

UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
**ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES**  
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN CAMINO  
SOBRE LAS VARIABLES VEGETACIONALES EN UN  
AMBIENTE ESCLERÓFILO DE CHILE CENTRAL**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Ingeniero Forestal

**GUSTAVO ANDRÉS GIRÓN AVALOS**

Profesor Guía: Ing. Agrónomo, Sr. Luis Faúndez Yancas

SANTIAGO – CHILE

2007

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**  
**ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES**  
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN CAMINO  
SOBRE LAS VARIABLES VEGETACIONALES EN UN  
AMBIENTE ESCLERÓFILO DE CHILE CENTRAL**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Ingeniero Forestal

**GUSTAVO ANDRÉS GIRÓN AVALOS**

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. Luis Faundez	7,0	.....
Prof. Consejero Sr. Jaime Hernández	7,0	.....
Prof. Consejero Sra. María Teresa Serra	7,0	.....

SANTIAGO – CHILE

2007

## **AGRADECIMIENTOS Y SALUDOS**

Agradezco a mi esposa Aretha por su infinito amor, a su lado la vida es muy bella y está llena de energía, gracias por tu ayuda y comprensión. Agradezco a mi hija Luan por haber llegado a mi vida, tus logros son también los míos y este es tuyo también. A las dos les dedico esta memoria.

Quiero agradecer a mis padres, Gustavo y Sonia, por todo el apoyo que me han prestado a lo largo de toda mi vida, este logro se los dedico a ellos y espero que lo disfruten tanto como yo.

Agradezco a mi hermana, Claudia, a mis sobrinos Francisco y Laura y a mi cuñado Alvaro, ustedes son muy importantes en mi vida, y han sido grandes amigos y referentes para mí y mi familia. Y gracias por los sours.

Agradezco a mis profesores consejeros, gracias por el apoyo, en especial a mi profesor guía don Luis "Chino" Faundez, quien junto con ser un gran maestro ha sido un amigo y socio sin igual.

Agradezco a Jaime Illanes y Asociados Consultores S.A. por facilitar los recursos y tiempo para terminar esta memoria. Además agradezco a don Eugenio Guzmán de Colbún S.A. por facilitar el acceso al sitio de estudio. A Claudio Reyes y Pablo Becerra por su ayuda en los análisis estadísticos, geoestadísticos y la literatura facilitada.

Quiero saludar a mis amigos, colegas y sus familias: Jaime López, Jorge Prado, Claudio "Goyo" Reyes, Pato Toledo, Pato Bobadilla, Felipe Toro y la Negra, Bluesman Valenzuela, Gianni Luna, Topo Hurtado, Beto Rozas, Claudia Tobar, Miguel Escobar, Rodolfo Chavez, Familia Manns Borquez y Familia Infante Avalos.

Finalmente me dedico esta memoria a mí, porque al fin la terminé.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1.	El concepto de perturbación	3
2.2.	Respuesta de la flora y vegetación a las perturbaciones	4
2.3.	Efectos de las perturbaciones lineales verificados sobre la flora y vegetación	4
3.	OBJETIVOS	8
3.1	Objetivo general	8
3.1	Objetivos específicos	8
4.	MATERIAL Y MÉTODO	9
4.1	Área de estudio	9
4.1.1	Marco biogeográfico	10
4.1.2	Vegetación del área de estudio	11
4.2	Diseño muestral	12
4.3	Síntesis y procesamiento de la información	14
4.3.1	Análisis de continuidad espacial	15
5.	RESULTADOS	16
5.1.	Componentes de la vegetación en el área de estudio	16
5.1.1	Riqueza de especies	16
5.1.2	Participación	19
5.1.3	Especies con mayor frecuencia y cobertura	20
5.2	Componentes de la vegetación en el gradiente del camino	21
5.2.1	Riqueza total de especies	21
5.2.2	Riqueza de especies según tipo biológico	30
5.2.3	Riqueza de especies según origen biogeográfico	34
5.2.4	Participación de especies según tipo biológico	38
5.2.5	Participación de especies según origen biogeográfico	43
5.3	Distribución de las especies invasoras en el gradiente del camino	45
5.3.1	<i>Anthriscus caucalis</i>	45
5.3.2	<i>Moscharia pinnatifida</i>	47
5.3.3	<i>Vulpia megalura</i>	48
5.4	Comportamiento de las variables vegetacionales por transecto	50
6.	DISCUSIÓN	56
6.1	Componentes de la vegetación en el gradiente	57
6.2	Distribución de las especies	59
6.3	Efecto de la posición del transecto en relación al camino	60
6.4	Diseño muestral	61

7.	CONCLUSIONES	63
8.	BIBLIOGRAFÍA	65

ANEXO 1

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1:	Puntos de muestreo sobre el camino y formaciones vegetacionales representadas en cada uno.	13
Tabla 5.1:	Síntesis de la riqueza florística por transecto. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.	18
Tabla 5.2:	Matriz de correlación para la riqueza de especies según los tipos biológicos. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. (H=Herbáceo; Hel= Helechos, LA = Leñoso alto, LB = Leñoso bajo). Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.	31
Tabla 5.3:	Matriz de correlación para la riqueza de especies según su origen biogeográfico. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.	36
Tabla 5.4:	Matriz de correlación para la participación de especies según los tipos biológicos. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. (H=Herbáceo; Hel= Helechos, LA = Leñoso alto, LB = Leñoso bajo).	39
Tabla 5.5:	Matriz de correlación para la participación de especies según su origen biogeográfico. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1:	Distribución esperada de las especies colonizadoras acuerdo con los antecedentes aportados por Amor y Stevens (1976), Auerbach <i>et al.</i> (1997), Parendes y Jones (2000) y Gelbard y Belnap (2003) en el gradiente del camino.	6
Figura 4.1:	Ubicación del área de estudio. Elaborado a partir de fotografía aérea N°26889 disponible en <a href="http://www.sinia.cl">www.sinia.cl</a> y plano de referencia elaborado a partir de imagen Satelital Landsat de febrero de 1998.	9
Figura 4.2:	Ubicación del área de estudio en el marco biogeográfico regional (elaborado a partir de Gajardo 1994).	11
Figura 4.3:	Puntos de muestro seleccionados sobre el camino en el área de estudio. (Elaborado a partir de fotografía aérea N°26889 disponible en <a href="http://www.sinia.cl">www.sinia.cl</a> ).	13
Figura 5.1:	Representación de los distintos transectos dispuestos en el camino en estudio: a) Transecto 1 al 4 y b) Transecto 3 al 7. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.	50

Figura 5.2: Representación de la riqueza de especies para los distintos transectos dispuestos en el camino en estudio. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.	51
Figura 6.1: Dendrograma calculado a partir del porcentaje de disimilitud, para los transectos en el Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.	60

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1: Distribución de la riqueza de especies en las formaciones vegetales descritas (BEMC: Bosque esclerófilo muy claro; BEPD: Bosque esclerófilo poco denso; M : Matorral muy claro; PF : Plantación frutal)	17
Gráfico 5.2: Distribución de la riqueza de especies en los transectos establecidos en el área de estudio.	18
Gráfico 5.3: Distribución de los tipos biológicos en los transectos establecidos en el área de estudio.	19
Gráfico 5.4: Porcentaje de participación de los tipos biológicos en la cobertura vegetal	20
Gráfico 5.5: Aporte de las especies según origen biogeográfico y tipo biológico en la cobertura vegetal	20
Gráfico 5.6: Nube de dispersión de la riqueza de especies en el gradiente de distancia del camino.	22
Gráfico 5.7: Gráfica de la media y la desviación estándar de la riqueza de especies por tramo del gradiente de distancia del camino.	22
Gráfico 5.8: Modelo polinomial de cuarto orden ajustado a la dispersión de la riqueza de especies en el gradiente de distancia del camino	23
Gráfico 5.9: Gráfica de la dispersión de los residuos del modelo	23
Gráfico 5.10: Dispersión de los datos para la riqueza de especie en la formación del bosque esclerófilo poco denso claro	24
Gráfico 5.11: Con el modelo ajustado, la media y la desviación estándar de la riqueza de especies por tramo del gradiente de distancia del camino para la formación del bosque esclerófilo poco denso	25
Gráfico 5.12: Dispersión de los datos para la riqueza de especie en la formación del bosque esclerófilo muy claro	26
Gráfico 5.13: Con el modelo ajustado, la media y la desviación estándar de la riqueza de especies por tramo del gradiente de distancia del camino para la formación del bosque esclerófilo muy claro	26

Gráfico 5.14: Dispersión de los datos para la riqueza de especie en la formación del matorral muy claro	27
Gráfico 5.15: Dispersión de los datos para la riqueza de especie en la formación del plantación frutal	28
Gráfico 5.16: Con el modelo ajustado, la media y la desviación estándar de la riqueza de especies por tramo del gradiente de distancia del camino para la formación de plantación frutal	28
Gráfico 5.17: Variograma experimental para la riqueza total de especies, para todos los transectos. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002	29
Gráfico 5.18: Variogramas experimentales para la riqueza total de especies por tipo de formación vegetal: a) Bosque esclerófilo poco denso (BEPD), b) bosque esclerófilo muy claro (BEMC), c) matorral (MAT) y d) Plantación frutal (PLANT). Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.	29
Gráfico 5.19: Distribución de la riqueza de especies para los tipos biológicos a lo largo del gradiente del camino. Valores medios de todos los transectos. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.	30
Gráfico 5.20: Distribución de la riqueza de especies según tipos biológicos a lo largo del gradiente del camino. Valores medios para las formaciones de a) bosque esclerófilo poco denso y b) bosque esclerófilo muy claro. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.	32
Gráfico 5.21: Distribución de la riqueza de especies según tipos biológicos a lo largo del gradiente del camino. Valores medios para las formaciones de a) matorral muy claro y b) plantación frutal. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.	33
Gráfico 5.22: Variogramas experimentales para la riqueza de especies según tipos biológicos a lo largo del gradiente del camino. a) Leñoso alto (LA), b) Leñoso bajo (LB), c) Herbáceo (H) y d) Pteridófitas (HEL). Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.	34
Gráfico 5.23: Distribución de la riqueza de especies según su origen biogeográfico a lo largo del gradiente del camino. Valores medios para la todos los transectos. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.	35
Gráfico 5.24: Ajuste de funciones para la distribución de la riqueza de especies a) autóctonas y b) alóctonas. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.	35



- Gráfico 5.25: Distribución de la riqueza de especies según su origen biogeográfico a lo largo del gradiente del camino. Valores medios para las formaciones de a) bosque esclerófilo poco denso b) bosque esclerófilo muy claro, c) matorral muy claro, d) plantación frutal. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. 37
- Gráfico 5.26: Variogramas experimentales de la riqueza de especies según tipos biológicos a lo largo del gradiente del camino. a) Autóctonas y b) Alóctonas. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. 38
- Gráfico 5.27: Distribución de la participación de los tipos biológicos a lo largo del gradiente del camino. Valores medios para la todos los transectos. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. 39
- Gráfico 5.28: Distribución la participación de las especies según los tipos biológicos a lo largo del gradiente del camino. Valores medios para las formaciones de a) bosque esclerófilo poco denso y b) bosque esclerófilo muy claro. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. 41
- Gráfico 5.29: Distribución la participación de las especies según los tipos biológicos a lo largo del gradiente del camino. Valores medios para las formaciones de a) matorral muy claro y b) plantación frutal. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. 42
- Gráfico 5.30: Distribución de la participación de las especies según origen biogeográfico a lo largo del gradiente del camino. Valores medios para la todos los transectos. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. 43
- Gráfico 5.31: Distribución la participación de las especies según los tipos biológicos a lo largo del gradiente del camino. Valores medios para las formaciones de a) bosque esclerófilo poco denso, b) bosque esclerófilo muy claro, c) matorral muy claro y d) plantación frutal. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. 45
- Gráfico 5.32: Distribución de la abundancia de *Anthriscus caucalis* en las formaciones vegetacionales del área de estudio. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. 46
- Gráfico 5.33: Distribución de la abundancia de *Anthriscus caucalis* en las formaciones vegetacionales: a a) bosque esclerófilo poco denso, b) bosque esclerófilo muy claro, c) matorral muy claro y d) plantación frutal. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. 46
- Gráfico 5.34: Distribución de la abundancia de *Moscharia pinnatifida* en las formaciones vegetacionales del área de estudio. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. 47

- Gráfico 5.35: Distribución de la abundancia de *Moscharia pinnatifida* en las formaciones vegetacionales: a a) bosque esclerófilo poco denso, b) bosque esclerófilo muy claro, c) matorral muy claro y d) plantación frutal. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. 48
- Gráfico 5.36: Distribución de la abundancia de *Vulpia megalura* en las formaciones vegetacionales del área de estudio. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. 49
- Gráfico 5.37: Distribución de la abundancia de *Vulpia megalura* en las formaciones vegetacionales: a a) bosque esclerófilo poco denso, b) bosque esclerófilo muy claro, c) matorral muy claro y d) plantación frutal. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. 49
- Gráfico 5.38: Riqueza de especies según origen biogeográfico para el transecto 1 (a) y transecto 2 (c), y riqueza de especies según tipo biológico para el transecto 1 (b) y transecto 2 (d) en el gradiente de distancia arriba y abajo del camino en estudio. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. 52
- Gráfico 5.39: Riqueza de especies según origen biogeográfico para el transecto 3 (a) y transecto 4 (c), y riqueza de especies según tipo biológico para el transecto 3 (b) y transecto 4 (d) en el gradiente de distancia arriba y abajo del camino en estudio. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. 53
- Gráfico 5.40: Riqueza de especies según origen biogeográfico para el transecto 5 (a) y transecto 6 (c), y riqueza de especies según tipo biológico para el transecto 5 (b) y transecto 6 (d) en el gradiente de distancia arriba y abajo del camino en estudio. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. 54
- Gráfico 5.41: Riqueza de especies según a) origen biogeográfico y b) riqueza de especies según tipo biológico para el transecto 7 en el gradiente de distancia arriba y abajo del camino en estudio. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. 55

## INDICE

### RESUMEN SUMMARY

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	REVISIÓN BIBLOGRÁFICA	3
2.1	El concepto de perturbación	3
2.2	Respuesta de la flora y vegetación a las perturbaciones	4
2.3	Efecto de las perturbaciones lineales verificados sobre la flora y vegetación	4
3.	OBJETIVOS	8
3.1	Objetivo general	8
3.2	Objetivos específicos	8
4.	MATERIAL Y MÉTODO	9
4.1	Área de estudio	9
4.1.1	Marco biogeográfico	10
4.1.2	Vegetación del área de estudio	11
4.2	Diseño muestral	12
4.3	Síntesis y procesamiento de la información	14
4.3.1	Análisis de continuidad espacial	15
5.	RESULTADOS	16
5.1	Componentes de la vegetación del área de estudio	16
5.1.1	Riqueza de especies	16
5.1.2	Participación	19
5.1.3	Especies con mayor frecuencia y cobertura	20
5.2	Componentes de la vegetación en el gradiente del camino	21
5.2.1	Riqueza total de especies	21
5.2.2	Riqueza de especies según tipo biológico	30
5.2.3	Riqueza de especies según origen biogeográfico	34
5.2.4	Participación de especies según tipo biológico	38
5.2.5	Participación de especies según origen biogeográfico	43
5.3	Distribución de las especies invasoras en el gradiente del camino	45
5.3.1	<i>Anthriscus caucalis</i>	45
5.3.2	<i>Moscharia pinnatifida</i>	47
5.3.3	<i>Vulpia megalura</i>	48
5.4	Comportamiento de las variables vegetacionales por transecto	50

6.	DISCUSIÓN	56
6.1	Componentes de la vegetación en el gradiente	57
6.2	Distribución de las especies	59
6.3	Efecto de la composición del transecto en relación al camino	60
6.4	Diseño muestral	61
7.	CONCLUSIONES	63
8.	BIBLIOGRAFÍA	65

ANEXO 1

## RESUMEN

La presente memoria se realizó en un ambiente esclerófilo con una presencia antrópica de data histórica de la zona central de Chile, en específico en el Fundo Aparición de Paine, en la comuna de Paine, provincia de Cordillera, Región Metropolitana. El estudio apuntó a generar información respecto de la respuesta de las formaciones vegetacionales que se desarrollan bajo un sistema de perturbaciones antrópicas recurrentes, al momento de ser afectadas por un camino.

El objetivo de la memoria es determinar el efecto que la construcción de un camino tiene sobre la composición de la vegetación y la riqueza de especies insertas en un paisaje heterogéneo y bajo constantes perturbaciones antrópicas. Para esto se evaluó la composición y participación de las especies mediante una modificación al método de point quadrat, en transectos de 100 m de longitud perpendiculares al camino, sobre y bajo este. La información se analizó mediante técnicas estadísticas tradicionales y de geoestadísticas, concentrándose en las variables: comportamiento de la riqueza de especies, riqueza de especies según tipo biológico y origen biogeográfico, además de la participación de especies según tipo biológico y origen biogeográfico en el gradiente del camino en su conjunto y para cada formación vegetal identificada en el área. Por otro lado, se analizó la distribución de las especies de tipo invasoras en el gradiente del camino y el comportamiento de las variables vegetacionales en cada uno de los transectos por separado.

En el ambiente estudiado se observó que el camino genera un efecto sobre los componentes de la vegetación riqueza y participación de especies, produciendo un aumento de estas variables en una distancia comprendida entre los 0 y 25 m, lo cual guarda relación con el tipo de formación vegetal afectada por el camino. Más allá de esta distancia, el desarrollo las variables analizadas responderían principalmente a los rasgos internos de cada una de las formaciones vegetacionales, en términos de los factores que han modelado su estructura y a la interacción entre las especies presentes.

Por su parte, la distribución interna de la riqueza y participación de especies según tipo biológico y origen biogeográfico, responde ría principalmente a la interacción entre los tipo biológicos, lo cual que en la práctica pueden generar condiciones ambientales particulares para el establecimiento y desarrollo de las especies presentes. Finalmente, y de acuerdo con lo observado para el comportamiento de las especies invasoras en el ambiente de estudio, el camino no genera patrones significativos de distribución de este tipo de especies, sino que más bien su distribución respondería a los factores que actúan al nivel espacial que involucra a toda la formación vegetal.

**Palabra claves:** efecto de un camino, riqueza y participación de especies, especies invasoras.

## SUMMARY

The present memory was made in an esclerphic ambient with a historical anthropic presenc of the central Chile, in specific in Fundo Aparición de Paine, in the commune of Paine, Cordillera province, Metropolitan Region. The study aimed to generate information respect to the vegetacionales answer of the formation which they are developed under a system of recurrent anthropic disturbances, at the time of being affected by a road.

The objective of the memory is to determine the effect that the construction of a road has on the composition of the vegetation and the wealth of inserted species in a heterogenous landscape under continous anthropic disturbances. The composition and participation of the species was evaluated by means of a modification to the method of point quadrat, in 100 m lines perpendicular over and down to the road. The information was analyzed by means of traditional statistical and geoestadistics techniques, concentrating itself in the variables: species richness, species richness according to biological type and biogeographic origin, in addition to the participation of species according to biological type and biogeographic origin in the gradient of the road as a whole and for each identified vegetacional formation in the area. On the other hand, the distribution of the invading species in the gradient of the road was analyzed, and the behavior of the vegetational variables in each one of the transectos was analyzed separately.

In the studied area, an effect on the components of the vegetation species richness and participation of species was observed, producing an increase of these variables in a distance between the 0 and 25 m from its edge, depending to the type from vegetal formation affected. Beyond this distance, the development the analyzed variables would respond mainly to the internal characteristics of each one of the formation, in terms of the factors that have modeled their structure and to the interaction between the present species.

On the other hand, the internal distribution of the species richness and participation of species according to biological type and biogeographic origin, respond laughs mainly to the interaction between the type biological, which that actually can generate particular environmental conditions for the establishment and development of the present species. Finally, and in agreement with the observed thing for the behavior of the invading species in the study ambient, the road does not generate patterns significant of distribution of this type of species, but that rather its distribution would respond to the factors that act at the spacial level that involves all the vegetacional formation.

**Key word:** road effect way, species richness, participation of species, invading species.

## 1. INTRODUCCIÓN

La actividad antrópica sobre el paisaje se expresa típicamente como un complejo gradiente de componentes ecológicos alterados y cambios en la dinámica natural de perturbación y los patrones de sucesión (Dale *et al.* 2002), producto de esto es que se observa que las formaciones naturales extensas son escasas en el paisaje habitual donde se inserta la actividad humana. Paisaje heterogéneos y fragmentados responden a rasgos comúnmente observados en gran parte del territorio de Chile Central, donde es posible observar un mosaico de situaciones vegetacionales con distinto grado de alteración y presión antrópica.

Los caminos constituyen un elemento habitual de la actividad humana en el ambiente, los cuales, desde la perspectiva de desarrollo humano, brindan importantes beneficios económicos a nivel nacional, regional y local (Gucinski *et al.* 2000). A nivel nacional la inversión en caminos debidamente planificados puede incrementar el volumen total de comercio al reducir los costos de exportación e importación, aumentar la comunicación y disminuir el aislamiento. En el ámbito regional, el transporte eficiente permite que las cualidades complementarias de las distintas regiones sean explotadas en su totalidad, generando desarrollo económico y social en ambos extremos del camino. A nivel local, los caminos reducen el costo del transporte de las mercaderías y las personas de un lugar a otro, bajando los costos de lo transportado y facilitando el acceso a los servicios sociales (Reid y Landivar 1997).

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).

Dentro de los efectos antes citados, la dispersión de especies exóticas o advenas toma importancia al momento de predecir los impactos que los caminos podrían generar en el largo plazo en las comunidades biológicas locales. La introducción de especies advenas altera procesos biológicos y ecosistémicos esenciales como la sucesión natural (McNab y Meeker. 1987, Woods 1993), ciclo de nutrientes (Wicklow-Howard, 1994; Kourtev *et al.* 1998.), tasas de crecimiento (Randall y Rejmanek. 1993), tasas de erosión (Lacey *et al.* 1989), regímenes de perturbación (Billings 1994; Monsen 1994) y la composición y dinámica de la comunidad local (Porter y Savignano 1990; Woods 1993, Wicklow-Howard, 1994; Allen *et al.* 1995; Human y Gordon 1997). La invasión de los hábitat por especies advenas es un fenómeno global con serias consecuencias en lo ecológico, económico y social (Vitousek *et al.* 1996; Dukes y Mooney 1999; Pimental *et al.* 2000).

De acuerdo con Lonsdale (1999), y desde la perspectiva de la ecología vegetal, la invasión de un área por nuevas especies radica principalmente en tres factores: número de propágulos que entran en esta área (presión de dispersión), las características de la nueva especie y la susceptibilidad del ambiente a la entrada de nuevas especies (invasibilidad). Respecto de la construcción misma de un camino y su efecto sobre la flora y vegetación, esta promueve la entrada de especies exóticas al ambiente local producto básicamente de las alteraciones producidas sobre el hábitat, estrés sobre las especies

residentes y el establecimiento de corredores (Trombulak y Frissell 2000). Al parecer, la invasión por especies advenas estaría en gran parte explicado por las características del hábitat, en específico la disponibilidad de luz (Amor y Stevens 1976; Parendes y Jones 2000), los mecanismos específicos de dispersión de las plantas (Parendes y Jones 2000), y la historia de perturbación de un área (Amor y Stevens 1976; Forman y Alexander 1998; Parendes y Jones 2000). Los antecedentes anteriores hacen pensar que si se maneja alguna, parte o todas las variables que determinan la invasión de especies, se podría eventualmente disminuir la tasa de colonización de especies advenas. Al respecto, Cadenasso y Pickett (2001) demostraron la importancia de los bordes de la vegetación en su rol de barreras físicas para el flujo de especies invasoras, concluyendo que, al manejar la estructura de la vegetación, sumado a una activa remoción de las especies autóctonas establecidas en los bordes, se puede prevenir la dispersión de muchas especies invasoras dentro de los parches de bosques.

En lo referente al patrón de comportamiento general de los sistemas vegetacionales ante la construcción y mantenimiento de un camino, muchas de las investigaciones desarrolladas hasta la fecha presentan el supuesto implícito de homogeneidad interna y estabilidad sucesional de las formaciones vegetales estudiadas (Amor y Stevens 1976, Auebach et al 1997, Parendes y Jones 2000, Cadenasso y Pickett 2001, Gelbard y Belnap 2003, Hill y Pickering 2006, Pauchard y Alaback 2006), lo que se refleja en que presentan estructuras desarrolladas para las condiciones donde se inserta el estudio, y que dichas formaciones en su mayoría no han estado afectas a una historia cercana y recurrente de perturbaciones. Sin embargo, durante los últimos años se han desarrollado investigaciones en condiciones vegetacionales con diferente grado de perturbación antrópica, lo cual ha aportado antecedentes respecto del rol de los elementos del entorno que determinan el comportamiento de los componentes de la vegetación (Sauders et al. 2002, Godefroid y Koedam 2004, Pauchard y Alaback 2004, Hill y Pickering 2006, Pauchard y Alaback 2006).



1. INTRODUCCIÓN..... 1

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. El concepto de perturbación**

En un plano teórico, la acción que sobre la biota tiene la construcción de un camino puede ser asimilada a una perturbación (del inglés “disturbance”, traducción según Donoso 1993), ya que ésta es entendida como “cualquier evento relativamente discreto en el tiempo que interrumpe la estructura del ecosistema, comunidad o población y cambia los recursos, disponibilidad de sustrato, o el ambiente físico” (White y Pickett 1985). Dependiendo de la naturaleza del evento que da origen a la alteración, esta puede ser considerada natural, si el origen del evento que afecta al medio es propio de la dinámica natural del sistema, o antrópica, en la cual se establece al ser humano como origen y motor del evento que altera al ambiente.

Lo anterior proporciona un nuevo marco teórico para el análisis y la predicción de los efectos que los caminos pueden generar sobre la flora y vegetación, ya que al entender las alteraciones producidas por la construcción de un camino como un evento que relaciona la evolución de los ecosistemas, comunidades o poblaciones, los mecanismos de respuesta de la biota se podrían homologar a los eventos catastróficos naturales a los cuales está sometido cualquier sistema natural, y observar e hipotetizar a través de la teoría de sucesión ecológica (Clements 1916).

Los conceptos más importantes asociados con la perturbación se encuentran contenidos en la definición presentada por White y Pickett (1985), sin embargo existen otras aristas que es necesario abordar para ahondar en su comprensión y predecir su rol en una variedad de situaciones. Primero, las perturbaciones se producen de una manera fragmentada o generando parches (White y Pickett 1985), esto crea interrupciones discretas en un continuo, lo que llevado al caso de la vegetación puede reflejarse en la apertura de algún estrato vegetal. Las características de los parches generados están dadas por su tamaño, forma, dispersión y heterogeneidad interna (Collins *et al.* 1985; Denslow 1985), estos rasgos permiten establecer comparaciones entre perturbaciones. La naturaleza de estos parches puede afectar la disponibilidad de recursos en el sitio perturbado, la supervivencia de los organismos residuales en el parche y la tasa de invasión y establecimiento de nuevos organismos (White y Pickett 1985). No todas las perturbaciones crean parches discretos, algunas pueden ser más profundas e intensas, sin embargo analizándolas en la escala adecuada su alteración puede ser identificada de la matriz. Por ejemplo, las sequías resultan ser una perturbación con límites difusos e incluso no identificables en la escala adecuada de tiempo y espacio.

Otra característica importante de las perturbaciones es que se distribuyen en el tiempo (White y Pickett 1985), la frecuencia de la perturbación en un punto está referida a las veces con la que dicho punto está sujeto a la alteración, la frecuencia de la perturbación puede explicar la distribución y composición de especies en un punto (Grime 1977). De este modo, la frecuencia puede ser medida como eventos por unidad de tiempo (años), en tanto que el inverso (intervalo de recurrencia) correspondería a los años para que se verifique una perturbación (White y Pickett 1985). Distinguiendo las diferencias entre estos dos conceptos se puede reconocer la existencia de un espectro de tipos de parches en el paisaje (Forman y Godron 1986), así a un lado se puede tener parches pequeños y con una alta frecuencia de perturbación, en tanto que en el otro extremo se puede tener grandes parches raramente perturbados (White y Pickett 1985).

## **2.2. Respuesta de la flora y vegetación a las perturbaciones**

Es de esperar que en cualquier relevo o sustitución entre especies a lo largo de la sucesión, la especie que sigue en una etapa de mayor madurez sea de una tasa de renovación más baja que la sustituida, expresado en relación a la longevidad y producción de descendencia (Margalef 1985). Es así que, en una comunidad que dominan elementos con una estrategia de tipo *K* por sobre aquellos de tipo *r*, se debería estar en presencia de estados avanzados de una sucesión, y del modo inverso, en comunidades recientemente alteradas se debería constatar la dominancia de especies pioneras, rústicas y con mecanismos más agresivos en la ocupación del espacio. Al respecto Auerbach *et al.* (1997) señala que las especies más comunes en ambientes alterados por el ser humano resultan ser aquellas que bajo condiciones naturales se desarrollan en sectores como laderas erosionadas, rodados y riveras.

Teniendo presente que la construcción de un camino constituyen una perturbación puntual en el tiempo y el espacio sobre la biota de un lugar, se puede esperar que su efecto sea convertir la perturbación en un evento promotor para que la ocupación del sitio perturbado sea dominado por especies con mejores características de invasibilidad (Longsdale 1999). De este modo, se estaría modificando la estructura de la vegetación a nivel local, y eventualmente la composición florística, si las especies que se establecen en los sitios perturbados fueran advenas a la biota alterada.

Por otro lado, la diversidad local de especies puede ser incrementada o disminuida por el régimen de perturbaciones que afecta a dicho sitio (Denslow 1985). Interacciones entre la tasa de perturbación, disponibilidad de recursos, dispersión de propágulos, establecimiento y extinciones locales afectan los procesos que ocurren en parches individuales y la coexistencia de especies en el paisaje (Denslow 1985).

De acuerdo con Denslow (1980), el desarrollo de la diversidad de especies en un parche durante una sucesión, siguiendo perturbaciones de larga escala, dependen probablemente de la distribución y de la historia de la frecuencia e intensidad de las perturbaciones en el ecosistema.

## **2.3. Efectos de las perturbaciones lineales verificados sobre la flora y vegetación**

Efectivamente 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). Esto valida el enfoque que desde la teoría de sucesión se pueda aplicar para abordar la problemática de los caminos y su efecto sobre la vegetación.

