cuales se presentaron principalmente en las categorías bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo y bosque esclerofilo abierto.

En cuanto a las perturbaciones exógenas, se identificó el cruce ruta 76 (Padre Hurtado) – Cuesta Barriga – cruce ruta 68 (Los Panguiles), que constituye una calzada de asfalto y hormigón de una vía para ambos lados, ensanchada a calzada doble en la cuesta, siendo la intervención antrópica más preponderante en el área de estudio, apuntando así a un fuerte grado de intervención en que se encuentra esta zona.

Por otro lado, según los registros estadísticos de incendios forestales de CONAF de la Región Metropolitana periodo 1985 - 2012 (anexo 27), posicionan a la comuna de Padre Hurtado como una de las zonas más afectadas por este tipo fenómenos, con un promedio de 4,56 ocurrencias por año. Este dato sin embargo está limitado dado que sólo se registraron incendios de manera separada con la comuna de Peñaflor a partir del periodo 2003 – 2004, por un tema de división político-administrativa. De esta forma, si se considera esta región en conjunto durante todo el registro, el promedio en ésta sería de 10,25 ocurrencias por año de incendios forestales, siendo la más alta en toda la provincia.

Por su parte, el sector perteneciente a las comunas de Peñaflor y Talagante corresponde a una zona de transición entre una vegetación muy diezmada (el caso de la vegetación de la comuna de Padre Hurtado) y otra que ha logrado mantener casi en la totalidad su vegetación original (el caso de la comuna de El Monte). Es además la zona intermedia del área de estudio ubicándose al oeste de la comuna de Padre Hurtado y al este de la comuna de El Monte. Si bien este sector muestra síntomas de ocurrencia de sucesos que intervinieron en la dinámica natural de su ecosistema, con una significativa vegetación indicadora de alteración, también exhibe una cierta capacidad de resiliencia, ya que su vegetación no ha sido comprometida en gran parte de este sector del área de estudio.

Se pudo constatar también un aumento en la biodiversidad en la zona del área de estudio perteneciente a la comuna de Peñaflor y Talagante respecto a su homóloga de Padre Hurtado, donde a las ya mencionadas especies identificadas en esta última, se agregó la fuerte presencia de la especie suculenta *Echinopsis chiloensis* y la aparición de los arbustos *Proustia cuneifolia*, *Calceolaria polifolia* y *Fluorensia thurifera*, lo que habla del mejor estado de conservación que posee esta zona en relación a la comuna de Padre Hurtado.

En lo que respecta a las perturbaciones exógenas se identificó en esta zona del área de estudio, el cruce G-74 - (Bollenar) – Mallarauco – cruce G-384 (Peñaflor) que constituye una calzada de asfalto de una vía para ambos lados, estableciendo una acción antrópica que denota un grado intervención que si bien, es menor al identificado en la comuna de Padre Hurtado dado que en esta última la infraestructura vial posee mayor envergadura y está consolidada hace más tiempo, es un tipo de intervención destacable que afecta a esta zona.

Por otro lado, según los datos estadísticos de incendios forestales de CONAF de la Región Metropolitana periodo 1985 - 2012, las comunas de Peñaflor y Talagante registran 8,78 y 7,75 ocurrencias promedio por año, respectivamente, posicionando a estas comunas como las zonas que con más recurrencia han visto afectadas las dinámicas naturales de sus ecosistemas producto de los incendios forestales.

Cabe reiterar que el área comprendida por la comuna de Peñaflor se consideró en un conjunto con la comuna de Padre Hurtado hasta el periodo 2003 – 2004, mientras que la zona registrada para la comuna de Talagante también comprende vegetación nativa del sector sureste de la provincia.

En cuanto a la comuna de El Monte ubicada en el extremo oeste de la provincia es la comuna más alejada de la metrópolis de Santiago, siendo la zona donde se constató la presencia de la mayor extensión de la vegetación más vigorosa, asociada a las categorías del bosque esclerofilo denso y semidenso.

La alta conservación en esta zona también se vio reflejada en la abundancia de la biodiversidad, donde a las ya antes mencionadas especies de las otras comunas, se agregaron las especies *Puya berteroniana*, *Puya coerulea*, *Chusquea cumingii*, *Lobelia excelsa*, *Lobelia tupa* y *Lingaria cuneifolia*. Esto último refleja que mientras mejor conservados se encuentren estos ecosistemas, su biodiversidad se amplía. Además es importante precisar la aparición de una especie de ubicación solana y que tiene altos requerimientos hídricos como lo es la especie *Eryngium paniculatum* (Chupalla).

Otro aspecto importante que se debe rescatar fue la presencia de la especie *Puya berteroniana*, que según Teillier *et al.* (2005) es una especie que se encuentra en categoría de conservación a nivel nacional, aumentando la importancia de conservar estos espacios; además, en esta especie la mariposa del chagual (*Castnia psittachus*) eclosiona sus huevos y desarrolla sus fases de oruga y crisálida, la que también se encontraría en peligro de extinción.

Por su parte, en esta zona del área de estudio no se identificaron perturbaciones exógenas como obras viales importantes tal como en las otras zonas analizadas, mostrando una baja intervención antrópica. Además según los datos estadísticos de incendios forestales de CONAF de la Región Metropolitana periodo 1985 - 2012, la comuna de El Monte junto a la comuna de Isla de Maipo son las zonas de esta provincia que registraron menor cantidad de incendios forestales, con un promedio de 4,39 y 4 ocurrencias por año, respectivamente, de lo que se podría inferir una relación directa con la presencia de infraestructura vial al comparar estos datos con los de las otras comunas del área de estudio.

Es importante a su vez señalar, que cuando se intenta interpretar la realidad no se debe olvidar que el modo de producción juega un papel activo en las relaciones de la sociedad con el resto de la naturaleza, por tanto al hablar de desertificación, tampoco hay que olvidar que este fenómeno no se da en todos lados por las mismas condicionantes o de la misma forma, reafirmando la idea de realizar un análisis de las condiciones locales para comprender dicha relación, sociedad – naturaleza (Anuchin, 1973 en Carrasco, 2006).

En este mismo sentido Van de Wouw, P. *et al.* (2011), expone que existe una mayor persistencia y una regeneración más rápida de los bosques esclerofilos en los lugares más húmedos especialmente con menores perturbaciones y más cerca de los parches de remanentes de bosques. Por el contrario, de las sabanas de *Acacia caven* se espera una mayor probabilidad de invadir y persistir en lugares más secos y perturbados.

Las laderas orientadas al sur son más frías y húmedas que las laderas de orientación norte, facilitando el establecimiento de especies forestales de hoja perenne y el crecimiento de plantas que cubren densa y continuamente la superficie del suelo (Armesto y Martínez, 1978; Badano *et al.*, 2005 en Van de Wouw, P. *et al.* 2011).

Por otro lado, Van de Wouw, P. *et al.* (2011) agrega que no se encontró ninguna correlación entre el ángulo de la pendiente y la probabilidad de pérdida de bosques. En cambio, el efecto de la accesibilidad del terreno expresado por la correlación con la distancia a las ciudades y carreteras, es donde tiende a aumentar la probabilidad de bosque esclerofilo de conmutación en sabanas de *Acacia caven*, a medida que las carreteras estén más próximas.

De esta forma, en la evaluación de las condiciones locales de las tres zonas diferenciadas para el año 2010, se observó un comportamiento similar respecto a las variables analizadas, donde el conjunto de vegetación que mejor se ha conservado, integrado por las categorías bosque esclerofilo denso y bosque esclerofilo semidenso, ocupa gran porcentaje de su totalidad en las laderas con algún grado de exposición sur, sin una distinción en la proporción de cobertura en los rangos de pendiente, y encontrándose con una razón mayor en las áreas de mayor altitud y más alejadas de las zonas urbanas e infraestructuras viales.

En cambio, el comportamiento de las zonas más reducidas de la vegetación original, asociadas a las categorías bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo y bosque esclerofilo abierto, se situaron preferentemente en las laderas con algún grado de exposición Norte, extendiéndose en igual proporción respecto a los rangos de pendiente, con una mayor presencia en las zonas de menor altitud, próximas a las urbes y penetradas por infraestructuras viales.

9.2. Análisis multitemporal y cambio de cobertura del bosque esclerofilo

Desde la época pre-colonial los indígenas utilizaron el fuego provocando grandes incendios forestales, incendios que con el tiempo y la llegada de los colonizadores europeos se volvieron más frecuentes y de mayor magnitud, generando severos impactos sobre los hábitats nativos, impactos que en algunos casos hasta el día de hoy no han sido capaces de recuperarse (Fernández *et al.* 2009).

En la actualidad, los registros indican que en Chile ocurren en promedio 5.972 incendios forestales por temporada, afectando a más de 55.000 hectáreas por año, de las cuales más del 70% (39.815 hectáreas) corresponden a formaciones nativas (Fernández *et al.* 2009).

En la zona central de Chile las posibilidades de sostenimiento del medio ambiente son algo mayores que aquellas que determinan un matorral. Hoy en día se puede encontrar una situación general con la fisonomía de un matorral; pero también es posible descubrir remanentes boscosos que indican que la situación original pudo haber sido diferente. Si actualmente se define para la zona central del país una formación vegetal de matorral esclerofilo, es porque es el resultado del retroceso de un ecosistema que ha estado sometido a una fuerte regresión de explotación durante más de 200 ó 400 años (Gajardo, 1981).

Vinculado a lo anterior, en el análisis multitemporal de las imágenes de satélite, se observó que el mayor promedio de cobertura asociada a eventos de intervención en el área de estudio se concentró en la comuna de Padre Hurtado, donde no sólo se constató la mayor presencia de vegetación degradada, sino además una pérdida de la resiliencia natural en gran parte de la zona.

En tanto a la zona perteneciente a las comunas de Peñaflor y Talagante, también se apreció un retroceso de la vegetación más vigorosa producto de los eventos de intervención que han comprometido parcialmente la capacidad de resiliencia de la zona, dejando una cobertura no menor con vegetación asociada a un estado degradado del bosque esclerofilo y a su vez una extensa cobertura de vegetación sin muestras de grandes intervenciones.

Por último, la comuna de El Monte casi no exhibió eventos de perturbación en el periodo analizado, siendo la zona que ha conservado de mejor manera la vegetación original y por lo mismo manteniendo intacta su capacidad de resiliencia.

En relación a los estudios realizados para la respuesta post-fuego de las especies que componen el bosque y matorral esclerofilos, los resultados son concordantes. Al año de producido un incendio, existe un alto porcentaje de recuperación y renovación de la vegetación. Ello puede llevar en un principio a conclusiones distorsionadas, creyéndose que para estos ecosistemas el fuego no causa daños importantes (Villaseñor y Sáiz.1990; Quintanilla y Castro 1998 en Fernández *et al.* 2009).

No obstante lo anterior, la degradación y hasta eliminación de comunidades post-fuego es evidente y cada vez más sostenida. La vegetación tiende a disminuir y el matorral semixérico ya cubre más del 50% de las colinas del relieve occidental de Chile Central. Esta formación es fundamentalmente un resultado de la transformación del ecosistema primitivo a causa de los incendios forestales (Quintanilla y Castro, 1998 en Fernández *et al.* 2009).

En el análisis temporal de las coberturas se constató la fuerte disminución de las dos categorías que representan las formaciones vegetacionales más prístinas del área de estudio, correspondientes al bosque esclerofilo denso y al bosque esclerofilo semidenso. Si bien, estas categorías en el periodo analizado tuvieron un comportamiento disímil, la tendencia final de ambas se direccionó a una disminución de sus espacios.

En contraparte las categorías de bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo y el bosque esclerofilo abierto, tuvieron un crecimiento exponencial en el periodo de análisis; se apreció que la categoría bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo se elevó en más de 50 veces de lo que fue en su primer registro, mientras que por su parte el bosque esclerofilo abierto aumentó en más de 23 veces de lo que era originalmente en el año 1985.

Existen ciertos patrones que permiten inferir acerca de la distribución de las comunidades vegetales, en relación con la distribución de los factores ecológicos que las determinan. En este sentido, el bioclima es el principal factor ecológico a escala regional. La variación del bioclima se expresa fundamentalmente en cambios en la fisonomía de la vegetación,

lo que también lleva aparejado cambios en la composición florística (Luebert y Plissock, 2004).

Sin embargo, lo observado en esta memoria es que existe una fuerte injerencia modificadora del hombre en estos ecosistemas, ya que en general las especies leñosas pueden soportar un incendio y recuperarse, pero pierden esta capacidad ante fuegos reiterados, especialmente si son intensos. De esta forma este tipo de incendios mantendría vigoroso el crecimiento herbáceo con éxito competitivo por humedad, luz y espacio sobre las especies leñosas (Knapp, 1986 en Fernández *et al.* 2009) generando así los cambios en la fisonomía de la vegetación y composición florística de la zona.

En el análisis en conjunto, se pudo apreciar con más claridad la tendencia a una franca pérdida de vitalidad de los componentes de las áreas conservadas, dadas las constantes intervenciones en la dinámica natural del bosque esclerofilo, evidenciadas tanto en el análisis multitemporal como en los registros estadísticos de los incendios forestales de CONAF de la Región Metropolitana. De esta forma, en el periodo analizado exhibieron las tres zonas diferenciadas un aumento de cobertura de la vegetación asociada a un estado degradado del bosque esclerofilo en desmedro de la vegetación más vigorosa presente en el área de estudio.

De esta manera, se confirma la hipótesis inicial, siendo a su vez importante complementar que el avance de la degradación, si bien existió en toda el área de estudio, éste no fue de forma homogénea ya que más bien configuró un gradiente donde las zonas más próximas a la metrópolis de Santiago presentaron las variaciones más fuertes y, por lo mismo, los estados más avanzados de degradación de los componentes del bosque esclerofilo.

10. Conclusiones

La importancia que tienen los remanentes naturales del bosque esclerófilo en la zona Central de Chile ha sido subestimada por nuestra cultura global, considerándoles como espacios desprovistos de utilidad, de los cuales si eventualmente se llegara a sacar algún provecho, la respuesta inmediata es el usufructo de estos espacios sin consideraciones ecológicas importantes.

Las grandes ciudades en los siglos pasados fueron aldeas o caseríos, que a medida que se expandieron y se transformaron en lo que son hoy, tuvieron que necesariamente, a partir del conocimiento imperante en la época, arrasar con la vegetación de los espacios aledaños, interviniendo de una similar manera a la actual. La diferencia radica que en la actualidad estos espacios son cada vez más reducidos y la población es más numerosa, por lo que la presión que recae en estos remanentes es de una intensidad mucho mayor.

Los remanentes de vegetación nativa de la provincia de Talagante pertenecientes al área de estudio, no han sido la excepción a lo que viven actualmente estos ecosistemas, considerándoles de escaso valor para ser conservados. Lo que exhiben estos remanentes de bosque esclerófilo es una tendencia a un franco deterioro y pérdida de la vitalidad de sus componentes. Consecuentemente existe un aumento de cobertura de la vegetación asociada a un estado degradado del bosque esclerófilo, ratificándose la hipótesis planteada inicialmente.

Prácticas como el pastoreo, quemas sin control, talas no autorizadas, extracción de tierra de hojas, depósitos de escombros y basuras, son actividades frecuentes en estos sectores que cada vez van perdiendo más su vitalidad natural. La realidad de estos remanentes de vegetación nativa no es muy alentadora, ya que según los cálculos realizados en esta memoria se ha degradado a la fecha cerca de un 36,39% de la vegetación que para el año 1985 se consideraba bien conservada.

Respecto a la caracterización de la vegetación generada a partir del cálculo del índice NDVI, el cálculo de superficies de las categorías vegetacionales (clasificación supervisada) y las dos campañas de terreno realizadas, es prudente afirmar que dicha metodología es una manera precisa y confiable para diagnosticar los componentes y el estado de la vegetación. Asimismo, esta metodología permite de una forma simultánea obtener resultados en términos cualitativos y cuantitativos de la vegetación, ayudando de una manera sintética a diagnosticar la salud de la misma y el estado en que se encuentra el ecosistema que la contiene.

Asociado al valor de esta memoria es pertinente hacer énfasis en la importancia que tienen los estudios a escala local, determinando con mayor exactitud la conformación de la vegetación y las dinámicas que presenta. En este sentido, un aporte valiosísimo a este trabajo lo brindó el método del análisis multitemporal, el cual ayudó a identificar y cuantificar los cambios detectados entre las distintas fechas analizadas, dando cuenta de la localización de los cambios que evidenció la vegetación y consecuentemente a esto, permitiendo descubrir y analizar fenómenos presentes en el ecosistema (perspectiva temporal y espacial).

