



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

EFFECTO DE LA SENESCENCIA DEL ARBOLADO URBANO EN LA
PRESENCIA DE CARPINTERITOS (*Veniliornis lignarius*) EN COMUNAS
PRECORDILLERANAS DE LA REGIÓN METROPOLITANA

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

DIEGO EDUARDO VIEYTES PEREIRA

Prof. Guía: Sr. Cristián Estades Marfán Ing. Forestal M. Sc. Ph. D.

Santiago, Chile


2017

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

EFECTO DE LA SENESCENCIA DEL ARBOLADO URBANO EN LA
PRESENCIA DE CARPINTERITOS (*Veniliornis lignarius*) EN COMUNAS
PRECORDILLERANAS DE LA REGIÓN METROPOLITANA

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

DIEGO EDUARDO VIEYTES PEREIRA

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. Cristián Estades Marfán	7,0	
Prof. Consejero Sr. Patricio Corvalán Vera	7,0	.....
Prof. Consejero Sr. Cristóbal Briceño	7,0	.....

DEDICATORIA

A mis padres y hermano, motor de todas mis ambiciones.

AGRADECIMIENTOS

Primero agradecer a mis padres por el cariño y la ayuda económica brindada para la totalidad de los quehaceres que involucraron este trabajo, además del apoyo incondicional en cada una de las decisiones que he tomado.

Agradecer también a mi profesor guía Cristian Estades, por el gran apoyo en materia técnica y por cada una de las correcciones y sugerencias realizadas, además del esfuerzo por establecer comunicaciones a través de la distancia.

A los profesores Patricio Corvalán y Alexis Rojas, por la disposición de transmitir sus inquietudes, ideas y conocimientos a la investigación.

Finalmente, a todos mis amigos y compañeros de universidad que de alguna u otra forma colaboraron a través de opiniones, ayuda en terreno, aportando ideas, respondiendo consultas, escuchando o simplemente entregando ánimo y buenas vibras en el transcurso de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN

ABSTRACT

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1	Madera muerta en los ecosistemas	3
2.1.1	Importancia para la biodiversidad.....	3
2.1.2	Implicancias sobre el grupo de los Pícidos	3
2.1.3	Madera muerta en áreas urbanas	4
2.2	Playback para la evaluación poblacional de aves.....	5
3	OBJETIVOS	7
3.1	Objetivo general	7
3.2	Objetivos específicos.....	7
4	MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
4.1	Materiales	8
4.1.1	Área de estudio.....	8
4.1.2	Instrumentos y softwares.....	9
4.2	Métodos	9
4.2.1	Planificación y definiciones para el trabajo en terreno	10
4.2.2	Toma de datos	12
4.2.3	Procesamiento de datos	13
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
5.1	Caracterización de la vegetación	17
5.2	Caracterización florística.....	17
5.3	Caracterización de las clasificaciones de senescencia.....	19
5.4	Regresión Logística Binaria	20
5.4.1	Prueba de independencia de los datos	24
6	CONCLUSIONES	25
7	BIBLIOGRAFÍA	26
8	ANEXO I.....	31

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Superficie comprendida por el área de estudio.	9
Cuadro 2: Parámetros para la clasificación del grado de senescencia del arbolado urbano.	10
Cuadro 3: Identificadores de los intervalos establecidos para las variables a cuantificar. ..	11
Cuadro 4: Planilla de terreno para la toma de datos.....	12
Cuadro 5: Clasificación de las variables ingresadas en el análisis de regresión.	15
Cuadro 6: Resultados de la densidad, volumen y área basal de la vegetación correspondiente a cada una de las bases de datos confeccionadas.	17
Cuadro 7: Valores de densidad, volumen y área basal por hectárea de las especies muestreadas, para las presencias y ausencias de carpinteritos.....	17
Cuadro 8: Distribución de las variables densidad, volumen y área basal en torno a las clasificaciones de senescencia.....	19
Cuadro 9: Altura promedio para cada clasificación de senescencia.	20
Cuadro 10: Resultados de la prueba de Hosmer y Lemeshow.....	21
Cuadro 11: Coeficiente asociado a la variable que aporta significativamente en la predicción de la probabilidad de presencia de carpinteritos.	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Límites administrativos de las comunas comprendidas en el área de estudio.....	8
Figura 2: Fórmula para la ponderación de la variable grado de senescencia.....	13
Figura 3: Fórmula para calcular el promedio ponderado de la senescencia en el punto.....	14
Figura 4: Fórmula para calcular la densidad en cada punto.....	14
Figura 5 : Fórmula para determinar el volumen de un individuo arbóreo.	15
Figura 6: Fórmula para determinar el área basal de un individuo arbóreo.	15
Figura 7: Modelo de regresión logística utilizado para el análisis.....	16
Figura 8: Modelo de predicción de presencia de carpinteritos, ajustado a la variable SP. ..	21
Figura 9: Probabilidad de presencia de carpinterito (una vez aplicado el método de playback) en un punto del área de estudio según el índice de senescencia ponderada de los cuatro árboles más cercanos en cuatro cuadrantes.	22
Figura 10: Gradiente de senescencia ponderada en cada punto de muestreo y presencias de carpinteritos.....	23

RESUMEN

La creciente expansión de la población urbana ha implicado en una fuerte presión de esta sobre los distintos componentes del medioambiente, especialmente del medio biótico, restringiendo y desplazando a las formas de vida que lo componen. La vegetación presente dentro de las zonas urbanas es uno de los elementos biofísicos más importantes presentes en ellas, aportando no solo con detalles estéticos, sino que también con un sinnúmero de funciones y servicios ambientales que benefician tanto al medioambiente como a la población. El presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto del grado de senescencia de la vegetación urbana en la presencia de la especie *Veniliornis lignarius* (carpinterito), especie de pájaro carpintero catalogada como la más pequeña del país.

En enero del presente año (2017), se realizó un muestreo de 203 puntos aleatorios en polígonos que contenían por lo menos un 25% de cobertura vegetal en comunas urbanas y adyacentes a la Cordillera de los Andes en la Región Metropolitana, aplicando el método de los cuartos y la técnica del *Playback* para una caracterización de la vegetación urbana y el registro de presencias o ausencias de carpinteritos respectivamente.

Con los datos se creó un índice de senescencia para cada punto de muestreo, variable que fue sometida a un proceso de regresión logística binaria junto con las generadas por el método de los cuartos (densidad, volumen, área basal y altura), evaluando cual o cuales de estas fueron significativas en la predicción de la presencia de carpinteritos dentro del área de estudio.