Respecto del efecto sobre la composición de la vegetación, las investigaciones realizadas en relación al efecto de los caminos sobre la flora y vegetación, coinciden en la generación de un área en torno al camino de mayor concentración de especies advenas (Amor y Stevens 1976, Parendes y Jones 2000, Cadenasso y Pickett 2001, Gelbard y Belnap 2003). Por su parte, Gelbard y Belnap (2003) identifican claramente un área de 50 m a partir del camino, como área de efectos significativos en la riqueza de especies exóticas y nativas, para cuatro tipos de caminos adyacentes a pastizales, matorrales y bosques semiáridos al sur de Utah en Estados Unidos.

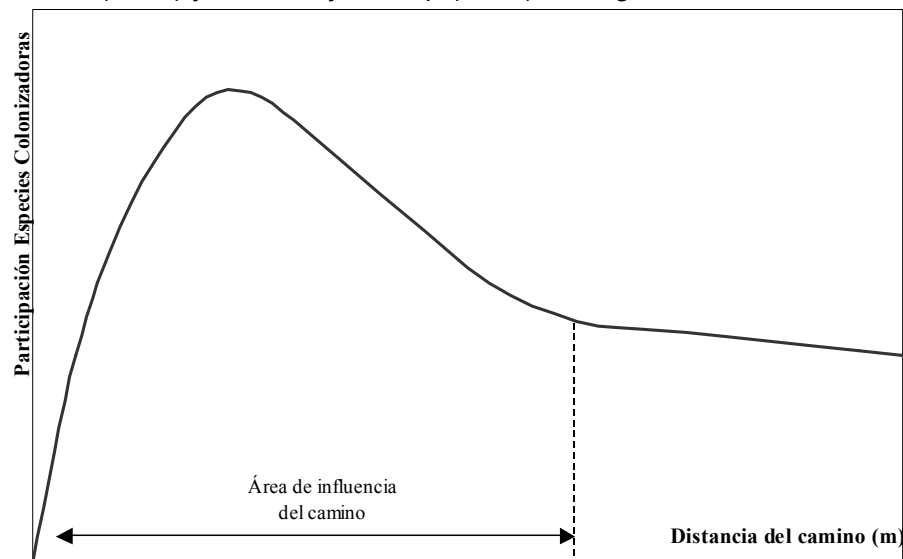
Los antecedentes disponibles han encontrado un patrón general de comportamiento, lo cual hace pensar en que el efecto del camino sobre la cobertura y riqueza de las especies está asociada con la construcción del camino, su mantenimiento y el tráfico más que con las características de los sitios (Gelbard y Belnap 2003). De acuerdo con esto, es de esperar que en comunidades vegetales adyacentes a caminos con una mayor dinámica de circulación y mantenimiento estén más sensibles a la invasión de especies advenas que aquellos menos utilizados (Parendes y Jones 2000, Gelbard y Belnap 2003).

Sin perjuicio de lo anterior, para el caso del bosque tropical, Siegenthaler *et al.* (2000) identifican un área variable donde se verifica un aumento sustantivo del número de especies explicado por la intensidad de la perturbación lineal (caminos o franja de seguridad de línea de transmisión) y de la estructura inicial, y en específico de la participación de elementos arbóreos, de la formación impactada.

Auerbach *et al.* (1997), al comparar la respuesta de distintas formas de vida frente al impacto producido por un camino en la tundra ártica, constató una importante concentración de *Eriophorum vaginatum*, una especie gramínea conocida por su éxito en colonizar sitios perturbados, en torno al área del camino. Por su parte Amor y Stevens (1976) constaron que *Hypochaeris radicata*, especie herbácea perenne, fue la más abundante en el borde del camino para tres formaciones boscosas esclerófilas en Australia.

Considerando los antecedentes expuestos, debería esperarse una mayor concentración de las especies colonizadoras en torno al camino que hacia el interior de la formación vegetal adyacente. La Figura 2.1, esquematiza la respuesta esperada respecto de la participación de las especies colonizadoras en torno al camino sintetizando en un modelo teórico los resultados presentados por los diferentes autores citados.

**Figura 2.1:** Distribución esperada de las especies colonizadoras de acuerdo con los antecedentes aportados por Amor y Stevens (1976), Auerbach *et al.* (1997), Parendes y Jones (2000) y Gelbard y Belnap (2003) en el gradiente del camino.



Considerando que la diversidad está definida tradicionalmente por dos componentes: riqueza y participación (Richerson y Lum 1980, Margalef 1985, Mourelle y Ezcurra 1997), la respuesta de las especies advenas está referido básicamente a la segunda de las componentes.

Al respecto Auerbach *et al.* (1997) al analizar la respuesta del primer componente de la diversidad, constató una menor riqueza de especies en torno al camino, en su estudio de la respuesta de las propiedades de la vegetación en la tundra ártica. Considerando lo observado por Siegenthaler *et al.* (2000), esta respuesta puede guardar relación con las características de la formación impactada y su respuesta a las perturbaciones más que con un efecto particular del camino.

En términos genéricos, y considerando que se ha hipotetizado respecto la relación entre la riqueza de especies en la comunidad y las perturbaciones, estableciendo que la riqueza será mayor a niveles intermedios de perturbación y menor en condiciones de alta y baja perturbación (Connell 1978, Lubchenco 1978), es que la respuesta observada por Auerbach *et al.* (1997) puede no ser un patrón absoluto para todos los casos.

Gelbard y Belnap (2003), al comparar cuatro tipos de caminos diferenciados por su nivel de mantenimiento, lo cual puede ser asociado al nivel de perturbación, constataron una mayor riqueza de especies en torno al camino en aquellos con mayor circulación y mantención (pavimentados y con carpeta de ripio) que en los menos transitados (huellas para vehículos 4x4). Del mismo modo, al comparar esta riqueza con la del interior de las formaciones adyacentes al camino, observaron que la diversidad (riqueza y participación) de las especies exóticas era mayor para las formaciones adyacentes a los caminos con mayor mantenimiento, en tanto que para los caminos con menor mantención las formaciones adyacentes registraban una mayor diversidad de especies autóctonas.

Lo anterior sugiere que el efecto del mantenimiento es distinto para los bordes del camino que para el interior de la formación adyacente. La mantención de los caminos produce un aumento de la riqueza de especies (autótonas y exóticas) en torno a él, en tanto que en el interior de las comunidades adyacentes se debería observar una aumento en la diversidad de los elementos exóticos en desmedro de las especies autótonas en las situaciones de mayor mantención (Gelbard y Belnap 2003). Así se verifica que los caminos generan un cambio en la estructura, en específico de la participación de los elementos de la vegetación, en la formación impactada en torno a él.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. El concepto de perturbación.....	3
2.2. Respuesta de la flora y vegetación a las perturbaciones .....	4
2.3. Efectos de las perturbaciones lineales verificados sobre la flora y vegetación .....	4

Figura 2.1: Distribución esperada de las especies colonizadoras acuerdo con los antecedentes aportados por Amor y Stevens (1976), Auerbach *et al.* (1997), Parendes y Jones (2000) y Gelbard y Belnap (2003) en el gradiente del camino.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

El objetivo de la presente memoria de título es determinar el efecto que la construcción de un camino tiene sobre la composición de la vegetación y la riqueza de especies insertas en un paisaje heterogéneo y bajo constantes perturbaciones antrópicas.

#### **3.1 Objetivos específicos**

Se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar los patrones de la vegetación en término de su composición y riqueza de especies, en un gradiente de distancia desde un camino inserto en un sistema de perturbaciones recurrentes.
- Verificar el efecto sobre la estructura de la vegetación producto del establecimiento de un camino sobre un sistema de perturbaciones recurrentes.
- Verificar el efecto en la distribución de las especies como resultado del establecimiento de un camino en un sistema de perturbaciones recurrentes.



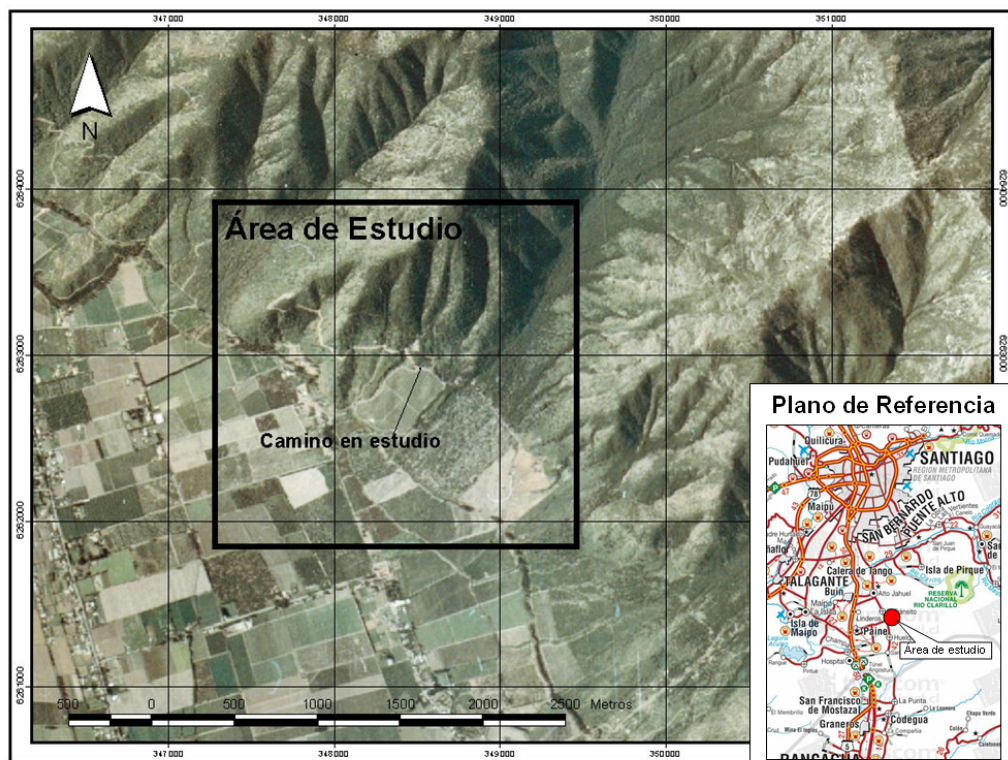
3. OBJETIVOS ..... 8  
3.1 Objetivo general ..... 8  
3.1 Objetivos específicos ..... 8

## 4. MATERIAL Y MÉTODO

### 4.1 Área de estudio

El área de estudio corresponde a un camino de 2.746 metros de largo ubicado al interior del fundo Aparición de Paine, en la comuna de Paine, provincia del Maipo, Región Metropolitana (Coordenadas UTM de referencia 6.263.023 N – 348.340 E, PSAD 56). Este camino fue construido en el año 1997 para dar acceso a la Línea de Transmisión Eléctrica “Colbún – Maipo 2x220 kV” propiedad de Colbún S.A. De acuerdo con la clasificación funcional establecida en el Manual de Carreteras (Ministerio de Obras Públicas, 2001), este camino correspondería a un “Camino de desarrollo”, el que se define como una vía de bajo estándar a través de la cual pueden circular peatones y todo tipo de vehículos. En cuanto a sus características cabe señalar que se desarrolla en una carpeta de material granular de un ancho mínimo de 3 m, cuya plataforma en la zona de cortes alcanza 4 m de ancho (incluidas cunetas) y 5 m en terraplén. El espesor del material granular es del orden de 0,20 a 0,25 m, con un tamaño máximo absoluto del árido de 3 m. En esta tipología se establece que la apertura de la faja que acogerá el camino se realizará en un ancho de 20 metros, respetando en los 5 metros extremos los árboles sanos y de mayor belleza, para lo cual se realizará un raleo selectivo (Ministerio de Obras Públicas, 2001). La Figura 4.1 presenta la ubicación general del sector en estudio.

**Figura 4.1:** Ubicación del área de estudio. Elaborado a partir de fotografía aérea N°26889 disponible en [www.sinia.cl](http://www.sinia.cl) y plano de referencia elaborado a partir de imagen Satelital Landsat de febrero de 1998. Coordenadas UTM PSAD-56.



Al momento de la evaluación, el camino en estudio había sido conservado para realizar las labores de mantenimiento de la línea, y como parte de la red de tránsito interna del

fundo. Los vehículos que habitualmente circulan por él son camionetas, vehículos 4x4 y tractores con colosos. Entre su construcción y la fecha de evaluación, se han registrado dos intervenciones sobre la vegetación establecida en el borde correspondiente a un control de malezas ante posibles incendios forestales, en dicho control se aplicó herbicidas en un ancho de cinco metros desde el borde del camino. Junto con lo anterior, durante el desarrollo de las actividades de terreno de la presente memoria, se constató la ejecución de actividades puntuales de control mecánico de los ejemplares herbáceos que se habían establecido en sus costados, en la misma franja de cinco metros antes señalada.

Respecto de la línea de base para la flora y vegetación del área, antes de la construcción del camino, los antecedentes disponibles se refieren al estudio de impacto ambiental (EIA) del proyecto, el cual presenta una caracterización general de todo el trazado de la línea de transmisión la que comprende una extensión total de 253 kms (Colbún, 1996). El nivel de detalle de esta información para el área de estudio es insuficiente e inapropiado para establecer su línea de base. En el citado estudio, no aparece una caracterización específica para el fundo, sino que este sector se incluye dentro del último tramo del proyecto.

#### **4.1.1 Marco biogeográfico**

A nivel continental, el área de estudio se inserta en el Reino Neotropical, Dominio Andino-Patagónico, Provincia Chilena Central (Cabrera y Willink, 1973). Esta provincia se extiende entre los 32° y los 38° latitud sur, se caracteriza por una marcada aridez, principalmente estival, con lluvias de monto variable especialmente año a año, concentradas en el período invernal.

La vegetación se caracteriza por la alta similitud de sus componentes con los paisajes vegetales europeos mediterráneos, es decir, arbustos de tipo espinoso o de hoja coriácea, especialmente adaptados para soportar situaciones de restricción hídrica y elevada radiación. Respecto del paisaje vegetal característico, éste corresponde a matorrales y pequeños bosques de escasa altura. En las laderas de los cerros es frecuente encontrar bosques esclerófilos de *Peumus boldus* (boldo), *Cryptocarya alba* (peumo), *Crinodendron patagua* (patagua), etc., en tanto que en los sectores llanos se desarrollan estepas de *Acacia caven* (espino), *Retanilla trinervis* (tevo) y *Schinus polygamus* (huingán), entre otros (Cabrera y Willink, 1973).

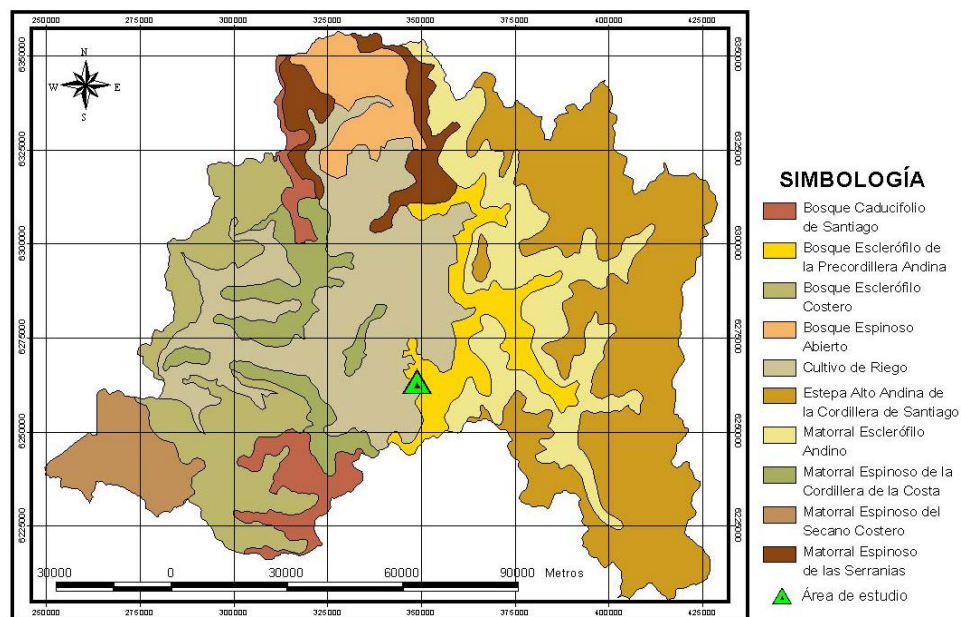
En una escala regional, el área de estudio se inserta en la Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo, específicamente en la subregión del Bosque Esclerófilo, en una zona de transición entre la formación definida como cultivos de riego y el Bosque Esclerófilo de la Precordillera Andina (Gajardo, 1994). La primera formación presenta rasgos de alta artificialización, dado que es el producto de la acción antrópica sobre los sectores planos, históricamente más propicios para la ocupación humana.

La formación del Bosque Esclerófilo de la Precordillera Andina, establece su límite en las altas pendientes de las laderas bajas y medias de la Cordillera de los Andes, lo que provoca una estratificación altitudinal súbita, lo que sumado a la aridez que se registra en el período estival y el frío del período invernal constituyen los factores reguladores de su fisionomía, generando que el patrón de distribución de las comunidades vegetales sea producto principalmente a la variación en altitud y exposición a la radiación solar, y en menor grado al relieve. La vegetación corresponde a un bosque esclerófilo que a menudo

se encuentra muy intervenido, con matorral en las laderas de exposición norte. A lo largo de toda su distribución, destacan nueve asociaciones vegetales: *Quillaja saponaria* – *Lithrea caustica* (Quillay – Litre), *Quillaja saponaria* – *Colliguaya odorifera* (Quillay – Colliguay), *Cryptocarya alba* – *Quillaja saponaria* (Peumo – Quillay), *Cryptocarya alba* – *Lithrea caustica* (Peumo – Litre), *Puya violacea* – *Colliguaya odorifera* (Chagualito – Colliguay), *Acacia caven* – *Lithrea caustica* (Espino – Litre), *Persea lingue* – *Luma chequen* (Lingue – Chequén), *Puya berteroniana* – *Adesmia confusa* (Chagual – Palhüen) y *Chusquea cumingii* (Quila) (Gajardo, 1994).

La Figura 4.2 presenta la ubicación del área de estudio en el contexto biogeográfico regional.

**Figura 4.2:** Ubicación del área de estudio en el marco biogeográfico regional (elaborado a partir de Gajardo 1994). Coordenadas UTM PSAD-56.



#### 4.1.2 Vegetación del área de estudio

La vegetación del área de estudio se evaluó definiendo unidades homogéneas en función de las características estructurales y las especies dominantes presentes en ellas. La delimitación de dichas unidades se efectuó *a priori*, mediante la fotointerpretación de unidades homogéneas en cuanto a textura y color, en la fotografía aérea N°26889, las cuales se verificaron en terreno, de acuerdo con la metodología de la "Carta de Ocupación de Tierras" (COT), desarrollada por la escuela fitoecológica Louis Emberger (CEPE/CNRS<sup>1</sup>), Montpellier, Francia, y adaptada para las condiciones ecológicas de Chile por Etienne y Contreras (1981), y Etienne y Prado (1982).

De acuerdo con lo anterior, el área responde cabalmente a la definición de Gajardo (1994), así se observa que los sectores planos están dominados por la actividad agrícola,

1 Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques Louis Emberger/Centre National de la Recherche Scientifique., FRANCE

en tanto que la vegetación esclerófila ha sido remitida a los sectores que presentan mayores pendientes.

En el área de estudio se desarrollan cuatro formaciones vegetacionales dominantes, tres de ellas corresponden a distintos estados sucesionales del bosque esclerófilo, y una a un ambiente antrópicamente modificado.

La primera de las tres formaciones vegetacionales esclerófilas corresponde a un bosque esclerófilo poco denso (50 a 75% de cobertura) con una altura promedio de 6 metros, dominado por *Cryptocarya alba* (peumo), *Peumus boldus* (boldo) y *Lithrea caustica* (litre), en ella destaca el hecho que las estratas inferiores son muy escasas (1 a 5%) o casi nulas, registrándose ejemplares aislados de *Anthriscus caucalis* (anicillo) y *Moscharia pinnatifida* (almizcle).

La segunda formación vegetal, corresponde a un bosque esclerófilo muy claro (15 a 25%) de altura media de 4 metros, acompañado de una estrata arbustiva clara (25 a 50%) de altura media de 1,5 metros y una estrata herbácea muy clara (15 a 25%), dominada por *Lithrea caustica* (litre), *Eupatorium salvia* (pega pega), *Anthriscus caucalis* (anicillo) y *Vulpia megalura* (pasto delgado).

La tercera formación corresponde a un matorral muy claro (15 a 25%) de altura media 1,5 metros acompañado por una estrata herbácea densa (75 a 90%), dominada por *Acacia caven* (espino), *Rubus ulmifolius* (zarzamora), *Bromus berterianus* (pasto largo) y *Helenium aromaticum* (poquil).

La cuarta formación corresponde a una plantación de *Prunus dulcis* (almendro) con un manejo intensivo tanto en el control de competencia (herbáceas y plagas) como en la entrega de recursos (riego y fertilización).

## 4.2 Diseño muestral

Para la toma de información en terreno, se dispuso una red sistemática de puntos distanciados cada 250 metros sobre el camino, de éstos se seleccionó de manera dirigida el 70% de ellos, considerando como criterios de selección: que todas las formaciones vegetales estén representadas y que cuenten con las condiciones topográficas apropiadas para permitir el acceso a evaluar la vegetación en el entorno. La red sistemática de puntos fue dibujada sobre la fotografía aérea N° 26889 georreferenciada, disponible sin georreferenciación en el sitio del Sistema Nacional de Información Ambiental<sup>2</sup>.

A partir de cada uno de los puntos seleccionados, se proyectaron transectos de 100 metros de longitud perpendiculares a ambos lados del camino, en los cuales se midió la participación de las especies mediante el método de “transecto lineal e intercepción de punto” (Bonham 1989) con una distancia de medición de un metro entre puntos. Con este diseño de muestreo se obtiene un total de catorce transectos para el análisis a partir de los siete puntos establecidos sobre el camino.

---

<sup>2</sup> [www.sinia.cl](http://www.sinia.cl)



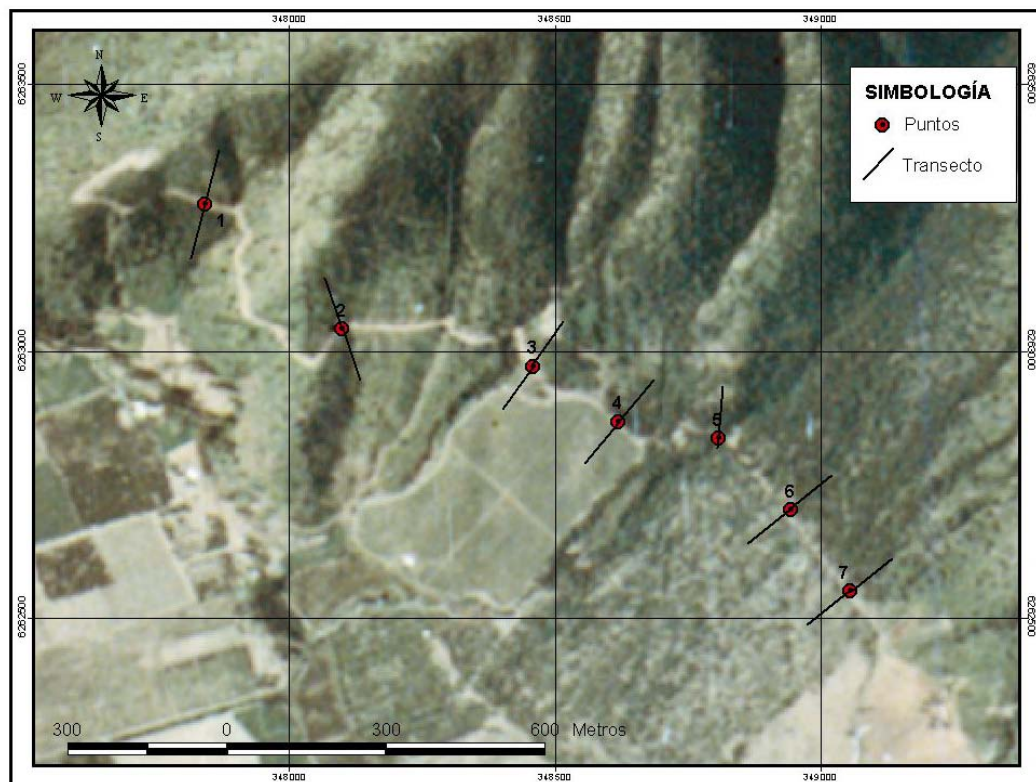
De este modo se levantaron siete puntos, con dos transectos de 100 metros de longitud cada uno a cada lado del camino, lo cual da un total de 14 transectos evaluados. En el caso del transecto 5, que representa la situación de bosque esclerófilo poco denso, bajo el camino sólo se levantó información para los primeros 20 metros, ya que después de esto las condiciones de la topografía local no permitían la colecta de información.

La Tabla 4.1 presentan las coordenadas de los puntos y las formaciones vegetacionales representadas, la Figura 4.3 presenta la ubicación de los puntos seleccionados y la proyección de los transectos.

**Tabla 4.1:** Puntos de muestreo sobre el camino y formaciones vegetacionales representadas en cada uno. Coordenadas UTM PSAD-56.

Punto de muestreo	UTM E (X)	UTM N (Y)	Tipología vegetal representada	
			Sobre el camino	Bajo el camino
1	347.840	6.263.274	Bosque esclerófilo muy claro	Bosque esclerófilo muy claro
2	348.098	6.263.041	Bosque esclerófilo muy claro	Bosque esclerófilo muy claro
3	348.457	6.262.970	Matorral muy claro	Plantación frutal
4	348.614	6.262.870	Bosque esclerófilo poco denso	Plantación frutal
5	348.805	6.262.830	Bosque esclerófilo poco denso	Bosque esclerófilo poco denso
6	348.945	6.262.710	Bosque esclerófilo poco denso	Plantación frutal
7	349.055	6.262.560	Bosque esclerófilo poco denso	Plantación frutal

**Figura 4.3:** Puntos de muestreo seleccionados sobre el camino en el área de estudio. (Elaborado a partir de fotografía aérea N°26889 disponible en [www.sinia.cl](http://www.sinia.cl)). Coordenadas UTM PSAD-56.



Los transectos fueron agrupados por formaciones vegetacionales, lo que permite que para aquellos casos en que a ambos lados del camino se presenta la misma formación vegetal, se verifique el efecto en la distribución de las especies.

Para contabilizar los contactos en cada punto, se utilizó un jalón de tres metros de altura, sobre ésta la cobertura fue estimada visualmente, en la ubicación de los puntos de terreno se utilizó un GPS Garmin 12 XL, y para medir la distancia y rumbo del transecto se utilizó una huincha de 30 metros de largo y una brújula rumbera marca SUNTO. Para la captura de información en terreno, se utilizó un formulario especialmente diseñado, el que junto con contener los antecedentes generales del transecto, registra el número de contactos por especie en cada punto de lectura.

Las actividades de terreno se realizaron entre el 7 y el 18 de enero de 2002. Se colectaron fragmentos de las especies que no fue posible determinar en terreno, las cuales fueron posteriormente identificadas en el Laboratorio de Botánica Aplicada, de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Para la nomenclatura se sigue a Marticorena y Quezada (1985).

Considerando que los antecedentes bibliográficos establecen que el efecto del camino se verifica dentro de un área en torno a él, es que en la medida que aumenta la distancia desde el camino hacia el interior de las formaciones vegetacionales éstas deberían representar los rasgos de la flora y vegetación presentes antes de su construcción. De esta manera, es muy probable que los extremos de los transectos representen dichas condiciones, con lo cual se espera que éstos constituyan una condición de línea de base para el área. De esta manera se establecerá la condición de comparación para la verificación del efecto del camino, considerando la porción final del transecto como referente de la situación de línea de base de las unidades muestreadas.

### **4.3 Síntesis y procesamiento de la información**

La información de los formularios de terreno fue digitada en una planilla de cálculos. El registro de las especies dentro de cada transecto fue agrupado en tramos de cinco metros, considerando dentro de este tramo todas las especies registradas en él y calculando su participación como la suma de todos los contactos para la especie dentro del tramo.

Las especies detectadas fueron caracterizadas mediante su origen biogeográfico como autóctonas o advenas, según corresponda de acuerdo con Marticorena y Quezada (1985). Junto con lo anterior, se estableció el atributo fisonómico "tipo biológico" para cada una de ellas, de este modo, en el área de estudio se discriminaron cuatro tipos biológicos presentes: leñosas altas (árboles), leñosas bajas (arbustos), herbáceas (efímeras y perennes) y Pteridófitas (helechos). Con la información de los transectos se evaluó el comportamiento de las variables riqueza y participación según origen biogeográfico (autóctonas y advenas) y tipo biológico (leñoso alto, leñoso bajo, herbáceo y pteridófitas).

Para cada transecto se tabuló y graficó las variables riqueza y participación según tipo biológico (leñoso alto, leñoso bajo, herbáceo y pteridófitas), agrupando posteriormente cada transecto de acuerdo con su formación vegetal correspondiente, de acuerdo con lo señalado en la Tabla 1. Para la riqueza de especies, la información de cada transecto fue tabulada y graficada para las variables riqueza total y riqueza según origen biogeográfico (autóctonas y advenas).

Con la ayuda del programa Prism 4.0 para Windows (GraphPad, 2003), se evaluaron los modelos para el ajuste de las curvas asociadas a las distribuciones de la riqueza y participación de especies según origen biogeográfico y tipo biológico en el gradiente de distancia del camino.

#### **4.3.1 Análisis de continuidad espacial**

Se evaluó la continuidad espacial de las variables participación y riqueza de especies para todas las formaciones vegetacionales definidas para el área estudiada. Con este fin, se utilizó el cálculo de variogramas (Isaaks y Srivastava 1989) a partir de la información muestral disponible.

Para calcular los variogramas empíricos y ajustar posteriormente los variogramas teóricos se utilizó el software comercial "Variowin 2.0" (Pannatier, 1994), que permite determinar fácilmente distintos variogramas direccionales. La dirección en la que fue evaluado el variograma direccional fue 45. La tolerancia o  $v\theta$  considerada es de  $22,5^\circ$  a ambos lados del eje principal. Las anisotropías espaciales fueron modeladas utilizando el método estandarizado (Isaaks y Srivastava, 1989; Pannatier, 1994).