Los remanentes de bosque esclerofilo analizados en este estudio, muestran una fuerte capacidad de recuperación ante las intervenciones exógenas, que sin embargo se ha visto comprometida dado la recurrencia e intensidad de éstas, exhibiendo diferencias a escala local en relación al grado de recuperación de sus componentes.

Por un lado, las laderas con algún grado de exposición sur, dado sus condiciones de umbría y por lo mismo de mayor humedad, permiten una recuperación mayor que sus homólogas con algún grado de exposición norte, las cuales por su condición de sequedad exhiben una mayor superficie de especies con menores requerimientos hídricos, asociadas a un estado degradado del bosque esclerofilo original.

Respecto a la variable altitud, es más probable encontrar vegetación más vigorosa asociada a un estado más prístino del bosque esclerofilo en las zonas de mayor altitud, mientras que las zonas de menor altitud y por lo mismo más accesibles, presentan un estado más deteriorado de la vegetación.

En relación al elemento antrópico, se evidenció que en las zonas más cercanas a las urbes existe una mayor probabilidad de encontrar vegetación con presencia dominante de especies de baja cobertura e indicadoras de degradación, mientras que en las zonas más alejadas de las mismas se vislumbró una mayor probabilidad de encontrar vegetación vigorosa asociada a los estados más prístinos del bosque esclerofilo. En este sentido, se mostró a escala local la fuerte injerencia del elemento antrópico en la dinámica de la vegetación del área de estudio.

Asimismo se evidenció un gradiente de la vegetación en las tres zonas diferenciadas, donde mientras menor es la distancia a la metrópolis de Santiago, mayor es el grado de intervención antrópica (es decir, mayor frecuencia en los incendios forestales y envergadura de las estructuras viales). Por lo mismo, en estas zonas el análisis multitemporal exhibió con mayor fuerza el aumento de las categorías asociadas a un estado degradado del bosque esclerofilo. De esta forma, se puede apreciar que mientras más próximo a la metrópolis de Santiago, existe una menor probabilidad de encontrar vegetación vigorosa asociada a los estados más prístinos del bosque esclerofilo, recalcando esta vez en una escala regional la interacción que tienen estos remanentes de vegetación nativa con el factor antrópico.

Por otra parte, se constató la existencia de fuertes variaciones en los tipos de especies identificadas en las comunas en donde se encuentran estos remanentes de bosque esclerofilo. Dando como resultado que existe menor diversidad en aquellas zonas que se ha visto constantemente intervenida su vegetación nativa, en comparación con las zonas donde no se ha interrumpido tan brusca y frecuentemente su dinámica natural.

Se puede decir que al interrumpir reiteradamente el funcionamiento del bosque esclerofilo se produce una pérdida en su grado de resiliencia, ya que en las condiciones ecológicas actuales la recuperación es relativa de estos remanentes de vegetación nativa, perdiendo en términos de diversidad y vitalidad de sus componentes.

Por último, las técnicas de percepción remota utilizadas en este estudio resultaron ser una herramienta útil para el trabajo con datos espaciales, realizando un aporte no menor ya que su contribución facilita de sobremanera el análisis de interrelaciones espaciales, que dicho sea de paso, serían extremadamente difíciles de cuantificar sin el apoyo de ellas.

Sin embargo, esta tecnología debe ser considerada como un complemento de la experiencia en terreno, ya que en ésta se pudo evidenciar de manera más profunda y detallada las proyecciones a las que las imágenes satelitales apuntaban. Las imágenes de satélite y los índices derivados permiten estimar de manera combinada tanto la calidad y cantidad de la vegetación, siendo la experiencia de terreno una contraparte fundamental, de lo contrario se arriesga caer en inferencias lejanas y conclusiones globales al estado real de la vegetación.

11. Bibliografía

- Abraham, M y Torres, L (2007). "Estado del arte en el uso de indicadores y puntos de referencia en la lucha contra la desertificación y la sequía en América latina y el Caribe". INCI v.32 n.12. Caracas.
- Brizuela, A., Aguirre, C., Velasco, I. y Ed. M., (2007). "Aplicación de métodos de corrección atmosférica de datos Landsat 5 para análisis multitemporal". Editorial Martin. Buenos Aires, Argentina.
- Castillo, A. (2007). "Detección de cambios en la vegetación mediante percepción remota: Sitio Cordón de Cantillana, Región Metropolitana". Tesis ingeniero recursos renovables. Universidad de Chile.
- Carrasco J. (2006). "La desertificación en la comuna de Punitaqui: jerarquización de espacios de Intervención desde un enfoque antrópico". Memoria para optar al título de Geógrafo. Universidad de Chile.
- CENTRO EULA –CHILE, (2004). "Establecimiento de un ordenamiento territorial orientado a la protección y uso sustentable del área del cordón de Cantillan". Universidad de Concepción.
- Cerda, J. y Villarroel, L. (2008). "Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa" Revista chilena de Pediatra. Santiago, Chile.
- Chander, G. y Markham. B. (2003). "*Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges*". *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. IEEE Journals and Magazines*.
- Chuvieco, E. (1996). "Teledetección Ambiental". La observación de la tierra desde el espacio. p. 327. Barcelona.
- CIREN-CORFO (1996). "Estudio agrológico de la Región Metropolitana". Publicación CIREN N° 115. Santiago, Chile.
- CONAF, CONAMA y BIRF (1999). "Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe Regional Región Metropolitana." Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Católica de Temuco.
- CONAF (2013). "Estadísticas Número y Superficie Afectada por Incendios Forestales por Comunas 1985 – 2012". Disponible en la Web. http://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1361450751comunaocurrencia_dano85_11.pdf
- CONAMA (2003). "Estrategia Nacional de Biodiversidad". Comisión Nacional del Medio Ambiente. Gobierno de Chile.
- CONAMA (2009). "Cuarto informe nacional de biodiversidad". Convenio sobre diversidad biológica. Gobierno de Chile.

- Coulson R. Lovelady, C. Flamm, R. Spradling, S. y Saunders, M. (1991). *"Intelligent geographic information systems for natural resource management"*. Springer Verlag. New York.
- Cuadrat, M. y Pita, M. (1997). "Climatología". Ediciones Cátedra S.A. Madrid, España.
- Di Castri, F. y Hajek, E. (1976). "Bioclimatología de Chile". Vicerrectoría académica de la universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- DICTUC (2011). "Diagnóstico de Transporte en Vías de Alto Tránsito Regiones de Valparaíso y Metropolitana". Dirección de Planeamiento, Ministerio de Obras Públicas.
- Donoso, C. (1993). "Bosques templados de Chile y Argentina: variación, estructura y dinámica". Ecología forestal. Editorial universitaria. Santiago, Chile.
- Donoso, L. (2007). "Propuesta de intervención silvícola con fines de conservación para la formación boscosa de *Nothofagus macrocarpa* (Caleu, Prov. Chacabuco)". Tesis ingeniero forestal. Universidad de Chile.
- DGA (2004). "Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad cuenca del río Maipo". Gobierno de Chile.
- Edwards, R. (1991). "Estudio de síntesis de catastros de usuarios de agua e infraestructuras de aprovechamiento". MOP, DGA. Gobierno de Chile.
- Espinosa, P. y Arqueros, M. (2000). "El valor de la biodiversidad en Chile: Aspectos económicos, ambientales y legales". Publicaciones TERRAM. Santiago, Chile.
- Etienne, M. y Contreras, D. (1981). "Cartografía de la Vegetación y sus aplicaciones en Chile". Boletín técnico N° 46. Universidad de Chile, Santiago.
- Etienne, M. y Prado, C. (1982). "Descripción de la vegetación mediante la cartografía de ocupación de tierras: conceptos y manual de uso práctico". Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinaria y Forestales. Universidad de Chile.
- Fernández, I., Morales, N., Olivares, L., Salvatierra, J., Gómez, M., Montenegro, G. (2010). "Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales". Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Dirección de Investigación de Postgrado. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Forman, R. y Alexander, L. (1998). *"Roads and their major ecological effects"*. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Vol. 29.
- Frick, J. (2007). "Efectos ambientales en los suelos del sector poniente de Santiago como consecuencia del proceso de expansión urbana. Comunas de Maipú y Pudahuel". Memoria para optar al título profesional de Geógrafo. Universidad de Chile.
- Gajardo, R. (1981). "Interpretación histórica y perspectivas en el uso el uso del matorral esclerofilo". En: I Seminario - Taller "Bases biológicas para el uso y manejo de recursos naturales renovables: recursos de la zona de matorral y bosque esclerofilo de Chile central". Monografías biológicas 1: 55-63 p.

Gajardo, R. (1994). "Vegetación natural de Chile: clasificación y distribución geográfica". Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

García, A. (2010). "Evaluación del peligro potencial de contaminación de las aguas subterráneas en la provincia de Talagante". Memoria para optar al título de Geógrafo. Universidad de Chile.

Garín, C. (1979) "Estudio de la relación entre los índices característicos del régimen hidrológico y del marco físico geográfico en cuencas nivales". Memoria para optar al título profesional de geógrafo. Universidad de Chile.

Girón, G (2007). "Evaluación del efecto de un camino sobre las variables vegetacionales en un ambiente esclerofilo de Chile Central". Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile.

HABITERRA, (2011). "Plan regional de desarrollo urbano". Región de Arica y Parinacota. Versión Final Corregida según Resolución Exenta N°023/2011 de la Comisión de Evaluación Ambiental XV Región de Arica y Parinacota.

Instituto Nacional de Estadística (INE), (2013). "Resultados preliminares censo de población y vivienda 2012". Disponible en la Web. http://www.cooperativa.cl/noticias/site/artic/20120831/asocfile/20120831161553/resultados_preliminares_censo_2012.pdf

Hernández, H. y Montaner, D. (2009). "Tecnologías Geoespaciales: Experiencias Aplicadas al Estudio y Gestión del Territorio". Publicaciones SAF.

Leiva, C. (2011). "El corredor fluvial del río Mapocho siglo XXI: hacia un conjunto de variables para la definición y el manejo de un polígono de intervención multifacética e integral entre Quinta Normal y El Monte". Memoria para optar al título profesional de Geógrafo. Universidad de Chile.

Lorca, B. (2006). "Defensa fluvial mediante el uso de hormigón fragmentado". Memoria para optar al título profesional de Ingeniero de Ejecución en Geomensura. Universidad de Santiago de Chile.

Luca, F. (2010). "Geomorfología y Paisaje: Aporte al Ordenamiento Territorial del corredor occidental del Río Mapocho, Comunas de Pudahuel y El Monte". Memoria para optar al título profesional de Geógrafo. Universidad de Chile.

Luebert, F. y Pliscoff, P. (2004). "Clasificación de pisos de vegetación y análisis de representatividad ecológica de áreas propuestas para la protección en la ecorregión valdiviana". Serie de Publicaciones WWF Chile. Programa Ecoregión Valdiviana.

Luebert, F. y Pliscoff, P. (2006). "Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile". Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

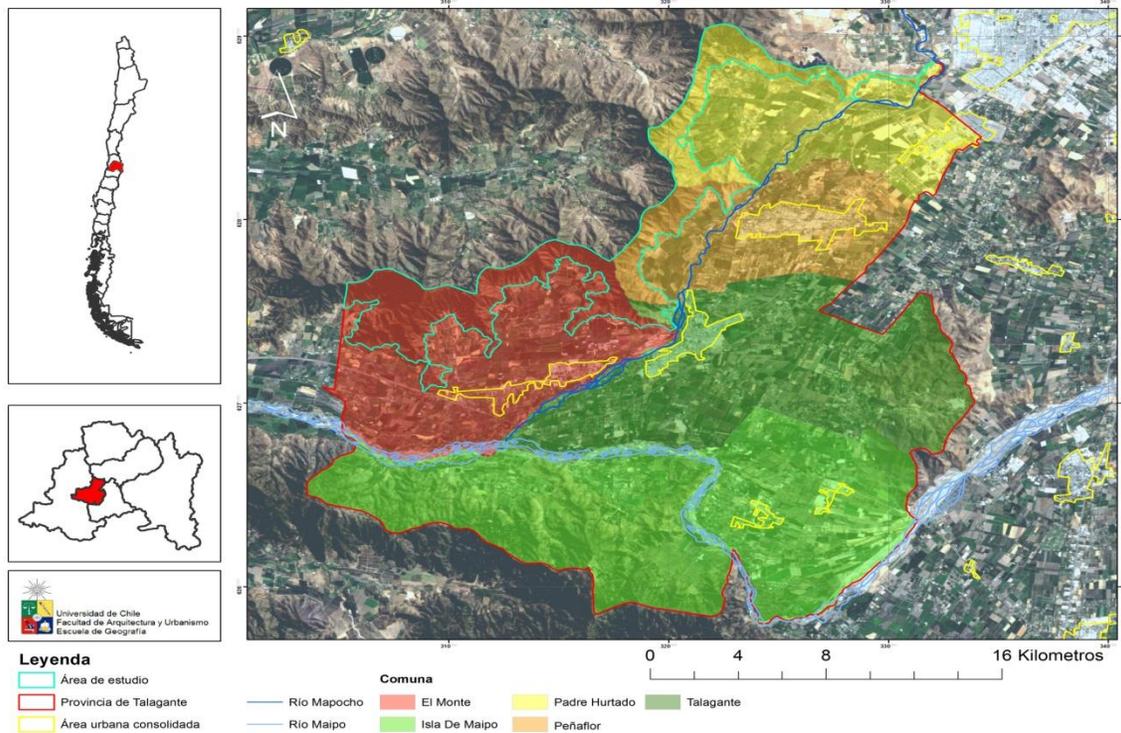
Matteucci, S. (1998). "La cuantificación de la estructura del paisaje". Universidad de Buenos Aires, Eudeba.

Ministerio del Ambiente. (2009). "Mapa de Deforestación de la Amazonía Peruana 2000". MINAM.