La única variable con un efecto significativo en la presencia de carpinteritos es el grado de senescencia de la vegetación urbana, en donde a mayor senescencia mayor es la probabilidad de presencia de la especie. La muestra representada por las ausencias de carpinteritos se concentra principalmente en árboles clasificados como “maduros”, mientras que la muestra de las presencias tiende a distribuir a los individuos en las clasificaciones “maduros”, “Senescente 1” y “Senescente 2”.

Palabras clave: arbolado urbano, *Veniliornis lignarius*, carpinterito, grado de senescencia, *Playback*.

ABSTRACT

The increasing expansion of the urban population has implied a strong pressure of this on the different components of the environment, especially of the biotic resource, restricting and displacing the forms of life that take part of this. The vegetation present in urban areas is one of the most important biophysical elements present in them, contributing not only with aesthetic details, but also with a number of environmental functions and services that benefit, the environment and the population equally. The objective of this research is evaluate the effect of the different senescence levels of the urban vegetation, in the presence of the species *Veniliornis lignarius* (carpinterito), that is the smallest woodpecker species in the country.

In January of 2017, was sampled 203 random points in polygons that contain at least 25% of vegetation cover in urban areas, nearby to the Andes Mountains in the Region Metropolitana, applying the quarter method and the *Playback* technique, for a characterization of the urban vegetation and the record of presences or absences of carpinteritos.

With the data, a senescence index was created for each sampling point, this index was subjected to a binary logistic regression process, together with those generated by the quarter method (density, volume, basal area and height), to evaluate which of these were significant in the prediction of the presence of carpinteritos.

The only variable with a significant effect on the presence of carpinteritos is the senescence levels of the urban vegetation, where the greater senescence is the probability of presence of the species. The sample represented by the absence of carpinteritos is mainly concentrated in trees classified as "Mature", while the presence sample tends to distribute to individuals in the "mature", "Senescent 1" and "Senescent 2" classifications.

Keywords: urban vegetation, *Veniliornis lignarius*, woodpeckers, degree of senescence, *Playback*.

1 INTRODUCCIÓN

Según estimaciones establecidas por las Naciones Unidas, se espera que para el año 2050 un 66% del total de la población se encuentre establecida en centros urbanos (Naciones Unidas, 2014).

Las ciudades representan una transformación irreversible del ecosistema presente en una determinada zona, generando una serie de externalidades que son propias de la urbanización, como por ejemplo: el aumento de la temperatura a nivel local, la impermeabilización de los suelos, la contaminación del aire, la degradación o eliminación total de la vegetación natural que se encuentra dentro y/o colindante a la zona de emplazamiento de la población, etc. (Romero *et al.*, 2001). En consecuencia, la urbanización es un proceso que afecta a la biodiversidad, simplificando al máximo la riqueza de especies, las comunidades y el ecosistema en general, estableciendo condiciones que son aprovechadas muchas veces por especies foráneas, las cuales a su vez generan grandes impactos tanto en la flora como en la fauna nativa del lugar (Romero *et al.*, 2001).

La vegetación presente dentro de las zonas urbanas es uno de los elementos biofísicos más importantes presentes en ellas, aportando no solo con detalles estéticos sino que también con un sinnúmero de funciones y servicios ambientales, entre los que destacan la disminución de la escorrentía de aguas lluvias, la mejora de la calidad del aire mediante la captura de carbono, la disminución de la isla de calor y proporción de sombra, la mitigación de ruidos, la integración social, la reducción de la radiación solar, la protección para la biodiversidad entre muchos otros beneficios (Escobedo *et al.*, 2011; Mullaney *et al.*, 2015; Criollo *et al.*, 2016; Nowak *et al.*, 1997; Flores, 2011; PAOT, 2003; Sorensen *et al.*, 1998).

En las ciudades, la diversidad de especies de fauna especialmente el grupo de las aves es altamente dependiente de las características de la vegetación urbana. Este tema se encuentra bastante estudiado y son varios los autores que han descrito el comportamiento de estas especies bajo distintas condiciones, como por ejemplo, la variación de la riqueza de especies con respecto a un gradiente de urbanización, el impacto en la riqueza de especies nativas por la competencia de especies foráneas, la relación existente entre la superficie-estructura-cobertura y composición de especies vegetacionales de las áreas verdes con la riqueza y abundancia de aves, entre otras (Flores *et al.*, 2013; Germain *et al.*, 2008; De la Hera *et al.*, 2009). Es por esto por lo que se considera que el arbolado urbano es un factor primordial en la protección de la biodiversidad, ya que desempeña un rol de alto valor para las distintas especies que son capaces de sobrevivir bajo su amparo, a la presión de la expansión urbana.

El tamaño y distribución de las áreas verdes junto con variables como la cobertura, tienen una gran influencia en la diversidad y riqueza de especies de fauna presentes en ellas, generando así importantes impactos ecológicos y sociales en las ciudades (Kühn *et al.*, 2004; Knapp *et al.*, 2008). Una de las posibles limitantes de las ciudades como hábitat de fauna silvestre, se refiere a la oferta de refugios y sitios de nidificación para aquellas especies que utilizan cavidades en madera muerta (Díaz y Armesto, 2003; Sierra, 2012). Esto se debe a

que el manejo de la vegetación urbana normalmente tiende a eliminar los árboles moribundos o muertos.

Veniliornis lignarius, es la especie más pequeña de pájaros carpinteros presentes en Chile, logrando habitar incluso las zonas urbanas del país. Esta especie es capaz de generar sus propias cavidades, ya que, posee un fuerte pico diseñado para este propósito, por lo que es considerada como una especie nidificadora primaria de cavidades y además nativa desde la Región de Coquimbo hasta la Región de Magallanes y la Antártica Chilena (Celis *et al.*, 2011). Incentivar la presencia de especies como pájaros carpinteros dentro de las áreas verdes, permitirá también facilitar el establecimiento de especies de aves catalogadas como nidificadoras secundarias como por ejemplo las golondrinas, chercanes o rayaditos, contribuyendo así al aumento de la complejidad de la biodiversidad dentro de las grandes urbes potenciando de manera sinérgica los beneficios de los espacios verdes dentro de la ciudad tanto para la sociedad como para el medio ambiente (Martin & Eadie, 1999).