4. MATERIAL Y MÉTODO.....	9
4.1 Área de estudio .....	9
4.1.1 Marco biogeográfico .....	10
4.1.2 Vegetación del área de estudio .....	11
4.2 Diseño muestral .....	12
4.3 Síntesis y procesamiento de la información .....	14
4.3.1 Análisis de continuidad espacial .....	15

**Figura 4.1:** Ubicación del área de estudio. Elaborado a partir de fotografía aérea N°26889 disponible en [www.sinia.cl](http://www.sinia.cl) y plano de referencia elaborado a partir de imagen Satelital Landsat de febrero de 1998.

**Figura 4.2:** Ubicación del área de estudio en el marco biogeográfico regional (elaborado a partir de Gajardo 1994).

**Figura 4.3:** Puntos de muestro seleccionados sobre el camino en el área de estudio. (Elaborado a partir de fotografía aérea N°26889 disponible en [www.sinia.cl](http://www.sinia.cl)).

**Tabla 4.1:** Puntos de muestreo sobre el camino y formaciones vegetacionales representadas en cada uno.

## 5. RESULTADOS

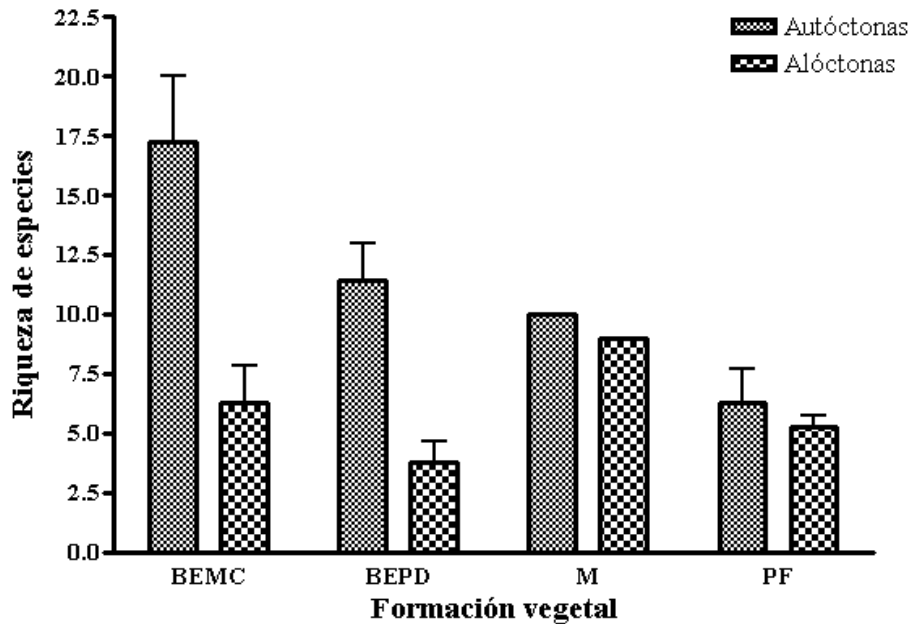
### 5.1. Componentes de la vegetación en el área de estudio

#### 5.1.1 Riqueza de especies

Dentro del área de estudio se detectó un total de 80 especies de las cuales 53 (66,25%) corresponden a entidades autóctonas y 27 (33,75%) a taxa alóctonas o advenas. La media de especies detectadas por transecto fue de 16,79 con una desviación estándar de 6,99. Respecto del origen biogeográfico de las especies, la media de especies autóctonas por transecto fue de 11,5 con una desviación estándar de 5,64, en tanto que las especies advenas o exóticas llegaron a una media de 5,29 y una desviación estándar de 2,4. De los tipos biológicos definidos, el más frecuente en todos los transectos fue el herbáceo con una media de 10,21 especies y una desviación estándar de 5,31, lo sigue el leñoso bajo con una media de 3,43 especies y 1,95 de desviación estándar, por su parte el leñoso alto presenta una media de 2,79 y 1,25 de desviación estándar, el tipo menos representado fue el Pteridófito o helechos con una media de sólo 0,36 y una desviación de 0,93.

En cuanto al comportamiento de la riqueza de las especies en las cuatro formaciones vegetales presentes en el área de estudio, el resultado observado confirma la teoría de la mayor riqueza de especies a niveles medios de perturbación (Connell 1978, Lubchenco 1978). Así, la formación del “bosque esclerófilo muy claro” es la que presenta un mayor número promedio de especies ( $\chi = 23,5$ ; D.S. = 7,42), dominando las entidades autóctonas ( $\chi = 17,25$ ; D.S. = 5,56) por sobre las alóctonas ( $\chi = 6,25$ ; D.S. = 3,1), le sigue la formación que presenta los rasgos de mayor recuperación o desarrollo en la sucesión: el “bosque esclerófilo poco claro”, seguido por la formación natural con mayor grado de intervención: el “matorral muy claro”. Finalmente, y como es de esperar, la formación de “plantación frutal” es la que presenta menor riqueza de especies, sin embargo se mantiene el patrón de dominancia de las entidades autóctonas sobre las alóctonas (ver Gráfico 5.1).

**Gráfico 5.1:** Distribución de la riqueza de especies en las formaciones vegetales descritas (BEMC: Bosque esclerófilo muy claro; BEPD: Bosque esclerófilo poco denso; M : Matorral muy claro; PF : Plantación frutal)



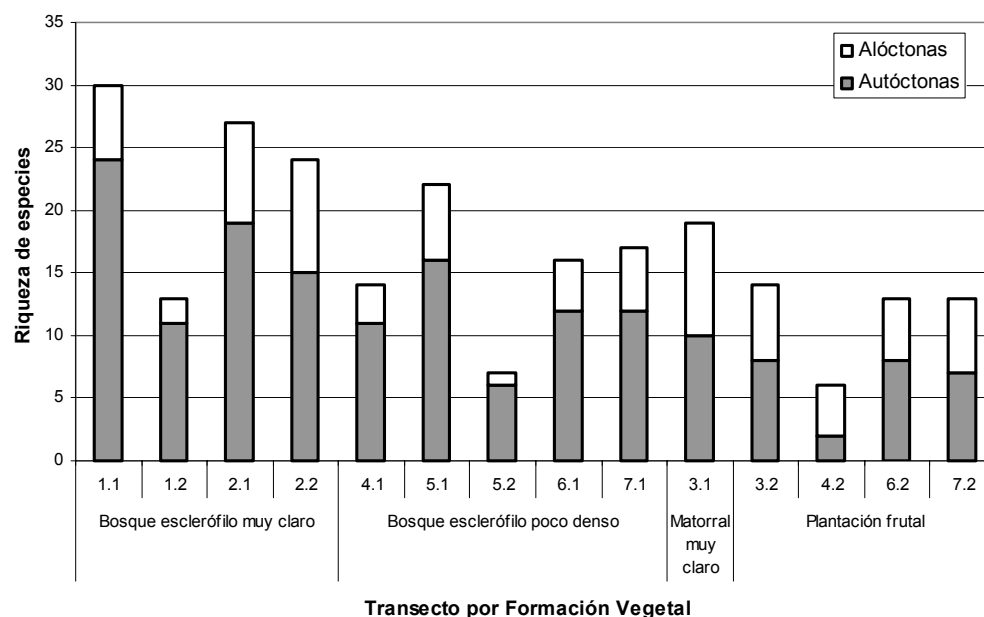
A nivel de transectos, el transecto 1.1 destaca por presentar la mayor riqueza de especies (ver Gráfico 5.2), en contraposición con el transecto 4.2 que sólo presenta 6 taxa. Respecto de la riqueza de especies alóctonas y autóctonas, el transecto 5.2 presenta la mayor participación de especies autóctonas con un 85,71% de sus entidades en especies autóctonas pero su riqueza total llega sólo a 7 taxa, en tanto que el transecto 1.1 es el que presenta mayor número absoluto de entidades autóctonas (24 taxa), por su parte los transectos 2.2 y 3.1 son los que presentan mayor riqueza de especies alóctonas o advenas (9 taxa). En lo referente a los cuatro tipos biológicos definidos (ver Gráfico 5.3), el dominante en todos los transectos corresponde a las especies herbáceas, siendo el transecto 1.1 el que resulta con mayor participación de este tipo biológico (19 taxa), el segundo en dominancia corresponde al leñoso bajo, el que presenta mayor riqueza en el transecto 2.2 (7 taxa), por su parte el tipo leñoso alto presenta mayor riqueza en el transecto 5.1 (5 taxa), y finalmente el transecto 1.1 resultó con mayor riqueza de helechos (3 taxa).

La Tabla 5.1 sintetiza la información de riqueza total de especies por cada transecto, además de la riqueza por origen biogeográfico y por tipo biológico.

**Tabla 5.1:** Síntesis de la riqueza florística por transecto. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.

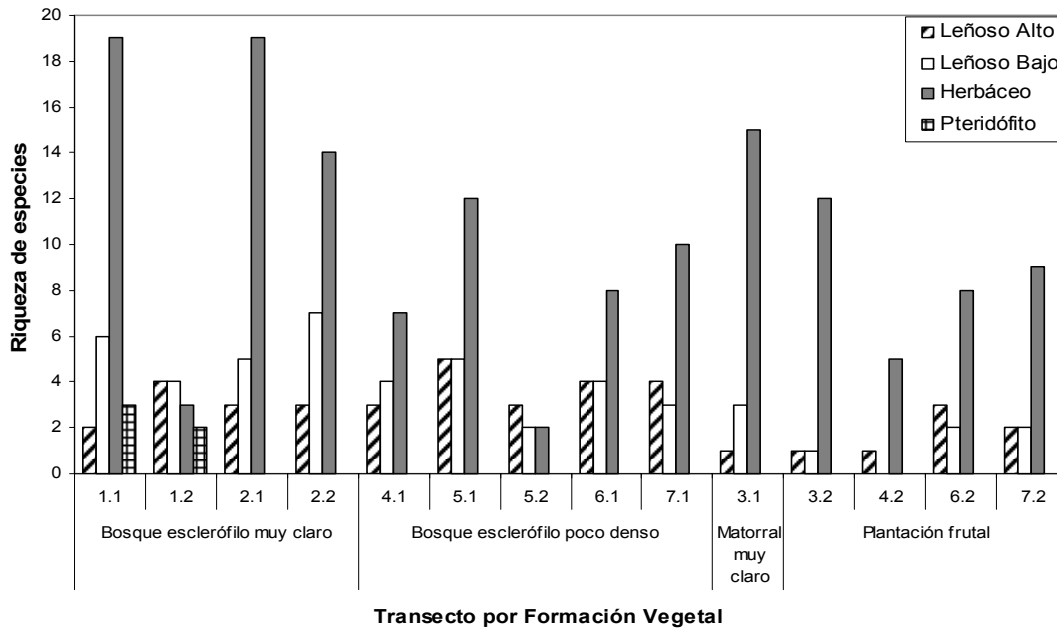
Formación vegetal	Transecto	Nº total de especies	Nº de especies según origen biogeográfico		Nº de especies según tipo biológico*			
			Autóctonas	Alóctonas	H	LA	LB	PT
Bosque esclerófilo muy claro	1.1	30	24	6	19	2	6	3
	1.2	13	11	2	3	4	4	2
	2.1	27	19	8	19	3	5	0
	2.2	24	15	9	14	3	7	0
Bosque esclerófilo poco denso	4.1	14	11	3	7	3	4	0
	5.1	22	16	6	12	5	5	0
	5.2	7	6	1	2	3	2	0
	6.1	16	12	4	8	4	4	0
	7.1	17	12	5	10	4	3	0
Matorral muy claro	3.1	19	10	9	15	1	3	0
Plantación frutal	3.2	14	8	6	12	1	1	0
	4.2	6	2	4	5	1	0	0
	6.2	13	8	5	8	3	2	0
	7.2	13	7	6	9	2	2	0
<b>Promedio</b>		16,79	11,50	5,29	10,21	2,79	3,43	0,36
<b>D.S.</b>		6,99	5,64	2,40	5,31	1,25	1,95	0,93

**Gráfico 5.2:** Distribución de la riqueza de especies en los transectos establecidos en el área de estudio.



\* H : herbáceo, LA : leñoso alto, LB : leñoso bajo, PT : helechos.

**Gráfico 5.3:** Distribución de los tipos biológicos en los transectos establecidos en el área de estudio.



### 5.1.2 Participación

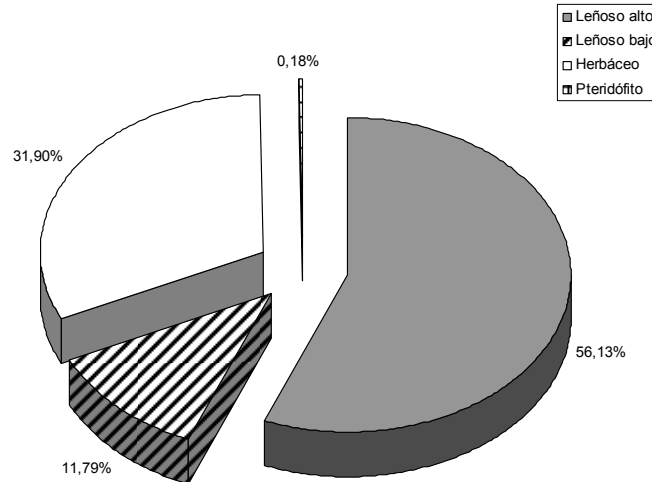
Considerando el segundo componente de la diversidad, la participación de las especies según los cuatro tipos biológicos definidos presentan rasgos disímiles con lo observado para la riqueza. En este caso, se registra una fuerte dominancia del tipo leñoso alto (árboles) por sobre los otros tipos biológicos, cabe señalar que la fisonomía de la vegetación corresponde al criterio esencial para establecer la clasificación de la vegetación en el área de estudio, donde tres de las cuatro formaciones presentan dominancia estructural de elementos arbóreos, por otro lado, si bien es cierto que las especies arbóreas son menores en número respecto de las herbáceas, se diferencian de ellas en que cada uno de sus ejemplares ocupa un espacio mayor, con lo que el aporte de cada individuo arbóreo a la fisonomía del área resulta significativamente mayor que el de los otros tipos biológicos. Sin perjuicio de lo anterior, el tipo biológico herbáceo aparece como el segundo en dominancia por sobre los arbustos y los helechos. La Gráfico 5.4 presenta el porcentaje de participación en la cobertura vegetal para los cuatro tipos biológicos definidos.

Al observar la participación de las especies en la cobertura de la vegetación según su origen biogeográfico, se registra un patrón similar que en el caso de la riqueza de especies, ya que en ambas se constata la dominancia de especies autóctonas, la que llega a un 77,29% de la cobertura vegetal, por sobre las alóctonas que alcanzan el 22,71% de la cobertura vegetal.

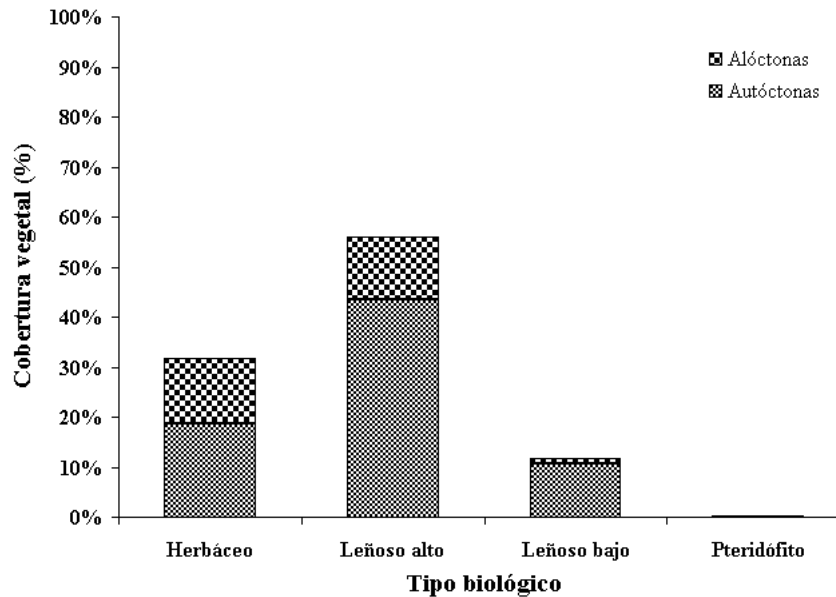
Al cruzar el tipo biológico con el origen biogeográfico de las especies, se constata que las especies autóctonas son las que aportan en mayor medida a la cobertura de la vegetación en todos los tipos biológicos (ver Gráfico 5.5). Para el caso del tipo Pteridófito, la participación de las especies autóctonas llegan a ser el 100% de las taxa del tipo, por su

parte para los arbustos (leñoso bajo) la participación de las taxa autóctonas llega al 1% y en las herbáceas y árboles está en el 9 y 13% respectivamente.

**Gráfico 5.4:** Porcentaje de participación de los tipos biológicos en la cobertura vegetal.



**Gráfico 5.5:** Aporte de las especies según origen biogeográfico y tipo biológico en la cobertura vegetal.



### 5.1.3 Especies con mayor frecuencia y cobertura

Al observar la frecuencia y cobertura de las entidades taxonómicas específicas en el área de estudio, destacan sólo siete especies como presentes en ocho o más transectos (60% de las muestras), las que además coinciden con ser las especies con mayor participación. Así, *Anthriscus caucalis* (anicillo), una herbácea anual alóctona, corresponde a la especie con mayor presencia y cobertura en el área de estudio, le sigue el árbol *Cryptocarya alba* (peumo), el arbusto *Retanilla trinervis* (tebo), la herbácea *Moscharia pinnatifida* (almizcle),

el árbol *Acacia caven* (espino), la herbácea anual *Vulpia megalura* (pasto delgado) y el arbusto *Podanthus mitiqui* (mitique). De las especies señaladas *A. caucalis* y *V. megalura* corresponden a especies alóctonas, todo el resto de las especies señaladas son entidades autóctonas.

De todas las especies antes señaladas, sólo tres de ellas presentan características que pueden hacer que sean consideradas como especies invasoras (Navas 1979; Matthei 1995). Matthei (1995) señala que en 1988 Reiche había citado a *A. caucalis* en algunos puntos de la Provincia de Santiago, en tanto que él la señala distribuida desde la V a la VIII región. Por su parte, Navas (1979) señala de *M. pinnatifida* que es una especie herbácea endémica de Chile, muy abundante en su área de distribución (Coquimbo al Maule). Finalmente, respecto de *V. megalura*, Matthei (1995) señala que resulta ser una maleza poco importante en el contexto del concepto de maleza, sin embargo esta especie se distribuye desde la IV a la X región, constándose registro en las islas de Más a Tierra y Más a Fuera del Archipiélago de Juan Fernández. Así, el análisis respecto del patrón de distribución local de las especies invasoras se focalizará en las taxa herbáceas *A. caucalis*, *M. pinnatifida* y *V. megalura*.

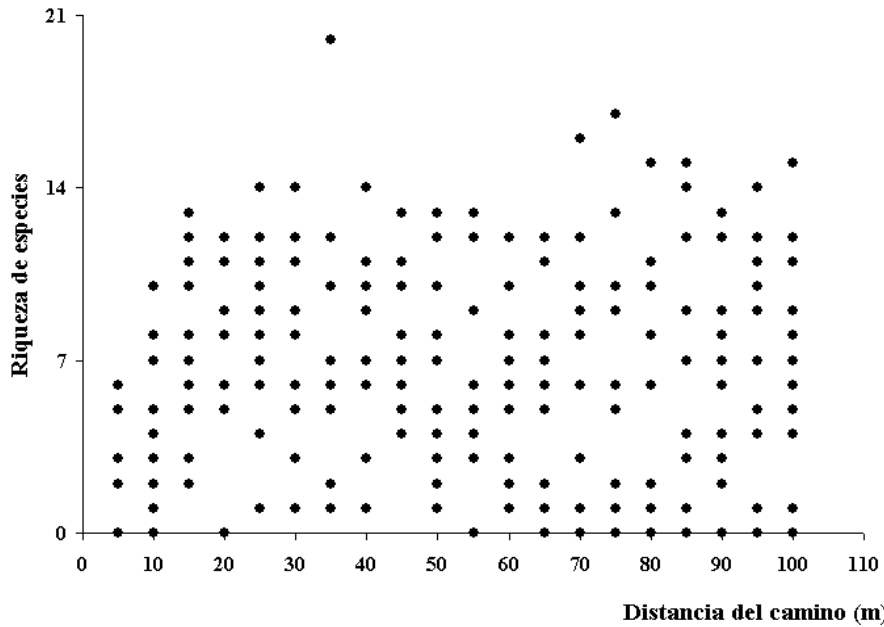
El Anexo 1 presenta la tabla fitosociológica bruta con la flora total detectada en el área, su distribución y participación en cada una de las formaciones vegetales y los transectos evaluados.

## **5.2 Componentes de la vegetación en el gradiente del camino**

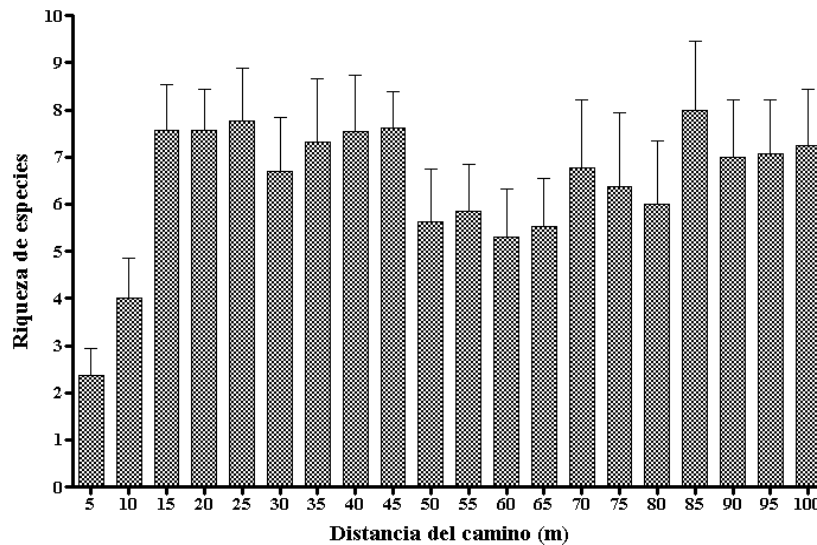
### **5.2.1 Riqueza total de especies**

Al observar la nube de puntos asociada a la dispersión de la riqueza de especies en el gradiente de distancia del camino para todos los transectos, destaca la amplia dispersión de los puntos, lo cual no permite observar un patrón claro de comportamiento. Por el contrario, al graficar la riqueza media de especies por cada tramo del gradiente de distancia del camino, sí es posible observar un patrón de comportamiento. Los Gráficos 5.6 y 5.7 presentan la dispersión de la riqueza de especies a lo largo del gradiente de distancia del camino, y la media de especies y su desviación estándar en cada tramo del gradiente.

**Gráfico 5.6:** Nube de dispersión de la riqueza de especies en el gradiente de distancia del camino.



**Gráfico 5.7:** Gráfica de la media y la desviación estándar de la riqueza de especies por tramo del gradiente de distancia del camino.

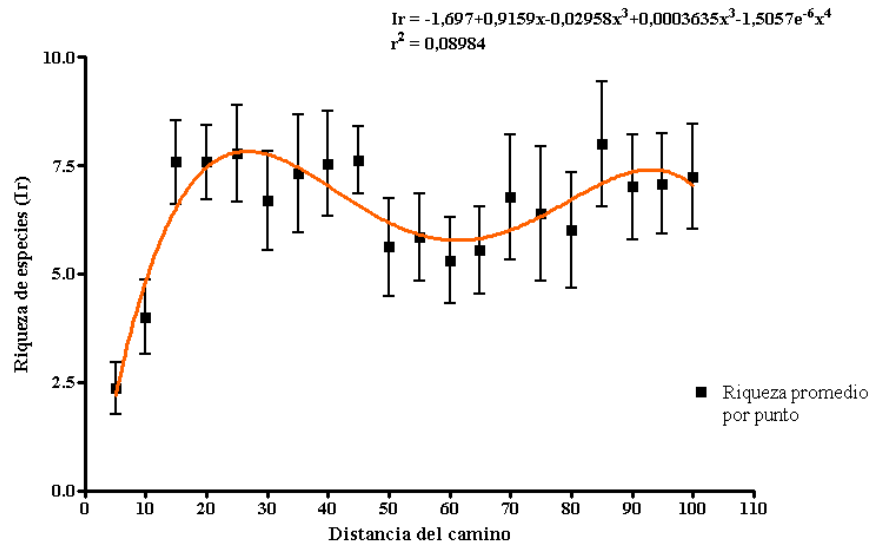


El Gráfico 5.7, correspondiente a la gráfica de las medias del número de especies por tramo del gradiente de distancia del camino, hacen suponer una respuesta de la vegetación en la cual el efecto del camino se constata en una depresión de la riqueza de especies en el área de intervención directa verificada, de los 0 a los 10 metros desde su centro. Posterior a ello, la riqueza se recupera de manera importante y se estabiliza a lo largo del transecto estudiado. El modelo que mejor se ajustó a la distribución de la riqueza de especies fue un modelo polinomial de cuarto orden, el que sin embargo presenta una baja precisión en el ajuste ( $r^2 = 0,08984$ ), lo cual puede ser explicado por la amplia dispersión de los datos. Sin perjuicio de lo anterior, el ajuste resulta apropiado si se

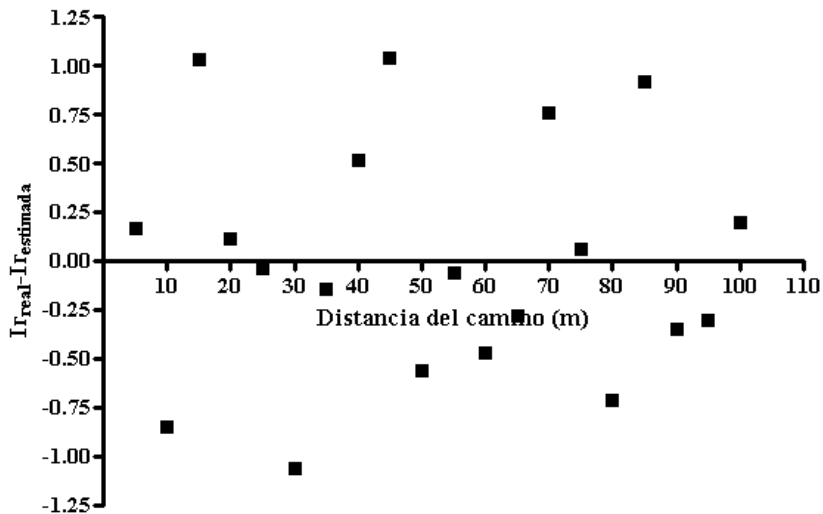


considera las medias de la riqueza de especies en cada intervalo del gradiente, pero tal como se señaló el modelo resulta tener un bajo poder de estimación producto de la amplia dispersión de los datos. Los Gráficos 5.8 y 5.9 presentan el modelo polinomial de cuarto orden señalado y la dispersión de los residuos del ajuste respectivamente.

**Gráfico 5.8:** Modelo polinomial de cuarto orden ajustado a la dispersión de la riqueza de especies en el gradiente de distancia del camino.



**Gráfico 5.9:** Gráfica de la dispersión de los residuos del modelo.



Dados los resultados expuestos, y considerando que el modelo que mejor se ajustó a la distribución de los datos de terreno no fue el modelo deducido a partir de los antecedentes disponibles en la bibliografía, se puede establecer que para esta variable el modelo general inferido a partir de los antecedentes bibliográficos no refleja la respuesta general de la riqueza de especies de la vegetación del área de estudio.

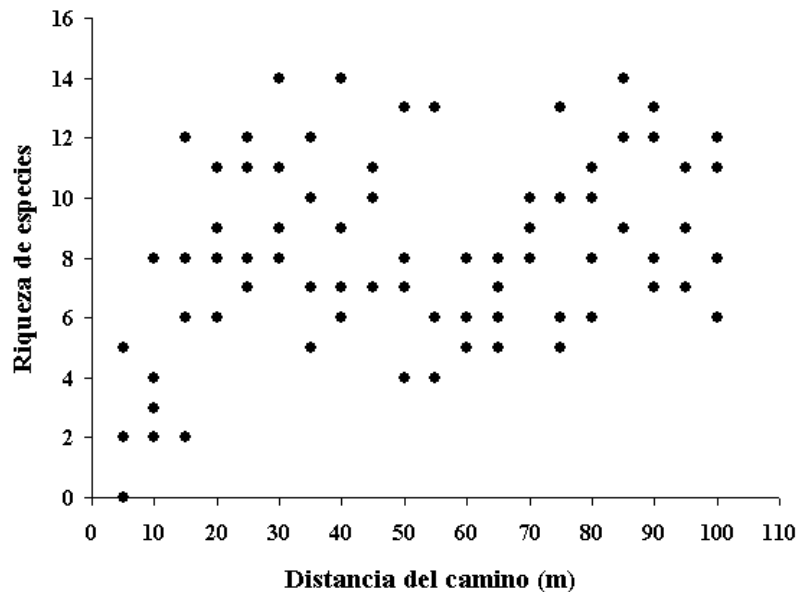
El porqué de la respuesta observada en la riqueza de especies puede radicarse en la disparidad de la riqueza que pueden presentar las cuatro formaciones vegetacionales en

estudio. La riqueza de especies de cada una de éstas, puede presentar un patrón claro de respuesta frente a la acción del camino, los que a pesar de ser similares en forma, la magnitud o dispersión de los mismos puede generar el ruido y amplia dispersión de los datos. Dado lo anterior, se presenta el análisis de la respuesta de la riqueza de especies a lo largo del gradiente de distancia del camino para cada una de las formaciones vegetacionales en estudio.