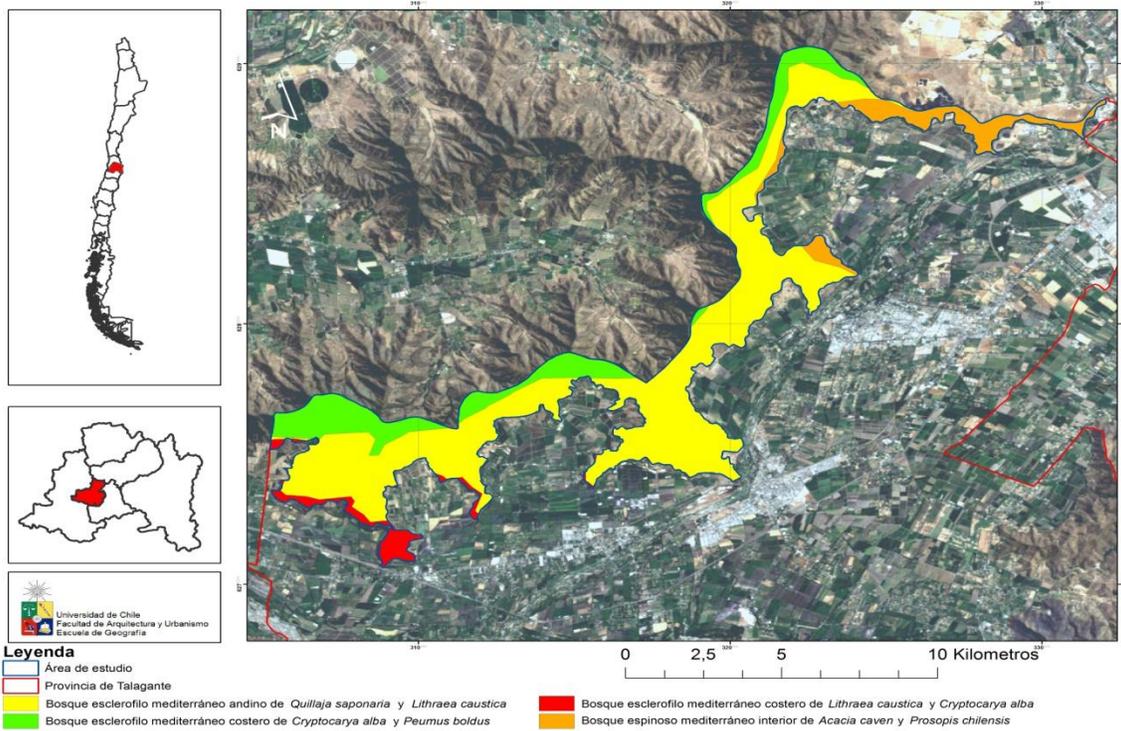
- Moizo Marrubio, P. (2004). "La percepción remota y la tecnología SIG: una aplicación en Ecología de Paisaje", *GeoFocus* (Artículos).
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca y Kent, J. (2000). "*Biodiversity hotspots for conservation priorities*". *Nature* 403. Macmillan Magazines Ltd.
- Navarro, L. (2010). "Geomorfología y Paisaje: Aporte al Ordenamiento Territorial del corredor occidental del Río Mapocho, Comunas de Pudahuel y El Monte" Memoria para optar al título de Geógrafo. Universidad de Chile.
- Oyola, N. (2009). "Identificación de humedales del norte grande de Chile utilizando técnicas geomáticas en imágenes satelitales Landsat" Tesis de Magister. Universidad de Chile.
- Quintanilla, V. (2002). "Alteración de un bosque endémico en cuencas costeras de la Región de Valparaíso. Chile Central". Congreso Medio Ambiente. Departamento Ingeniería Geográfica Universidad de Santiago de Chile.
- Pérez, B. (2004). "Aplicación de técnicas de teledetección hiperespectral en viñedo fertilizado con extracto de algas". Tesis ingeniero técnico agrícola. Escuela técnica superior de ingenierías agrarias Palencia.
- Rugeiro, V. (2006). "Suelos potencialmente aptos para revegetación o uso agrícola a partir de la utilización de biosólidos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas servidas en la provincia de Chacabuco, Región Metropolitana" Memoria para título de Geógrafo. Universidad de Chile.
- Tapia, D. (2005). "Propuesta de intervenciones silviculturales con fines de rehabilitación en la quebrada de la plata, región Metropolitana". Memoria para optar al título de ingeniero forestal. Universidad de Chile.
- Teillier, S., Aldunate, G., Riedemann, P, Niemeyer, H. (2005). "Flora de la reserva nacional Río Clarillo".
- Trombulak, S. y Frissell, C. (2000). "*Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities*". *Conservation Biology*.
- Sánchez, D. (2008). "Evaluación de la fotografía digital vertical para estimación de cobertura basal de vegetación simulada". Tesis profesional para obtener el título de Licenciado en Estadística. Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales. Texcoco, México.
- SERNAGEOMIN (2003). "Mapa Geológico de Chile". Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Digital. Santiago, Chile.
- Van de Wouw, P., Echeverría, C., Rey-Benayas J., Holmgren, M. (2011). "*Persistent Acacia savannas replace Mediterranean sclerophyllous forests in South America*". *Forest Ecology and Management*. Elsevier B.V.

12. Anexos

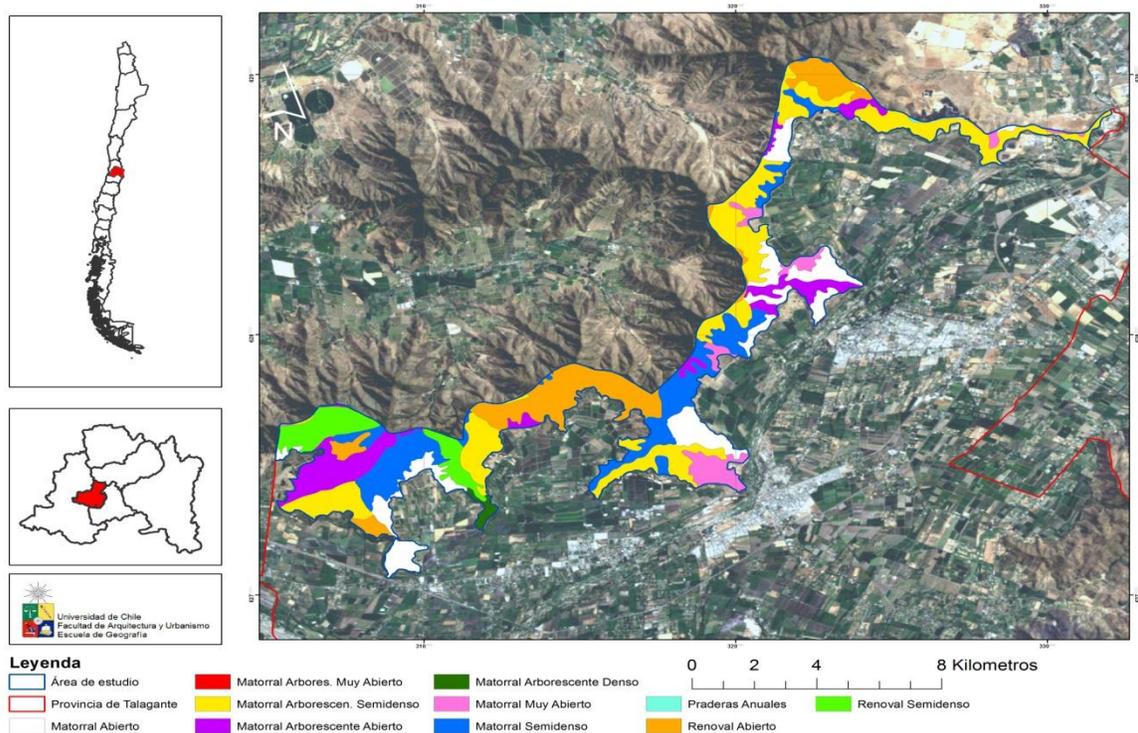
Anexo 1. Mapa 1: Límite político administrativo de la Provincia de Talagante, área urbana consolidada e hidrología. Proyecto OTAS.



Anexo 2. Mapa 2: Pisos vegetacionales del área de estudio, Luebert y Pliscoff (2006).



Anexo 3. Mapa 3: Clasificación de la vegetación del área de estudio según CONAMA, CONAF y BIRF (1999).



Anexo 4. Detalle de la hidrología de la provincia de Talagante.

1. Río Maipo

La cuenca hidrográfica del Río Maipo abarca prácticamente la totalidad del territorio de la Región Metropolitana, parte de la V y VI regiones extendiéndose entre los paralelos 32°55'-34°15' latitud sur y meridianos 69°55'-71°33' longitud oeste. Drena una superficie de 15.304 Km². La superficie de la cuenca, cubre prácticamente el 100% de la Región Metropolitana y una mínima superficie de las Regiones de Valparaíso (Provincia de San Antonio y Valparaíso) y del Libertador Bernardo O'Higgins (Provincia de Cachapoal) (DGA, 2004).

El río Maipo posee una longitud aproximada de 250 km, concentrando en su cuenca la mayor cantidad de habitantes de todo el país y, por lo mismo, el uso de sus aguas es intensivo atendiendo el 70% de la demanda de agua potable y cerca del 90% de la demanda de regadío (DGA, 2004).

El río Maipo presenta tres regímenes hidrológicos que aportan al escurrimiento del cauce (DGA, 2004), los cuales son descritos a continuación:

1. Nival: se genera en la zona alta de la Cordillera de los Andes, en donde los mayores caudales se observan en los meses de deshielo. Como es lógico, la línea de nieves es variable dependiendo de la época en que se observe, pero la cota de elevación de referencial es de 2.000 m.s.n.m. y montes como el Juncal,

Polleras, Tupungato, Piuquenes, Marmolejo, son las principales cumbres donde nacen las primeras quebradas del río Maipo.

2. Nivo-pluvial: zona caracterizada por ser de una influencia mixta, en donde existe tanto una fuerte contribución nival como también una fuerte contribución pluvial. Los ríos en esta zona presentan dos crecidas anuales, una en los meses de deshielos, donde se ve un gran aporte del sistema nival y otra en los meses de invierno, en donde el aporte es principalmente pluvial.
3. Pluvial: la contribución de este régimen se produce por debajo de la línea de nieve, en donde el aporte de los deshielos es marginal, y el cauce es abastecido principalmente por las crecidas ocasionadas por las precipitaciones características de la estación de los meses de invierno.

Como fue mencionado anteriormente, el río Maipo cuenta con el aporte de los tres distintos tipos de regímenes, sin embargo, el predominio en términos de aportes de caudal es del régimen nival, proveniente del deshielo glacial (DGA, 2004). Esto último está dado fundamentalmente por altura de gran parte de la cuenca, que aporta grandes caudales en épocas de verano siendo un fenómeno fundamental para la dinámica de la cuenca, ya que es en la estación de verano donde la demanda de agua aumenta y es también entonces cuando el río Maipo presenta su mayor caudal.

El río Maipo tiene un escurrimiento anual que alcanza a 2.620 millones de metros cúbicos para un año de probabilidad de excedencia de 50%, el que baja a 2.100×10^6 metros cúbicos en un año con 85% y a 2.030×10^6 metros cúbicos en el año con 90%. Estas cifras obtenidas por ordenamiento de los volúmenes anuales escurridos, corresponden al caudal que pasa naturalmente en la estación fluviométrica de la Obra, sin considerar el efecto producido por el embalse el Yeso (Garín, 1979).

La variación estacional del caudal del río Maipo es de gran magnitud. En efecto, es corriente que los caudales medios mensuales de invierno (mayo-agosto), se mantengan entre los 30 y 40 m³/s, así como los promedios de 120 y 170 m³/s no sean extraños en diciembre o enero (Garín, 1979).

2. Río Mapocho

En el sector más al norte de la provincia de Talagante se encuentra el Río Mapocho. Este recibe el nombre de tal en el sector de La Ermita, donde confluyen los Ríos Molina y San Francisco, cuyos orígenes se asocian a los cerros Del Plomo (4072m), Altar (5222m), Plomo (5430m), Cepo (4135m) y Manantial (4180m), en plena cordillera de los Andes (Barriga *et al.*, 2002 en Navarro, 2010).

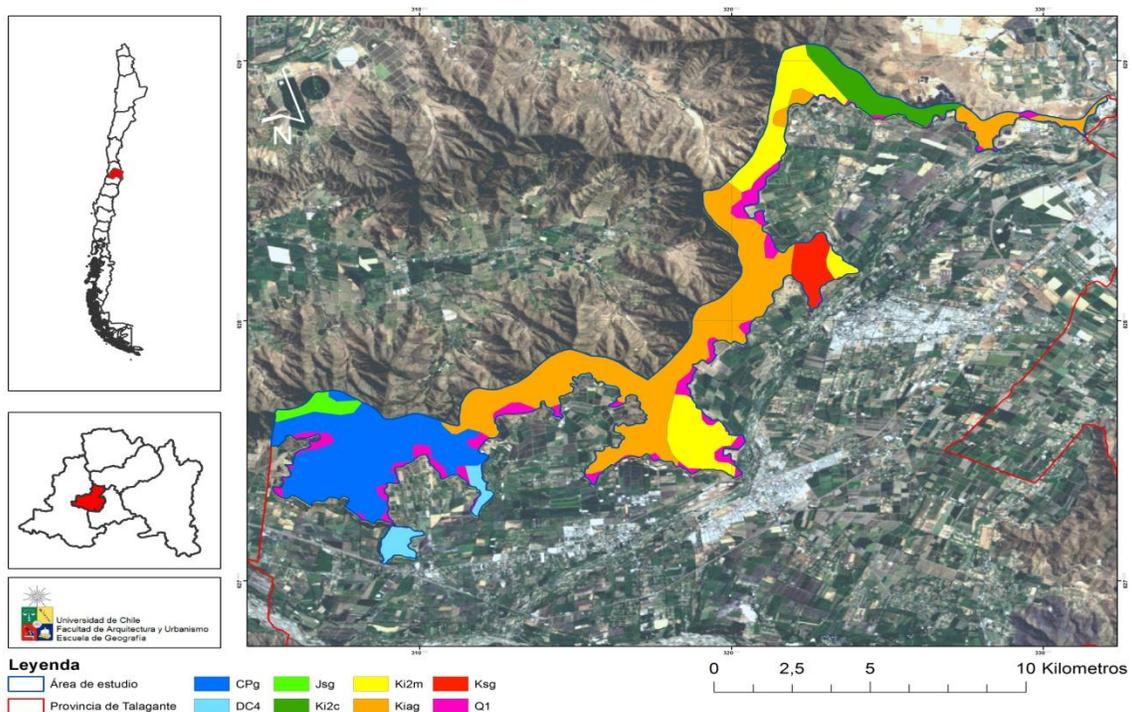
El río Mapocho es parte sin embargo de la hoya hidrográfica del río Maipo, ya que es en este último en el que confluye el río Mapocho para después seguir su camino al océano Pacífico. El río Mapocho nace en la cordillera de Los Andes, pero su génesis no es de las altas cumbres que limitan la frontera chilena-argentina, siendo de esta manera su escurrimiento de un carácter pluvionival fundamentalmente, dado su escasa área nivoglacial (Lorca, 2006).

El río Mapocho drena de este a oeste por un recorrido aproximado de 76 km y además constituye una hoya andina de 4.230 km² autónoma, que conforman los distintos afluentes que alimentan al río Mapocho. Esta hoya andina está formada por los afluentes del río San Francisco que viene del norte y del río Molina que proviene del oriente. Además está la confluencia del canal San Carlos que hace un recorrido de sur a norte, vaciando aguas del río Maipo al río Mapocho (Edwards, 1991).

La variación de los caudales del río Mapocho tiene un patrón de comportamiento en donde las crecidas nivales se deben al derretimiento de las nieves en época de primavera, que generalmente ocurre entre octubre y noviembre. Luego existe un periodo de disminución paulatina de caudal en la estación de verano que se prolonga hasta el comienzo de la estación de invierno, donde aparecen las crecidas pluviales asociadas normalmente a temporales de lluvias emplazadas entre mayo y agosto (Lorca, 2006).

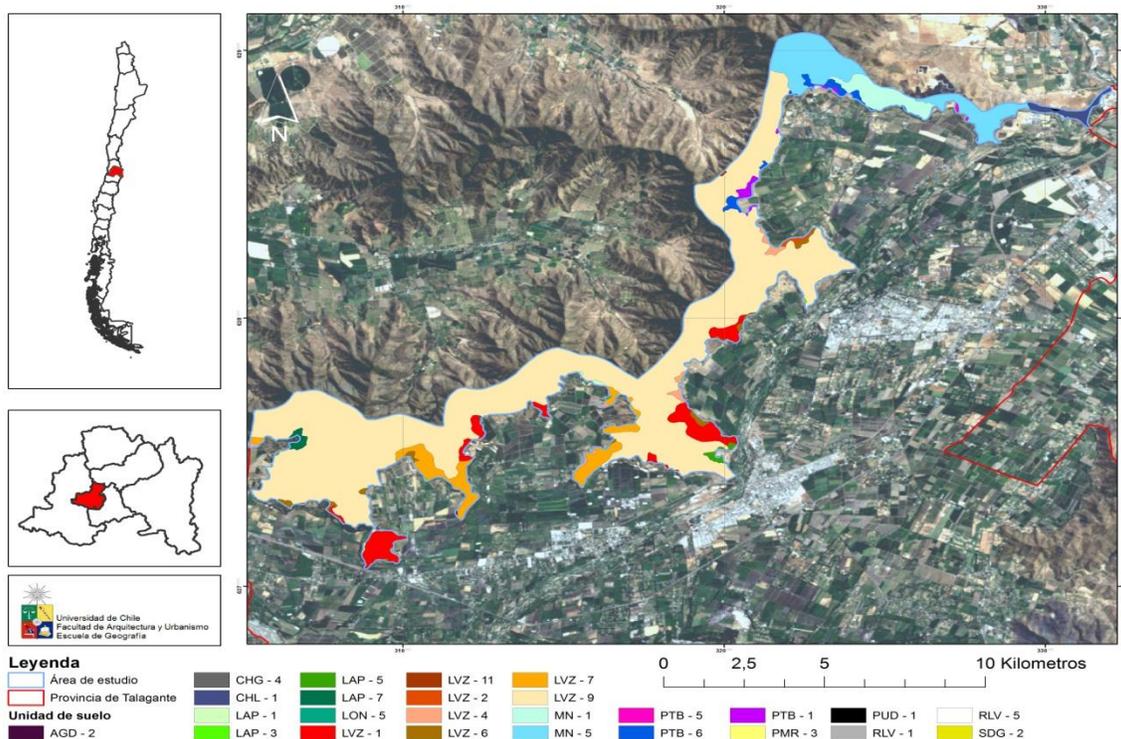
Los caudales del río Mapocho, registrados por la estación Rinconada de Maipú (Leiva, 2011), muestran una tendencia aleatoria de los registros de caudal máximo entre el periodo 1985-2010. Así, con promedio aproximado de 15 m³/s en este periodo, existen caudales máximos que saltan a 41,86 m³/s en el año 1987, en cambio en el año 1996 sólo alcanzó un máximo de 2,85 m³/s. Sin embargo, se calcula que el caudal del Río Mapocho promedio anual, es de 30 m³/s con valores que fluctúan entre 21 m³/s y 46 m³/s en el período 1975 y 1999. Por otro lado, se estima que el caudal correspondiente a un período de retorno de 10 años del Río Mapocho (crecida decenal) es del orden de 470 m³/s, mientras que la crecida centenaria es del orden de los 1.000 m³/s (Lorca, 2006).