En síntesis, la gestión de las áreas verdes del país y en específico el arbolado urbano, contemplan una serie de variables que pueden llegar ser controladas, para así aumentar al máximo los beneficios de estas sobre la sociedad y el medio ambiente, comprendiendo también la flora y fauna adyacente a las ciudades que se ha visto afectada por la expansión poblacional de las zonas urbanas y el desarrollo del país. Concretamente, con el presente trabajo se pretende analizar el rol de la senescencia de la vegetación urbana en la presencia de la especie *Veniliornis lignarius* (carpinteritos), esperando documentar de qué manera un estado avanzado de senescencia genera condiciones que resultarían ser favorables para su presencia.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Madera muerta en los ecosistemas

2.1.1 Importancia para la biodiversidad

La gran importancia de la madera muerta para la diversidad biológica dentro de un ecosistema no ha sido motivo suficiente para evitar su eliminación, tanto en ambientes que han sido alterados por el hombre como para los que han sido creados por él. Lo anterior, es producto del manejo silvicultural moderno, en donde dominan los factores económicos por sobre los ambientales (Tíscar, 2006; Gómez et al., 2009; Schwendtner et al., 2005).

Sin duda, los impactos generados por la madera muerta en los ambientes naturales son altamente significativos, logrando repercutir de manera positiva en la biodiversidad, proveyendo de refugios, alimento y lugares de cría a múltiples formas de vida, entre las que podemos encontrar a hongos, briófitas, líquenes, invertebrados, anfibios, aves y pequeños mamíferos. Por otra parte, la madera muerta en un ecosistema puede presentarse como tocones, árboles muertos o ramas, definiendo así el tipo de organismo que logrará hacer uso de ella como micro hábitats (Tíscar, 2006; Delgado et al., 2002; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente, 2013; Harmon et al., 1986).

Como consecuencia del alto grado de importancia que tiene la madera muerta en los diferentes ecosistemas terrestres del planeta, diversos autores se han encargado de documentar los efectos de su ausencia en la biodiversidad, cuantificando la pérdida de riqueza de especies de fauna en ellos. El primer autor que registró esta pérdida fue Charles Elton en el año 1966, estimando que, si se llegase a remover la madera muerta o en descomposición de los bosques británicos, podría llegar a existir una pérdida de más de la quinta parte de especies de fauna ahí presentes. Otro estudio realizado en Colorado EE. UU., demostró que, al eliminar todos los troncos y árboles muertos en pie de un bosque, la densidad de la población de aves se vería reducida en un 50%, mientras que su riqueza específica lo haría en un 66% (O'Meara et al., 1981). Para el grupo de los reptiles también existe una documentación asociada a la ausencia de madera muerta. Es así como en un sitio de Florida (EE. UU.) preparado para una plantación, se eliminaron por completo los troncos establecidos en el piso, disminuyendo consigo la diversidad de especies de lagartijas y culebras durante cuatro años (Enge & Marion, 1986). Un último ejemplo, y que de cierta forma ratifica lo evidenciado por Charles Elton, es lo expuesto por Fuller & Peterken en el año 1995, en donde concluyen que una quinta parte de la fauna presente en un ecosistema depende de forma directa o indirecta de la madera muerta ahí presente.

2.1.2 Implicancias sobre el grupo de los Pícidos

Uno de los grupos taxonómicos más dependientes de la madera muerta es el de los pájaros carpinteros (*Picidae*), considerados como nidificadores primarios debido a que fabrican sus nidos perforando la madera de los árboles muertos, deteriorados o en descomposición, mediante el uso de sus duros picos adaptados para tal efecto. Así, luego de concluido su ciclo

de nidificación y cuidado de sus crías, dotan de albergue a otras especies que reciclan estos espacios usándolos para su reproducción y/o refugio (Martin & Eadie 1999; Celis et al., 2011; DeGraaf & Shigo, 1985). Según Scott *et al.* (1980) en los bosques templados de los Estados Unidos, se estima que entre un 40 y un 66% de aves que los habitan hacen uso de las cavidades. Además, es importante mencionar que cada especie de pájaro carpintero posee distintos requerimientos para el uso de la madera muerta, como por ejemplo la altura de nidificación, el diámetro, el estado de descomposición, entre otros (Scott et al., 1980; DeGraaf & Shigo, 1985).

Aunque el mayor uso por parte de los pájaros carpinteros es sobre árboles que se encuentran muertos o en un estado avanzado de descomposición, éstos también pueden realizar sus actividades sobre individuos que aparentemente se encuentran sanos o en especies de madera blanda como las pertenecientes al género *Populus*. Además, algunas especies de carpinteros pueden llegar inclusive a excavar en individuos arbóreos sin ningún signo de descomposición (DeGraaf & Shigo, 1985).

2.1.3 Madera muerta en áreas urbanas

A pesar del alto valor ecológico de la madera muerta en ecosistemas naturales, en ambientes urbanos ésta suele escasear por razones estéticas, de manejo de plagas y de seguridad para las personas (ej. Riesgo de caídas). Así, parte de la gestión del arbolado urbano apunta a la identificación y erradicación de árboles senescentes o muertos (Rivas, 2014; Castillo & Suzarte, 2010).

En Estados Unidos, específicamente en las ciudades de New York, Albania, Rochester y Syracuse, el porcentaje de árboles urbanos que presentan algún grado de deterioro alcanza el 58% del total de los individuos muestreados, presentando solo el 3% de estos un deterioro grave, el que puede ser identificado a simple vista y que además podría generar algún riesgo para la población humana. La anterior cifra pareciera ser baja, pero representa unos 2000 ejemplares de un total de 67000 estudiados (Luley et al., 2009; Tate, 1986). La presencia de estos individuos con un alto grado de deterioro puede ser explicado por la no identificación por parte de los organismos encargados de su gestión. Sin embargo, no todos los árboles tienen que ser necesariamente eliminados al presentar algún grado de deterioro, ya que la pérdida de vigor solo se le atribuye a un individuo con un avanzado estado de deterioro o descomposición (Kane et al., 2001). Además de lo anterior, es preciso señalar que otros factores como la exposición del árbol, su altura y la resistencia de su madera influyen en el riesgo de desmoronamiento de este (Brudi & van Wassenaer, 2002).