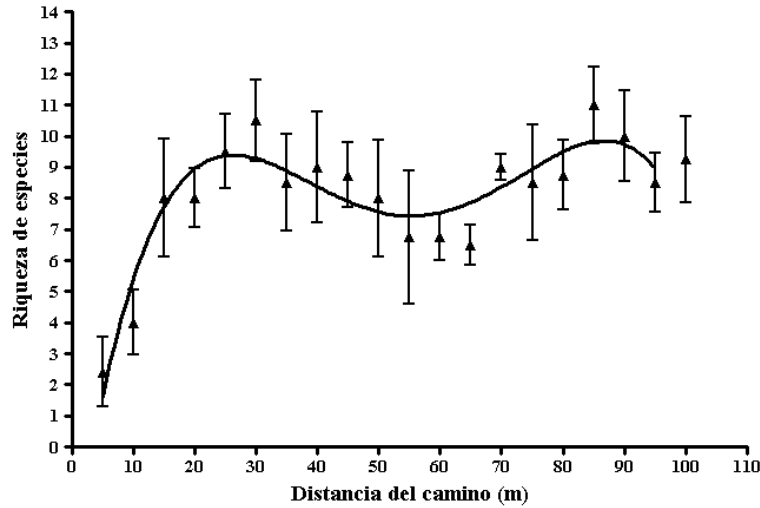
### 5.2.1.1 Bosque esclerófilo poco denso

Del mismo modo que en la formación anterior, la nube de datos no se ajusta al modelo general propuesto. Se observa que la riqueza se recupera cerca de los 15 metros del camino, distinguiéndose dos subtramos con la mayor dispersión y a la vez concentración de especies, el primero entre los 20 y 50 metros, y el segundo entre los 70 y 100 metros. De acuerdo con lo anterior, el modelo que mejor se ajustó fue el polinomial de cuarto orden, sin embargo presenta una baja bondad en su ajuste ( $r^2=0,3626$ ). Los Gráficos 5.10 y 5.11 representan la dispersión de la riqueza de especies y el modelo ajustado con las medias y desviación graficada respectivamente.

**Gráfico 5.10:** Dispersión de los datos para la riqueza de especie en la formación del bosque esclerófilo poco denso claro.



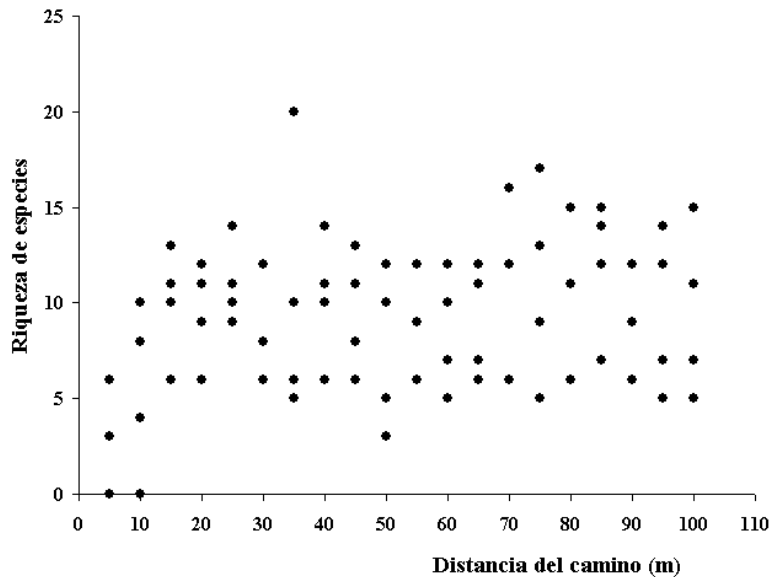
**Gráfico 5.11:** Con el modelo ajustado, la media y la desviación estándar de la riqueza de especies por tramo del gradiente de distancia del camino para la formación del bosque esclerófilo poco denso.



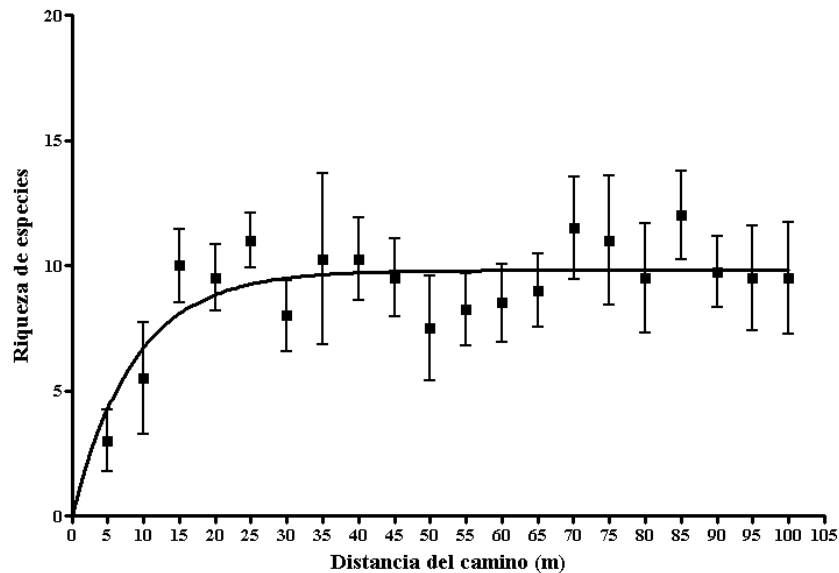
### 5.2.1.2 Bosque esclerófilo muy claro

La nube de dispersión de los valores de la riqueza de especies, para el caso de la formación de bosque esclerófilo muy claro, presentan un patrón que no se ajusta al modelo general propuesto, sino que más bien se observa que la riqueza se estabiliza rápidamente, aproximadamente a los 10 metros desde el centro del camino, en una franja entre las 5 y 10 especies. Es así que el modelo que mejor se ajusta a los datos corresponde a un modelo logarítmico asintótico (asíntota a los 9,8), sin embargo el ajuste del mismo resulta poco apropiado ( $r^2 = 0,1636$ ). Los Gráficos 5.12 y 5.13 presentan la dispersión de los datos y el modelo ajustado con la gráfica de las medias y su desviación estándar por tramo.

**Gráfico 5.12:** Dispersión de los datos para la riqueza de especie en la formación del bosque esclerófilo muy claro.



**Gráfico 5.13:** Con el modelo ajustado, la media y la desviación estándar de la riqueza de especies por tramo del gradiente de distancia del camino para la formación del bosque esclerófilo muy claro.

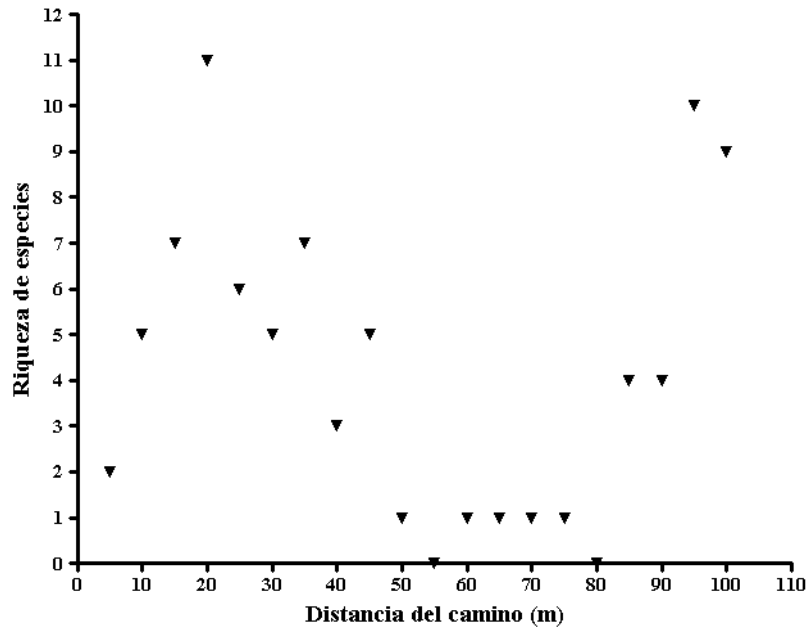


### 5.2.1.3 Matorral muy claro

Esta formación sólo se evaluó con un transecto, por lo cual no se cuenta con una nube de dispersión sino más bien con los datos para la unidad muestral. A diferencia de las dos formaciones anteriores, en esta formación se perfila un comportamiento más acorde con lo presentado en el modelo propuesto. Sin perjuicio de lo anterior, hacia el final del transecto se constata un aumento en la riqueza de especies. El Gráfico 5.14 presenta la

distribución de la riqueza de especies en el transecto que evalúa la formación de matorral muy claro.

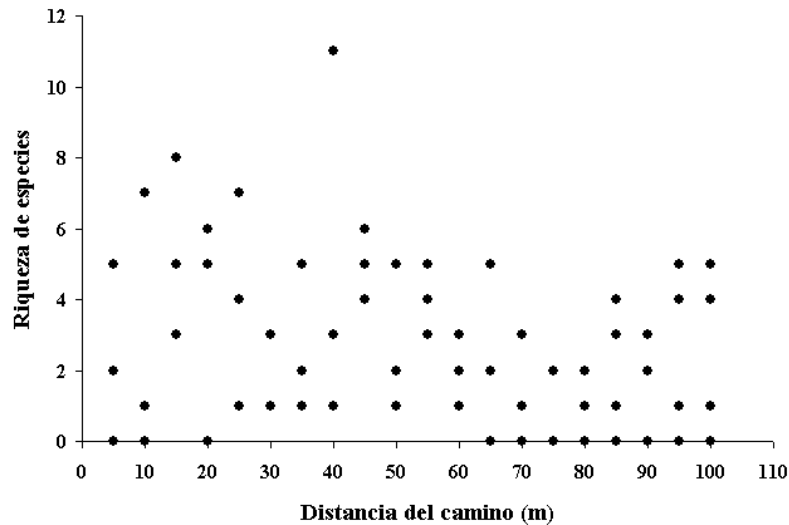
**Gráfico 5.14:** Dispersión de los datos para la riqueza de especie en la formación del matorral muy claro.



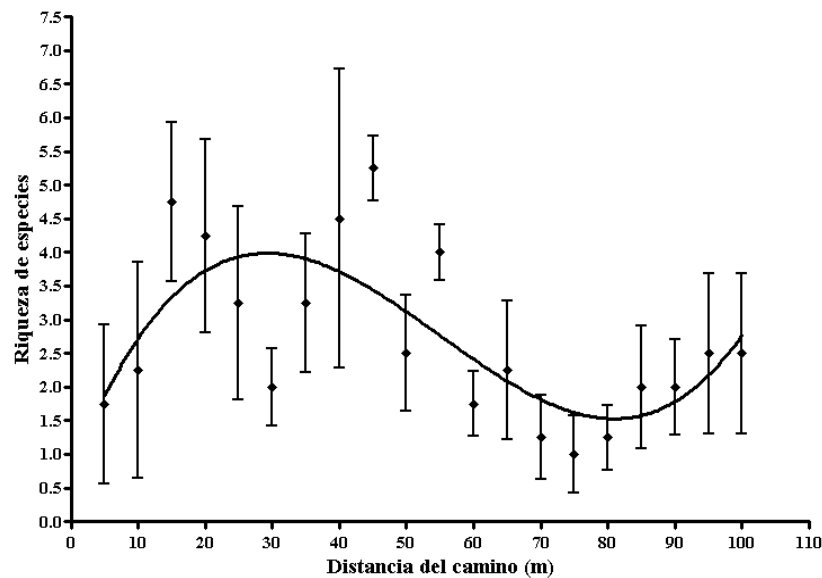
#### 5.2.1.4 Plantación frutal

En esta formación la nube de datos presenta una mayor dispersión en torno a los 40 primeros metros del camino, esto puede hacer pensar que en esta formación sí se verifica el modelo general propuesto. A pesar de lo señalado, el modelo que mejor se ajustó corresponde a un modelo polinomial de tercer orden, el que además presenta una baja bondad de ajuste ( $r^2=0,1477$ ), al igual que para los otras formaciones (ver Gráficos 5.15 y 5.16).

**Gráfico 5.15:** Dispersión de los datos para la riqueza de especie en la formación del plantación frutal.



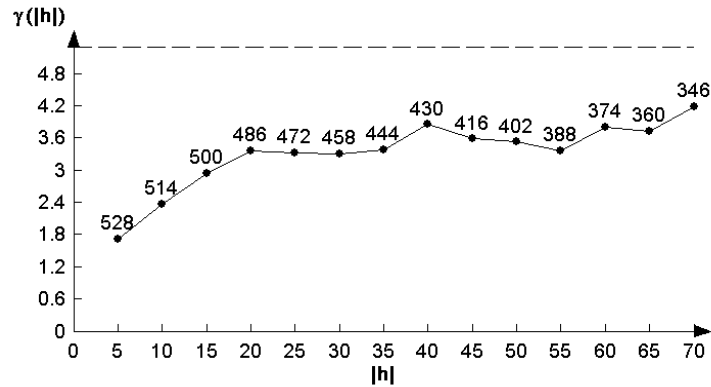
**Gráfico 5.16:** Con el modelo ajustado, la media y la desviación estándar de la riqueza de especies por tramo del gradiente de distancia del camino para la formación de plantación frutal.



### 5.2.1.5 Dependencia espacial de la riqueza total de especies

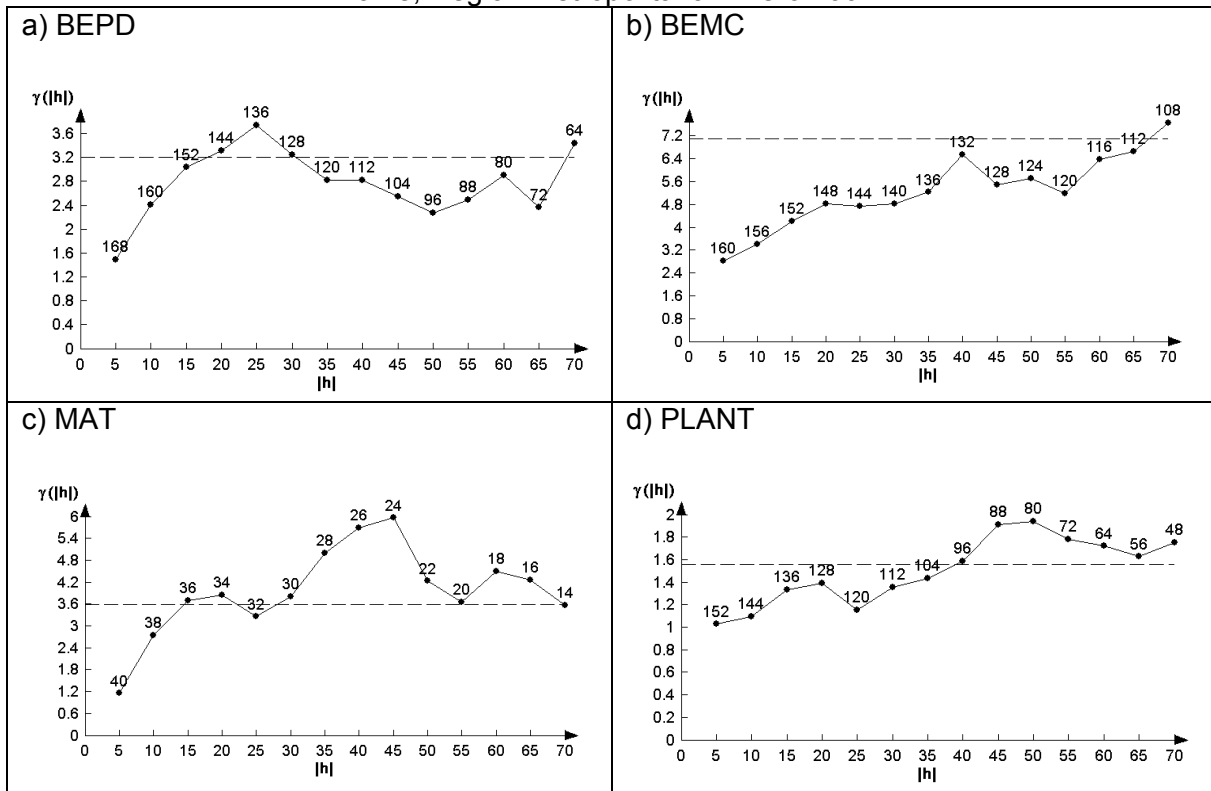
A partir de la información para la riqueza de especies para todos los transectos, se calculó el variograma experimental para el comportamiento de esta variable (Gráfico 5.17). Al observar el variograma, se registra una estabilización de la curva cerca de los 20 metros, en este caso se podría presumir que en este rango se registrarían las mayores correlaciones en la distribución de la riqueza de especies de los transectos.

**Gráfico 5.17:** Variograma experimental para la riqueza total de especies, para todos los transectos. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.



Por otro lado, se calcularon los variogramas experimentales para la riqueza de especies en todas las formaciones vegetacionales definidas en el área de estudio (Gráfico 5.18). En estos variogramas se observa un efecto sobre la riqueza de especies en torno a los 20 y 25 metros, efecto que puede ser atribuible al camino. Luego de esto, las formaciones vegetacionales se presentan muy heterogéneas, lo cual puede ser atribuido a otros factores no determinados o que no guarden relación con el camino.

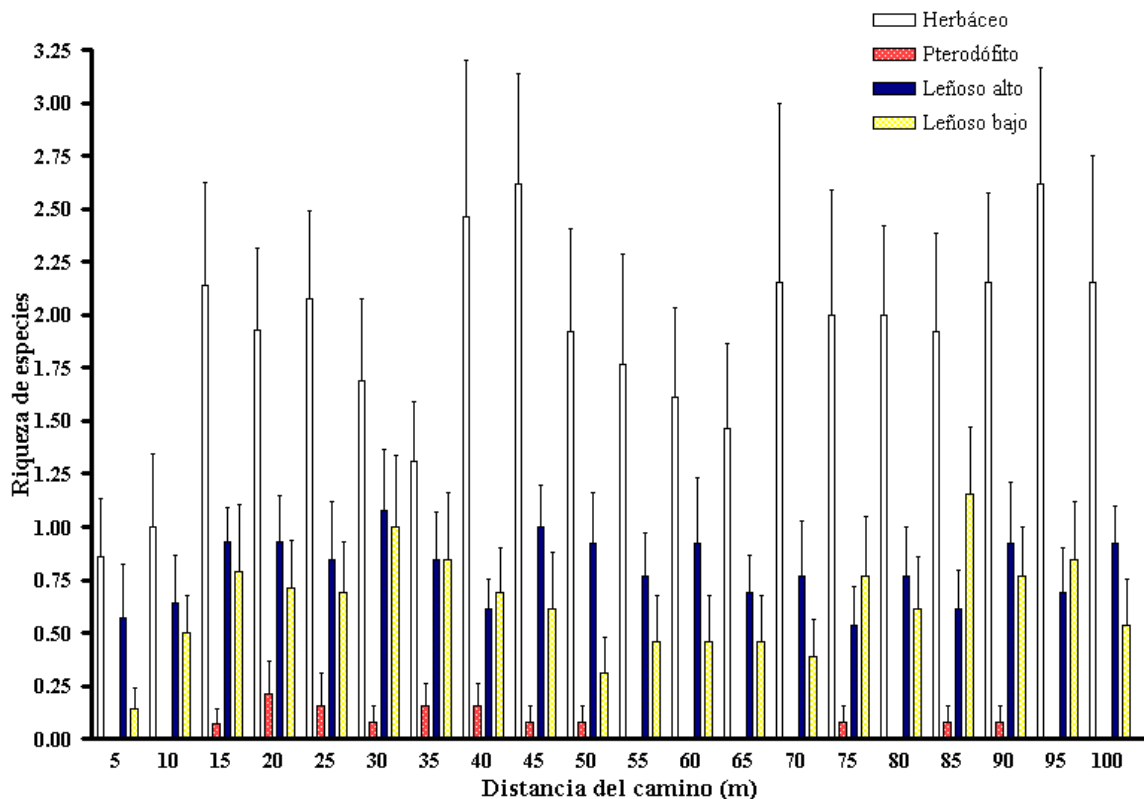
**Gráfico 5.18:** Variogramas experimentales para la riqueza total de especies por tipo de formación vegetal: a) Bosque esclerófilo poco denso (BEPD), b) bosque esclerófilo muy claro (BEMC), c) matorral (MAT) y d) Plantación frutal (PLANT). Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.



## 5.2.2 Riqueza de especies según tipo biológico

Al analizar la participación de los tipos biológicos en la evolución de la riqueza de especies en el gradiente de distancia del camino (ver Gráfico 5.19), se observa un claro predominio del tipo biológico herbáceo muy por sobre los demás. Sin embargo, no es posible observar una mayor concentración de las especies de este tipo en torno al camino, sino que más bien se observan varios episodios de mayor concentración de las especies herbáceas a lo largo de todo el gradiente.

**Gráfico 5.19:** Distribución de la riqueza de especies para los tipos biológicos a lo largo del gradiente del camino. Valores medios de todos los transectos. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.



Por otro lado, es de esperar algún tipo de relación (positiva o negativa) de la riqueza de especies entre los tipos biológicos. Al observar la matriz de correlaciones entre los distintos tipos, se registran correlaciones significativas entre la distancia y la riqueza de herbáceas, la riqueza de leñosas altas y helechos y entre las leñosas altas y las herbáceas, esta última con un carácter negativo. La Tabla 5.2 presenta la matriz de correlaciones entre los tipos biológicos establecidos para el área de estudio.



**Tabla 5.2:** Matriz de correlación para la riqueza de especies según los tipos biológicos. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. (H=Herbáceo; Hel= Helechos, LA = Leñoso alto, LB = Leñoso bajo). Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.

Variables	Distancia	H	Hel	LA	LB
Distancia	1	<b>0,133*</b>	-0,102	-0,018	0,053
H		1	-0,005	<b>-0,236*</b>	0,116
Hel			1	<b>0,291*</b>	-0,013
LA				1	-0,012
LB					1

Test de Pearson. \* = valores significativamente diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

### 5.2.2.1 Riqueza de especies por formación vegetal según tipo biológico

En la formación de bosque esclerófilo poco denso, se mantiene la dominancia del tipo biológico herbáceo observada para todas las situaciones en conjunto, sin embargo se observa una mayor presencia del tipo leñoso alto, el cual en algunos tramos llega a ser más importante que el herbáceo. Por su parte, el tipo leñoso bajo presenta una distribución con dos tramos con mayor presencia, y una depresión en torno a los 60 metros del camino. El tipo pteridofito no registró ejemplares para ninguno de los transectos que componen esta formación vegetal. Al igual que lo señalado para la formación vegetal anterior, el patrón de comportamiento de los tipos biológicos presentes en esta formación no se ajusta a lo constatado en la literatura ni al modelo general propuesto (ver Gráfico 5.20 a).

Para el caso de la formación de bosque esclerófilo muy claro, se observa la dominancia del tipo biológico herbáceo a lo largo de todo el gradiente muy por sobre los demás tipos. El segundo tipo en dominancia corresponde al leñoso bajo, en tanto que el leñoso alto y los helechos (Pteridófitos) no representan tipos biológicos significativos en lo referente al número de especies en cada tramo del gradiente. Al igual que lo observado para el patrón general, en esta formación vegetal no se observa una respuesta de la riqueza de las especies herbáceas de acuerdo con lo reportado en la literatura, ni tampoco se observan relaciones directas entre los tipos biológicos. El Gráfico 5.20.b presenta la distribución de la riqueza de especies según su tipo biológico, a lo largo del gradiente del camino.

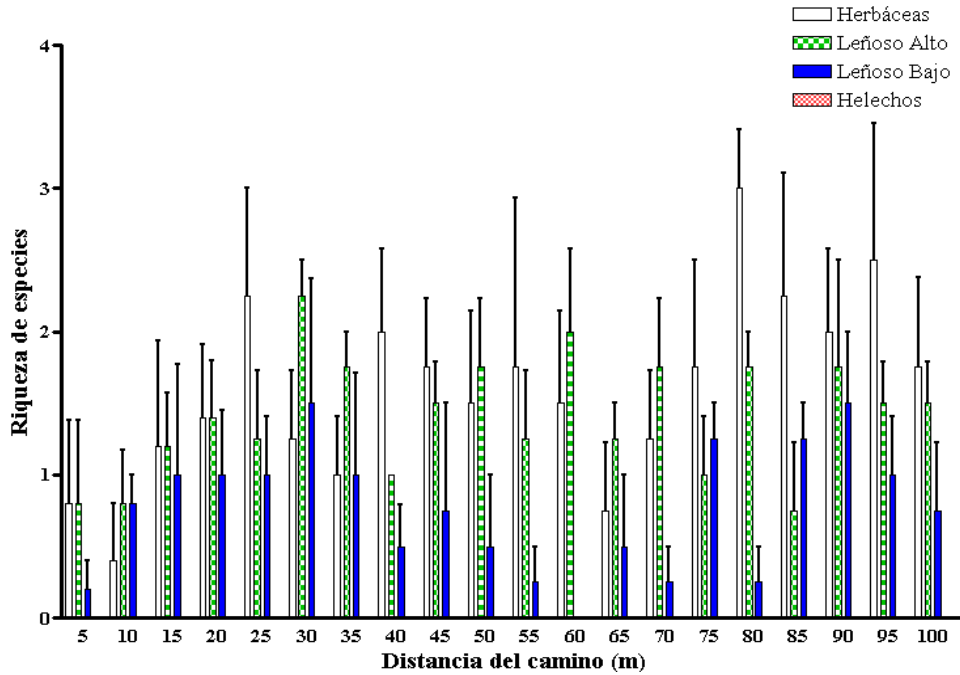
En la formación de matorral muy claro, se observa un claro dominio del tipo biológico herbáceo, en desmedro de los tipos biológicos leñoso alto y leñoso bajo, los cuales sólo se observan en algunos tramos. Por su parte, el tipo pteridófito (helechos) no se registra en esta formación. Los resultados registrados guardan relación con lo abierta de la estructura horizontal de la vegetación, y por otro lado, a la falta de repeticiones de transectos que representen esta formación vegetal. El Gráfico 5.21.a presenta la distribución de los tipos biológicos a lo largo del transecto que representa a esta formación vegetal.

Al igual que en las otras formaciones vegetacionales, para la formación de plantación frutal, domina el tipo herbáceo por sobre los otros tipos biológicos, sin perjuicio de ellos destaca lo homogéneo de la riqueza de especies del tipo leñoso alto, esto da cuenta de que la formación representada corresponde a una plantación, con lo cual los ejemplares leñosos altos presentan homogeneidad espacial, y ejemplares del mismo tipo biológico

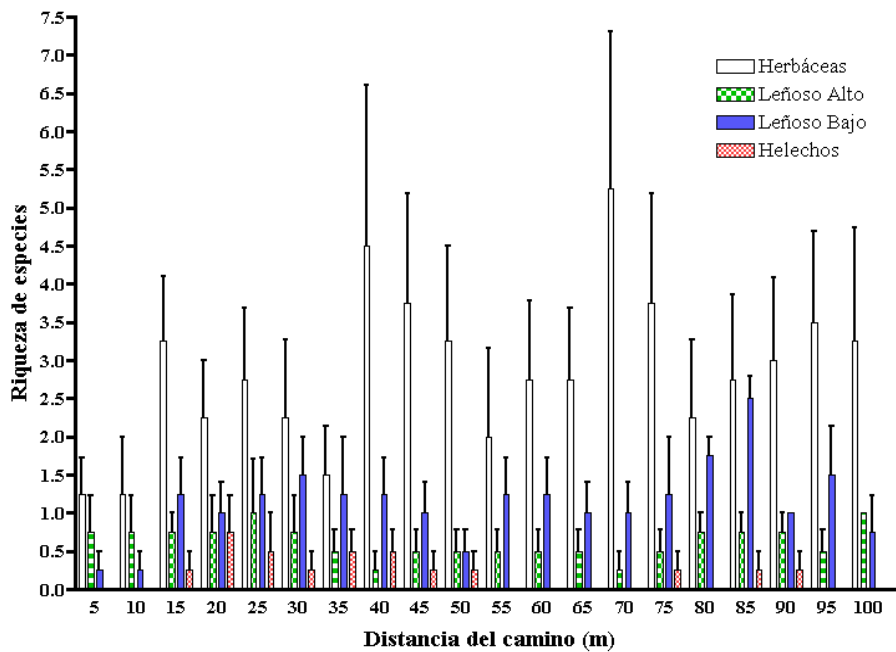
pero de otras especies no se desarrollan en esta formación. El Gráfico 5.21.b presenta la distribución de la riqueza de especies por tipo biológico, en esta formación vegetacional.