Anexo 5. Mapa 4: Geología del área de estudio según SERNAGEOMIN (2003).



1. **DC4:** Devónico-Carbonífero. Roca metamórfica. Metaareniscas, filitas y, en menor proporción, mármoles, cherts, metabasaltos y metaconglomerados; metaturbiditas con facies de 'mélange'. En la Cordillera de la Costa, regiones I a III: Formación El Toco, Complejo Epimetamórfico Chañaral; en la Cordillera Patagónica, regiones XI y XII: Complejo Metamórfico Oriental de Aisén y Magallanes.
2. **JSG:** Jurásico Medio-Superior (180-142 Ma). Roca intrusiva. Monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y hornblenda. En la Cordillera de la Costa, regiones I a VI; en la Cordillera Principal, regiones X y XI: Plutón Panguipulli y borde oriental del Batolito Norpatagónico; en la península Antártica.
3. **Ki2c:** Cretácico Inferior-Cretácico Superior. Secuencias sedimentarias y volcánicas continentales, con escasas intercalaciones marinas: brechas sedimentarias y volcánicas, lavas andesíticas, ocoítas, conglomerados, areniscas, limolitas calcáreas lacustres con flora fósil; localmente calizas fosilíferas marinas en la base. En Cordillera de la Costa, regiones IV, V y Metropolitana: formaciones Quebrada Marquesa y Veta Negra.
4. **Ksg:** Cretácico Superior (90-65 Ma). Roca intrusiva. Monzodioritas, granodioritas, gabros y dioritas de piroxeno, biotita y hornblenda; pórfidos andesíticos y dioríticos. En la Precordillera, regiones I a III y entre las cordilleras de la Costa y Principal, regiones IV, V y Metropolitana; en la región XII: granitoides de las islas Wollaston y Navarino, Cordillera Darwin.
5. **Q1:** Pleistoceno-Holoceno: Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados. En la Depresión Central, regiones Metropolitana a IX: abanicos mixtos de depósitos aluviales y fluvioglaciales con intercalación de depósitos volcanoclásticos.

Anexo 6. Mapa 5: Unidades de suelo del área de estudio según CIREN-CORFO (1996).



Serie Agua del Gato (AGD)

AGD-2: Corresponde a la Fase de textura superficial arcillo limosa, profunda, plana y de drenaje moderado. Suelo que no presenta "tosca", pero con nódulos de carbonato de calcio.

Clasificación serie AGD-2.

Capacidad de uso	Illw3	Clase de drenaje	3
Categoría de riego	2w	Aptitud frutal	C
Erosión	0	aptitud agrícola	3

Serie Chiñique (CHG)

CHG-4: Corresponde a la Fase de textura superficial franco arcillo arenosa, moderadamente profunda, plana y bien drenada.

Clasificación serie CHG-4.

Capacidad de uso	Ils0	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	1	Aptitud frutal	B
Erosión	0	aptitud agrícola	2

Asociación Challay (CHL)

CHL-1: Representa a la Asociación y corresponde a suelos de textura superficial franco arcillo limosa, delgados, en topografía de cerros con 30 a 50% de pendiente y bien drenados.

Clasificación asociación CHL-1.

Capacidad de uso	Vllle1	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	6	Aptitud frutal	E
Erosión	0	aptitud agrícola	7

Serie Cuesta Barriga (PTB)

PTB-1: Representa a la Serie y corresponde a suelos de textura superficial franco arenosa fina, moderadamente profundos, moderadamente inclinados con 3 a 8% de pendiente y bien drenados.

Clasificación serie PTB-1.

Capacidad de uso	llle0	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	2t	Aptitud frutal	B
Erosión	0	aptitud agrícola	3

PTB-5: Corresponde a la Fase de textura superficial franca, ligeramente profunda, moderadamente inclinada con 3 a 8% de pendiente y bien drenada.

Clasificación serie PTB-5.

Capacidad de uso	llle1	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	3t	Aptitud frutal	C
Erosión	0	aptitud agrícola	3

PTB-6: Corresponde a la Fase de textura superficial franco arenosa fina, ligera mente profunda, fuertemente inclinada con 8 a 15% de pendiente y bien drenada.

Clasificación serie PTB-6.

Capacidad de uso	IVe1	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	4t	Aptitud frutal	D
Erosión	0	aptitud agrícola	4

Serie Las Perdices (LAP)

LAP-1: Corresponde a la Fase de textura superficial franco arenosa, ligeramente profunda, moderadamente inclinada con 3 a 8% de pendiente y bien drenada.

Clasificación serie LAP-1.

Capacidad de uso	IVe1	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	4t	Aptitud frutal	D
Erosión	0	aptitud agrícola	4

LAP-3: Corresponde a la Fase de textura superficial franco arenosa, profunda, suavemente inclinada con 2 a 3% de pendiente y bien drenada.

Clasificación serie LAP-3.

Capacidad de uso	IIIs0	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	2t	Aptitud frutal	B
Erosión	0	aptitud agrícola	2

LAP-5: Corresponde a la Fase de textura superficial franco arenosa, moderadamente profunda, suavemente inclinada con 2 a 3% de pendiente, con ligera pedregosidad superficial y bien drenada.

Clasificación serie LAP-5.

Capacidad de uso	IIIs0	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	2t	Aptitud frutal	C
Erosión	0	aptitud agrícola	3

LAP-7: Corresponde a la Fase de textura superficial franco arenosa, moderadamente profunda, moderadamente inclinada con 3 a 8% de pendiente y bien drenada.

Clasificación serie LAP-7.

Capacidad de uso	IVe1	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	3t	Aptitud frutal	C
Erosión	0	aptitud agrícola	4

Serie Lo Vásquez (LVZ)

LVZ-2: Corresponde a la Fase de textura superficial franco arcillosa, moderadamente profunda, ligeramente ondulada con 2 a 5% de pendiente y bien drenada.

Clasificación serie LVZ-2.

Capacidad de uso	IIIe3	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	2t	Aptitud frutal	C
Erosión	0	aptitud agrícola	3

LVZ-4: Corresponde a la Fase de textura superficial franca, moderadamente profunda, suavemente ondulada con 5 a 8% de pendiente y bien drenada.

Clasificación serie LVZ-4.

Capacidad de uso	IVe1	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	3t	Aptitud frutal	D
Erosión	0	aptitud agrícola	4

LVZ-6: Corresponde a la Fase de textura superficial franco arcillosa, ligeramente profunda, moderadamente ondulada con 8 a 15% de pendiente y bien drenada.

Clasificación serie LVZ-6.

Capacidad de uso	Vle3	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	6	Aptitud frutal	E
Erosión	0	aptitud agrícola	6

LVZ-7: Corresponde a la Fase de textura superficial franco arcillosa, moderadamente profunda, en topografía de cerros con 30 a 50% de pendiente, ligeramente erosionada y bien drenada. Esta unidad se ubica preferentemente en la vertiente sur y mantiene una buena vegetación arbustiva natural. Presenta ligera erosión de manto y zanjas ocasionales.

Clasificación serie LVZ-7.

Capacidad de uso	Vlle1	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	6	Aptitud frutal	E
Erosión	1	aptitud agrícola	7

LVZ-11: Corresponde a la Fase de textura superficial arcillosa, muy delgada, en topografía de montañas con más de 50% de pendiente, severamente erosionada, con abundante rocosidad superficial y excesivamente drenada. Presenta y erosión severa de manto y zanjas.

Clasificación serie LVZ-11.

Capacidad de uso	VIII	Clase de drenaje	6
Categoría de riego	6	Aptitud frutal	E
Erosión	3	Aptitud agrícola	8

Serie Lonquén (LON)

LON-5: Corresponde a la Fase de textura superficial franco arenosa, moderadamente profunda, plana, con moderada pedregosidad superficial y bien drenada.

Clasificación serie LON-5.

Capacidad de uso	IVs0	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	3s	Aptitud frutal	C
Erosión	0	Aptitud agrícola	4

Asociación Mansel

MN-1: Representa a la Asociación y corresponde a suelos de textura superficial franco arcillo limosa, moderadamente profundos, en topografía de cerros con 30 a 50% de pendiente, con ligera a moderada pedregosidad superficial y bien drenada.

Clasificación asociación MN-1.

Capacidad de uso	Vlle1	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	6	Aptitud frutal	E
Erosión	0	aptitud agrícola	4

Serie Pomaire (PMR)

PMR-3: Corresponde a la Fase de textura superficial franca, profunda, plana y de drenaje moderado.

Clasificación serie PMR-3.

Capacidad de uso	llw2	Clase de drenaje	4
Categoría de riego	1	Aptitud frutal	B
Erosión	0	aptitud agrícola	2

Serie Pudahuel (PUD)

PUD-1: Representa a la Serie y corresponde a suelos de textura superficial franco arenosa fina, ligeramente profundos, fuertemente ondulados con 15 a 20% de pendiente y bien drenados.

Clasificación serie PUD-1.

Capacidad de uso	Vle8	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	6	Aptitud frutal	E
Erosión	0	Aptitud agrícola	6

Rinconada de lo Vial (RLV)

RLV-1: Representa a la Serie y corresponde a suelos de textura superficial franco arenosa, ligeramente profundos, casi planos con 1 a 3% de pendiente y bien drenados. S

Clasificación serie RLV-1.

Capacidad de uso	lls3	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	2s	Aptitud frutal	C
Erosión	0	aptitud agrícola	3

RLV-5: Corresponde a la Fase de textura superficial franco arenosa muy fina, ligeramente profunda, plana y de drenaje imperfecto.

Clasificación serie RLV-5.

Capacidad de uso	lllw3	Clase de drenaje	3
Categoría de riego	3w	Aptitud frutal	D
Erosión	0	aptitud agrícola	3

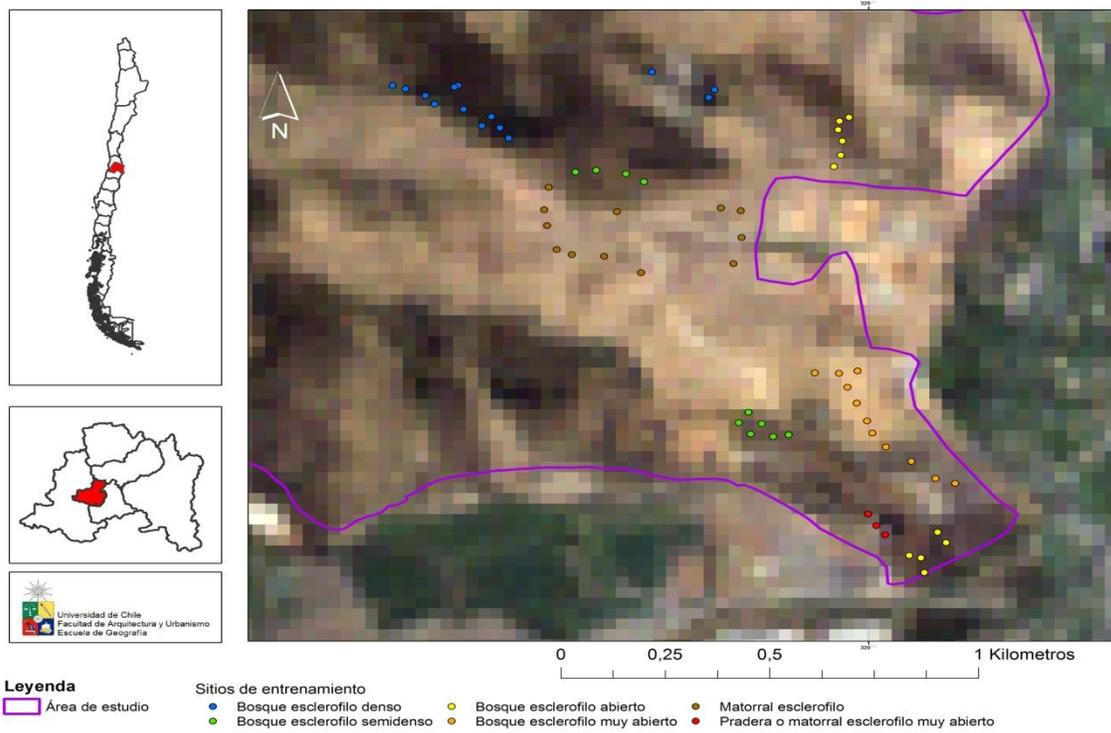
Serie San Diego (SDG)

SDG-2: Corresponde a la Fase de textura superficial franca, moderadamente profunda, plana y bien drenada.

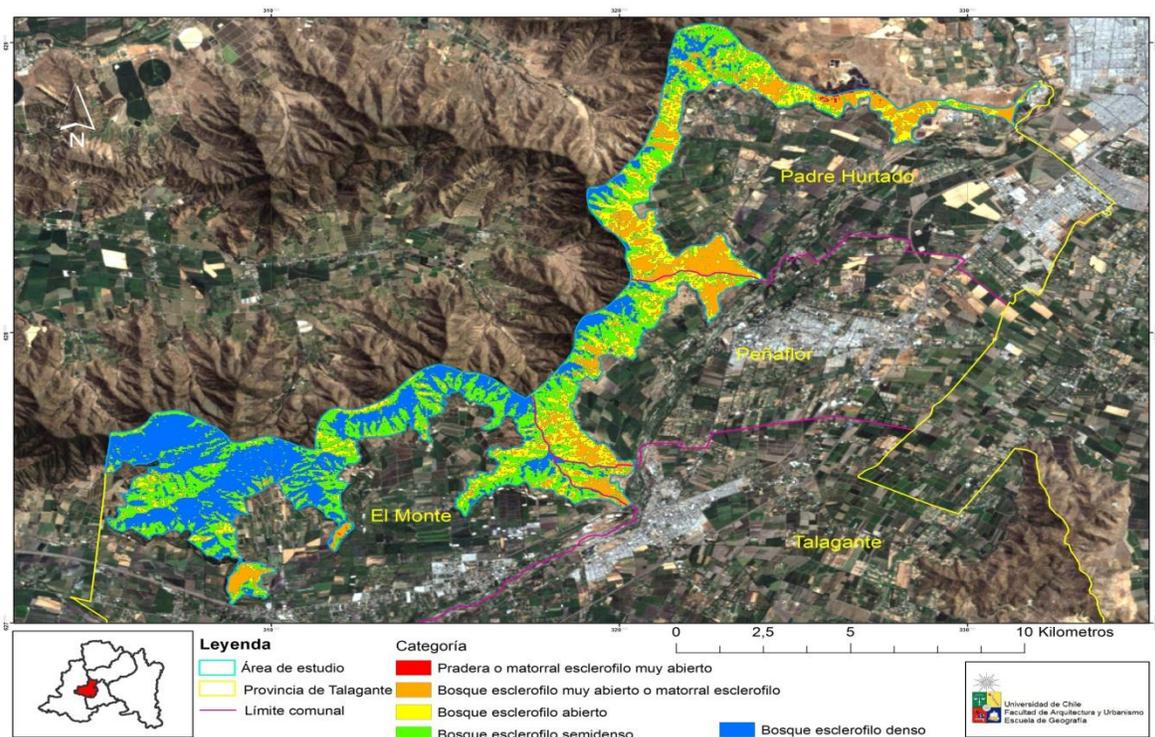
Clasificación serie SDG-2.

Capacidad de uso	lls3	Clase de drenaje	5
Categoría de riego	1	Aptitud frutal	A
Erosión	0	Aptitud agrícola	2

Anexo 7. Mapa 6: Sitios de entrenamiento.



Anexo 8. Mapa 7: Clasificación de la vegetación, año 2010.