DeGraaf & Shigo (1985) propusieron algunas recomendaciones para el mantenimiento de individuos con algún grado de deterioro, comenzando con la aseveración de que un árbol que alcanza un gran grado de deterioro y sea un alto riesgo para la población, lo más probable es que no sea un buen nicho para las distintas especies de aves que podrían buscar oportunidades de anidamiento o refugio sobre ellas, por lo que debiesen ser eliminadas realizando una adecuada poda de las ramas que presenten esta condición. Además, propone cablear aquellas ramas que se encuentren deterioradas para anular los riesgos de desmoronamiento y/o

establecer la presencia de arbustos o cercos que impidan el paso de los peatones y, por lo tanto, posibles accidentes.

Uno de los parámetros más importantes dentro de un inventario de arbolado urbano es el riesgo de desmoronamiento de éstos (Östberg *et al.*, 2013), el cual puede ser evaluado bajo la metodología estandarizada por la Sociedad Internacional de Arboricultura (ISA) denominada BTA (Basic Tree Assessment) la cual es reconocida en el mundo de la arboricultura por lograr evaluar la condición de seguridad de un árbol, utilizando criterios tanto biológicos como mecánicos (Rivas, 2014). En Estados Unidos el enfoque utilizado para la evaluación de los riesgos de los árboles urbanos se realiza en base a la publicación de la parte 9 del Instituto Nacional de Estándares Americanos (ANSI) A300 (Kane *et al.*, 2015). Las mejores prácticas con relación a la evaluación de los riesgos de los árboles son las que utilizan un enfoque matricial en su evaluación abarcando la probabilidad del fracaso, la probabilidad del impacto y la severidad de las consecuencias (Smiley *et al.*, 2011).

Según lo evidenciado por Kane *et al.* (2015), el 25% de los nidos de cavidad que fueron parte de su estudio, se encontraron dentro del 40% proximal de la longitud de la rama. Además, es de consideración que el acortamiento de ellas reduce el momento de flexión provocado por la presencia del viento y su centro de masa. Sin embargo, una poda total de la rama puede llegar a facilitar la descomposición del tronco, reduciendo la resistencia de la madera y aumentando como consecuencia la probabilidad de fallo del árbol, es por esto, que el autor recomienda aplicar una poda dejando el 40% del largo total de la rama, con la finalidad de generar un efecto positivo sobre las aves que utilizan estos nichos y disminuyendo de manera sustancial la probabilidad de caída de esta. Finalmente, los autores invitan a obtener una comprensión más clara del efecto de la poda sobre la probabilidad de caída de las ramas y cuál es la preferencia de la fauna con respecto a la ubicación de su cavidad en ellas.

Dentro del grupo de las aves que pueblan las áreas urbanas, se encuentran tanto a las especies pertenecientes al gremio de los nidificadores primarios (específicamente los pájaros carpinteros) como al de los nidificadores secundarios (golondrinas, chercanes entre otros). Según el origen de las especies (autóctonas o alóctonas) pertenecientes a cada uno de estos gremios existirá una respuesta distinta al gradiente de urbanización, inclusive se muestran diferencias cuando estas son asociadas a la cobertura vegetal presente en las ciudades. Para el caso de las aves nidificadoras primarias no necesariamente tendrán su máxima presencia con un mayor rango de cobertura vegetal, ya que hay especies que alcanzan su máximo en condiciones intermedias de urbanización. Sumado a lo anterior, al contar con una presencia vegetal menor al 9% la instauración de nidos en sustratos naturales llega a ser nula tanto para nidificadores primarios como secundarios (Tomasevic & Marzluff 2016).

2.2 *Playback* para la evaluación poblacional de aves

Aunque existe un amplio espectro de metodologías para el monitoreo y evaluación de aves, los puntos de conteos, conteos en trayectos y redes ornitológicas son los más usados. (Parker, 1991; Gallina & González, 2011).

Según el manual de técnicas para el estudio de la fauna elaborado por Gallina & González (2011), el método de recuento en punto sin un estimado de distancia es recomendado para determinar la presencia de una especie de ave, el cual además se puede complementar con el uso de *playback* de una especie en específico para fomentar su respuesta y así definir su presencia. La técnica del *playback* consiste en emitir las vocalizaciones previamente grabadas de una especie en particular, para atraerla o recibir una respuesta sonora de ella (Mazulla, 2003). Su uso es altamente recomendado en lugares donde la complejidad para tener contacto visual con la especie debido a las altas densidades vegetacionales lo impide, o cuando se trata de especies sigilosas o difíciles de visualizar (Catchpole & Slater, 1995; Parker, 1991). Además de lo anterior, autores como Boscolo (2002) han realizado levantamientos de avifauna en plena estación reproductiva, ya que el aumento de la actividad que presentan en este periodo conlleva a una mayor agresividad de las aves, lo que repercute en el aumento de sus respuestas al *playback*.

En general las tasas de respuestas de los distintos grupos de aves frente a las vocalizaciones emitidas por la técnica del *playback* varían según el grupo taxonómico que se esté identificando. En los resultados expuestos por Mello *et al.* (2013) se registran tasas de respuestas que van desde un 10 y un 15 hasta un 60%. Dentro de las especies que fueron estudiadas se encuentran dos pertenecientes al grupo de los Pícidos en la que destaca la especie *Dryocopus lineatus* que respondió en un 50% de las oportunidades a la vocalización emitida.

Por otro lado, los principales factores que influyen en los resultados al momento de ejecutar cualquiera de las metodologías para la identificación de especies de aves con el uso de emisiones sonoras son: la habilidad y experiencia del observador, la hora del día, la época del año, las condiciones climáticas y otras fuentes de sesgo propias de los errores cometidos en la práctica (Gallina & González, 2011). Boscolo (2002) por su parte estudió los factores que influyen en el aprovechamiento de la máxima eficiencia en el uso del *playback* para determinar la presencia o ausencia de una especie, evaluando también los factores anteriormente mencionados.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Analizar la relación entre el grado de envejecimiento de la vegetación urbana con la presencia de la especie *Veniliornis lignarius* en las comunas del sector precordillerano de la Región Metropolitana.