**Gráfico 5.20:** Distribución de la riqueza de especies según tipos biológicos a lo largo del gradiente del camino. Valores medios para las formaciones de a) bosque esclerófilo poco denso y b) bosque esclerófilo muy claro. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.

a)

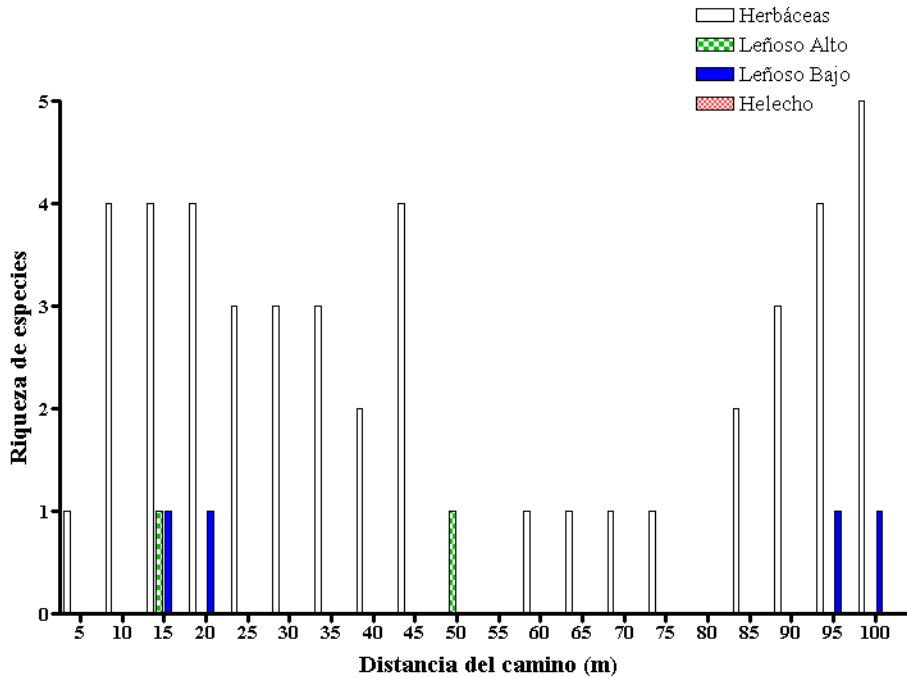


b)

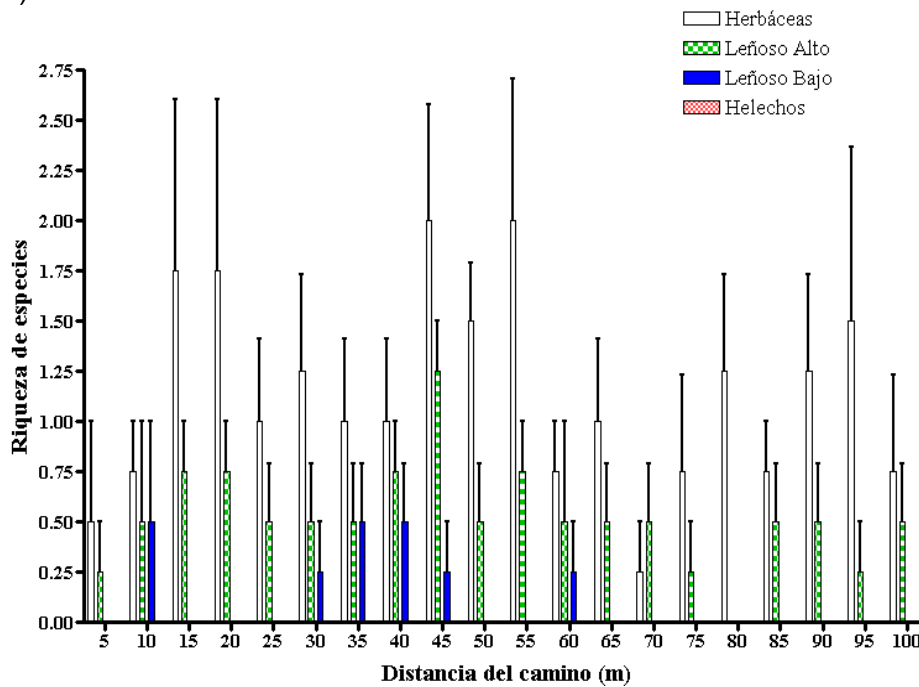


**Gráfico 5.21:** Distribución de la riqueza de especies según tipos biológicos a lo largo del gradiente del camino. Valores medios para las formaciones de a) matorral muy claro y b) plantación frutal. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.

a)



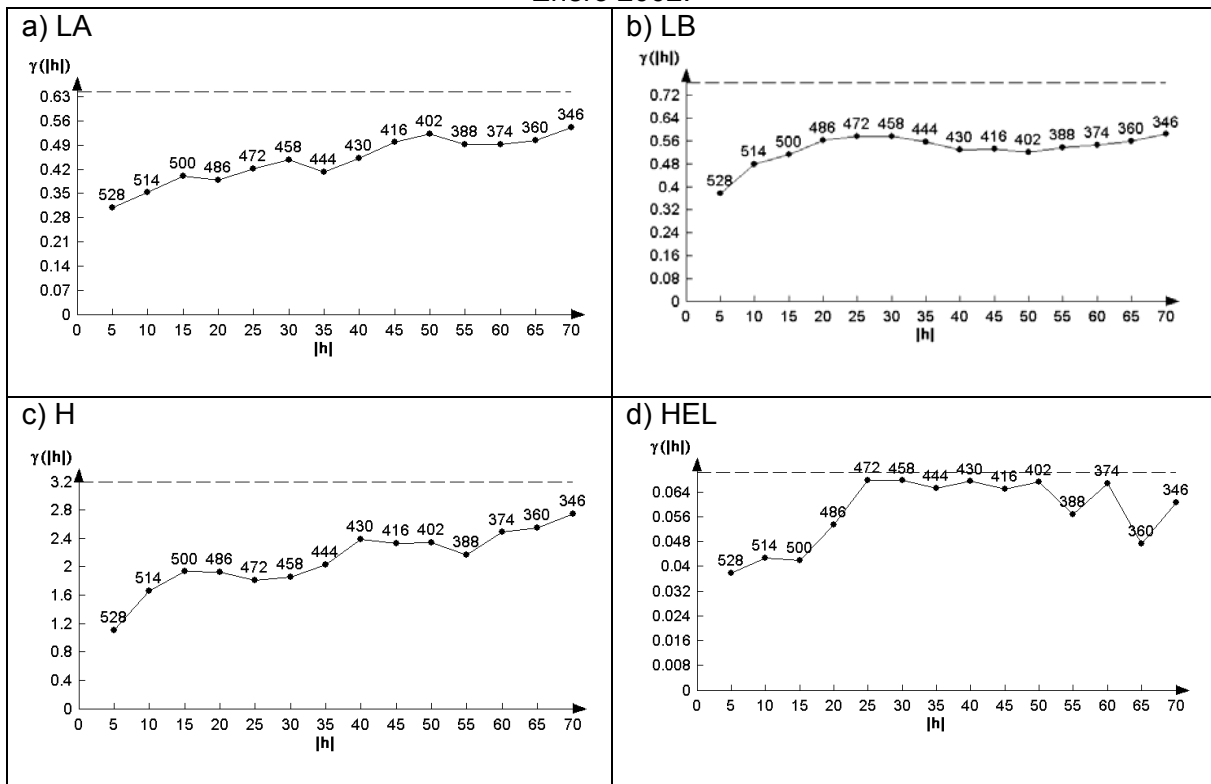
b)



### 5.2.2.2 Dependencia espacial de la riqueza de especies según tipo biológico

En el caso de la riqueza de especies por tipo biológico, los variogramas experimentales presentan un efecto del camino sólo para el caso de las especies herbáceas en torno a los 15 metros, para el resto de los tipos no se observa un claro efecto del camino a lo largo del gradiente (ver Gráfico 5.22).

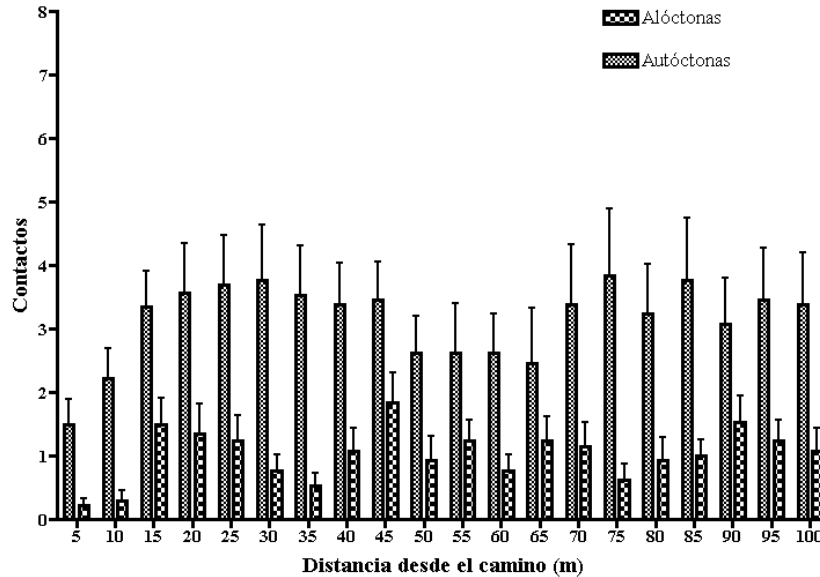
**Gráfico 5.22:** Variogramas experimentales para la riqueza de especies según tipos biológicos a lo largo del gradiente del camino. a) Leñoso alto (LA), b) Leñoso bajo (LB), c) Herbáceo (H) y d) Pteridófitas (HEL). Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.



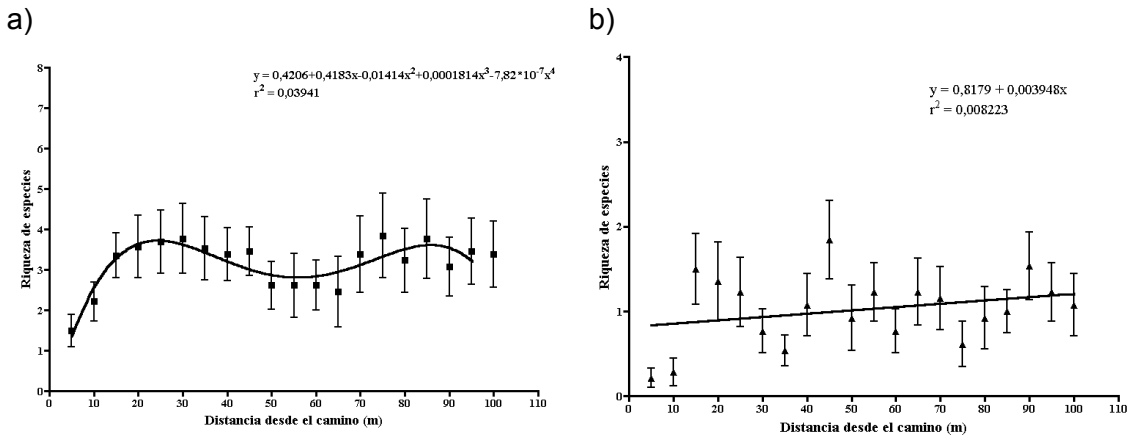
### 5.2.3 Riqueza de especies según origen biogeográfico

En lo referente al desarrollo de la riqueza de especies según su origen biogeográfico en el gradiente de distancia del camino, se observa un predominio de las especies autóctonas muy por sobre las alóctonas a lo largo de todo el gradiente (ver Gráfico 5.23). Junto con lo anterior, para ambos tipos de especies se constata la recuperación de la riqueza de especies en torno a los 15 metros, a partir de esta distancia, la riqueza presenta variaciones dentro del gradiente registrando más de un punto de inflexión en el transecto. De acuerdo con lo observado en el Gráfico 5.24 a) y b), la distribución de la riqueza de especies, tanto para las autóctonas como para las alóctonas, no se ajustan al modelo general esperado, bajo el cual se debería esperar un área de mayor dominancia de las especies alóctonas en torno al camino.

**Gráfico 5.23:** Distribución de la riqueza de especies según su origen biogeográfico a lo largo del gradiente del camino. Valores medios para la todos los transectos. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.



**Gráfico 5.24:** Ajuste de funciones para la distribución de la riqueza de especies a) autóctonas y b) alóctonas. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.



Destaca que las funciones que mejor se ajustan a la distribución de los datos de la riqueza de especies según su origen biogeográfico son distintas, registrándose para el caso de las autóctonas una función polinomial de cuarto orden y para las especies alóctonas una función lineal, sin perjuicio de ello ambas funciones presentan una baja bondad de ajuste ( $r^2$ ). Por otro lado, no se registra una correlación significativa entre la presencia de especies autóctonas versus las especies alóctonas ( $\rho_{autoc,alóct.} = 0,1318$ ) con lo cual se reafirma la idea que la ocupación de los recursos depende más de las estrategias de las especies, relacionado principalmente con su tipo biológico, que con su origen biogeográfico (diversidad funcional según Holling *et al.*, 1995).

Por su parte, la matriz de correlaciones (Tabla 5.3) sólo presenta una correlación no significativa en el caso de las especies alóctonas y autóctonas, lo cual hace pensar que cualquier efecto se verifica en la riqueza total de especies independiente de su origen biogeográfico. Cabe señalar el alto valor entre la riqueza de especies totales y las autóctonas, lo que es de esperar considerando la dominancia de la riqueza de este tipo de especies a lo largo del gradiente presentado en el Gráfico 5.23.

**Tabla 5.3:** Matriz de correlación para la riqueza de especies según su origen biogeográfico. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.

Variables	Distancia	Autóctona	Alóctona	Total
Distancia	1	<b>0,120*</b>	<b>0,163*</b>	<b>0,164*</b>
Autóctona		1	0,117	<b>0,935*</b>
Alóctona			1	<b>0,461*</b>
Total				1

Test de Pearson. \* = valores significativamente diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

### 5.2.3.1 Riqueza de especies para cada formación vegetacional según origen biogeográfico

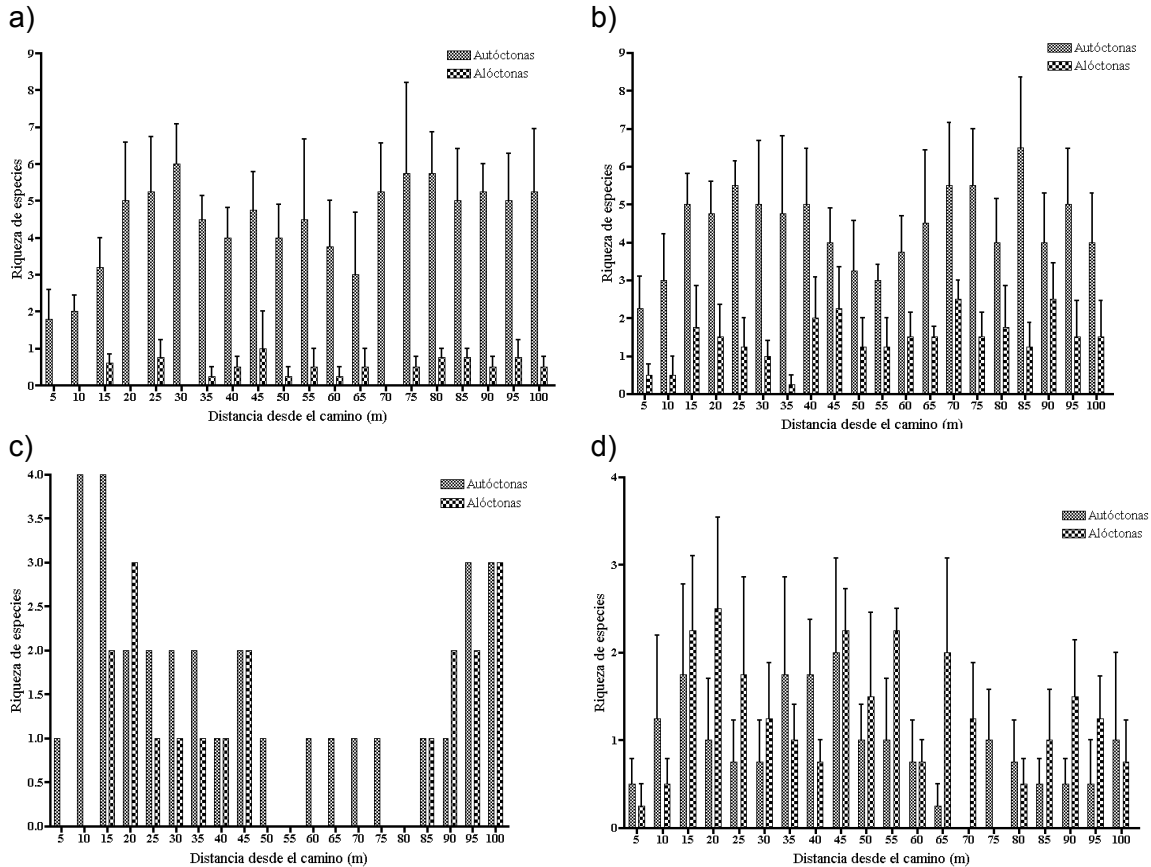
Para el caso de las formaciones de bosques esclerófilo poco denso y muy claro, se observa la dominancia de las especies autóctonas por sobre las alóctonas, destacando el segundo caso (bosque esclerófilo muy claro) por una mayor presencia relativa de las taxa advenas a lo largo de todo el gradiente en comparación con la formación de mayor densidad (bosque esclerófilo poco denso), esto último puede estar relacionado principalmente con la menor disponibilidad de luz bajo el dosel leñoso en el primer tipo de formación, lo cual limitaría el desarrollo de especies alóctonas menores como herbáceas o leñosas bajas más agresivas.

En el caso de la formación de matorral muy claro, se observa una participación similar de los elementos autóctonos versus los alóctonos, alternando en dominancia según el tramo que se observe. Sin perjuicio de lo anterior, el patrón observado en esta formación, para las especies alóctonas, no se ajusta a modelo propuesto en la literatura, sino más bien se registra la dominancia de las especies autóctonas en los primeros 45 metros del gradiente.

A diferencia de lo observado para las otras formaciones vegetacionales, la plantación frutal resulta ser la única formación que presenta dominancia de elementos alóctonos por sobre los autóctonos, sin embargo este resultado es de esperar considerando el origen antrópico de la formación vegetacional, y que la estructura está dominada por un cultivo alóctono (*Prunus dulcis*, almendro).

El Gráfico 5.25 presenta la distribución de la riqueza de especies a lo largo del gradiente del camino, según su origen biogeográfico, para las formaciones de bosque esclerófilo poco denso (Gráfico 5.25.a), bosque esclerófilo muy claro (Gráfico 5.25.b), matorral muy claro (Gráfico 5.25.c) y plantación frutal (Gráfico 5.25.d).

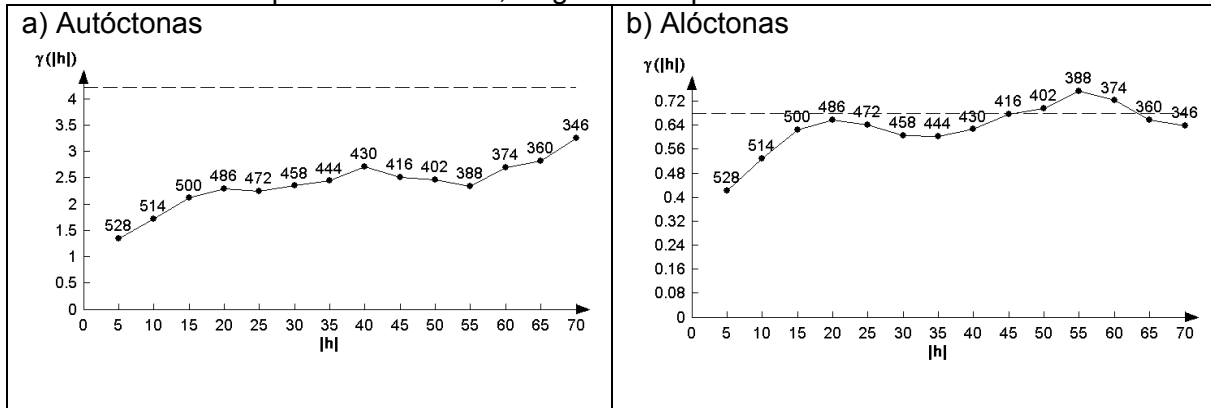
**Gráfico 5.25:** Distribución de la riqueza de especies según su origen biogeográfico a lo largo del gradiente del camino. Valores medios para las formaciones de a), bosque esclerófilo poco denso b) bosque esclerófilo muy claro, c) matorral muy claro, d) plantación frutal. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.



### 5.2.3.2 Dependencia espacial de la riqueza de especies según origen biogeográfico

En el caso de la riqueza de especies por origen biogeográfico, los variogramas experimentales presentan un efecto del camino cercano a los 20 metros (Gráfico 5.26). Sin perjuicio de lo anterior, para ambos casos el desarrollo del variograma no presenta cambios importantes a lo largo de la distancia, tal como se observó en el caso de la riqueza total (Gráfico 5.17).

**Gráfico 5.26:** Variogramas experimentales de la riqueza de especies según tipos biológicos a lo largo del gradiente del camino. a) Autóctonas y b) Alóctonas. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.



#### 5.2.4 Participación de especies según tipo biológico.

En el análisis del segundo componente de la diversidad, la participación de los elementos de la vegetación observada a través de los contactos de los tipos biológicos a lo largo del gradiente del camino, se registra una marcada dominancia del tipo leñoso alto (árboles) muy por sobre los otros tipos biológicos. El patrón que dibuja este tipo, se caracteriza por presentar una mayor concentración de biomasa en torno al camino, sin perjuicio de ello cabe hacer notar la importante variación de los datos en cada tramo, lo que puede radicar en la variación existente entre las formaciones vegetacionales presentes.

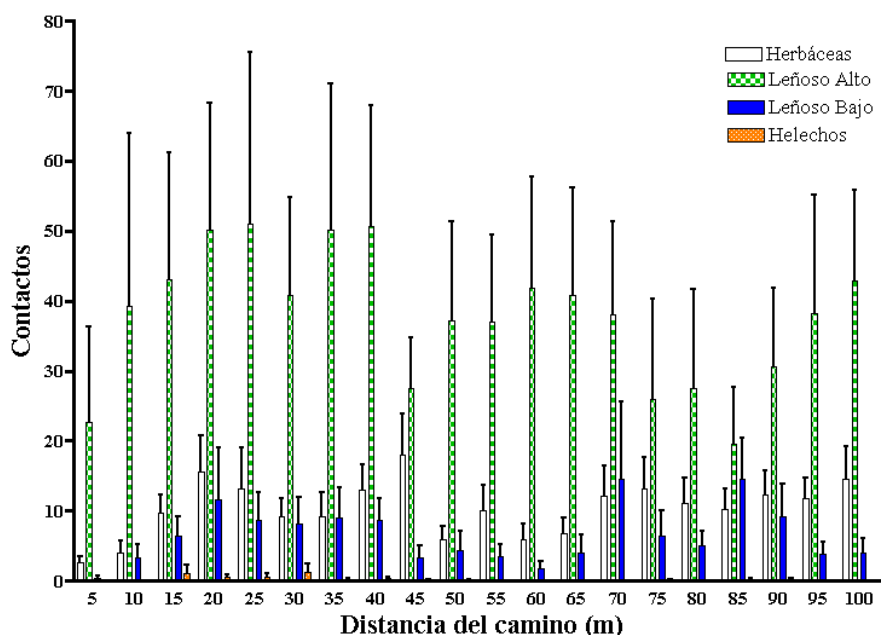
Sin perjuicio de lo anterior, dada las características de este componente de la diversidad, el hecho que la vegetación leñosa alta resulte dominante por sobre los otros tipos no constituye un resultado inesperado, recordando lo señalado en el punto 5.1.2, el aporte específico de un ejemplar arbóreo sin duda es significativamente mayor que el que puede aportar los otros tipos biológicos, esto puede explicar en parte la amplia variación registrada por el tipo en cada tramo del gradiente, ya que sólo basta que un ejemplar de dimensiones significativas esté presente para tener un aporte significativo en la participación del tipo en un tramo de un transecto de alguna formación vegetacional.

Por otro lado, destaca que la participación del tipo herbáceo no se ajusta al modelo teórico esperado, siendo el tipo leñoso alto el que presenta una forma más cercana a lo propuesto en el modelo teórico.

El Gráfico 5.27 presenta el valor medio de todos los transectos por tramo para los cuatro tipos biológicos establecidos, representando además la variación de los contactos registrados en todos los transectos estudiados.



**Gráfico 5.27:** Distribución de la participación de los tipos biológicos a lo largo del gradiente del camino. Valores medios para la todos los transectos. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.



Al igual que lo observado en la matriz de correlaciones para la riqueza de especies según tipo biológico (Tabla 5.2), para el caso de la participación de las especies según el tipo biológico se registran las mismas correlaciones significativas y con el mismo sentido. La Tabla 5.4 presenta la matriz de correlaciones para la participación de especies según el tipo biológico.

**Tabla 5.4:** Matriz de correlación para la participación de especies según los tipos biológicos. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. (H=Herbáceo; Hel= Helechos, LA = Leñoso alto, LB = Leñoso bajo).

Variables	Distancia	H	Hel	LA	LB
Distancia	1	<b>0,133*</b>	-0,102	-0,018	0,053
H		1	-0,005	<b>-0,236*</b>	0,116
Hel			1	<b>0,291*</b>	-0,013
LA				1	-0,012
LB					1

Test de Pearson. \* = valores significativamente diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

#### 5.2.4.1 Participación de los tipos biológicos para cada formación vegetal

Para el caso de las formaciones de bosques esclerófilo poco denso y muy claro, se observa una clara dominancia del tipo leñoso alto, este resultado era de esperar considerando que este tipo biológico es el que define a este tipo de formaciones vegetacionales. Cabe destacar que en estas dos formaciones, se observa que las variaciones en la participación de las especies se registran con cierta sincronía, así es

posible observar que cuando se producen aumentos importantes de un tipo biológico, los otros también registran un aumento en su participación. Este comportamiento podría denotar que para estas formaciones las condiciones que permiten el desarrollo de la cobertura vegetal están dadas por factores externos (perturbaciones) más que por relaciones de competencia entre los tipos biológicos.

En el caso de la formación de matorral muy claro, se observa una participación significativa del tipo herbáceo, esto es en términos relativos ya que al comparar la magnitud de su participación, respecto de los tipos biológicos dominantes en las dos formaciones vegetacionales anteriores, la participación del tipo herbáceo se mantiene en niveles similares a los registrados en las unidades con estrata dominante leñosa alta. Sin duda que este antecedente nuevamente refuerza la idea de la presencia de agentes externos como determinantes de la estructura de la vegetación, ya que la falta de elementos leñosos altos en los niveles superiores de la formación deberían verse reflejados en una mayor participación absoluta de los otros tipos biológicos.

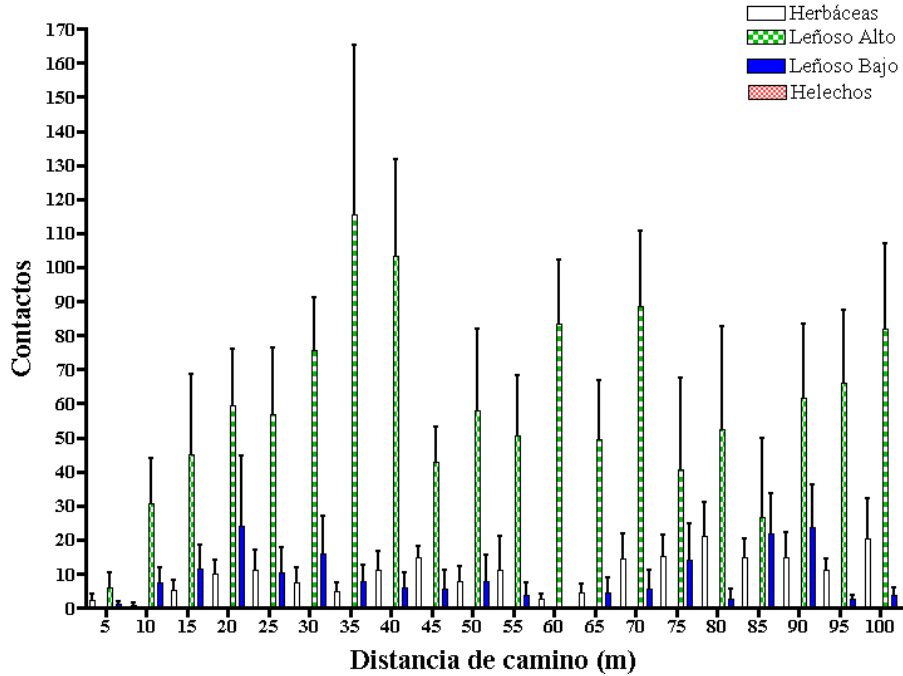
Por su parte, la plantación frutal registra una marcada dominancia del tipo leñoso alto, lo cual es esperable considerando que la estructura está dominada por un cultivo alóctono (*Prunus dulcis*, almendro).

Finalmente, ninguna de las formaciones vegetacionales presenta un comportamiento similar a lo indicado en el modelo teórico, para ninguno de sus tipos biológicos.

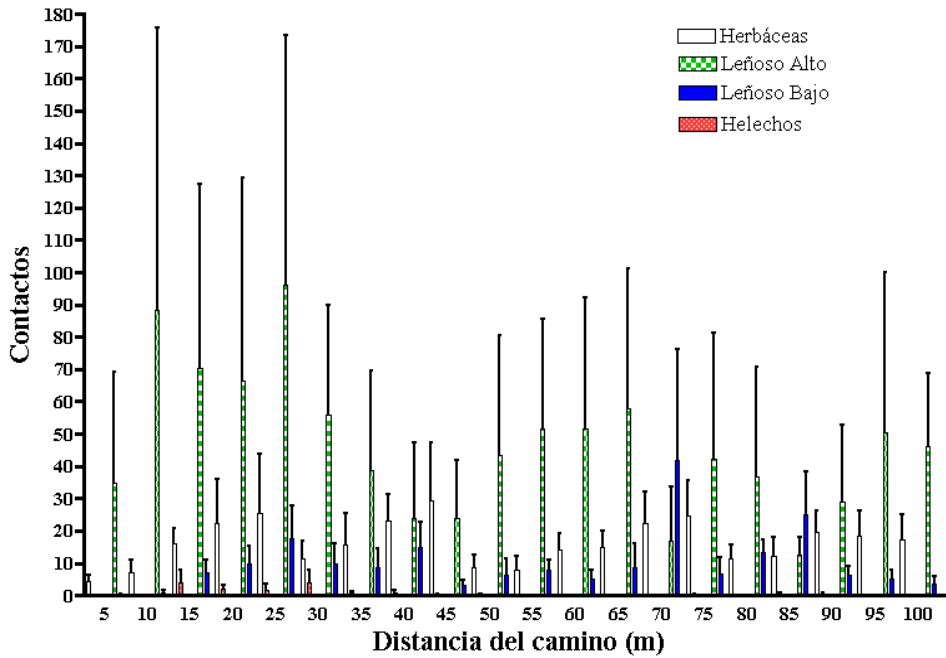
Los Gráficos 5.28 y 5.29 presentan la distribución de la riqueza de especies a lo largo del gradiente del camino, según su origen biogeográfico, para las formaciones de bosque esclerófilo poco denso (Gráfico 5.28.a), bosque esclerófilo muy claro (Gráfico 5.28.b), matorral muy claro (Gráfico 5.29.a) y plantación frutal (Gráfico 5.29.b).

**Gráfico 5.28:** Distribución la participación de las especies según los tipos biológicos a lo largo del gradiente del camino. Valores medios para las formaciones de a) bosque esclerófilo poco denso y b) bosque esclerófilo muy claro. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.