Anexo 9. Detalle del análisis de las categorías en los rangos de pendiente en las tres zonas diferenciadas.

Superficie en hectáreas de las categorías en los rangos de pendiente.

Peñaflor y Talagante							
Categoría	0°-2°	2°-5°	5°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-45°	Más de 45°
Pradera o matorral esclerofilo muy abierto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo	12,07	1,37	10,33	49,18	97,81	91,04	3,84
Bosque esclerofilo abierto	17,87	5,01	26,44	70,02	154,18	140,87	7,39
Bosque esclerofilo semidenso	23,17	9,77	30,59	57,74	142,82	182,55	13,12
Bosque esclerofilo denso	7,77	0,99	3,25	12,01	38,92	88,05	6,23

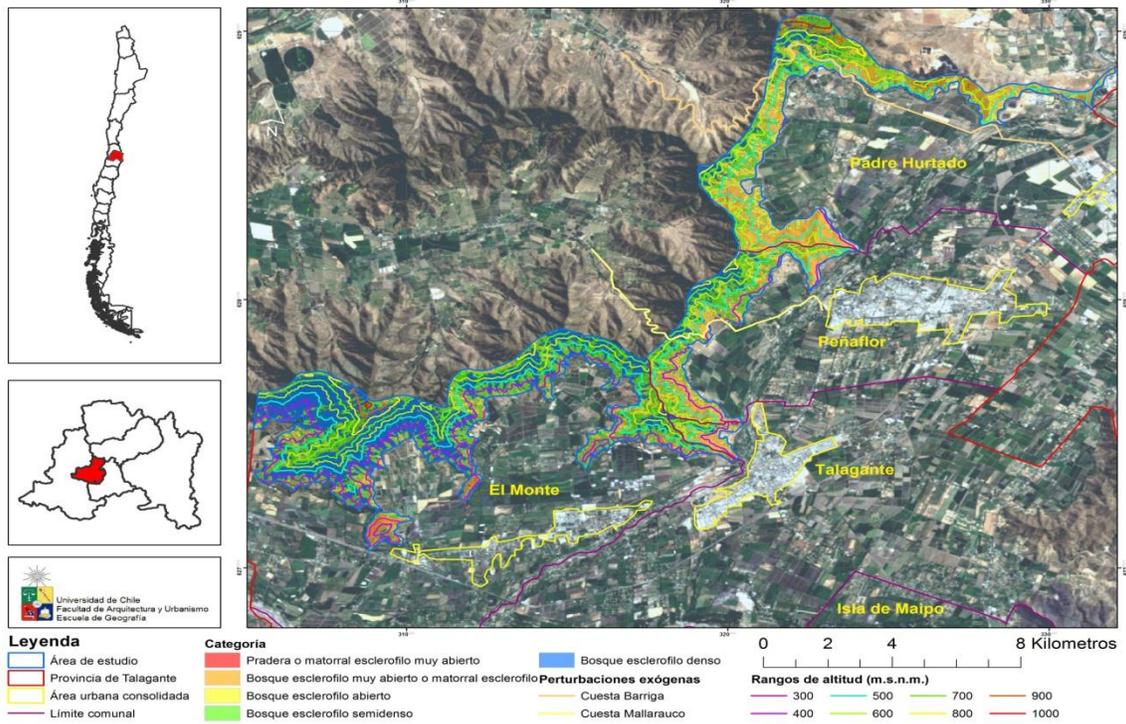
El Monte							
Categoría	0°-2°	2°-5°	5°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-45°	Más de 45°
Pradera o matorral esclerofilo muy abierto	0,00	0,00	0,00	0,09	0,27	0,27	0,00
Bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo	4,63	0,09	4,45	21,44	52,15	39,70	2,36
Bosque esclerofilo abierto	11,63	0,72	10,28	72,41	151,58	123,00	4,33
Bosque esclerofilo semidenso	62,58	1,54	30,57	232,77	498,11	467,27	22,52
Bosque esclerofilo denso	54,01	2,80	40,89	222,92	557,56	678,70	40,98

Porcentaje de las categorías en los rangos de pendiente.

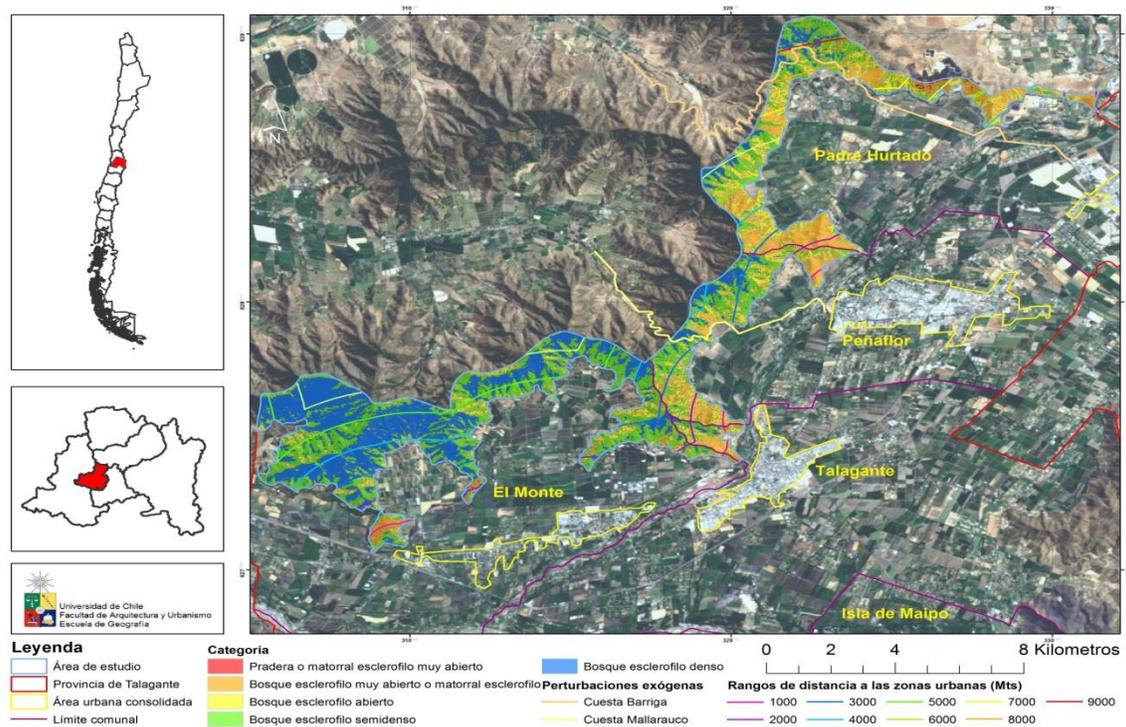
Peñaflor y Talagante							
Categoría	0°-2°	2°-5°	5°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-45°	Más de 45°
Pradera o matorral esclerofilo muy abierto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo	19,82	7,99	14,63	26,03	22,55	18,12	12,55
Bosque esclerofilo abierto	29,36	29,23	37,45	37,06	35,55	28,03	24,15
Bosque esclerofilo semidenso	38,06	56,98	43,32	30,56	32,93	36,33	42,92
Bosque esclerofilo denso	12,76	5,79	4,60	6,36	8,97	17,52	20,38

El Monte							
Categoría	0°-2°	2°-5°	5°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-45°	Más de 45°
Pradera o matorral esclerofilo muy abierto	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00
Bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo	3,49	1,76	5,17	3,90	4,14	3,03	3,37
Bosque esclerofilo abierto	8,76	14,00	11,93	13,17	12,03	9,40	6,17
Bosque esclerofilo semidenso	47,10	29,83	35,46	42,35	39,54	35,70	32,08
Bosque esclerofilo denso	40,65	54,41	47,44	40,56	44,26	51,85	58,39

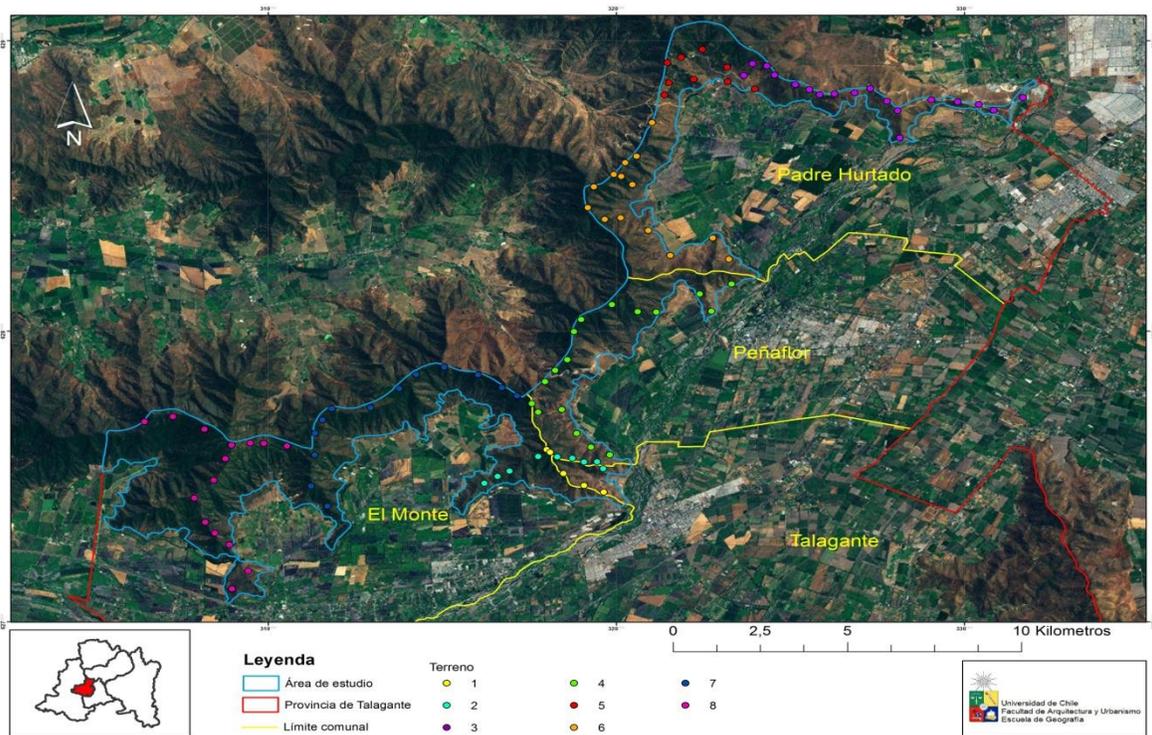
Anexo 10: Mapa 8. Rangos de altitud.



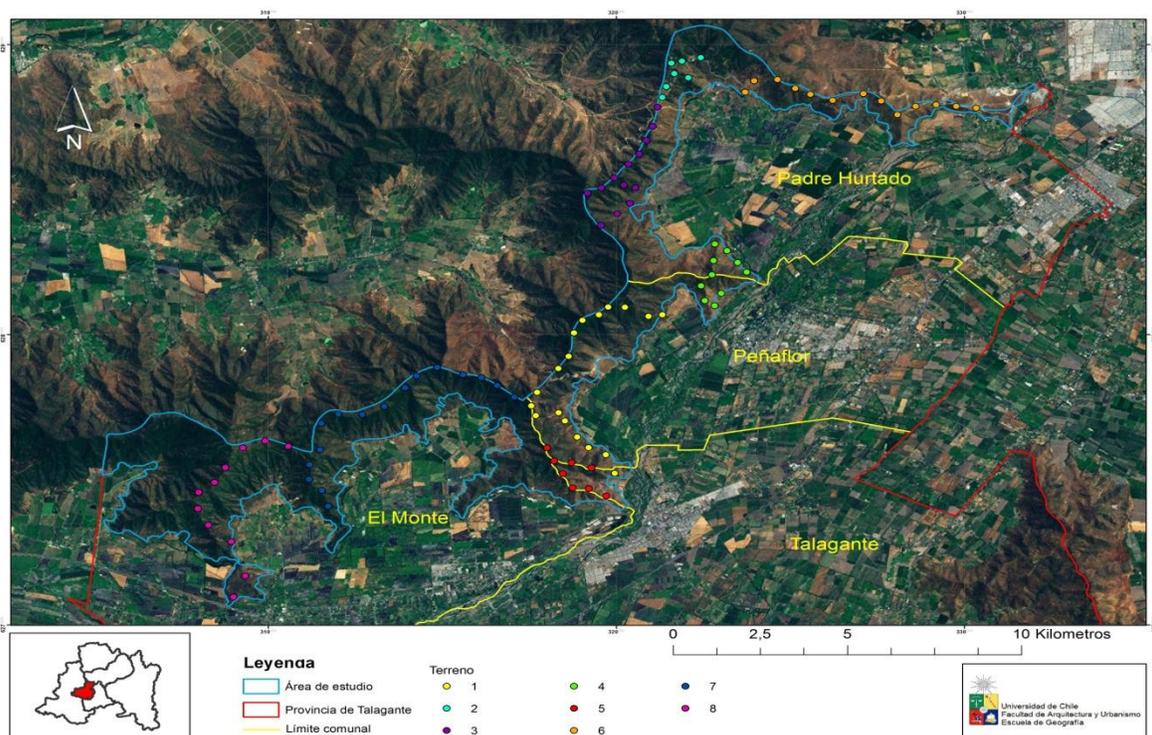
Anexo 11. Mapa 9: Áreas de influencia de las zonas urbanas.



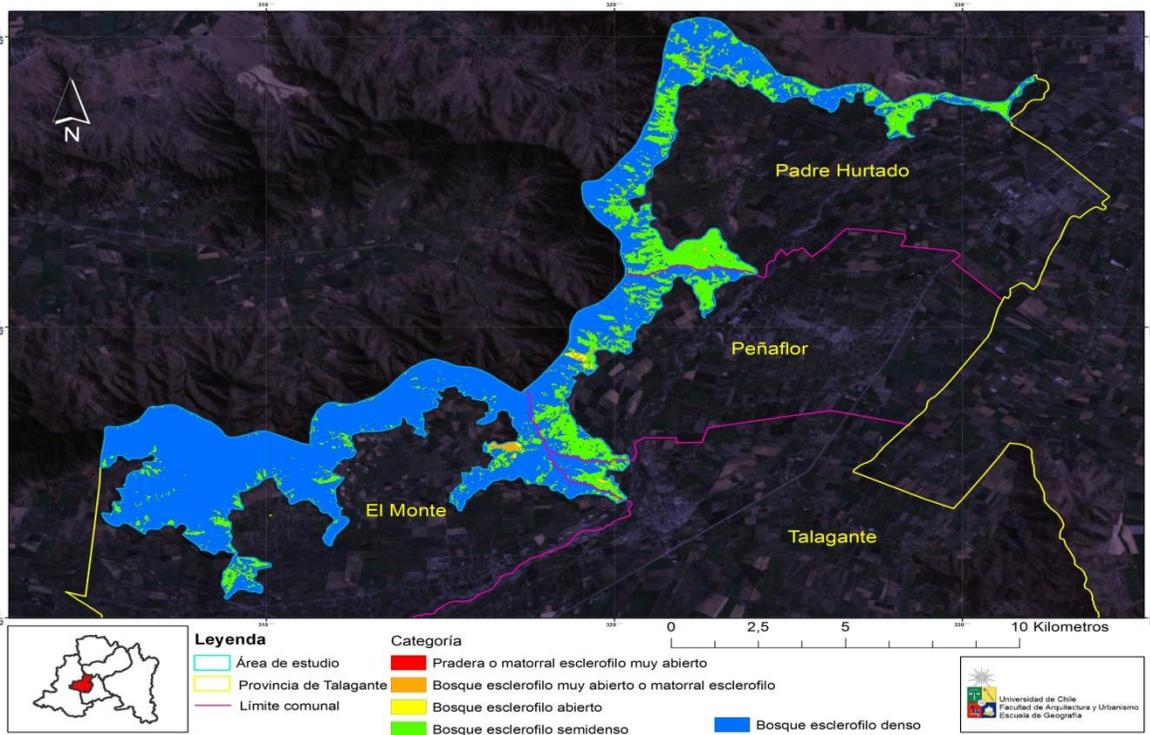
Anexo 12. Mapa 10: Puntos de muestreos en terreno para primera validación.