3.2 Objetivos específicos

- Describir la distribución de la vegetación urbana con distintos grados de madurez en el área de estudio.
- Determinar la presencia de la especie *Veniliornis lignarius* en sitios con distintos grados de senescencia de la vegetación urbana y la posible relación entre ambas variables.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

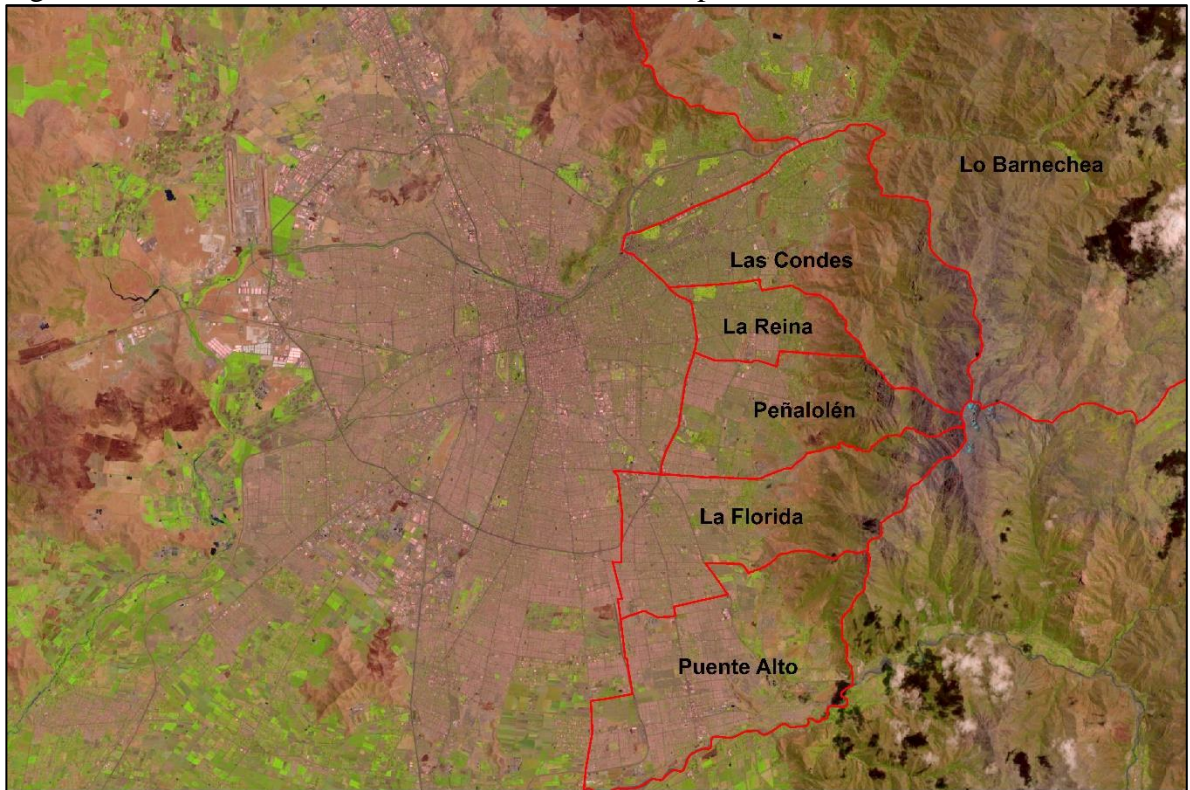
4.1 Materiales

4.1.1 Área de estudio

4.1.1.1 Ubicación

El área de estudio se encuentra localizada dentro de la Región Metropolitana, específicamente en la periferia este de la ciudad de Santiago, abarcando las comunas de Lo Barnechea, Las Condes, La Reina, Peñalolén, La Florida y Puente Alto.

Figura 1: Límites administrativos de las comunas comprendidas en el área de estudio.



4.1.1.2 Superficie

En el siguiente cuadro se presentan las superficies para cada una de las comunas vislumbradas en el estudio, tanto para su superficie total como para la urbanizada.

Cuadro 1: Superficie comprendida por el área de estudio.

Comuna	Superficie Total (ha)	Superficie Urbanizada (ha)	Porcentaje de Urbanización
Lo Barnechea	102473,49	3629,17	3,5%
Las Condes	9839,6	4153,35	42,2%
La Reina	2333,45	1808,87	77,5%
Peñalolén	5346,81	3176,11	59,4%
La Florida	7103,73	4164,66	58,6%
Puente Alto	8783,19	6605,59	75,2%
Total	135880,27	23537,75	-

4.1.1.3 Clima

Las comunas objeto del estudio, se enmarcan en una región clasificada climatológicamente como mediterráneo seco, con inviernos lluviosos y veranos cálidos. La precipitación promedio anual oscila entre los 340 y 400 mm, con temperaturas mínimas promedio en el mes de julio de 16°C y máximas promedios de 23°C en enero (Chester, 2008).

4.1.2 Instrumentos y softwares

Para la toma de datos, se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Brújula
- GPS
- Planilla elaborada para la toma de los datos
- Celular (Android Samsung Galaxy Grand Prime)
- Parlante PowerSound de 20 watts de potencia

Con lo que respecta al trabajo de gabinete, específicamente la elaboración del documento, se utilizó el software Microsoft Office en su versión 2016, haciendo uso de Word para la redacción y elaboración del documento y de Excel para la elaboración de cuadros, tablas y procesamiento de datos. También se hizo uso de ArcGis 10.1, Google Earth, Google Street View, R, Minitab y SPSS, con los que se planificó y diseñó la etapa de terreno y el posterior proceso estadístico de los datos.

4.2 Métodos

La metodología se estructuró en tres etapas:

- 1) Planificación y definiciones para el trabajo en terreno
- 2) Toma de datos
- 3) Procesamiento de datos

4.2.1 Planificación y definiciones para el trabajo en terreno

Para iniciar la etapa de terreno, fue necesario planificar y definir el área de estudio, los puntos de muestreo y los parámetros para la caracterización de la senescencia de los individuos arbóreos a evaluar.

4.2.1.1 Definición del área de estudio

El área de estudio se definió buscando alcanzar la mayor presencia de carpinteritos posible, debido a que el objetivo principal del trabajo es analizar la relación que existe entre su presencia y el grado de senescencia de la vegetación urbana. Destacar, que la elección realizada apuntó a controlar el efecto que podría tener el gradiente de urbanización periferia-centro sobre la abundancia de aves silvestres, específicamente la de carpinteritos (Germain *et al.*, 2008). Al mismo tiempo, se segregó a la comuna de Pirque y San José de Maipo (a pesar de ser comunas precordilleranas) excluyéndolas del área de estudio, debido a que no son consideradas comunas estrictamente urbanas y porque la vegetación presente en ellas corresponde en gran parte a bosque nativo, lo que sesgaría los resultados del trabajo con información no representativa de las áreas urbanas.