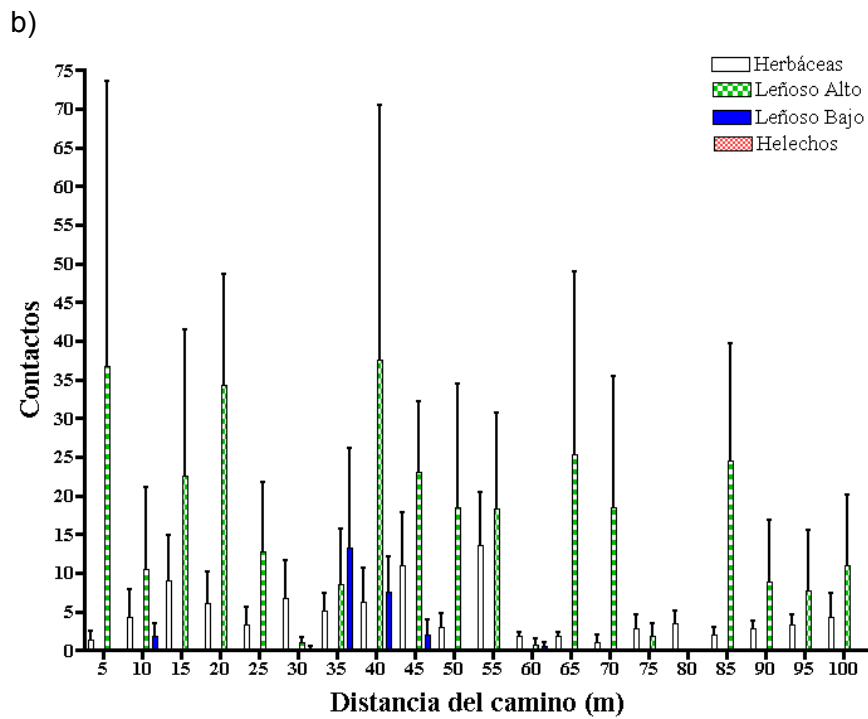
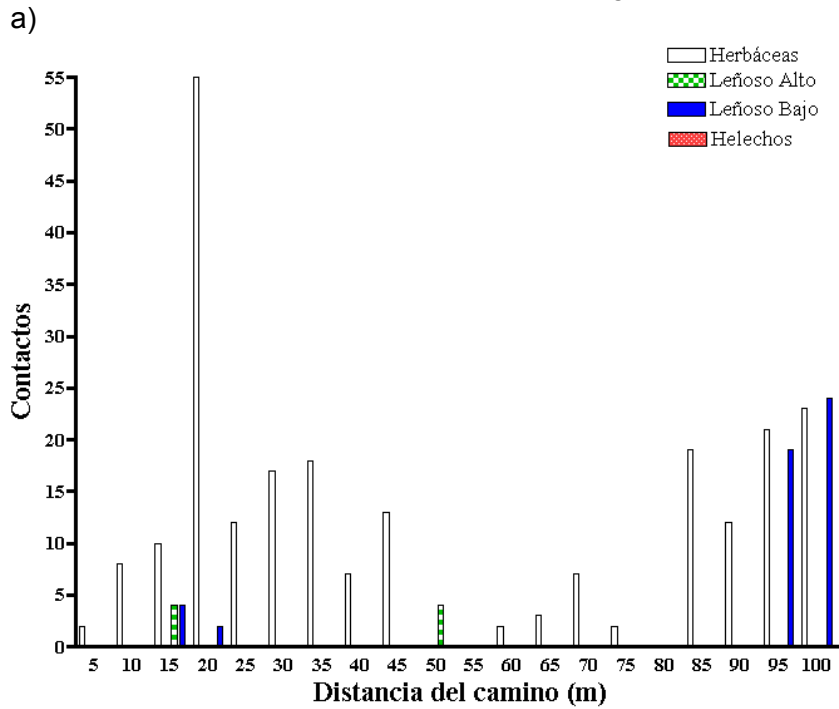
a)



b)



**Gráfico 5.29:** Distribución la participación de las especies según los tipos biológicos a lo largo del gradiente del camino. Valores medios para las formaciones de a) matorral muy claro y b) plantación frutal. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.



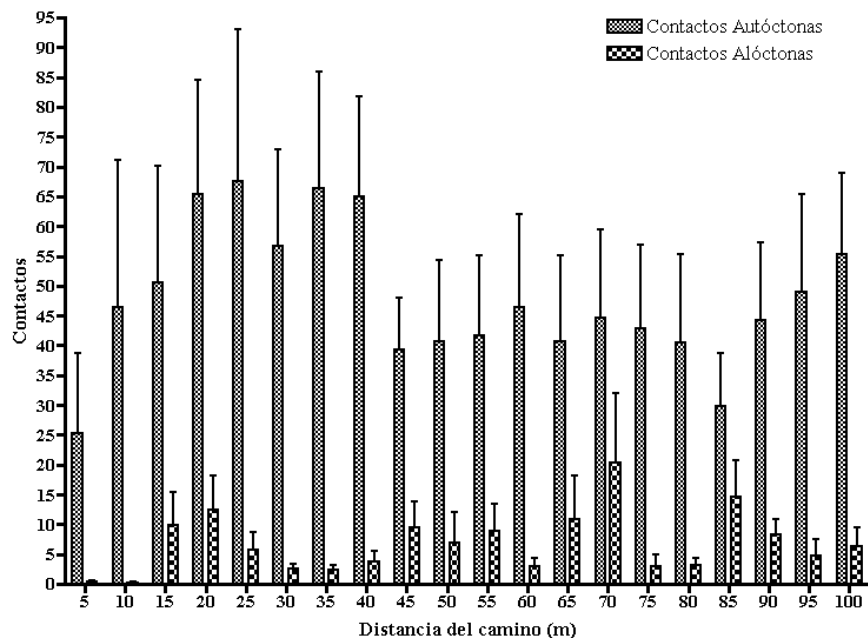
### 5.2.5 Participación de especies según origen biogeográfico.

En la participación de las especies de acuerdo con su origen biogeográfico, se observa la dominancia de los elementos autóctonos por sobre los alóctonos. Este resultado se explica, ya que los ejemplares y especies que presentan mayor aporte a la cobertura vegetal corresponden a entidades nativas como los árboles y arbustos. El patrón que dibuja esta categoría se caracteriza por presentar una mayor concentración de biomasa de entidades autóctonas en los primeros 40 metros del camino, para ir disminuyendo en el gradiente, sin embargo en cada tramo se registra una gran variabilidad interna, lo cual no permite establecer un patrón concluyente de comportamiento.

Destaca que los elementos de origen alóctono no se ajustan al modelo teórico esperado, siendo los de origen autóctono los que presenta una forma más cercana a lo propuesto en el modelo teórico.

El Gráfico 5.30 presenta el valor medio de todos los transectos por tramo para los dos tipos de origen biogeográfico establecidos, representando además la variación de los contactos registrados en todos los transectos estudiados.

**Gráfico 5.30:** Distribución de la participación de las especies según origen biogeográfico a lo largo del gradiente del camino. Valores medios para la todos los transectos. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.



A diferencia de lo registrado para las correlaciones de la riqueza de especies según su origen biogeográfico, en este caso se registran correlaciones significativas sólo en la interacción entre la participación de las especies alóctonas - autóctonas y entre la participación de las especies autóctonas y la participación total. Lo observado puede estar más relacionado con la disponibilidad de recursos para el desarrollo de la vegetación que con el origen biogeográfico de las especies (Tabla 5.5).

**Tabla 5.5:** Matriz de correlación para la participación de especies según su origen biogeográfico. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.

Variables	Distancia	Autóctona	Alóctona	Total de especies
Distancia	1	-0,004	0,091	0,021
Autóctona		1	<b>-0,168*</b>	<b>0,962*</b>
Alóctona			1	0,106
Total de especies				1

Test de Pearson. \* = valores significativamente diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

### 5.2.5.1 Participación de las especies según su origen biogeográfico en cada formación vegetal

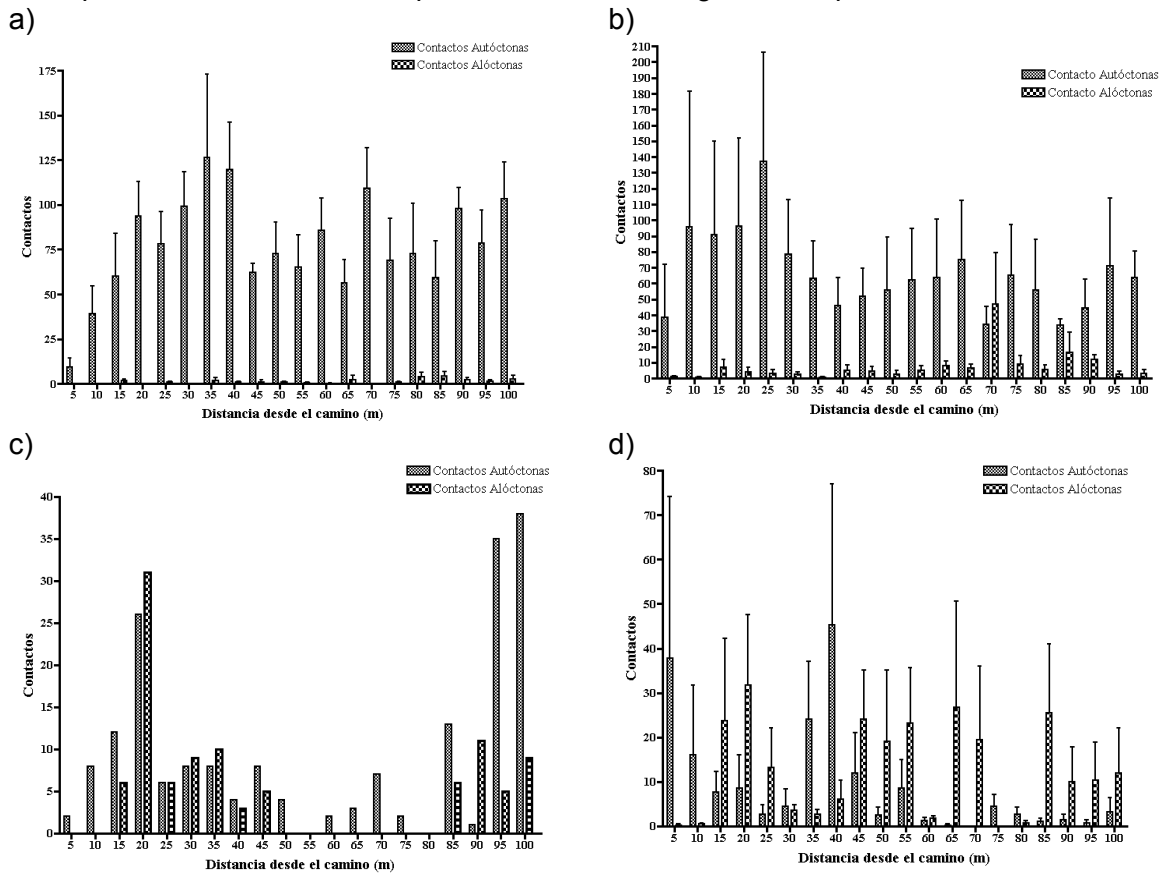
En el caso de las formaciones de bosques esclerófilo poco denso y muy claro, se observa una clara dominancia de las entidades de origen autóctono a lo largo de todo el gradiente. Esto se explicaría por la mayor participación de las especies arbóreas autóctonas que determinan la estructura de la formación vegetal. Independiente de lo anterior, el comportamiento de las entidades alóctonas, al igual que en el caso general, no se asemeja a lo propuesto en el modelo teórico inferido a partir de los antecedentes bibliográficos.

La formación de matorral muy claro y de plantación frutal, presentan un comportamiento distinto a las formaciones anteriores, de éstas llama la atención el matorral ya que dado sus rasgos de mayor naturalidad respecto de la plantación frutal se esperaría dominancia de los elementos autóctonos a lo largo de todo el gradiente. En este caso los elementos alóctonos presentan una mayor participación entre los 15 y 45 metros, comportamiento que se ajusta al modelo esperado, sin embargo el hecho que sólo se realizó un transecto en este tipo de formación no permite generalizar estos resultados, y más bien hacen pensar en que sea un comportamiento puntual.

Por su parte, la plantación frutal registra una mayor participación de los elementos alóctonos a lo largo del gradiente, sin embargo, considerando que la estructura vegetal está dominada por un cultivo alóctono (*Prunus dulcis*, almendro), este patrón resulta esperable, el que además no se ajusta al modelo esperado.

El Gráfico 5.31 presenta la distribución de la riqueza de especies a lo largo del gradiente del camino, según su origen biogeográfico, para las formaciones de bosque esclerófilo poco denso (Gráfico 5.31.a), bosque esclerófilo muy claro (Gráfico 5.31.b), matorral muy claro (Gráfico 5.31.c) y plantación frutal (Gráfico 5.31.d).

**Gráfico 5.31:** Distribución la participación de las especies según los tipos biológicos a lo largo del gradiente del camino. Valores medios para las formaciones de a) bosque esclerófilo poco denso, b) bosque esclerófilo muy claro, c) matorral muy claro y d) plantación frutal. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.



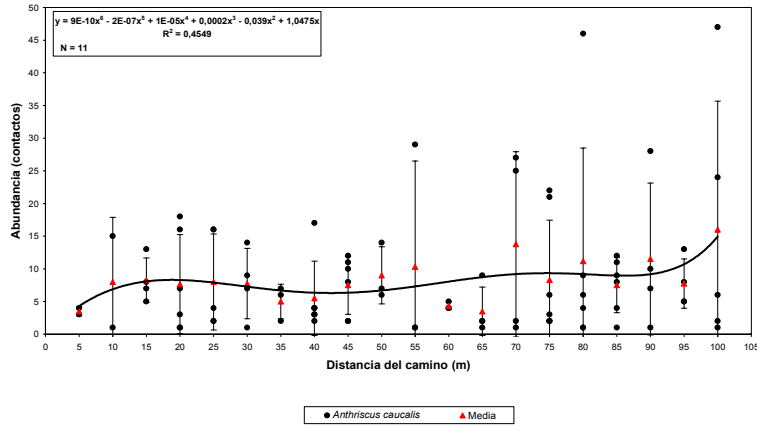
### 5.3 Distribución de las especies invasoras en el gradiente del camino

De acuerdo con lo indicado en el punto 5.1.3, se presentan los resultados para las especies consideradas invasoras: *Anthriscus caucalis*, *Moscharia pinnatifida* y *Vulpia megalura*.

#### 5.3.1 *Anthriscus caucalis*

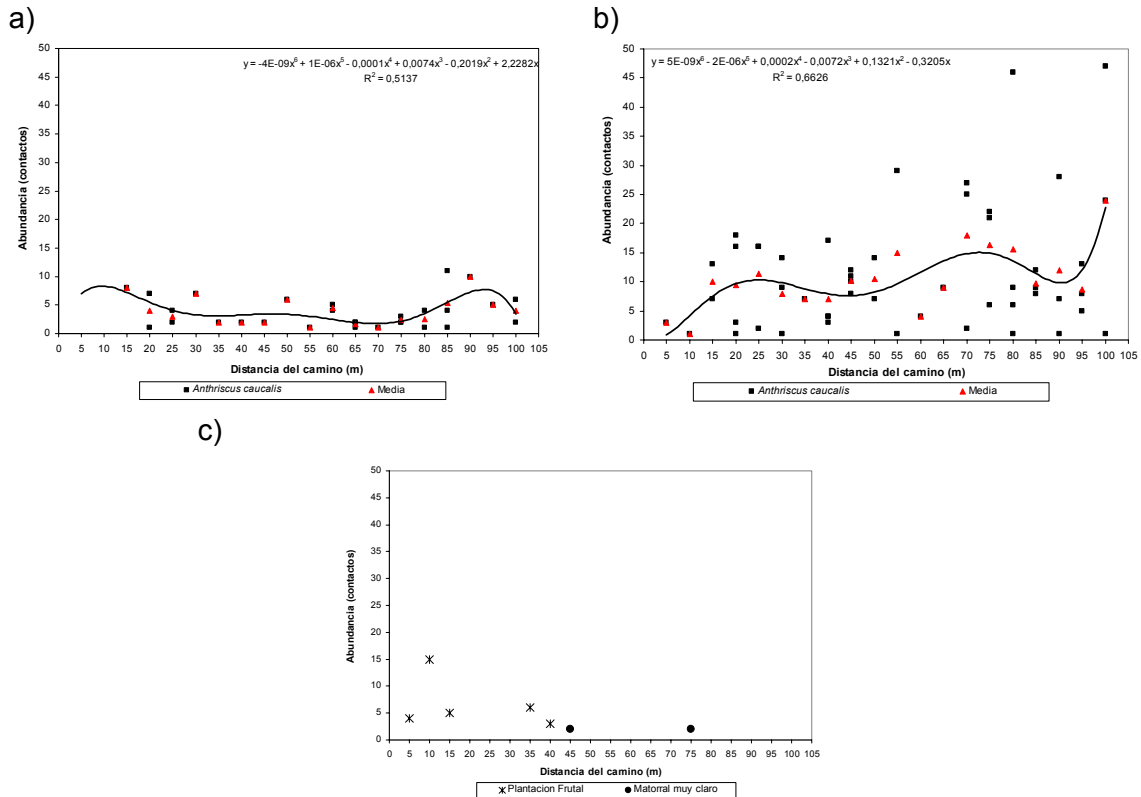
La distribución de los ejemplares de *Anthriscus caucalis* observada en los distintos gradientes, no se ajusta al modelo teórico esperado. En este caso, y considerando todas las formaciones vegetales, un modelo de tipo polinomial de sexto grado es el que presenta mejor grado de ajuste ( $r^2 = 0,4549$ ). El Gráfico 5.32 presenta la distribución general de la abundancia de la especie en todas las formaciones vegetacionales identificadas en el área de estudio.

**Gráfico 5.32:** Distribución de la abundancia de *Anthriscus caucalis* en las formaciones vegetacionales del área de estudio. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.



Al interior de las formaciones vegetacionales, *Anthriscus caucalis* se distribuye a lo largo de todo el gradiente sólo en las formaciones con menor grado de alteración. Junto con ello, la distribución de la especie dentro del gradiente no responde a alguna tendencia clara (Gráfico 5.33).

**Gráfico 5.33:** Distribución de la abundancia de *Anthriscus caucalis* en las formaciones vegetacionales: a) bosque esclerófilo poco denso, b) bosque esclerófilo muy claro, c) matorral muy claro y plantación frutal. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.

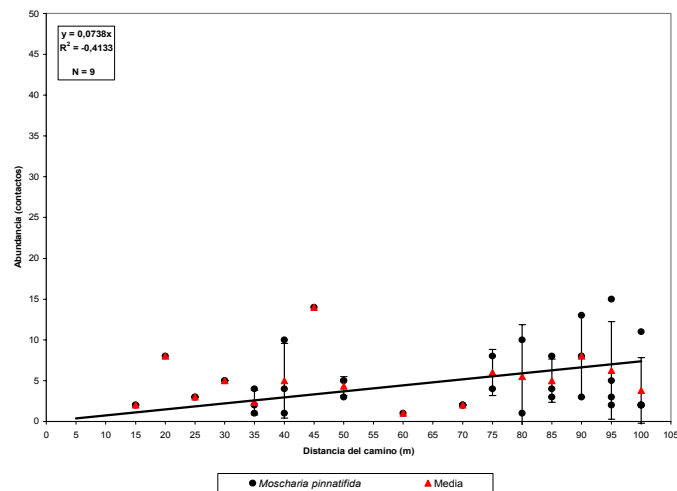




### 5.3.2 *Moscharia pinnatifida*

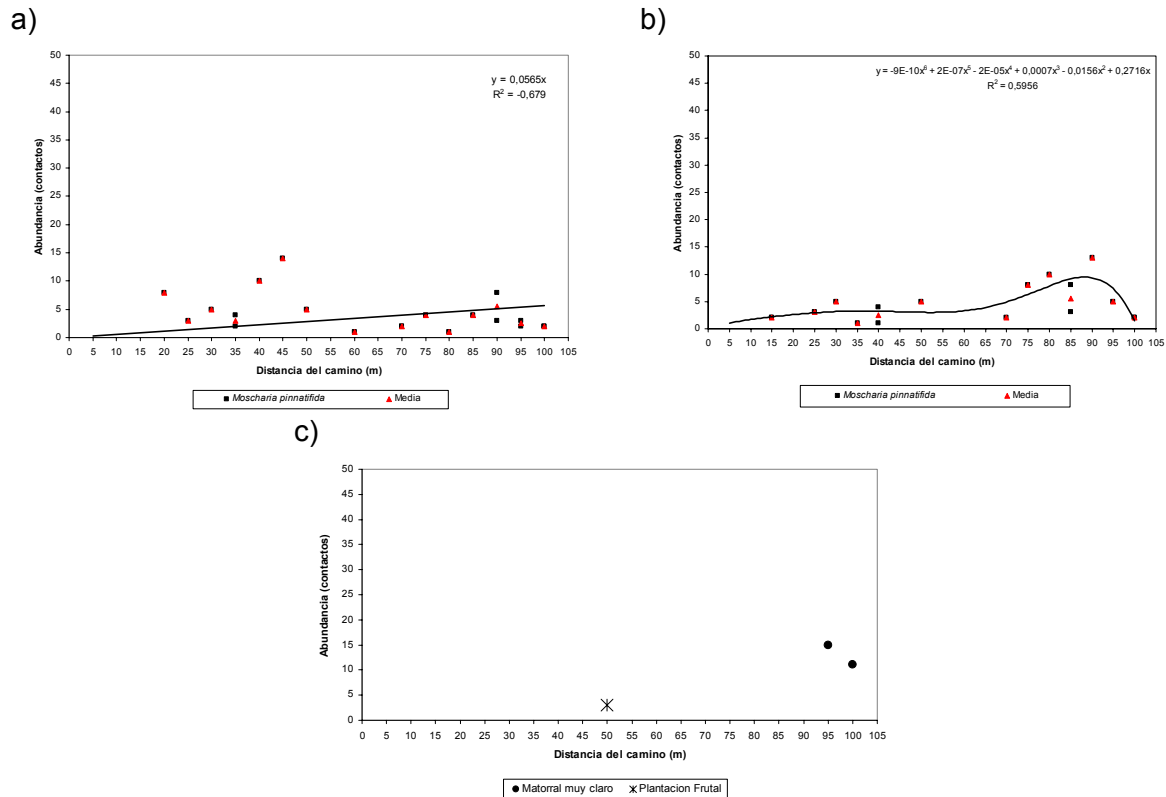
Para el caso de *Moscharia pinnatifida* se observa una distribución contraria a lo propuesto en el modelo teórico esperado, para este caso un modelo de tipo lineal es el que presenta mejor grado de ajuste ( $r^2 = 0,4188$ ), registrándose una mayor concentración de ejemplares hacia el interior de las formaciones vegetacionales, en desmedro del borde del camino. El Gráfico 5.34 presenta la distribución general de la abundancia de la especie en todas las formaciones vegetacionales identificadas en el área de estudio.

**Gráfico 5.34:** Distribución de la abundancia de *Moscharia pinnatifida* en las formaciones vegetacionales del área de estudio. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.



Al observar la distribución de la abundancia de *Moscharia pinnatifida* en las formaciones vegetacionales, se observa que al igual que en el caso anterior, esta sólo se distribuye en las formaciones menos alteradas antrópicamente, y no registra una distribución que denote un efecto del camino (Gráfico 5.35).

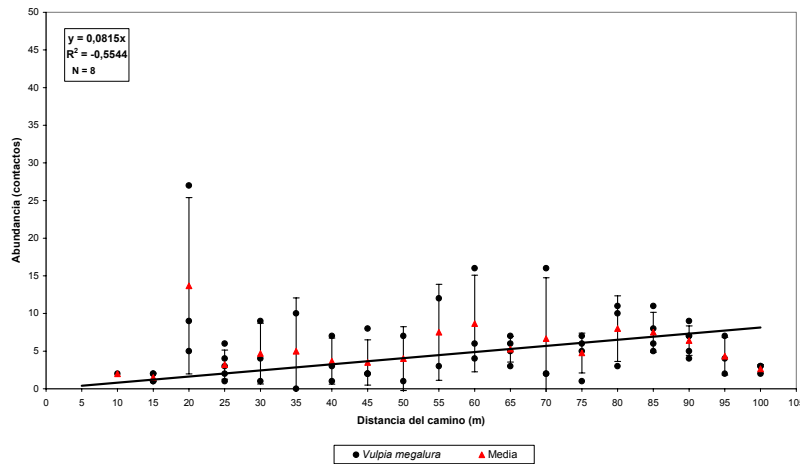
**Gráfico 5.35:** Distribución de la abundancia de *M. pinnatifida* en las formaciones vegetacionales: a) bosque esclerófilo poco denso, b) bosque esclerófilo muy claro, c) matorral muy claro y plantación frutal. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.



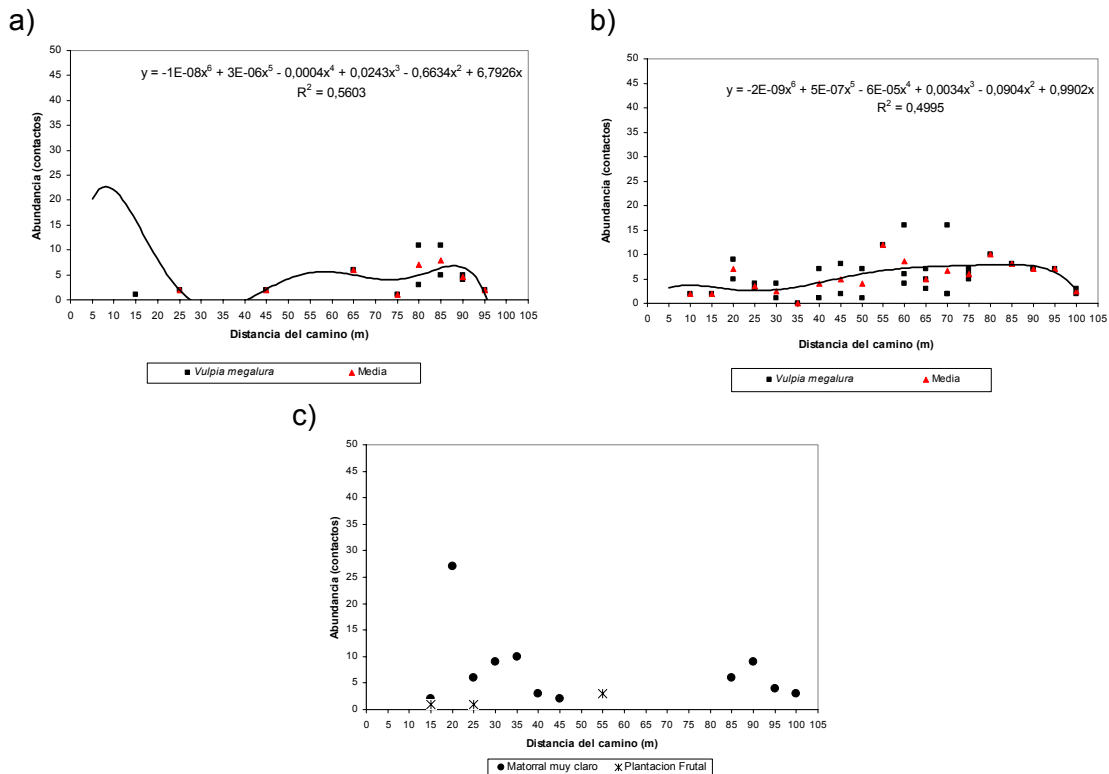
### 5.3.3 *Vulpia megalura*

Para el caso de *Vulpia megalura*, el conjunto de todos los transectos permiten observar un aumento de la abundancia en torno de los 20 metros desde el camino (Gráfico 5.36), para luego disminuir la distribución de la abundancia. Sin perjuicio de esto, esta tendencia no se registra al observar el comportamiento de la distribución en las distintas formaciones vegetacionales (Gráfico 5.37).

**Gráfico 5.36:** Distribución de la abundancia de *V. megalura* en las formaciones vegetacionales del área de estudio. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.



**Gráfico 5.37:** Distribución de la abundancia de *V. megalura* en las formaciones vegetacionales: a) bosque esclerófilo poco denso, b) bosque esclerófilo muy claro, c) matorral muy claro y plantación frutal. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.

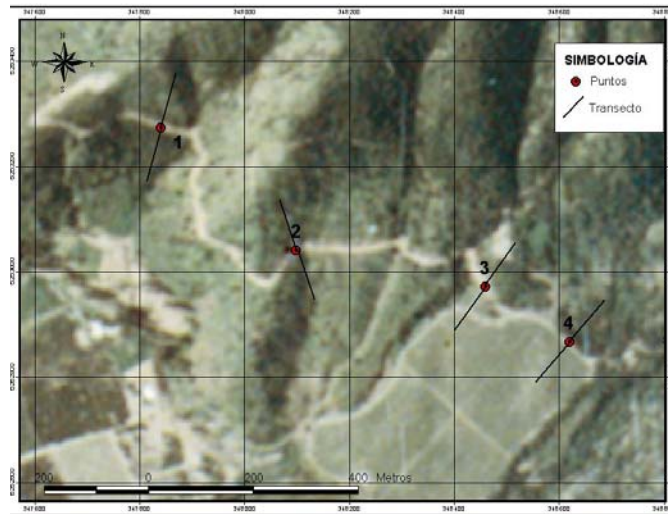


## 5.4 Comportamiento de las variables vegetacionales por transecto

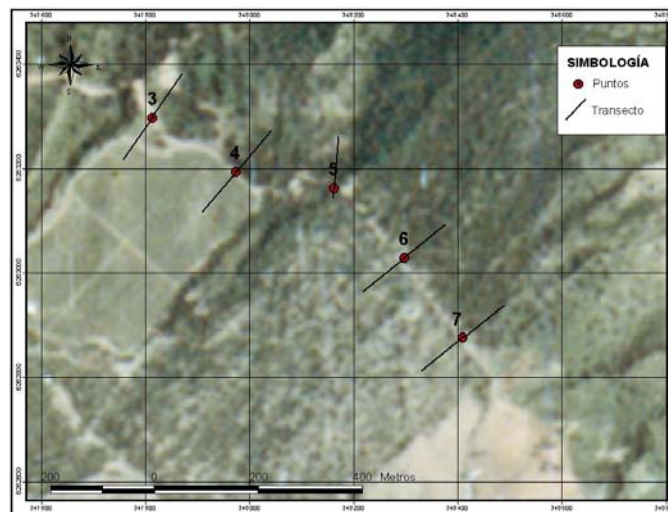
Se presenta el análisis del comportamiento de las variables vegetacionales por cada transecto, el cual se enfocó en la riqueza de especies, la riqueza según origen biogeográfico y según tipo biológico. Junto con esto, la Figura 5.1 presenta la disposición de cada uno de los transectos sobre la fotografía aérea del camino en estudio. Los resultados para la riqueza de especies se presentan en la Figura 5.2, en tanto que para riqueza según origen biogeográfico y según tipo biológico se presentan los resultados en los Gráficos 5.38 al 5.41. Sin perjuicio que la riqueza de especies se una variable discreta, se ha preferido presentar los gráficos con líneas (variable continua) de modo de obtener una mejor visualización de la interacción entre los elementos representados.

**Figura 5.1:** Representación de los distintos transectos dispuestos en el camino en estudio: a) Transecto 1 al 4 y b) Transecto 3 al 7. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002. Coordenadas UTM PSAD-56.