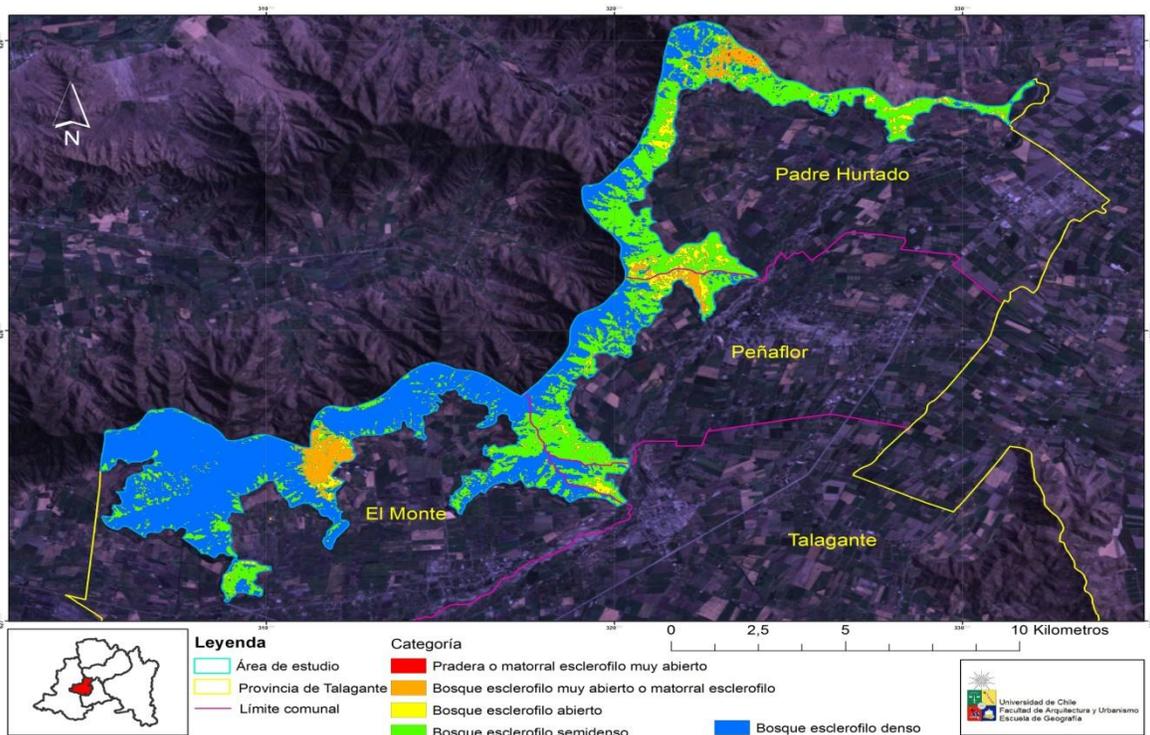
Anexo 13. Mapa 11: Puntos de muestreos en terreno para segunda validación.



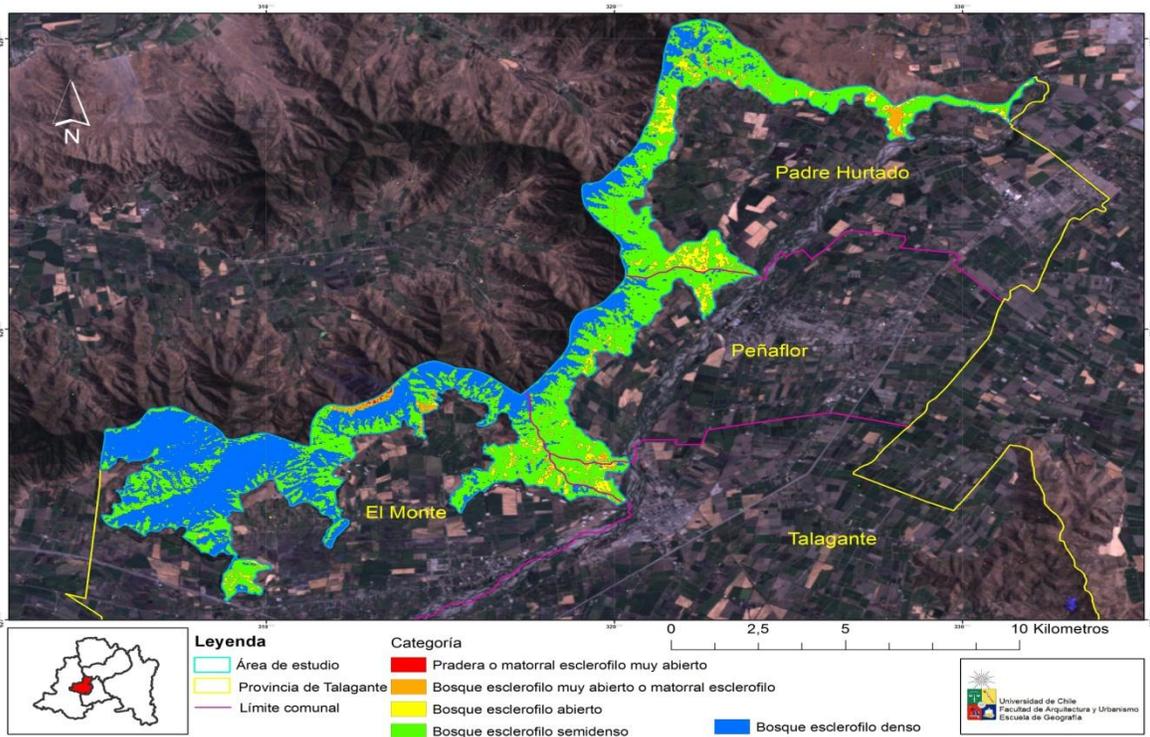
Anexo 14. Mapa 12: Clasificación de la vegetación, año 1985.



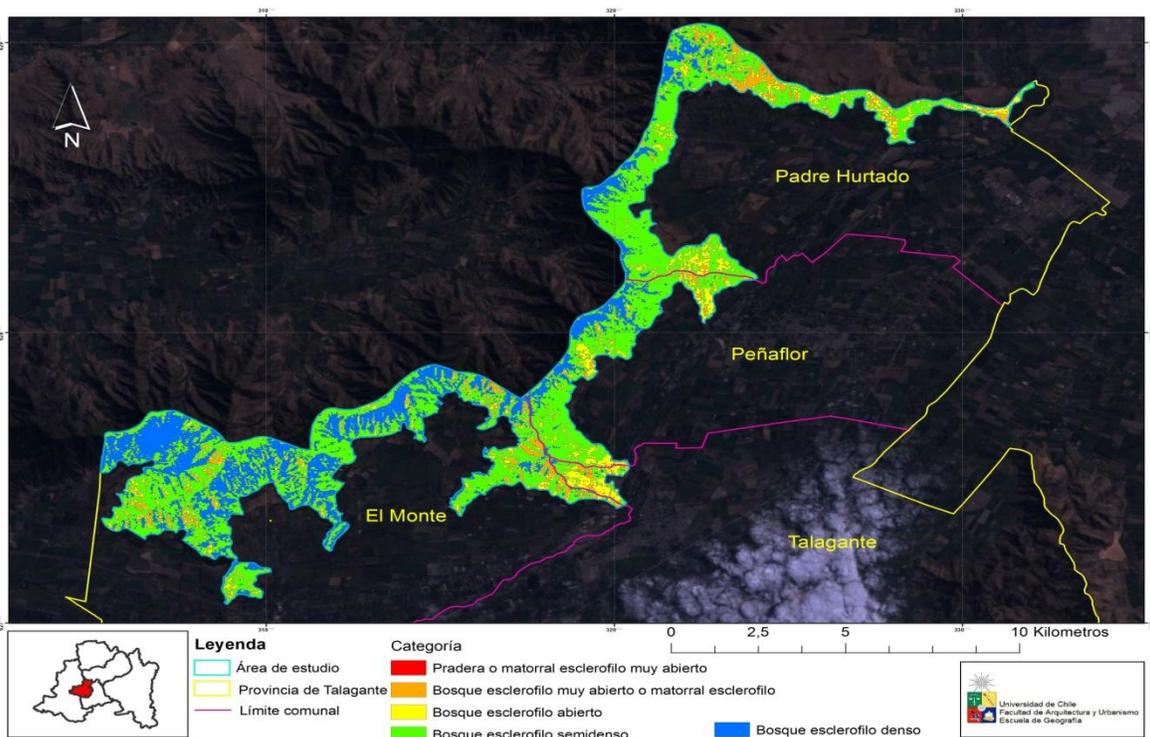
Anexo 15. Mapa 13: Clasificación de la vegetación, año 1987.



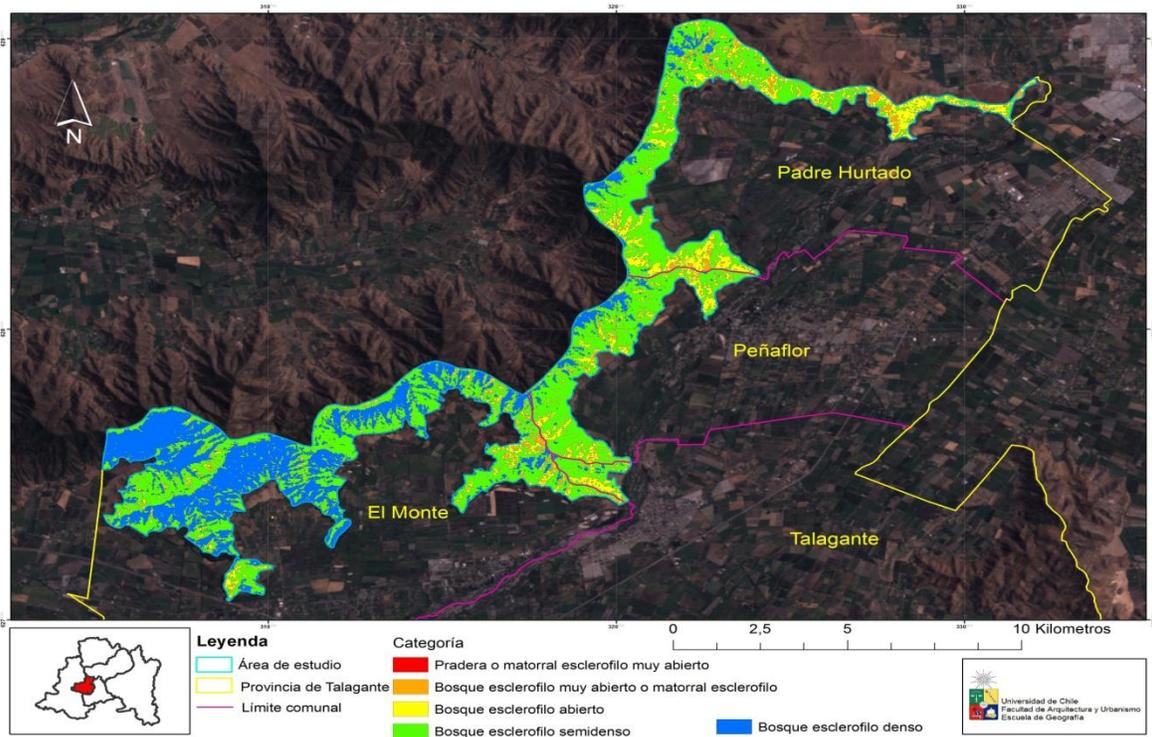
Anexo 16. Mapa 14: Clasificación de la vegetación, año 1990.



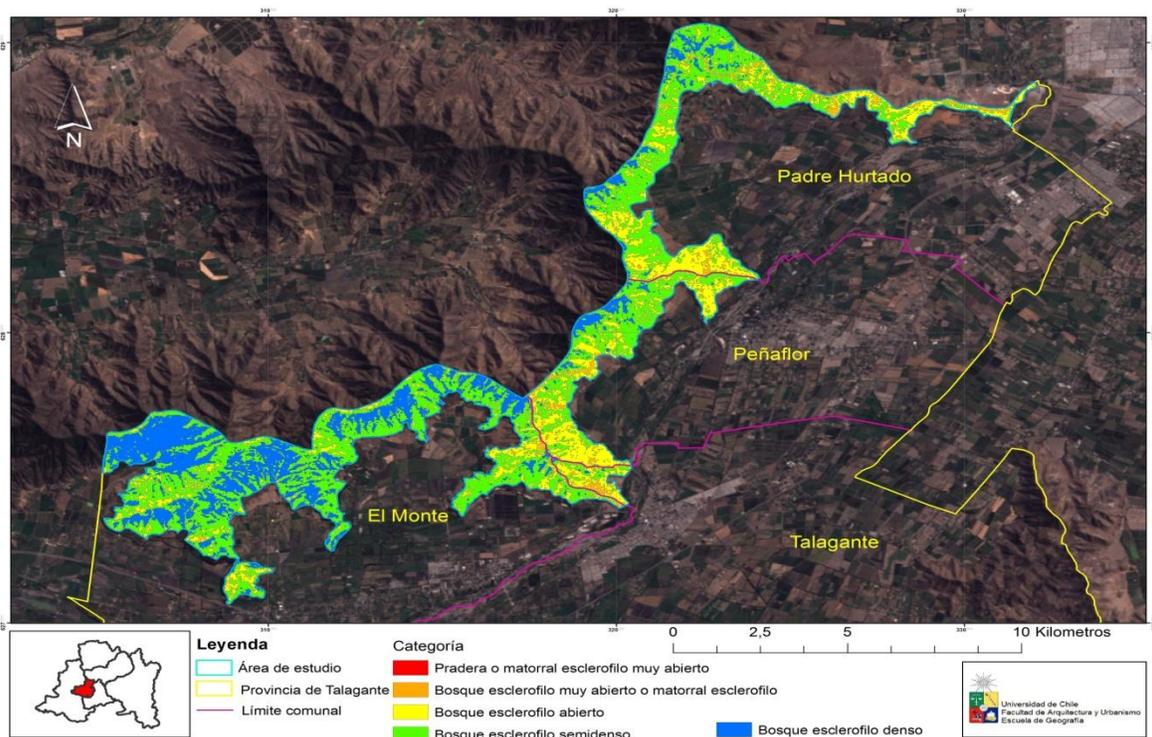
Anexo 17. Mapa 15: Clasificación de la vegetación, año 1993.



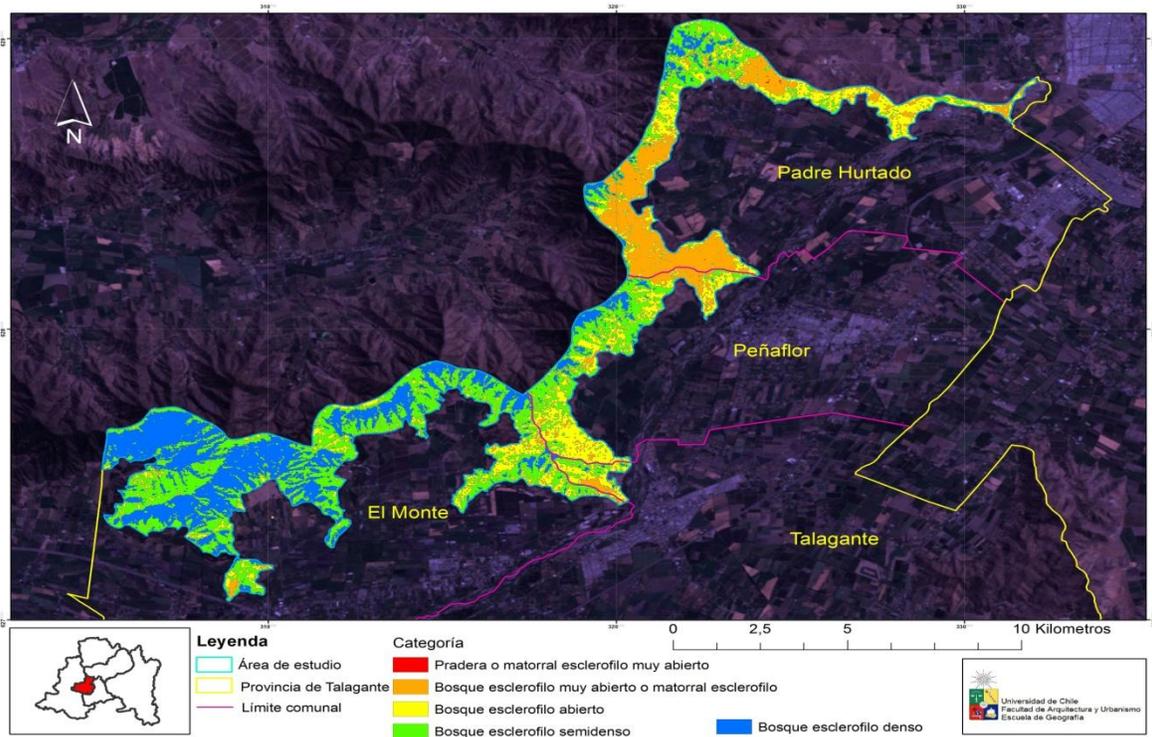
Anexo 18. Mapa 16: Clasificación de la vegetación, año 1996.