4.2.1.2 Definición de los puntos de muestreo

Previamente al establecimiento de los puntos de muestreo, se realizó una interpretación de las imágenes satelitales disponibles en Google Earth, generando polígonos con un 25% o más de cobertura vegetal dentro de los límites urbanos de las comunas seleccionadas para el estudio (no se definió un límite de superficie para su creación). Una vez establecidos estos polígonos, se generó dentro de ellos un total de 300 puntos aleatorios con la herramienta “*Create Random Point*” de ArcGis 10.1, estableciendo con ello un excedente de 100 puntos con la finalidad de tener un stock de reserva para aquellos que en terreno no se lograron medir.

4.2.1.3 Definición de las características para la clasificación de senescencia del arbolado urbano

Para evaluar el grado de senescencia de la vegetación presente en los puntos definidos para el muestreo, se elaboró una tabla (cuadro 2) con los parámetros a evaluar en cada uno de los individuos, generando una clasificación de senescencia y un identificador. Esto se realizó con el objetivo de efectuar una evaluación rápida de la vegetación mediante una inspección visual sobre cada uno de los individuos muestreados en los puntos.

Cuadro 2: Parámetros para la clasificación del grado de senescencia del arbolado urbano.

Clasificación de Senescencia	Identificador	Características
Joven	0	Individuos con más de 10 cm de DAP y sin estructuras reproductivas.

Maduro	1	Individuos con más de 10 cm de DAP que presentan estructuras reproductivas y por lo menos un 90% de su copa viva.
Senescente 1	2	Individuos con un evidente grado de desarrollo fustal y que presentan entre un 10 y un 50% de su copa muerta.
Senescente 2	3	Individuos con un evidente grado de desarrollo fustal y que presentan más de un 50% de copa muerta.
Muerto	4	Individuos que presentan un alto grado de desarrollo fustal y por lo menos un 90% de su copa muerta (deterioro asociado al envejecimiento del individuo y no a factores externos).

Las clasificaciones definidas para la evaluación de la senescencia de los individuos muestreados, se complementó con en el criterio y experiencia del evaluador en terreno.

Además, se creó una tabla (Cuadro 3) con los identificadores de los intervalos establecidos para cada una de las variables requeridas por el método de los cuartos, determinado por Cottam & Curtis (1956).

Cuadro 3: Identificadores de los intervalos establecidos para las variables a cuantificar.

Variable	Intervalo	Identificador	Variable	Intervalo	Identificador
DAP (cm)	[10-20[	1	Distancia (m)	[0-2[	1
	[20-30[	2		[2-4[	2
	[30-40[	3		[4-6[	3
	[40-50[	4		[6-8[	4
	[50-60[	5		[8-10[	5
	[60-70[	6		[10-12[	6
	[70-80[	7		[12-14[	7
	[80-90[	8		[14-16[	8
	[90-100]	9		[16-18[	9
	>100	10		[18-20[	10
Altura (m)	[4-6[	1		[20-22[	11
	[6-8[	2		[22-24[	12
	[8-10[	3		[24-26[	13
	[10-12[	4		[26-28[	14
	[12-14[	5		[28-30]	15
	[14-16[	6		>30	16
	[16-18[	7			
	[18-20[	8			
	[20-22[	9			

	[22-24[	10	
	[24-26[	11	
	[26-28[	12	
	[28-30]	13	
	>30	14	

4.2.2 Toma de datos

La toma de los datos se llevó a cabo durante el mes de enero del 2017, en donde se ejecutó paralelamente el muestreo de la vegetación y el registro de la presencia de carpinteritos en 203 de los 300 puntos aleatorios establecidos, basándose su selección en el orden cronológico de ellos. En el caso de que un punto no haya tenido las condiciones necesarias para ser evaluado (ej. ausencia de vegetación), se continuó con el siguiente.

4.2.2.1 Muestreo del arbolado urbano

El muestreo, fue realizado mediante la ejecución del método de los cuartos (Cottam & Curtis, 1956; Abelleira & Colón, 2006). Para esto, el primer paso en cada uno de los puntos fue identificar el norte con la brújula para definir los cuatro cuadrantes que se necesitaron en su implementación. Con los cuadrantes identificados, se cuantificó y cualificó (mediante una estimación visual) al individuo arbóreo más cercano al punto en cada uno de ellos, ingresando los identificadores correspondientes al intervalo en la planilla de terreno (Cuadro 4).

Cuadro 4: Planilla de terreno para la toma de datos.

ID Punto	Presencia carpinterito	Cuarto	DAP (cm)	Altura (m)	Distancia (m)	Grado de Senescencia	Especie	Descripción
		1						
		2						
		3						
		4						

Cuando las coordenadas de un punto se localizaron en sitios inaccesibles para la implementación del muestreo, se reubicó su posición al lugar de acceso público más cercano basándose en la distancia entregada por el GPS con respecto al punto original, generando posteriormente un registro de sus nuevas coordenadas y aplicando el método de los cuartos con el mismo criterio utilizado en los demás puntos.

4.2.2.2 Registro de la presencia de carpinteritos

Para definir la presencia de carpinteritos en los puntos, se hizo uso del método Playback (Boscolo, 2002) basándose en el siguiente protocolo:

- El método se efectuó con posterioridad a la caracterización de los árboles, desde el mismo punto de muestreo.
- Se emitió el canto por un lapso de 6 segundos (tiempo de su duración).

- Se estableció un tiempo de escucha de 20 segundos para determinar la respuesta de algún individuo al canto emitido.
- Cuando se obtuvo respuesta, se anotó su presencia en la planilla, específicamente en la columna “Presencia carpinterito” (Cuadro 4) finalizando con el proceso.
- El canto se emitió como máximo tres veces.
- El método se aplicó en la mañana, entre las 06:00 y 08:30 horas.

La decisión de aplicar el método *playback* posterior a la caracterización de los árboles, se debe a que con esto se aumentó el lapso sobre el cual se pudo haber visualizado o escuchado algún individuo mientras se ejecutó el muestreo de la vegetación en el punto. Mientras que el impacto generado por la aplicación del método de los cuartos sobre los posibles individuos de carpinteritos presentes se consideró como insignificante en comparación a la perturbación antrópica propia de una zona urbana (flujo vehicular, bocinas, luz artificial, movilización de personas etc.).

4.2.3 Procesamiento de datos

4.2.3.1 Método de los cuartos

Primero, se estableció la marca de clase correspondiente al intervalo asociado al identificador en cada una de las columnas que así lo requerían, obteniendo valores que permitieron ejecutar el método.