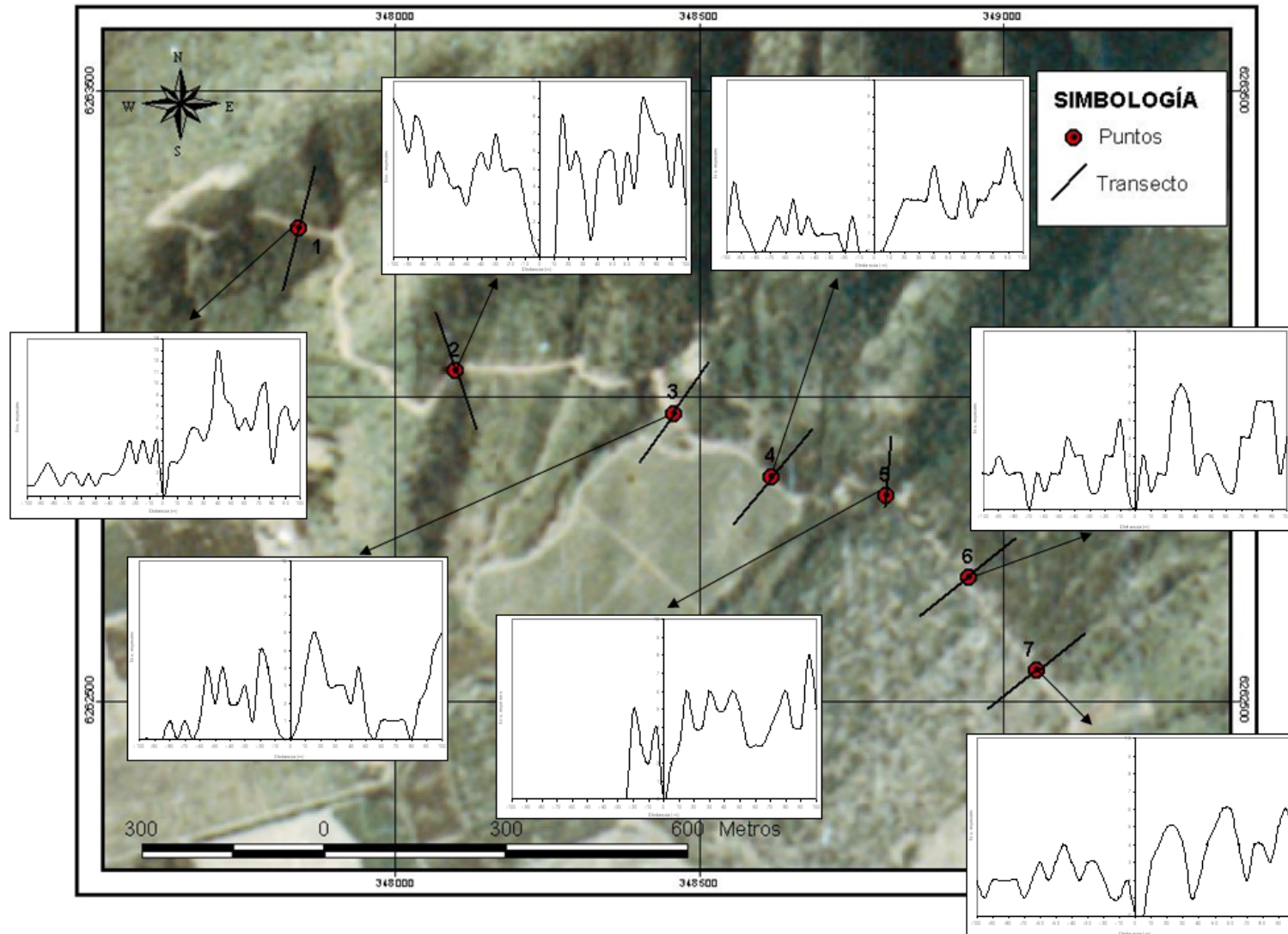
a)



b)

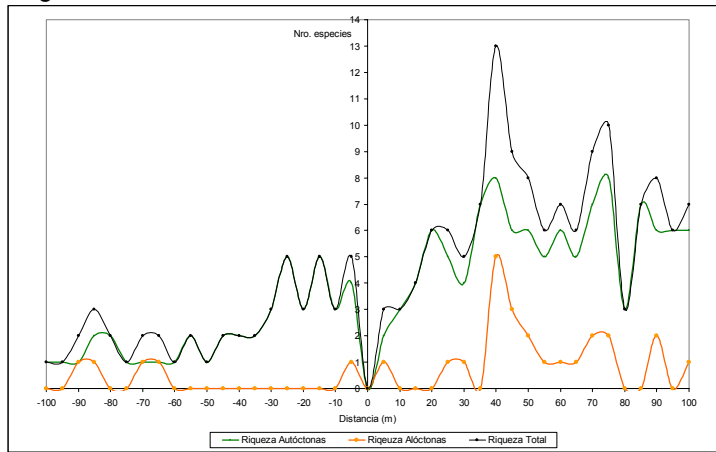


**Figura 5.2:** Representación de la riqueza de especies para los distintos transectos dispuestos en el camino en estudio. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.

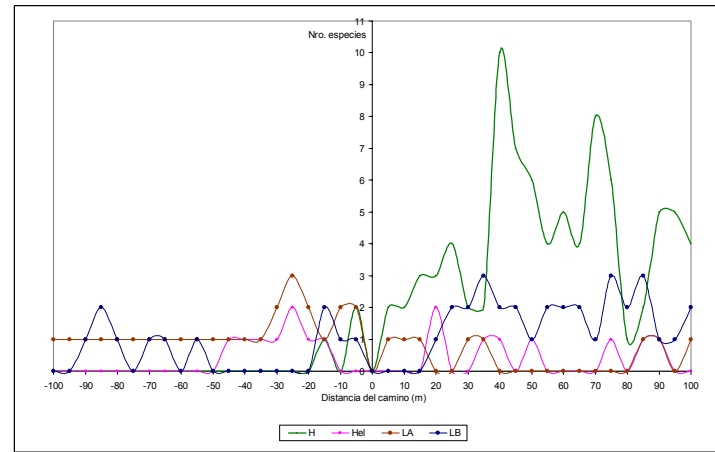


**Gráfico 5.38:** Riqueza de especies según origen biogeográfico para el transecto 1 (a) y transecto 2 (c), y riqueza de especies según tipo biológico para el transecto 1 (b) y transecto 2 (d) en el gradiente de distancia arriba y abajo del camino en estudio. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.

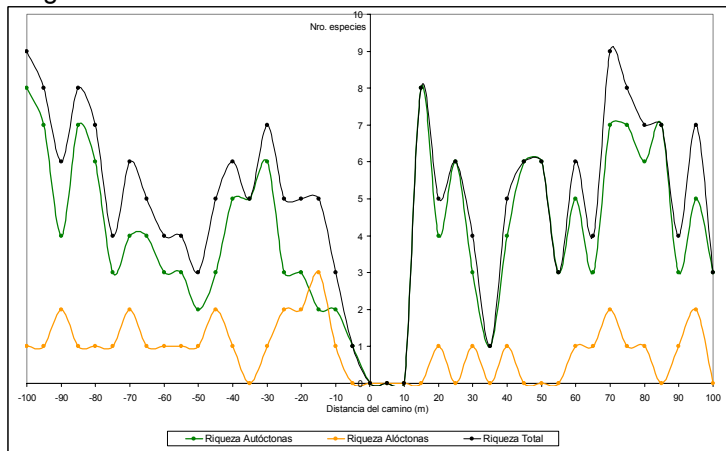
**a) Transecto 1:** Riqueza de especies según origen biogeográfico en el gradiente del camino.



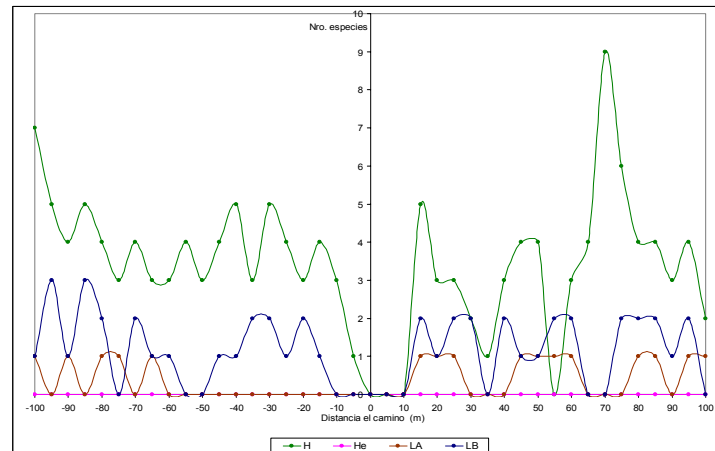
**b) Transecto 1:** Riqueza de especies según forma de vida en el gradiente del camino.



**c) Transecto 2:** Riqueza de especies según origen biogeográfico en el gradiente del camino.

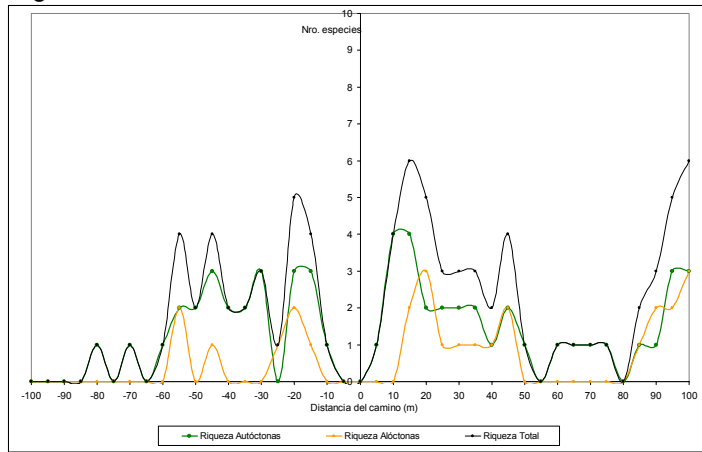


**d) Transecto 2:** Riqueza de especies según forma de vida en el gradiente del camino.

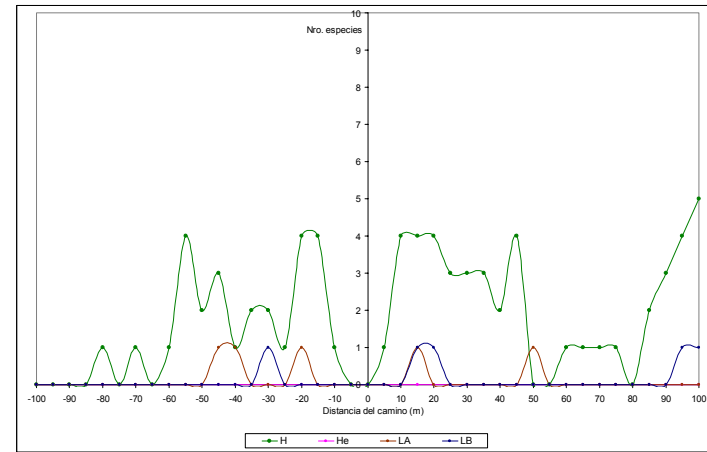


**Gráfico 5.39:** Riqueza de especies según origen biogeográfico para el transecto 3 (a) y transecto 4 (c), y riqueza de especies según tipo biológico para el transecto 3 (b) y transecto 4 (d) en el gradiente de distancia arriba y abajo del camino en estudio. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.

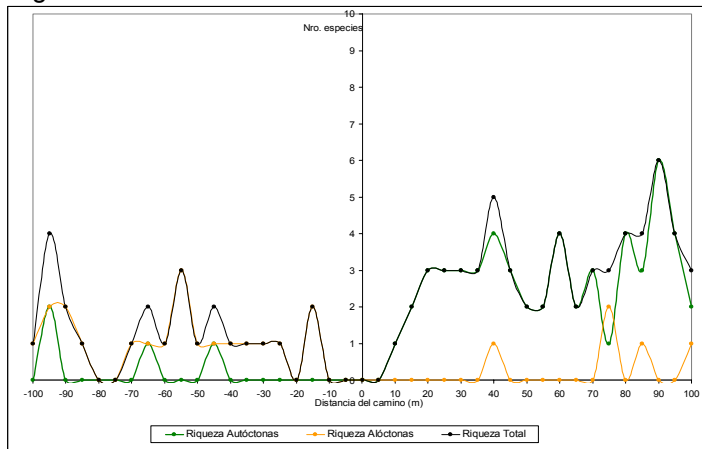
**a) Transecto 3:** Riqueza de especies según origen biogeográfico en el gradiente del camino.



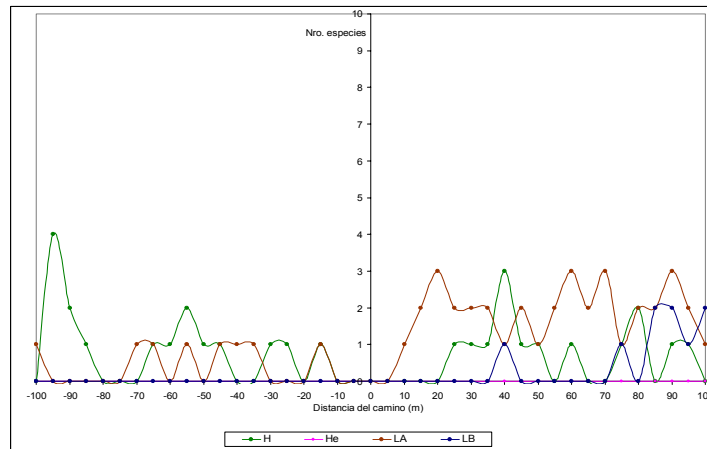
**b) Transecto 3:** Riqueza de especies según forma de vida en el gradiente del camino.



**c) Transecto 4:** Riqueza de especies según origen biogeográfico en el gradiente del camino.

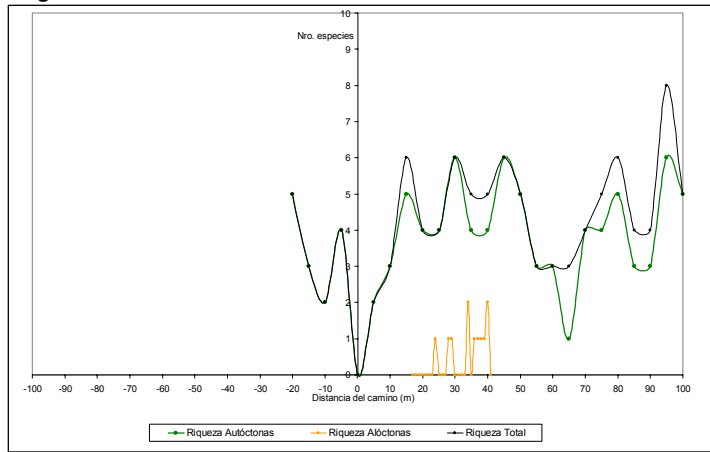


**d) Transecto 4:** Riqueza de especies según forma de vida en el gradiente del camino.

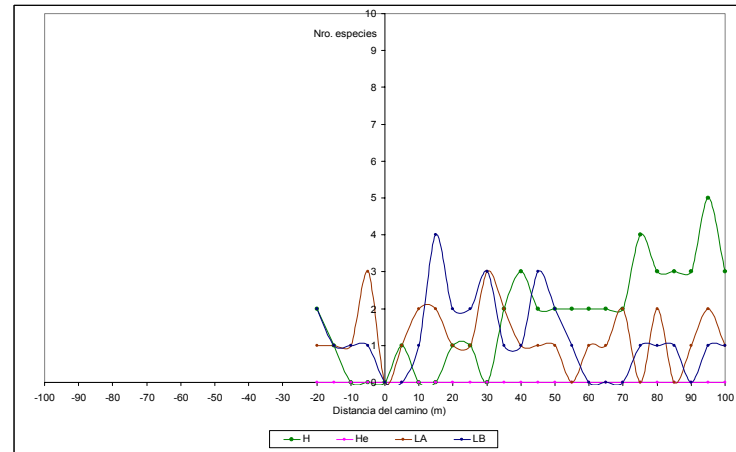


**Gráfico 5.40:** Riqueza de especies según origen biogeográfico para el transecto 5 (a) y transecto 6 (c), y riqueza de especies según tipo biológico para el transecto 5 (b) y transecto 6 (d) en el gradiente de distancia arriba y abajo del camino en estudio. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.

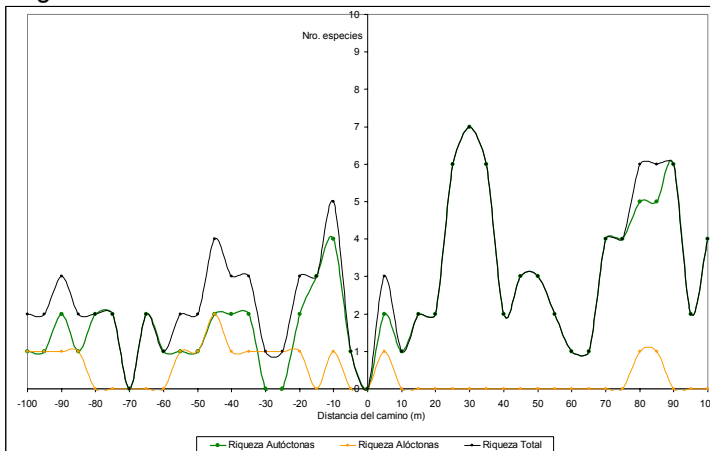
**a) Transecto 5:** Riqueza de especies según origen biogeográfico en el gradiente del camino.



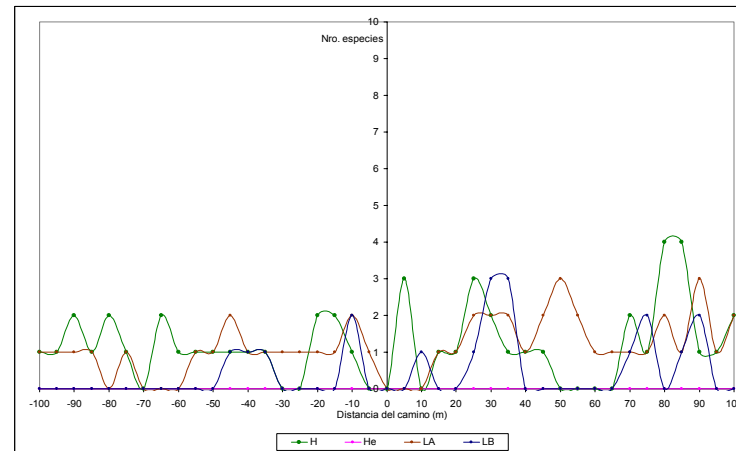
**b) Transecto 5:** Riqueza de especies según forma de vida en el gradiente del camino.



**c) Transecto 6:** Riqueza de especies según origen biogeográfico en el gradiente del camino.



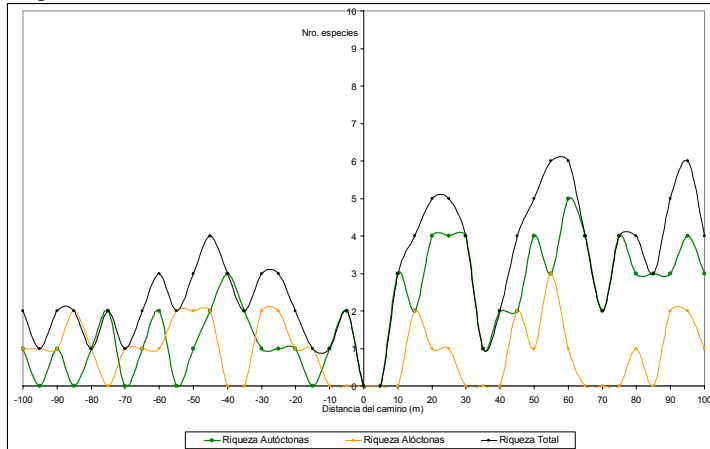
**d) Transecto 6:** Riqueza de especies según forma de vida en el gradiente del camino.



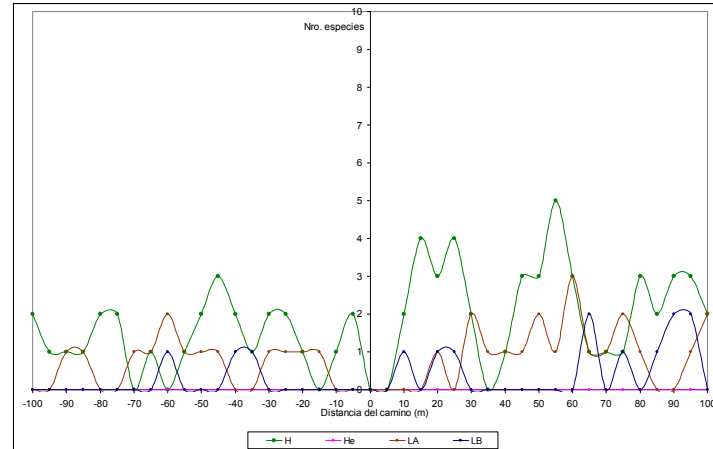


**Gráfico 5.41:** Riqueza de especies según a) origen biogeográfico y b) riqueza de especies según tipo biológico para el transecto 7 en el gradiente de distancia arriba y abajo del camino en estudio. Fundo Aparición de Paine, Región Metropolitana. Enero 2002.

**a) Transecto 7:** Riqueza de especies según origen biogeográfico en el gradiente del camino.



**b) Transecto 7:** Riqueza de especies según forma de vida en el gradiente del camino.



5.	RESULTADOS .....	16
5.1.	Componentes de la vegetación en el área de estudio.....	16
5.1.1	Riqueza de especies .....	16
5.1.2	Participación .....	19
5.1.3	Especies con mayor frecuencia y cobertura .....	20
5.2	Componentes de la vegetación en el gradiente del camino .....	21
5.2.1	Riqueza total de especies .....	21
5.2.2	Riqueza de especies según tipo biológico.....	30
5.2.3	Riqueza de especies según origen biogeográfico.....	34
5.2.4	Participación de especies según tipo biológico. ....	38
5.2.5	Participación de especies según origen biogeográfico. ....	43
5.3	Distribución de las especies invasoras en el gradiente del camino .....	45
5.3.1	<i>Anthriscus caucalis</i> .....	45
5.3.2	<i>Moscharia pinnatifida</i> .....	47
5.3.3	<i>Vulpia megalura</i> .....	48
5.4	Comportamiento de las variables vegetacionales por transecto .....	50

## 6. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para los componentes de la vegetación en el área de estudio, reflejan un ambiente en el cual la dominancia de los elementos autóctonos por sobre los alóctonos, para las componentes riqueza de especies y participación, estarían indicando que aún se mantiene un importante grado de naturalidad. Cabe destacar que la presencia de más de un 30% de especies alóctonas en el total de la flora detectada indicaría que sobre el área se desarrollan actividades de carácter antrópico, las cuales han actuado como vectores para el establecimiento y desarrollo de estas plantas.

El área de estudio se inserta en un ambiente que históricamente ha sido objeto de actividades antrópicas, las cuales son comunes y extensivas para toda el área (Fuentes y Prenafreta, 1988). Su acción a lo largo del tiempo, en una escala de siglos, sería la responsable en la determinación de la presencia y desarrollo de las entidades alóctonas, y en general en la condición actual de la flora y vegetación.

Considerando lo anterior, claramente el camino no es el único responsable de la condición actual de la vegetación en el área, 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.

La conservación de las estratas leñosas altas de especies autóctonas en gran parte del área (Figura 4.3), producen que el aspecto general de la vegetación sea percibida con rasgos de naturalidad. Sin perjuicio de lo anterior, tal como ya se señaló, a nivel de la riqueza de especies se registra una importante proporción de entidades alóctonas, del mismo modo, en la participación se verifica que casi un tercio del total de la cobertura de la vegetación en el área responde a la presencia de especies alóctonas (Gráfico 5.5). A pesar de la importancia que tiene el tipo leñoso alto, compuesto en su mayoría por entidades autóctonas, la proporción de la cobertura de entidades alóctonas, las que en este caso responde principalmente a la plantación de *Prunus dulcis* (almendro), en el total de los transectos, sumado a que cerca del 50% de la participación del tipo herbáceo corresponde a entidades alóctonas, estarían explicando la importante participación de estas taxas en el área.

Todo lo anterior reafirma la idea que el área de estudio ha sido sometida a un conjunto de perturbaciones recurrentes de distinta magnitud, extensión y temporalidad, lo que ha generado una condición para la vegetación en la cual existe una importante participación de entidades alóctonas a nivel de riqueza de especies y cobertura. Los matices que se pueden encontrar, respecto de la riqueza y cobertura vegetal, responderían entonces a condiciones puntuales en las que se han conservado los elementos vegetales estructurantes, estratas leñosas altas principalmente, tal como lo señalan los Gráficos 5.1, 5.2 y 5.3. Destaca la situación de la formación de "matorral muy claro", la cual correspondería a una situación intermedia entre las formaciones arbóreas y la plantación frutal, en esta se registra una participación de las especies alóctonas en casi un 50% del total de su flora, esto se explicaría en la dominancia que tiene el tipo herbáceo, el que además, para este caso, está compuesto principalmente por entidades exóticas. Junto con esto, esta formación sólo cuenta con un transecto para su descripción, con lo cual puede que esta condición responda a una situación puntual del área evaluada más que a una generalidad de la formación.

## 6.1 Componentes de la vegetación en el gradiente

La considerar el conjunto de los datos, la distribución de la riqueza de especies en el gradiente de distancia del camino, no presentan una clara tendencia (Gráfico 5.6). Por su parte, al graficar las medias y la dispersión es posible identificar una tendencia en los datos, la que sin embargo no se ajusta a la respuesta esperada a partir de los antecedentes bibliográficos (Figura 2.1). La respuesta esperada debería generar un patrón de respuesta para la riqueza total de especies, en la cual se debería registrar un aumento considerable de esta variable para un tramo cercano al camino, respecto de su comportamiento en el resto del gradiente, sin embargo este no se observó claramente al considerar el conjunto de datos, ni al agruparlos según las formaciones vegetacionales discriminadas. Si bien es cierto, para todos los casos señalados se registra un aumento de la riqueza de especies en un tramo cercano al camino, este no resulta significativo dentro del gradiente, y ninguno de los modelos que presentaron un mejor ajuste se asimila al modelo teórico propuesto a partir de los antecedentes bibliográficos.

En los transectos evaluados, se registra un aumento de la riqueza de especies en una franja entre los 0 y 20 metros desde el camino, considerando que no hay otro elemento que genere perturbaciones, este efecto sería producto de la remoción de la cubierta vegetal por la construcción y mantención del camino, y la posterior colonización de los espacios libres por los elementos vegetacionales del entorno (Longsdale 1999). Luego de esta franja, la riqueza de especies es menor.

Considerando lo anterior, se puede asumir que el aumento de la riqueza en una franja de 20 metros en torno al camino, es producto del efecto de intervención de este. Esto respaldaría en parte la hipótesis que la mayor riqueza de una comunidad estaría dada en sectores con niveles medios de perturbación (Connell 1978, Lubchenco 1978). Del mismo modo, la disminución de la riqueza de especies en la medida que el gradiente se aleja del camino, hace pensar que este efecto va disminuyendo hacia el interior de la formación vegetal. El mismo patrón señalado, se observa a nivel de todos los transectos, como al agruparlos en las formaciones vegetacionales identificadas en el área de estudio.

Después de los primeros 20 metros, la distribución de la riqueza de especies en el gradiente del camino se presenta de manera heterogénea, respondiendo principalmente a las características y rasgos internos de la formación vegetal. Con lo cual el efecto del camino sobre las formaciones vegetacionales presentes en el área, respecto de la riqueza total de especies, se circunscribiría a los primeros 20 a 25 metros. Este valor resulta superior a lo encontrado para masas forestales en Wisconsin (Watkins *et al.*, 2003), donde efectos sobre la riqueza de especies se verificaron entre los 5 y 15 m del camino, pero inferior a lo establecido por Gelbard y Belnap (2003), quienes identifican claramente un área de 50 m a partir del camino, como área de efectos significativos en la riqueza de especies exóticas y nativas, para cuatro tipos de caminos adyacentes a pastizales, matorrales y bosques semiáridos al sur de Utah en Estados Unidos.

Los variogramas experimentales para la riqueza de especies en todos los transectos (Gráfico 5.17) y para cada formación vegetal (Gráfico 5.18), refuerzan la idea que el camino sólo genera un efecto en los primeros 10 a 25 metros, dependiendo del tipo de formación. Los efectos sobre la riqueza de especies en las formaciones adyacentes al camino en estudio, se verifican dentro del área potencial de efecto borde de acuerdo con lo señalado por Saunders *et al.* (2002), quien establece que los efectos bordes generados por caminos pueden ser verificados en una distancia de hasta 10 veces el ancho del

camino, de este modo, se podrían verificar en una distancia hasta de 60 metros aproximadamente, la que en este caso alcanzó menos de la mitad de dicha distancia máxima.

Llama la atención la depresión y posterior recuperación registrada, en la riqueza de especies, para todos los transectos en torno a los 50 metros del gradiente. Este mismo patrón se registra a nivel de formación, salvo en el caso del bosque esclerófilo muy claro, sin embargo si en esta formación sólo se observan las medias y la distribución nuevamente se registra esta baja y posterior recuperación. Al parecer este comportamiento es producto de la distribución interna de los individuos vegetales, la Figura 5.1 que presenta la proyección de los transectos sobre la fotografía aérea no refleja claramente la presencia de claros importantes en los gradientes, salvo en el caso de los transectos 3 (arriba y abajo del camino) y 5 (arriba del camino). Por su parte, los variogramas experimentales (Gráfico 5.18) reflejan la importante heterogeneidad para esta variable que existe al interior de cada formación. Al analizar la nube de datos y el comportamiento individual de cada transecto (punto 5.4), no se registra claramente el patrón observado para su media. Con esto, el patrón observado puede responder a la influencia del tamaño muestral, el que no permite capturar adecuadamente la variación interna de la formación vegetal, en este caso sería recomendable aumentar el número de transectos y el largo de ellos.

En lo referente a la respuesta de la riqueza de especies según el tipo biológico para el conjunto de transectos, nuevamente no se registra un comportamiento claro atribuible a un posible efecto del camino. Lo mismo se verifica al analizar el comportamiento de la riqueza de especies según el tipo biológico en cada formación vegetal. Al parecer, el comportamiento de esta variable está más relacionada con la interacción entre los tipos biológicos, los que en la práctica pueden generar condiciones ambientales favorables o desfavorables para el establecimiento y desarrollo de un tipo u otro, esto es lo que se verificaría en la matriz de correlaciones entre el tipo leñoso alto y el pteridófito, y entre el leñoso alto y las herbáceas respectivamente (Tabla 5.2). Al observar las correlaciones para la participación de cada tipo biológico, se repite lo registrado para la riqueza de especies (Tabla 5.4), lo cual apoyaría la idea de la interacción entre los tipos biológicos en términos de generar condiciones ambientales particulares.