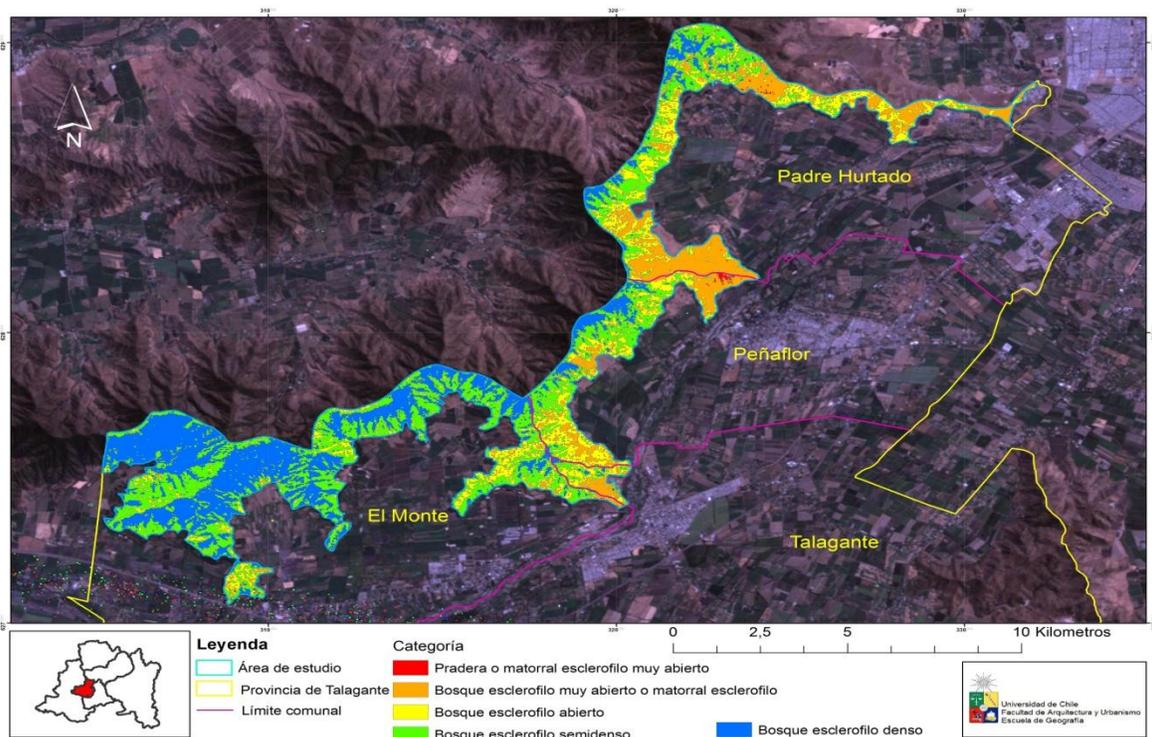
Anexo 19. Mapa 17: Clasificación de la vegetación, año 1999.



Anexo 20. Mapa 18: Clasificación de la vegetación, año 2004.



Anexo 21. Mapa 19: Clasificación de la vegetación, año 2007.



Anexo 22. Clasificación de los sitios de entrenamiento.

Numero de serie	Categoría	Coordenadas	
		Este	Norte
1	Bosque esclerofilo denso	319631	6275292
2	Bosque esclerofilo denso	319617	6275270
3	Bosque esclerofilo denso	319481	6275343
4	Bosque esclerofilo denso	319138	6275153
5	Bosque esclerofilo denso	319117	6275183
6	Bosque esclerofilo denso	319097	6275215
7	Bosque esclerofilo denso	319074	6275189
8	Bosque esclerofilo denso	319030	6275236
9	Bosque esclerofilo denso	319017	6275304
10	Bosque esclerofilo denso	319008	6275300
11	Bosque esclerofilo denso	318961	6275251
12	Bosque esclerofilo denso	318939	6275275
13	Bosque esclerofilo denso	318891	6275295
14	Bosque esclerofilo denso	318860	6275304
15	Bosque esclerofilo semidenso	319744	6274334
16	Bosque esclerofilo semidenso	319808	6274302
17	Bosque esclerofilo semidenso	319771	6274297
18	Bosque esclerofilo semidenso	319717	6274305
19	Bosque esclerofilo semidenso	319689	6274337
20	Bosque esclerofilo semidenso	319712	6274367
21	Bosque esclerofilo semidenso	319462	6275028
22	Bosque esclerofilo semidenso	319419	6275051
23	Bosque esclerofilo semidenso	319348	6275061
24	Bosque esclerofilo semidenso	319298	6275056
25	Bosque esclerofilo abierto	320133	6273907
26	Bosque esclerofilo abierto	320125	6273949
27	Bosque esclerofilo abierto	320185	6273993
28	Bosque esclerofilo abierto	320165	6274023
29	Bosque esclerofilo abierto	319917	6275072
30	Bosque esclerofilo abierto	319933	6275104
31	Bosque esclerofilo abierto	319937	6275145
32	Bosque esclerofilo abierto	319930	6275202
33	Bosque esclerofilo abierto	319953	6275213
34	Bosque esclerofilo abierto	319927	6275177
35	Bosque esclerofilo abierto	320097	6273956

36	Bosque esclerofilo muy abierto	320160	6274177
37	Bosque esclerofilo muy abierto	320102	6274226
38	Bosque esclerofilo muy abierto	319971	6274393
39	Bosque esclerofilo muy abierto	319929	6274479
40	Bosque esclerofilo muy abierto	319871	6274480
41	Bosque esclerofilo muy abierto	320041	6274267
42	Bosque esclerofilo muy abierto	320009	6274307
43	Bosque esclerofilo muy abierto	319996	6274342
44	Bosque esclerofilo muy abierto	319949	6274439
45	Bosque esclerofilo muy abierto	320207	6274163
46	Bosque esclerofilo muy abierto	319973	6274486
47	Matorral esclerofilo	319646	6274953
48	Matorral esclerofilo	319696	6274868
49	Matorral esclerofilo	319676	6274793
50	Matorral esclerofilo	319694	6274945
51	Matorral esclerofilo	319234	6275012
52	Matorral esclerofilo	319223	6274948
53	Matorral esclerofilo	319230	6274902
54	Matorral esclerofilo	319253	6274834
55	Matorral esclerofilo	319289	6274819
56	Matorral esclerofilo	319367	6274814
57	Matorral esclerofilo	319455	6274767
58	Matorral esclerofilo	319397	6274942
59	Pradera o matorral esclerofilo muy abierto	320018	6274042
60	Pradera o matorral esclerofilo muy abierto	319998	6274075
61	Pradera o matorral esclerofilo muy abierto	320039	6274015

Anexo 23. Puntos del primer muestreo y clasificación NDVI.

Punto GPS	Terreno	Fecha	Este	Norte	Altitud	Unidad clasificada
1	3	18-02-2012	331674	6288040	505	PMEMA
2	3	18-02-2012	330837	6287607	516	BEA
3	3	18-02-2012	330407	6287805	457	BEMANE
4	3	18-02-2012	329799	6287895	547	BEA
5	3	18-02-2012	329045	6287960	561	BEMANE
6	3	18-02-2012	328081	6287593	681	BEA
7	3	18-02-2012	328143	6286656	490	BEA
8	3	18-02-2012	327774	6287921	668	BEMANE
9	3	18-02-2012	327292	6288349	561	BEMANE
10	3	18-02-2012	326846	6288208	557	BEA

11	3	18-02-2012	326262	6288172	640	PMEMA
12	3	18-02-2012	325838	6288135	852	PMEMA
13	3	18-02-2012	325543	6288314	593	BES
14	3	18-02-2012	325134	6288488	749	BEA
15	3	18-02-2012	324539	6288816	708	BES
16	3	18-02-2012	324320	6289130	791	BEA
17	3	18-02-2012	323910	6289207	744	BEMANE
18	3	18-02-2012	323660	6288805	701	BES
19	5	03-03-2012	323982	6288339	450	BEMANE
20	5	03-03-2012	323194	6288586	439	BES
21	5	02-03-2012	323181	6289086	568	BED
22	5	03-03-2012	322469	6289701	667	BES
23	5	03-03-2012	321861	6289423	640	BED
24	5	03-03-2012	322221	6288675	569	BES
25	5	03-03-2012	321467	6289244	821	BES
26	5	03-03-2012	321513	6288548	656	BEA
27	5	03-03-2012	321381	6288129	638	BED
28	6	03-03-2012	321021	6287175	680	BEA
29	6	03-03-2012	320580	6286022	729	BES
30	6	03-03-2012	320250	6285802	713	BES
31	6	03-03-2012	319926	6285395	762	BES
32	6	03-03-2012	319357	6284972	838	BES
33	6	03-03-2012	319181	6284250	785	BES
34	6	03-03-2012	319665	6283850	556	BEA
35	6	03-03-2012	320122	6283904	526	BEMANE
36	6	03-03-2012	320916	6283466	464	BEMANE
37	6	03-03-2012	321548	6282610	437	BEA
38	6	03-03-2012	322764	6283209	449	BEMANE
39	6	03-03-2012	323230	6282474	443	BEMANE
40	6	03-03-2012	320459	6285048	493	BEA
41	6	03-03-2012	320141	6285324	743	BED
42	4	25-02-2012	319807	6275740	421	VED
43	4	25-02-2012	319268	6276010	396	VED
44	4	25-02-2012	318858	6276480	414	VED
45	4	25-02-2012	318433	6277306	403	BES
46	4	25-02-2012	317751	6277214	528	BES
47	4	25-02-2012	317567	6277508	643	BES
48	4	25-02-2012	317954	6278262	676	BES
49	4	25-02-2012	318242	6278650	684	BED
50	4	25-02-2012	318595	6279020	776	BES
51	4	25-02-2012	318780	6279982	790	BED

52	4	25-02-2012	318991	6280406	817	BED
53	4	25-02-2012	319872	6280918	709	BED
54	4	25-02-2012	320613	6280672	563	BES
55	4	25-02-2012	321142	6280656	440	BEMANE
56	4	25-02-2012	322392	6281277	443	BEMANE
57	4	25-02-2012	322726	6280683	380	BEMANE
58	4	25-02-2012	323310	6281625	400	BEMANE
59	1	04-02-2012	317999	6275925	842	BES
60	1	04-02-2012	318095	6275831	815	BED
61	1	04-02-2012	318480	6275102	639	BEA
62	1	04-02-2012	319072	6274686	533	BEMANE
63	1	04-02-2012	319637	6274459	471	BEMANE
64	2	10-02-2012	319617	6275270	468	BED
65	2	10-02-2012	319447	6275508	630	BEA
66	2	10-02-2012	319073	6275499	610	BEMANE
67	2	10-02-2012	318733	6275627	667	BEA
68	2	10-02-2012	318305	6275672	761	BES
69	2	10-02-2012	317752	6275687	685	BES
70	2	10-02-2012	316931	6275185	528	BEA
71	2	10-02-2012	316590	6274999	434	BES
72	2	10-02-2012	316205	6274765	416	BEA
73	7	10-03-2012	317141	6277775	719	BED
74	7	10-03-2012	316708	6278061	735	BES
75	7	10-03-2012	316024	6278499	743	BED
76	7	10-03-2012	315057	6278769	703	BED
77	7	10-03-2012	314245	6278505	768	BES
78	7	10-03-2012	313757	6278028	838	BED
79	7	10-03-2012	312936	6277365	706	BES
80	7	10-03-2012	311822	6277333	692	BES
81	7	10-03-2012	311558	6276944	564	BES
82	7	10-03-2012	311342	6276490	610	BEMANE
83	7	10-03-2012	311338	6275739	731	BES
84	7	10-03-2012	311232	6274665	560	BED
85	7	10-03-2012	311705	6273981	428	BES
86	8	17-03-2012	308959	6271129	355	BEMANE
87	8	17-03-2012	309428	6271747	450	BEMANE
88	8	17-03-2012	308882	6272648	314	BED
89	8	17-03-2012	308465	6273049	508	BES
90	8	17-03-2012	308188	6273426	486	BES
91	8	17-03-2012	307881	6274258	752	BES
92	8	17-03-2012	308435	6274874	791	BED

93	8	17-03-2012	308771	6275614	889	BES
94	8	17-03-2012	308941	6276076	1028	BES
95	8	17-03-2012	308168	6276628	816	BED
96	8	17-03-2012	307258	6277062	752	BED
97	8	17-03-2012	306447	6276881	712	BES
98	8	17-03-2012	309486	6276151	902	BES
99	8	17-03-2012	309876	6276137	708	BED
100	8	17-03-2012	310538	6276047	630	BED

Definición de abreviaturas (Para anexos 23 y 25): PMEMA: Pradera o matorral esclerofilo muy abierto. BEMAME: Bosque esclerofilo muy abierto o matorral esclerofilo. BEA: Bosque esclerofilo abierto. BES: Bosque esclerofilo semidenso. BED: Bosque esclerofilo denso.

Anexo 24. Cobertura, clasificación y concordancia del primer muestreo.

Punto GPS	LA %	LB %	H %	S %	Unidad muestreada	Concordancia
1	0	0	0	0	Pradera	Sí
2	26	18	0	0	Bosque esclerofilo abierto de Qs	Sí
3	16	38	0	0	Matorral esclerofilo de Ac	Sí
4	38	18	0	0	Bosque esclerofilo abierto de Lc	Sí
5	18	38	0	0	Matorral esclerofilo de Ac	Sí
6	26	18	8	0	Bosque esclerofilo abierto de Qs	Sí
7	38	38	0	0	Bosque esclerofilo abierto de Ac	Sí
8	18	18	3	0	Bosque esclerofilo muy abierto Ac	Sí
9	18	38	8	0	Matorral esclerofilo de Ac	Sí
10	38	18	0	0	Bosque esclerofilo abierto de Qs	Sí
11	8	0	0	0	Zona incendiada	Sí
12	8	0	0	0	Zona incendiada	Sí
13	56	18	0	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
14	36	18	8	0	Bosque esclerofilo abierto de Qs	Sí
15	59	8	0	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
16	26	26	0	0	Bosque esclerofilo abierto de Qs	Sí
17	18	18	0	0	Bosque esclerofilo muy abierto de Qs	Sí
18	56	18	0	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
19	0	38	18	0	Matorral esclerofilo de Ac	Sí
20	56	18	16	0	Bosque esclerofilo semidenso de Ko	Sí
21	96	0	0	0	Bosque esclerofilo denso de Ca	Sí
22	63	18	8	0	Bosque esclerofilo semidenso de Lc	Sí
23	96	0	8	0	Bosque esclerofilo denso de Ca	Sí
24	56	26	0	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
25	56	18	0	0	Bosque esclerofilo semidenso de Lc	Sí
26	26	36	0	0	Matorral esclerofilo de Rt	No
27	88	3	0	0	Bosque esclerofilo denso de Ca	Sí