Dentro de las bases de datos, las columnas “Especie” y “Grado de Senescencia” contenían valores cualitativos, lo que permitió aplicar el método para ambas variables. Al mismo tiempo, se elaboró una nueva columna en la que se transformaron los datos de la variable “Grado de Senescencia” a numéricos, mediante una ponderación de sus valores con el volumen asociado a cada uno de ellos. Esta ponderación se realizó según lo evidenciado en la siguiente fórmula:

Figura 2: Fórmula para la ponderación de la variable grado de senescencia.

$$\textit{Senescencia Ponderada} = \textit{Identificador Grado de Senescencia} * \textit{Volumen}$$

Asumiendo que los árboles clasificados como jóvenes poseen una importancia ecológica nula para los carpinteritos, el proceso de ponderación realizado elimina estos datos convirtiéndolos en cero y no impactando en el valor final del grado de senescencia para el punto.

Posterior a lo mencionado en los párrafos anteriores y a través del método de los cuartos, se determinaron los siguientes atributos:

- Densidad (n° de individuos/ha).
- Volumen (m³/ha).

- Área Basal (m²/ha).

Cabe destacar que los atributos mencionados, fueron generados sobre la base de las columnas “Especie” y “Grado de Senescencia” y que la densidad fue extrapolada con los datos dispuestos en cada punto. En el anexo I, se presentan todas las fórmulas utilizadas para el cálculo de lo descrito anteriormente.

4.2.3.1.1 Comparación de sitios con presencia y ausencia carpinteritos

Una vez obtenidos los resultados del método de los cuartos, se realizó una prueba de significancia contrastando los resultados obtenidos de la base de datos de las presencias y las ausencias de carpinteritos, verificando la existencia de diferencias significativas entre las variables evaluadas. Lo anterior se llevó a cabo implementando la prueba de Kruskal-Wallis en Minitab.

4.2.3.2 Regresión logística binaria

Previa realización de la regresión, se seleccionaron de la base de datos las columnas presencia, área basal (m²), volumen (m³) y altura (m), promediando los valores de cada uno de los individuos presentes en los cuadrantes muestreados en el punto. Para el grado de senescencia se estableció un promedio ponderado, mientras que la densidad fue calculada para cada punto generando un valor promedio por hectárea en cada uno de ellos.

Figura 3: Fórmula para calcular el promedio ponderado de la senescencia en el punto.

$$SP = \frac{PSP}{VP}$$

En donde:

SP: Promedio ponderado de senescencia.

PSP: Promedio de senescencias ponderadas del punto.

VP: Volumen promedio del punto.

Figura 4: Fórmula para calcular la densidad en cada punto.

$$DP = 10000/PDM^2$$

En donde:

DP: Densidad puntual.

PDM: Promedio de las distancias de los individuos de cada cuadrante al punto de muestreo.

El promedio ponderado de senescencia osciló entre el rango de valores]0,3] siendo el valor uno individuos maduros, el dos individuos senescentes 1 y el tres individuos senescentes 2.

Además, mencionar que el valor cuatro que representaría a los individuos clasificados como muertos, quedaron fuera del alcance de la variable debido a la baja cantidad de árboles con esa condición que se lograron muestrear en terreno.

Figura 5 : Fórmula para determinar el volumen de un individuo arbóreo.

$$V = \pi * r^2 * h * Ff$$

Fuente: Corvalán y Hernández, 2002.

En donde:

V: Volumen en metros cúbicos (m³).

r: Radio en metros (m).

h: Altura en metros (m).

Ff: Factor de forma.

Para generalizar, se aplicó un factor de forma de 1/3 para la totalidad de los individuos de la muestra.

Figura 6: Fórmula para determinar el área basal de un individuo arbóreo.

$$AB = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Fuente: Corvalán y Hernández, 2002.

En donde:

AB: Área basal (m²).

D: DAP (m).

Para iniciar el análisis estadístico, se clasificaron cada una de las variables independientes que entrarían en la regresión.

Las variables fueron ingresadas en el software de análisis estadístico SPSS, bajo lo indicado en el siguiente cuadro:

Cuadro 5: Clasificación de las variables ingresadas en el análisis de regresión.

Variable Dependiente	Valor Final	Tipo de Variable
Presencia de carpinterito	Si = 1 No = 0	Nominal Dicotómica
Variables Independientes	Valor Final	Tipo de Variable
Altura	Metros	Numérica
Senescencia Ponderada del punto (SP)	Valores comprendidos por el recorrido]0,3] (adimensional)	Numérica

Volumen (m3)	Metros Cúbicos	Numérica
Área Basal (m2)	Metros cuadrados	Numérica
Densidad Individuos/ha	Número de individuos por hectárea	Numérica

Una vez definidas en SPSS las variables para la regresión, se le ordenó al programa generar una prueba de bondad de ajuste de los datos mediante el método de Hosmer y Lemeshow.

4.2.3.2.1 Modelo de regresión logística binaria

El modelo de regresión logística estableció la relación entre la probabilidad de ocurrencia del suceso (presencia de carpinteritos), bajo los distintos valores presentados por las covariables estimadas en terreno. La ecuación sobre la cual se basó el análisis de regresión fue la siguiente:

Figura 7: Modelo de regresión logística utilizado para el análisis.

$$P[Y = 1/x_1, x_2, x_3 \dots, x_k] = \frac{1}{1 + e^{(-\beta_0 - \beta_1 x_1 - \beta_2 x_2 - \dots - \beta_k x_k)}}$$

Fuente: De la Fuente, 2011.

El objetivo de la regresión fue encontrar los parámetros $\beta = (\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \dots, \beta_k)$ que se asocian a las covariables que explican significativamente la presencia de carpinteritos ($Y = 1$) y que se ajustan a la función.

4.2.3.2.2 Análisis de independencia de datos

Como análisis complementario a la regresión logística binaria, se realizó en Minitab un análisis de independencia de los datos entre la variable grado de senescencia y las presencias de la especie, realizando un análisis de tabulación cruzada y chi-cuadrado entre ambas. Para este caso, la hipótesis nula representó la independencia de las variables mencionadas, mientras que la hipótesis alterna valida su dependencia.