La idea anterior es lo que motiva la propuesta de manejo para los bordes de los caminos formulada por Cadenasso y Pickett (2001). Considerando los resultados del presente estudio respecto de la riqueza de especies por tipo biológico en el gradiente del camino, se podría recomendar que cualquier esfuerzo para controlar el establecimiento y desarrollo de especies herbáceas invasoras pasaría por mantener y potenciar la presencia de la estrata leñosa alta en los bordes del camino, de modo que se generen condiciones desfavorables para su establecimiento.

Del mismo modo que en las variables anteriores, para la riqueza de especies según su origen biogeográfico a lo largo del gradiente del camino, el patrón de respuesta para las especies alóctonas no responde al modelo teórico presentado en la Figura 2.1. Por otro lado, llama la atención que no exista correlación significativa entre la riqueza de las especies autóctonas y alóctonas a lo largo del gradiente, sino que las correlaciones significativas se registren entre ambos tipos de especies y la distancia, y entre el total de especies y las autóctonas y alóctonas por separado. En este sentido, los antecedentes sugieren que la distribución de las especies al interior de las formaciones responde más a

la disponibilidad de recursos y a la capacidad de las especies en aprovecharlos y establecerse (invasibilidad *sensu* Longsdale, 1999), más que a su origen biogeográfico.

Al momento de analizar la distribución de la participación de las especies según su origen biogeográfico, nuevamente se registra una marcada dominancia de los elementos autóctonos por sobre los alóctonos a lo largo de todo el gradiente. A diferencia de lo observado en el caso de la riqueza de especies según origen biogeográfico, en este caso se registra una correlación significativa de carácter negativo entre las especies autóctonas y alóctonas. Considerando que la participación de las especies autóctonas es producto principalmente de aporte de las especies leñosas altas (árboles) y que las especies alóctonas son en gran medida entidades herbáceas, esto entrega otro antecedente que apoya la idea que la interacción entre las especies responde en cierta medida a las condiciones ambientales que generan las estratas dominantes.

El hecho que no se verifique que el camino genere un efecto sobre la distribución de la riqueza de especies alóctonas sugiere dos cosas: una que el camino no actúa como vector de distribución de especies alóctonas, o que su presencia no promueva un mayor desarrollo de las mismas. En este sentido, ambas situaciones hacen pensar que el pool de especies del área es el mismo que el del ambiente en el cual se inserta, es decir que no llegan nuevas especies por efecto de un vector, y que las interacciones de competencia por recursos entre ellas se encuentran en equilibrio. Considerando la distribución registrada para las especies alóctonas con rasgos invasores, las cuales tampoco presentan un patrón de acuerdo con lo esperado a partir de los antecedentes bibliográficos, se sugiere que los factores que definen la distribución de este tipo de especies en el área de estudio actúan a un nivel espacial más macro y ejercen un efecto de control mayor que el que puede inducir el camino.

## **6.2 Distribución de las especies**

Las tres especies invasoras analizadas se presentan a lo largo de todo el gradiente, sin denotar una interacción o efecto del camino en su distribución al interior de las formaciones vegetacionales.

Lo anterior sugiere que, la distribución de estas especies está determinada por factores más amplios espacial y temporalmente que aquellos que pueden ser determinados por el camino, y al respecto el camino no constituye un elemento significativo en su distribución.

En lo referente a la distribución de las especies en las distintas formaciones vegetacionales, el bajo registro constatado en la plantación frutal para los tres casos responde principalmente al control de competencia en la plantación mediante la aplicación de herbicidas y controles mecánicos. El alto grado de intervención que registra la cubierta vegetal en el área del transecto que describe la formación de matorral muy claro, eventualmente explicaría la baja presencia registrada por las tres especies en el gradiente de esta formación. Finalmente, el hecho que la distribución de las especies en las otras dos formaciones no responde al patrón esperable producto del efecto del camino, sino más bien que existirían otros factores que la explicarían entregan nuevos antecedentes respecto de la idea que el camino no constituye un elemento significativo en la distribución puntual de las especies invasoras en el área de estudio.

### 6.3 Efecto de la posición del transecto en relación al camino

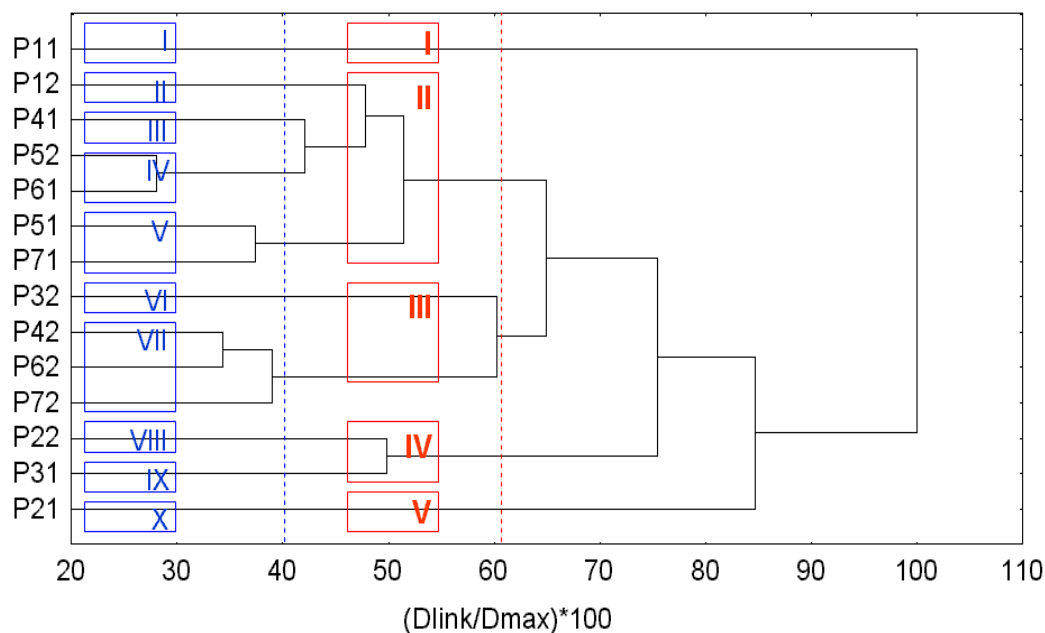
Al observar los antecedentes presentados en el punto 5.4, respecto del comportamiento de la riqueza de especies en cada transecto sobre y bajo el camino, se registra una importante heterogeneidad entre los transectos, la cual obviamente responde a la presencia de distintas formaciones vegetacionales.

Sólo en el caso de la formación vegetal de “bosque esclerófilo muy claro”, se registran transectos a ambos lados del camino. Al respecto, los gráficos muestran una importante heterogeneidad en la respuesta a ambos lados del camino, la que al parecer no estaría dada por el camino mismo sino más bien por las características internas de la vegetación.

Considerando que los criterios para la definición de las formaciones vegetacionales en el área de estudio responde principalmente a los aspectos fisonómicos de las mismas, y por lo tanto depende en gran medida del observador, es que resulta factible que los elementos con los cuales se haya establecido la clasificación no permitan discriminar a una escala apropiada los límites de cada una de ellas. Si lo anterior ocurriese, es de esperar que las situaciones representadas por los transectos evaluados presentaran una gran dispersión y por lo tanto una varianza importante, cosa que sí se constata al observar la dispersión de los datos para cada formación vegetal.

En relación con lo anterior, si el criterio de discriminación de las formaciones no hubiese sido el apropiado, y por lo tanto aún se podría establecer un nuevo orden de clasificación de las formaciones, ya sea en el agrupamiento o en el número de grupos presentes. Con este objeto, se realizó un análisis de conglomerados (Vivanco 1999), el cálculo se realizó con el módulo de Cluster Analysis del programa STATISTICA, utilizando el algoritmo de *ligamento promedio* (Unweighted pair-group average, UPGA), en el cual la distancia entre dos conglomerados (clusters) es calculado como la distancia promedio entre todos los pares de objetos en dos conglomerados diferentes. Por su parte, como índice de similitud se utilizó el porcentaje de disimilitud, utilizando como variable de cálculo la presencia de las especies. La Figura 6.1 presenta el dendrograma resultante para la clasificación de los todos los transectos del área de estudio.

**Figura 6.1:** Dendrograma calculado a partir del porcentaje de disimilitud, para los transectos en el Fundo Aparición de Paíne, Región Metropolitana. Enero 2002.



Los resultados del dendrograma reflejan que sólo el caso de los transectos correspondientes a la formación de “bosque esclerófilo muy claro” (P11, P12, P21 y P22) no se agrupan a ningún nivel, en el caso del “bosque esclerófilo poco denso” (P41, P51, P52, P61 y P71) y en la “plantación frutal” (P32, P42, P62 y P72) se agrupan a distintos niveles. Finalmente, para el caso del “matorral muy claro” este se agrupa con el transecto bajo el camino del punto 2 (P22).

Considerando que sólo la formación de “bosque esclerófilo muy claro” presentó importantes diferencias respecto de su clasificación fisonómica, este resultados puede radicar en que los criterios utilizado por el clasificador no pudieron discriminar a un nivel adecuado las diferencias para dichas situaciones vegetacionales. Para el resto de las formaciones, el criterio de clasificación y agrupamiento utilizado fue el adecuado.

#### 6.4 Diseño muestral

El diseño muestral consideró la implementación de transectos desde el camino hacia el interior de la formación vegetal adyacente, este respondió a la necesidad de evaluar la respuesta de las variables vegetacionales en un gradiente de distancia respecto del camino. Al finalizar la presente evaluación, es posible señalar que este diseño presenta varios inconvenientes, tanto en lo práctico, al momento de coleccionar la información, como en los tipos y alcances de los análisis que con ella se pueden realizar.

Desde el punto de vista práctico, el diseño muestral implementado para la toma de información en terreno requiere un importante esfuerzo por parte de quien colecta los datos, ya que al tratarse de transectos, hay que sortear la topografía y la cubierta vegetal para procurar mantener la dirección del transecto. Junto con esto, el método implementado corresponde a una adecuación de la metodología point-quadrat, con lo que



en cada punto dentro del transecto, un metro en este caso, las lecturas resultan lentas producto que cada una de ellas corresponde al registro de las intersecciones respecto de un jalón, el que además es bastante engorroso de trasladar en los sectores con coberturas vegetales del tipo leñoso alto sobre el 20%.

Con respecto de los alcances de la información que entrega el diseño implementado, en términos generales este responde a los requerimientos de la presente memoria, sin embargo, desde el punto de vista espacial, los resultados permiten sólo hacer análisis en el eje del transectos, lo cual corresponde sólo a una dimensión del espacio (distancia). Dado que es prácticamente imposible determinar las coordenadas geográficas de cada punto de lectura, no es posible aplicar técnicas geoestadísticas de análisis que permitan visualizar el comportamiento de las variables y sus relaciones espaciales.

Considerando lo anterior, y con miras a entregar antecedentes a futuros estudios relacionados a la temática presentada por esta memoria, al momento de diseñar el muestreo se sugiere considerar aspectos prácticos como los recursos y tiempo disponibles y necesarios para el levantamiento de la información en terreno y su posterior tabulación y manejo. De este modo, se considera que haber implementado un muestreo en base a puntos o parcelas de área fija convenientemente distribuidas, al interior de las cuales se registre la participación porcentual de cada especie, igualmente podría haber respondido a los requerimientos del presente estudio. Del mismo modo, dependiendo de la distribución espacial de estas parcelas, tanto en número como en ubicación, permitiría implementar otros análisis geoestadísticos tendientes a identificar relaciones espaciales ya que se contaría con información en puntos ubicados en un espacio coordinado.

<b>6.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>56</b>
6.1	COMPONENTES DE LA VEGETACIÓN EN EL GRADIENTE .....	57
6.2	DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES .....	59
6.3	EFFECTO DE LA POSICIÓN DEL TRANSECTO EN RELACIÓN AL CAMINO .....	60
6.4	DISEÑO MUESTRAL.....	61

## 7. CONCLUSIONES

A partir de los antecedentes aportados por la presente memoria, se puede concluir:

- En las condiciones del paisaje heterogéneo y constantes perturbaciones antrópicas en las cual se inserta el área de estudio, se constató que el camino genera un efecto sobre los componentes de la vegetación riqueza y participación de especies, produciendo un aumento de estas variables en una distancia comprendida entre los 0 y 25 metros. Sin perjuicio de lo anterior, la magnitud de este efecto guarda relación con el tipo de formación vegetal afectada por el camino.
- El efecto indicado es el producto de la remoción de la cubierta vegetal por la construcción y mantención del camino, y la posterior colonización por la vegetación de los espacios libres. Más allá de la distancia señalada (25 metros), el desarrollo de la riqueza de especies respondería principalmente a los rasgos internos de cada una de las cuatro formaciones vegetales identificadas para el área, en términos de los factores que han modelado su estructura y a la interacción entre las especies presentes.
- Por su parte, la distribución interna de la riqueza y participación de especies según el tipo biológico y origen biogeográfico, respondería principalmente a la interacción entre los tipos biológicos, los que en la práctica pueden generar condiciones ambientales particulares las cuales resultan favorables o desfavorables para el establecimiento y desarrollo de las especies presentes. Esto se verificó principalmente entre los tipos biológicos leñosos altos (árboles), los helechos y las herbáceas. El primero genera condiciones apropiadas para el desarrollo de los helechos, y restricciones para el desarrollo de las herbáceas, junto con esto, en el área de estudio, la participación de la estrata leñosa alta está relacionada principalmente con el aporte de las especies autóctonas, en tanto que la participación de las especies herbáceas está aportada principalmente por taxa alóctonas.
- El hecho que no se verifique que el camino genere un efecto sobre la distribución de la riqueza y participación de las especies alóctonas sugiere dos cosas: una que el camino no actúa como vector de distribución de este tipo de especies, o que su presencia no promueva un mayor desarrollo de las mismas. En este sentido, ambas situaciones hacen pensar que el pool de especies del área es el mismo que el del ambiente en el cual se inserta, es decir que no llegan nuevas especies por efecto de un vector, y que las interacciones de competencia por recursos entre ellas se encuentran en equilibrio. Considerando la distribución registrada para las especies alóctonas con rasgos invasores, las cuales tampoco presentan un patrón de acuerdo con lo esperado a partir de los antecedentes bibliográficos, se sugiere que los factores que definen la distribución de este tipo de especies en el área de estudio actúan a un nivel espacial y temporal más amplio y ejercen un efecto de control mayor que el que puede inducir el camino.
- Respecto de las especies con rasgos de invasoras presenten en el área de estudio (*Anthriscus caucalis*, *Moscharia pinnatifida* y *Vulpia megalura*), no se registró un efecto directo del camino sobre el patrón de distribución de ninguna de ellas. Los antecedentes sugieren que su distribución está determinada por factores más amplios espacialmente que aquellos que pueden ser determinados por el camino, y al respecto

el camino no constituiría elemento significativo en la determinación de la distribución local de las especies, tengan estos rasgos invasores o no.

- Considerando los dos puntos anteriores, en el paisaje heterogéneo y con constantes perturbaciones antrópicas en las cual se inserta el área de estudio, el camino no genera patrones significativos de distribución para las especies invasoras, sino más bien que la distribución de este tipo de especies respondería a los factores que actúan en un nivel espacial mayor que afectarían a toda la formación vegetacional.
- Considerando los resultados del presente estudio respecto de la riqueza y participación de especies por tipo biológico y origen biogeográfico en el gradiente del camino, se podría recomendar que cualquier esfuerzo para controlar el establecimiento y desarrollo de especies herbáceas invasoras pasaría por mantener y potenciar la presencia de la estrata leñosa alta en estos 25 primeros metros desde el borde del camino, de modo que se generen condiciones desfavorables para su establecimiento.

7. CONCLUSIONES..... 63

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Allen, C. R., R. S. Lutz y S. Demarais. 1995. Red imported fire ant impacts on northern bobwhite populations. *Ecological Applications* 5: 632-638.
- Amor, R.L. y P.L. Stevens. 1976. Spread of weed from a roadside into sclerophyll forest at Bartmouth, Australia. *Weed Research* 16: 111-118.
- Auebach, N.; M. Walker y D. Walker. 1997. Effects of roadside disturbance on substrate and vegetation properties in arctic tundra. *Ecological Applications* 7(1): 218-235.
- Billings, W. D. 1994. Ecological impacts of cheatgrass and resultant fire on ecosystems in the western Great Basin. pp. 22-30 in *Proceedings - Ecology and Management of Annual Rangelands*. S. B. Monsen and S. G. Kitchen eds. INT-GTR-313. USDA Forest Service. Intermountain Research Station.
- Bonham, C.D. 1989. *Measurements for terrestrial vegetation*. John Wiley & Sons. 337 p.
- Cadenasso, M.L. y S.T.A. Pickett. 2001. Effect of edge structure on the flux of species into forest interior. *Conservation Biology* 15: 91-97.
- Clements, F.E. 1916. *Plant successions: an analysis of the development of vegetation*. Carnegie Inst. Washington Publ. N°242.
- Collins, B.S., K.P. Dunne y S.T.A. Pickett. 1985. Response of forest herbs to canopy gaps: 217-234. En: Pickett, S.T.H. y P.S. White. (eds.) 1985. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press. New York.
- CONAF, CONAMA, BIRF. 1999. *Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Nacional con Variables Ambientales*. Disponible en: <http://www.conaf.cl/html/estadisticas/nacional.pdf>.
- Connell, J.H. 1978. Diversity on tropical rain forest and coral reef. *Science* 199: 1302-1310.
- Dale, V.; S. Beyeler y B. Jackson. 2002. Understory vegetation indicators of antropogenic disturbance in longleaf pine forest at Fort Benning, Georgia, USA. *Ecological Indicators* 1 (1): 155-170.
- Davis, M.A., Wrage, K.J. y Reich, P.B. 1998. Competition between tree seedlings and herbaceous vegetation: support for a theory of resource supply and demand. *Journal of Ecology* 86: 652-661.
- Denslow, J.S. 1980. Patterns of plant species diversity during succession under different disturbance regimes. *Oecologia* 46: 18-21
- Denslow, J.S. 1985. Disturbance-mediated coexistence of species: pp 307 - 323. En: Pickett, S.T.H. y P.S. White. (eds.) 1985. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press. New York.

- Donoso, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina: Variación, estructura y dinámica. Tercera edición. Edit. Universitaria. Santiago, Chile. 484 p.
- Dukes, J.S. y Mooney, H.A. 1999. Does global change increase the success of biological invaders? *Trends in Ecology and Evolution* 14: 135-139.
- Etienne M y Contreras D. 1981. Cartografía de la Vegetación y sus aplicaciones en Chile. Bol. Téc. N°46. Fac. Cs. Agrarias y Forestales, Univ. Chile 27 p. 10 cartas
- Etienne M. y Prado C. 1982. Descripción de la vegetación mediante la Carta de Ocupación de Tierras. Publicaciones Misceláneas N°9. Fac. Cs. Agrarias y Forestales, U. de Chile.
- Forman, R.T. 1995. Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press.
- Forman, R.T. y L.E. Alexander. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29: 207-231.
- Forman, R.T. y M. Godron. 1986. Landscape ecology. John Wiley & Sons. New York.
- Fuentes, E. y S. Prenafeta. 1988. Ecología del paisaje en Chile central. Estudios sobre sus espacios montañosos. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 125 p.
- Gelbard, J.L. y J. Belnap. 2003. Roads as conduits for exotic plant invasions in a semiarid landscape. *Conservation Biology* 17(2): 420-432.
- GraphPad Software Inc. 2003. Prism 4.0 para windows. Trial version disponible en [www.graphpad.com](http://www.graphpad.com).
- Godefroid S. y N. Koedam. 2004. The impact of forest paths upon adjacent vegetation: effects of the path surfacing material on the species composition and soil compactation. *Biological Conservation* 119: 405-419.
- Grime, J.P. 1977. Evidence of the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist* 111: 1169-1194.
- Gucinski, H., M.J. Furniss, R.R. Ziemer y M.H. Brookes (eds.). 2000. Forest Roads: a synthesis of scientific information. United States Department of Agriculture Forest Service. 117 p.
- Hill W. y C.M. Pickering. 2006. Vegetation associated with different walking track types in Kosciuszko alpine area, Australia. *Journal of Environmental Management* 78: 24 – 34.
- Kourtev, P. S., J. G. Ehrenfeld y W. Z. Huang. 1998. Effects of exotic plant species on soil properties in hardwood forests of New Jersey. *Water, Air and Soil Pollution* 105: 493-501.

- Human, K. G. y D. M. Gordon. 1997. Effects of Argentine ants on invertebrate biodiversity in northern California. *Conservation Biology* 11: 1242-1248.
- INE. 2003. Resultados finales Censo 2002. Disponible en <http://www.censo2002.cl>
- Isaaks, E. y R. Srivastava. 1989. An Introduction to applied geostatistics. Oxford University Press, Oxford. 561 p.
- Lacey, J. R., C. B. Marlow y J. R. Lane. 1989. Influence of spotted knapweed (*Centaurea maculosa*) on surface runoff and sediment yield. *Weed Technology* 3: 627-631.
- Lonsdale, W.M. 1999. Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. *Ecology* 80: 1522-1536.
- Lubchenco, J. 1978. Plant species diversity in a marine intertidal community: importance of herbivore food preference and algal competitive abilities. *American Naturalist* 112: 23-39.
- Matteucci, S. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Monografías Científicas, Serie de Biología N°23. OEA. Washington D.C. 168 p.
- Matthei, O. 1995. Manual de las malezas que crecen en Chile. Universidad de Concepción. 545 p.
- Margalef, R. 1995. Ecología. 8va. Edición. Ediciones Omega. Barcelona. 951 p.
- Marticorena, C. y M. Quezada. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana* 42, 1-2: 1-157.
- Ministerio de Obras Públicas. 2001. Manual de Carreteras. Volumen 2: Procedimientos de Estudios Viales. Dirección General de Obras Públicas, Dirección de Vialidad.
- Monsen, S. B. 1994. The competitive influences of cheatgrass (*Bromus tectorum*) on site restoration. pp. 43-50 in *Proceedings Ecology and Management of Annual Rangelands*. S. B. Monsen and S. G. Kitchen, eds. INT-GTR-313. USDA Forest Service. Intermountain Research Station.
- Mourelle, C. y E. Escurra. 1997. Differentiation diversity of Argentine cacti and its relationship to environmental factors. *Journal of Vegetation Science* 8: 547-558.
- Navas, L.E. 1979. Flora de la cuenca de Santiago. Tomo III. Ediciones Universidad de Chile. 509 p.
- Pannatier, Y. 1994. Variowin 2.0. Guía del Usuario. Instituto de Mineralogía y Petrografía. Universidad de Lausanne. Suiza.
- Parendes L.A. y J.A. Jones. 2000. Role of light availability and dispersal in exotic plant invasion along roads and streams in the H. J. Andrews experimental forest, Oregon. *Conservation Biology* 14: 64-75.



- Pauchard A. y P. Alaback. 2004. Influence of elevation, land use, and landscape context on patterns of alien plant invasions along roadsides in protected areas of south-central Chile. *Conservation Biology* 18: 238-248.
- Pauchard A. y P. Alaback. 2006. Edge type defines alien plant species invasions along *Pinus contorta* burned, highway and clearcut forest edge. *Forest Ecology and Management* 223: 327-335.
- Pimental, D., Lach, L., Zuniga, R. y Morrison, D. 2000. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *Bioscience* 50: 53-65.
- Porter, S. D. y D. A. Savignano. 1990. Invasion of polygyne fire ants decimates native ants and disrupts arthropod community. *Ecology* 71: 2095-2106.
- Randall, J. M. y M. Rejmanek. 1993. Interference of bull thistle (*Cirsium vulgare*) with growth of ponderosa pine (*Pinus ponderosa*) seedlings in a forest plantation. *Canadian Journal of Forest Research* 23: 1507-1513.
- Richerson, R. y K.-L. Lum. 1980. Patterns of plant species diversity in California: relation to weather and topography. *American Naturalist* 116: 504-536.
- Reid, J. y R. Landivar. 1997. Consecuencias Económicas y Biológicas de la Construcción de Caminos en las Tierras Bajas de Bolivia: Un Método de Evaluación Rápida. Documento Técnico 53 /1997. Proyecto BOLFOR. La Paz, Bolivia. 29 p y anexo.
- Sauders S., M.R. Mislivets, J. Chen y D.T. Cleland. 2002. Effects of roads on landscape structure within nested ecological units of the Northern Great Lakes Region, USA. *Biological Conservation* 109: 209 – 225.
- Siegenthaler, S., B. Jackes, S. Turton y M. Goosem. 2000. Edge Effects of Roads and Powerline Clearings on Rainforest Vegetation: pp. 46-64. En: Goosem, M. y S. Turton (Eds.) *Impacts Of Roads & Powerlines On The Wet Tropics Of Queensland World Heritage Area. Report 2 Wet Tropics Management Authority and Rainforest CRC - James Cook University, Cairns Campus.*
- Trombulak, S.C. y Frissell. C.A. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14: 18 – 30.
- Vitousek, P.M., D'Antonio, C.M., Loope, L.L. y Westbrooks, R. 1996. Biological invasions as global environmental change. *American Scientist* 84: 468-478.
- Vivanco, M. 1999. Análisis estadístico multivariantes. Teoría y práctica. Colección Textos Universitarios. Edit. Universitaria. Santiago. Chile. 234 p.
- Watkins, R. Z., J. Chen, J. Pickens y K. D. Brososke. 2003. Effects of forest roads on understory plants in a managed hardwood landscape. *Conservation Biology* 17: 411-419.

- Wicklowsky, M. C. 1994. Mycorrhizal ecology of shrub-steppe habitat. pp. 207-210 in Proceedings Ecology and Management of Annual Rangelands. S. B. Monsen and S. G. Kitchen eds. INT-GTR-313. USDA Forest Service. Intermountain Research Station.
- White P.S. y S.T.A. Pickett 1985. Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. Pp 3 – 13. En Pickett, S.T.A. y P.S. White. (eds.) The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press. New York.
- Woods, K. D. 1993. Effects of invasion by *Lonicera tatarica* L. on herbs and tree seedlings in four New England forests. American Midland Naturalist 130: 62-74.

8. BIBLIOGRAFÍA..... 65

## Anexo 1

**Tabla A.1-1:** Tabla fitosociológica bruta de las especies detectadas por formación vegetal en los transectos establecidos en el área de estudio. La escala de coberturas se estableció de acuerdo con al escala de cobertura-abundancia de Braun-Blanquet (Mueller-Dombois y ElleMBERG 1974).

Especie	Bosque esclerófilo muy claro				Bosque esclerófilo poco denso					Matorral	Plantación frutal				TB*	Origen**
	1.1	1.2	2.1	2.2	4.1	5.1	5.2	6.1	7.1	3.1	3.2	4.2	6.2	7.2		
<i>Acacia caven</i>				2		2	2	2	2	1	2		1		LA	A
<i>Adiantum chilense</i> var. <i>hirsutum</i>	+														PT	A
<i>Adiantum excisum</i>	+	+													PT	A
<i>Adiantum sulphureum</i>	+	+													PT	A
<i>Aira caryophyllea</i>		+													H	E
<i>Alonsoa meridionalis</i>	+	+	1			+			+						H	A
<i>Alstroemeria ligtu</i>						+									H	A
<i>Anthriscus caucalis</i>	1		1	2	1	2	2	2	2	1			1	1	H	E
<i>Aristotelia chilensis</i>				1											LB	A
<i>Avena barbata</i>			+						+						H	E
<i>Baccharis paniculata</i>				+						1					LB	A
<i>Bowlesia uncinata</i>	1														H	A
<i>Briza minor</i>	1		+	1		+			+	+					H	E
<i>Bromus berteroi</i>	1		3	2					+	+	2	3			H	A
<i>Calandrinia compressa</i>										1					H	A
<i>Calceolaria sp.</i>			+												H	A
<i>Cardamine alsophila</i>	1		+												H	A
<i>Carduus pycnocephalus</i>										1					H	E
<i>Centaurea melitensis</i>											2				H	E
<i>Cerastium arvense</i>												1			H	E
<i>Cerastium fontanum</i>	+		+							+					H	E
<i>Cestrum parqui</i>		+							+				+		LB	A
<i>Clarkia tenella</i>										+			+	+	H	A
<i>Conyza sp.</i>			+	1											H	A
<i>Crassula erecta</i>												2		+	H	E
<i>Cryptocarya alba</i>	2	4		2	3	2	2	3	4				3		LA	A
<i>Deschampsia caespitosa</i>				+		+									H	A
<i>Dioscorea humifusa</i>			+												H	A
<i>Echium vulgare</i>											+				H	E
<i>Escallonia pulverulenta</i>	+														LB	A
<i>Eupatorium glechonophyllum</i>	1														LB	A
<i>Eupatorium salvia</i>	2	+	+		+	2	1	1							LB	A
<i>Euphorbia ovalifolia</i>								+			2	2	1	1	H	E
<i>Galium aparine</i>	+			+		+				+					H	E

\* Tipo Biológico = H : herbáceo; LA : leñoso alto; LB : leñoso bajo; PT : Pteridófito.

\*\* Origen biogeográfico = A : especie autóctona; E : especie exótica



Especie	Bosque esclerófilo muy claro				Bosque esclerófilo poco denso					Matorral	Plantación frutal				TB*	Origen**
	1.1	1.2	2.1	2.2	4.1	5.1	5.2	6.1	7.1	3.1	3.2	4.2	6.2	7.2		
<i>Urtica sp.</i>			+		+	+				1				+	H	E
<i>Valeriana crispera</i>	1														H	A
<i>Vulpia megalura</i>	2		1	2		1		1	+	3	1				H	E

**Tabla A.1-2:** Escala de cobertura-abundancia de Braun-Blanquet (Mueller-Dombois y Elleberg 1974)

Símbolo	Cobertura o Abundancia
r	Uno o pocos individuos
+	< 1% de cobertura.
1	1 - 5% de cobertura.
2	5 – 25% de cobertura.
3	25 – 50% de cobertura.
4	50 – 75% de cobertura.
5	> 75% de cobertura.