28	26	0	18	0	Bosque esclerofilo abierto de Lc	Sí
29	54	0	0	18	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
30	56	36	8	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
31	56	18	0	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
32	56	18	0	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
33	56	18	18	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
34	26	18	18	0	Bosque esclerofilo abierto de Qs	Sí
35	18	18	0	0	Bosque esclerofilo muy abierto de Ac	Sí
36	18	38	0	0	Matorral esclerofilo de Rt	Sí
37	36	18	0	0	Bosque esclerofilo abierto de Ac	Sí
38	8	36	0	0	Matorral esclerofilo de Rt	Sí
39	18	38	0	0	Matorral esclerofilo de Ac	Sí
40	38	18	0	0	Bosque esclerofilo abierto de Ac	Sí
41	76	18	0	0	Bosque esclerofilo denso de Qs	Sí
42	18	18	0	18	Bosque esclerofilo muy abierto de Ac	Sí
43	18	8	16	0	Bosque esclerofilo muy abierto de Ac	Sí
44	18	18	18	0	Bosque esclerofilo muy abierto de Ac	Sí
45	63	18	18	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
46	56	18	18	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
47	56	16	0	0	Bosque esclerofilo semidenso de Ca	Sí
48	56	18	0	18	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
49	76	18	0	0	Bosque esclerofilo denso de Ko	Sí
50	56	18	0	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
51	81	18	0	0	Bosque esclerofilo denso de Ca	Sí
52	81	18	0	0	Bosque esclerofilo denso de Qs	Sí
53	81	18	0	0	Bosque esclerofilo denso de Qs	Sí
54	64	18	0	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
55	21	18	0	0	Bosque esclerofilo muy abierto de Ac	Sí
56	18	38	0	0	Matorral esclerofilo de Rt	Sí
57	18	38	0	8	Matorral esclerofilo de Rt	Sí
58	18	18	16	8	Bosque esclerofilo muy abierto de Ac	Sí
59	63	3	0	0	Bosque esclerofilo semidenso de Lc	Sí
60	79	0	0	0	Bosque esclerofilo denso de Lc	Sí
61	46	8	0	0	Bosque esclerofilo abierto de Lc	Sí
62	0	63	0	0	Matorral esclerofilo de Co	Sí
63	0	18	0	3	Matorral esclerofilo de Ft	Sí
64	88	0	0	0	Bosque esclerofilo denso de Ca	Sí
65	26	38	0	0	Matorral esclerofilo de Rt	No
66	0	63	0	0	Matorral esclerofilo de Rt	Sí
67	26	38	0	0	Matorral esclerofilo de Rt	No
68	56	18	0	0	Bosque esclerofilo semidenso de Lc	Sí

69	54	18	0	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
70	36	38	0	0	Matorral esclerofilo de Rt	No
71	0	18	16	0	Matorral esclerofilo de Rt-Ep	No
72	38	8	8	0	Bosque esclerofilo abierto de Ac	Sí
73	81	18	0	0	Bosque esclerofilo denso de Qs	Sí
74	56	38	0	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
75	81	8	0	0	Bosque esclerofilo denso de Qs	Sí
76	76	18	0	0	Bosque esclerofilo denso de Qs	Sí
77	56	18	18	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
78	89	0	3	0	Bosque esclerofilo denso de Qs	Sí
79	56	18	0	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
80	54	18	0	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
81	54	18	0	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
82	18	38	0	0	Matorral esclerofilo de Rt	Sí
83	71	18	0	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
84	89	0	0	0	Bosque esclerofilo denso de Qs	Sí
85	56	18	18	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
86	6	0	18	46	Matorral esclerofilo Chc	Sí
87	18	38	0	38	Matorral esclerofilo de Ac	Sí
88	76	0	8	0	Bosque esclerofilo denso de Qs	Sí
89	0	0	0	0	Zona incendiada	Sí
90	56	18	8	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	No
91	71	0	8	0	Bosque esclerofilo semidenso de Ko	Sí
92	81	0	0	18	Bosque esclerofilo denso de Qs	Sí
93	71	0	18	18	Bosque esclerofilo semidenso de Ca	Sí
94	63	18	41	0	Bosque esclerofilo semidenso de Lc	Sí
95	81	18	0	0	Bosque esclerofilo denso de Qs	Sí
96	96	18	0	0	Bosque esclerofilo denso de Qs	Sí
97	56	38	8	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
98	63	26	0	0	Bosque esclerofilo semidenso de Qs	Sí
99	96	18	0	0	Bosque esclerofilo denso de Qs	Sí
100	88	18	0	0	Bosque esclerofilo denso de Ca	Sí

Definición de abreviaturas (Anexo 24 y 26): LA: Leñoso alto. LB: Leñoso bajo. H: herbácea.

S: Suculenta. Ac: *Acacia caven* Ep: *Escallonia pulverulenta* Ft: *Flourensia thurifesa*

Ca: *Cryptocarya alba* Ko: *Kageneckia oblonga* Lc: *Lithraea caustica*

Qs: *Quillaja saponaria* Chc: *Chusquea Cumingii* Rt: *Retanilla Trinervia*

Anexo 25. Puntos del segundo muestreo y clasificación NDVI.

Punto de muestreo	Punto A		Punto B		Punto C		Clasificación
	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este	
1	321317	6280685	321289	6280681	321315	6280711	BEMANE
2	320923	6280632	320905	6280612	320898	6280637	BEA

3	320246	6280942	320225	6280928	320258	6280925	BED
4	319763	6280951	319739	6280942	319762	6280930	BED
5	319500	6280688	319512	6280667	319517	6280700	BES
6	319029	6280496	319046	6280480	319010	6280479	BED
7	318779	6280065	318805	6280062	318786	6280095	BED
8	318628	6279257	318656	6279256	318617	6279235	BES
9	318331	6278836	318347	6278819	318315	6278814	BED
10	317726	6278013	317703	6277992	317746	6277994	BES
11	317558	6277546	317543	6277525	317582	6277535	BES
12	317685	6277214	317713	6277212	317685	6277248	BES
13	318337	6277311	318362	6277301	318337	6277337	BES
14	318520	6277027	318495	6277009	318523	6277000	BEA
15	318871	6276470	318856	6276449	318851	6276478	BEMANE
16	319202	6276107	319229	6276096	319184	6276084	BEA
17	319694	6275981	319678	6275831	319666	6275857	BEA
18	319956	6275223	319934	6275227	319946	6275195	BEA
19	322426	6289551	322408	6289571	322448	6289555	BES
20	321887	6289423	321877	6289445	321907	6289422	BED
21	321579	6289354	321569	6289371	321567	6289351	BEA
22	321660	6289002	321661	6289014	321649	6289001	BED
23	321321	6288178	321310	6288164	321332	6288168	BED
24	321432	6288553	321420	6288550	321428	6288565	BES
25	322063	6288858	322078	6288842	322053	6288838	BES
26	321179	6287839	321192	6287835	321178	6287826	BEA
27	321035	6287181	321031	6287161	321050	6287177	BEA
28	320861	6286702	320882	6286701	320865	6286728	BES
29	320657	6286227	320656	6286248	320677	6286230	BED
30	320346	6285874	320364	6285892	320366	6285861	BED
31	319934	6285406	319950	6285419	319946	6285397	BES
32	319564	6285063	319585	6285051	319556	6285044	BED
33	319171	6284879	319190	6284884	319190	6284861	BED
34	319558	6283766	319586	6283773	319556	6283796	BES
35	320027	6284165	320051	6284175	320043	6284142	BEMANE
36	320386	6284526	320391	6284549	320409	6284526	BES
37	320542	6285066	320556	6285053	320532	6285048	BES
38	320213	6285158	320233	6285152	320220	6285173	BED
39	322820	6280999	322813	6281020	322799	6280994	BEMANE
40	323008	6281429	322991	6281438	323025	6281448	BEMANE
41	323739	6282155	323753	6282140	323726	6282141	BEA
42	323480	6282481	323487	6282470	323470	6282473	BEA
43	323179	6282895	323164	6282915	323157	6282876	BEA

44	322830	6283122	322808	6283125	322828	6283099	BEMANE
45	322793	6282550	322817	6282548	322792	6282574	BEMANE
46	322745	6282069	322764	6282069	322747	6282045	BEA
47	322435	6281681	322460	6281680	322434	6281662	BEMANE
48	322539	6281172	322560	6281161	322537	6281145	BEMANE
49	319713	6274438	319731	6274453	319692	6274451	BEMANE
50	319206	6274690	319182	6274696	319211	6274714	BEMANE
51	318743	6274720	318771	6274707	318742	6274691	BES
52	318463	6275211	318464	6275186	318490	6275213	BEMANE
53	318207	6275647	318231	6275644	318207	6275616	BED
54	318014	6276101	317992	6276116	318001	6276082	BES
55	318717	6275587	318718	6275613	318745	6275582	BEA
56	319283	6275414	319307	6275413	319282	6275391	BES
57	330336	6287810	330336	6287788	330316	6287809	BEMANE
58	329762	6287871	329746	6287870	329760	6287854	BES
59	329181	6287928	329202	6287932	329176	6287906	BES
60	328594	6287870	328617	6287881	328606	6287849	BEMANE
61	328071	6287586	328096	6287584	328063	6287562	BEA
62	327604	6288054	327627	6288046	327613	6288078	BEMANE
63	327097	6288307	327094	6288285	327074	6288307	BEA
64	326215	6288074	326215	6288052	326194	6288078	PMEMA
65	325572	6288287	325562	6288266	325548	6288292	BES
66	325138	6288489	325114	6288490	325140	6288505	BEA
67	324630	6288796	324611	6288804	324616	6288781	BEA
68	323953	6288750	323930	6288757	323938	6288729	BEMANE
69	323697	6288358	323699	6288381	323674	6288362	BEA
70	317067	6277851	317047	6277825	317044	6277868	BED
71	316574	6278249	316559	6278229	316593	6278237	BED
72	316119	6278523	316109	6278505	316096	6278529	BED
73	315599	6278619	315619	6278619	315596	6278596	BES
74	314851	6278871	314825	6278871	314850	6278850	BED
75	314266	6278584	314265	6278557	314241	6278576	BES
76	313939	6278170	313912	6278163	313942	6278146	BED
77	313334	6277526	313335	6277498	313304	6277520	BES
78	312704	6277250	312707	6277226	312675	6277248	BES
79	312016	6277261	311993	6277261	312014	6277233	BED
80	311524	6276946	311497	6276948	311524	6276919	BES
81	311488	6276030	311487	6276056	311516	6276031	BED
82	311183	6275516	311213	6275514	311180	6275487	BED
83	311172	6275014	311195	6275011	311170	6274982	BED
84	311542	6274636	311513	6274636	311545	6274609	BES

85	311719	6274089	311718	6274060	311695	6274086	BES
86	308995	6270955	308980	6270973	308980	6270941	BEA
87	309340	6271686	309322	6271677	309335	6271709	BEMANE
88	308935	6272865	308924	6272887	308918	6272855	BES
89	308281	6273441	308267	6273459	308303	6273447	BED
90	307978	6274004	308001	6273999	307987	6274033	BED
91	307996	6274567	307975	6274581	308017	6274589	BES
92	308460	6274911	308482	6274936	308443	6274924	BED
93	308769	6275419	308789	6275409	308782	6275440	BED
94	309270	6276096	309294	6276100	309258	6276115	BES
95	309911	6276343	309938	6276345	309904	6276371	BES
96	310575	6276150	310607	6276149	310574	6276176	BED

Anexo 26. Cobertura, clasificación y concordancia del segundo muestreo.

Punto de muestreo	LA %	LB%	H%	S%	Descripción	Concordancia
1	12,33	0	0	0	Bosque esclerofilo muy abierto	Sí
2	35,5	7,83	6,67	0	Bosque esclerofilo abierto	Sí
3	100	0	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
4	83,33	0	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
5	40,83	48,67	6,67	0	Matorral esclerofilo	No
6	78,5	0	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
7	86,67	8,3	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
8	70,5	20	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
9	82,67	6,67	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
10	36,67	25	0	0	Bosque esclerofilo abierto	No
11	73,67	20,16	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
12	63,33	31,67	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
13	60	0	16,67	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
14	36,67	25	13,33	0	Bosque esclerofilo abierto	Sí
15	10	8,33	3,33	0	Bosque esclerofilo muy abierto	Sí
16	31,67	10	20	0	Bosque esclerofilo abierto	Sí
17	18,33	20	0	0	Matorral esclerofilo	No
18	48,33	16,67	0	0	Bosque esclerofilo abierto	Sí
19	56,67	18,33	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
20	80	0	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
21	43,67	36,83	0	0	Bosque esclerofilo abierto	Sí
22	78,3	5	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
23	77,5	20,33	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
24	41,33	36,67	0	0	Bosque esclerofilo abierto	No
25	65	6,67	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí

26	45	0	3,33	0	Bosque esclerofilo abierto	Sí
27	33,83	0	0	0	Bosque esclerofilo abierto	Sí
28	68,33	25	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
29	95	0	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
30	85	3,33	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
31	71,67	0	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
32	90	0	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
33	89,5	6,83	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
34	20	80	0	0	Matorral esclerofilo	No
35	10,33	0	0	0	Bosque esclerofilo muy abierto	Sí
36	53,33	0	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
37	36,67	33,33	26,67	0	Bosque esclerofilo abierto	No
38	92	7,5	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
39	30	35	0	0	Matorral esclerofilo	Sí
40	18,33	0	0	0	Bosque esclerofilo muy abierto	Sí
41	43,33	6,67	0	0	Bosque esclerofilo abierto	Sí
42	27,5	0	0	0	Bosque esclerofilo abierto	Sí
43	32,5	0	0	0	Bosque esclerofilo abierto	Sí
44	20	16,67	0	0	Bosque esclerofilo muy abierto	Sí
45	13,33	56,67	0	0	Matorral esclerofilo	Sí
46	43,33	0	6,67	0	Bosque esclerofilo abierto	Sí
47	20	40	0	0	Bosque esclerofilo muy abierto	Sí
48	23,33	20	6,67	0	Bosque esclerofilo muy abierto	Sí
49	21,67	0	3,33	0	Bosque esclerofilo muy abierto	Sí
50	5	27	4,16	0	Matorral esclerofilo	Sí
51	66,67	8,3	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
52	13,33	21,67	0	0	Matorral esclerofilo	Sí
53	78,67	8,5	5	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
54	57,5	30,83	6,67	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
55	38,33	36,67	11,67	0	Bosque esclerofilo abierto	Sí
56	51,67	25	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
57	11,67	0	0	0	Bosque esclerofilo muy abierto	Sí
58	55	15	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
59	3,33	48,67	0	0	Matorral esclerofilo	No
60	9,3	33,67	0	0	Matorral esclerofilo	Sí
61	44,16	7,5	4,16	0	Bosque esclerofilo abierto	Sí
62	23,33	19,16	0	0	Bosque esclerofilo muy abierto	Sí
63	25,83	15,83	0	0	Bosque esclerofilo abierto	Sí
64	1,67	3,33	1,67	0	Pradera o matorral esclerofilo muy abierto	Sí
65	50,67	27,5	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí

66	49,5	5,83	0	0	Bosque esclerofilo abierto	Sí
67	28,33	20	0	0	Bosque esclerofilo abierto	Sí
68	15	15	13,33	0	Bosque esclerofilo muy abierto	Sí
69	31,67	8,3	0	0	Bosque esclerofilo abierto	Sí
70	82,5	7,5	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
71	86,67	10	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
72	76,67	11,67	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
73	51,67	14,16	1,67	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
74	66,67	31,67	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	No
75	38,33	25	5	0	Bosque esclerofilo abierto	No
76	83,33	0	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
77	71,67	15	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
78	61,67	24,16	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
79	85	10	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
80	55	0	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
81	81,67	8,33	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
82	80	3,33	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
83	75,83	10	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
84	66,67	26,67	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
85	56,67	43,33	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
86	0	78,67	0	0	Matorral esclerofilo	No
87	8,33	27,5	27	0	Matorral esclerofilo	Sí
88	51,67	26,67	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
89	96,67	0	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
90	92,67	0	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
91	66	18,33	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
92	86,67	0	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
93	85	0	3,33	0	Bosque esclerofilo denso	Sí
94	56,67	38,33	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
95	67	21,67	0	0	Bosque esclerofilo semidenso	Sí
96	100	0	0	0	Bosque esclerofilo denso	Sí

Anexo 27. Resumen de los registros de incendios en la provincia de Talagante, periodo 1985 – 2012. CONAF 2013.

Comuna	Numero de incendios	Plantaciones forestales				Vegetación natural				Total Forestal	Total otras superficies	Total Superficie afectada
		Pino	Eucalipto	Otras sp.	Total	Arbolado	Matorral	Pastizal	Total			
Talagante	217	0,01	39,19	0,5	39,7	126,71	440,94	789,91	1.357,56	1.397,26	17,15	1.141,41
Peñaflor	246	0	19,33	1,72	21,05	114,46	377,15	759,64	1.251,25	1.272,30	6,1	1.278,40
El Monte	123	1,5	38,15	0,03	39,95	634,68	612,49	830,45	2.077,62	2.117,57	6,2	2.123,77
Isla de Maipo	112	0	21,05	0	21,05	108,7	165,42	254,18	528,30	549,35	0,91	550,26
Padre Hurtado*	41	0	5,1	1	6,1	76,55	134,7	518,38	729,63	735,73	0	735,73

* Registrado a partir del periodo 2003-2004 por un tema de división político-administrativa.