Calculado el valor de chi-cuadrado para los datos de las variables ingresadas en el análisis anterior, se buscó el valor de tabla con los grados de libertad desplegados por el análisis de tabulación cruzada a un 95% de probabilidad, para su comparación.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Caracterización de la vegetación

Cuadro 6: Resultados de la densidad, volumen y área basal de la vegetación correspondiente a cada una de las bases de datos confeccionadas.

	Bases de Datos			Promedio P y A
	Total	Presencias	Ausencias	
Tamaño de la muestra	203	18	185	-
Densidad (Individuos/ha)	136,63	125,16	137,91	131,54
Volumen (m3/ha)	219,55	230,43	215,14	222,78
Área Basal (m2/ha)	24,83	23,04	25,05	24,045

Valores en negrita, representa una diferencia significativa ($p < 0,05$).

El valor de la densidad vegetal promedio del área de estudio fue de 131 árboles por hectárea.

En el cuadro 6, se observa que los sitios con presencia de carpinteritos tuvieron árboles con mayor volumen, aunque la diferencia no fue significativa. Sin embargo, la presencia de la especie se asoció significativamente a una menor densidad de individuos arbóreos.

El método de los cuartos se trata de un método de muestreo no probabilístico, y posee la característica principal de ser rápido y eficiente tanto en la evaluación de parámetros ecológicos como florísticos (Cottam & Curtis, 1956), lo que aumentaría su eficiencia. Por lo anterior, autores como Gibbs *et al.* (1980) y Meza *et al.* (2014) recomiendan el uso de este en muestreos donde se requiere rapidez y bajos costos de implementación.

5.2 Caracterización florística

A continuación, se presenta un cuadro resumen con los valores asociados a las variables densidad, volumen y área basal para cada una de las especies identificadas en terreno, contrastando los resultados entre las presencias y las ausencias de carpinteritos.

Cuadro 7: Valores de densidad, volumen y área basal por hectárea de las especies muestreadas, para las presencias y ausencias de carpinteritos.

Especie	Densidad (Individuos/ha)		Volumen (m3/ha)		Área Basal (m2/ha)	
	Presencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia	Ausencia
<i>Acacia caven</i>	-	1,54	-	0,19	-	0,04
<i>Acacia dealbata</i>	7,70	1,54	5,91	2,15	1,04	0,31
<i>Acacia melanoxylon</i>	-	0,44	-	0,42	-	0,06
<i>Acer japonico</i>	3,85	0,66	0,31	0,05	0,07	0,01

<i>Acer negundo</i>	21,18	20,24	15,31	32,89	2,24	4,31
<i>Acer pseudoplatanus</i>	-	1,32	-	0,67	-	0,09
<i>Aesculus hippocastanum</i>	-	0,44	-	0,04	-	0,01
<i>Ailanthus altissima</i>	-	0,88	-	1,68	-	0,20
<i>Araucaria araucana</i>	-	0,22	-	0,12	-	0,01
<i>Bauhinia forficata</i>	-	0,22	-	0,19	-	0,03
<i>Betula pendula</i>	-	0,44	-	0,47	-	0,07
<i>Bougainvillea glabra</i>	-	0,44	-	0,48	-	0,07
<i>Brachychiton populneus</i>	-	1,10	-	0,79	-	0,13
<i>Catalpa bignonioides</i>	-	2,20	-	3,10	-	0,51
<i>Cedrus libanus</i>	-	0,44	-	3,24	-	0,22
<i>Cercis siliquastrum</i>	-	0,22	-	0,02	-	0,00
<i>Citrus limonum</i>	-	0,44	-	0,04	-	0,01
<i>Crataegus x lavallei</i>	-	0,22	-	0,02	-	0,00
<i>Cupressus sp.</i>	-	0,44	-	0,41	-	0,05
<i>Eleagnus angustifolia</i>	-	0,88	-	0,34	-	0,07
<i>Erythrina cristagalli</i>	-	1,76	-	5,11	-	0,60
<i>Eucaliptus globulus</i>	1,93	1,32	11,86	8,24	0,64	0,50
<i>Ficus elastica</i>	-	0,44	-	0,15	-	0,04
<i>Fraxinus excelsior</i>	-	4,40	-	5,62	-	0,79
<i>Ginkgo biloba</i>	-	0,66	-	0,49	-	0,07
<i>Gleditsia triacanthos</i>	-	0,22	-	0,07	-	0,01
<i>Grevillea robusta</i>	5,78	1,76	7,00	6,23	0,74	0,54
<i>Juglans regia</i>	-	0,22	-	0,19	-	0,03
<i>Ligustrum lucidum</i>	1,93	4,18	1,07	1,30	0,19	0,20
<i>Liquidambar styraciflua</i>	1,93	14,30	1,39	12,12	0,19	1,26
<i>Liriodendron tulipifera</i>	-	5,72	-	4,74	-	0,56
<i>Magnolia grandiflora</i>	-	0,88	-	1,53	-	0,15
<i>Maitenus boaria</i>	-	0,44	-	0,10	-	0,03
<i>Melia azedarach</i>	1,93	7,48	3,11	16,61	0,46	2,23
<i>Mimosa jacaranda</i>	3,85	3,96	1,15	3,66	0,19	0,43
<i>Morus sp.</i>	-	0,66	-	2,04	-	0,27
<i>Olea europea</i>	-	0,22	-	0,14	-	0,03
<i>Persea americana</i>	-	0,22	-	0,44	-	0,05
<i>Pinus sp.</i>	-	0,22	-	0,27	-	0,02
<i>Platanus orientalis</i>	3,85	2,86	2,49	6,04	0,22	0,59
<i>Populus alba</i>	1,93	0,44	0,28	1,02	0,03	0,08
<i>Populus nigra</i>	3,85	1,54	38,83	11,86	2,76	0,80

<i>Populus sp.</i>	-	0,22	-	0,47	-	0,07
<i>Prunus armeniaca</i>	-	0,22	-	0,09	-	0,02
<i>Prunus cerasifera</i>	9,63	11,66	4,09	4,90	0,78	1,03
<i>Prunus dulcis</i>	-	0,44	-	0,66	-	0,15
<i>Pseudotsuga mensiezii</i>	-	0,44	-	0,21	-	0,03
<i>Quercus robur</i>	-	3,08	-	6,89	-	0,59
<i>Quercus suber</i>	-	0,22	-	0,14	-	0,03
<i>Quillaja saponaria</i>	3,85	4,84	2,77	4,62	0,37	0,64
<i>Robinia pseudoacacia</i>	36,59	17,60	80,48	34,30	8,21	4,04
<i>Schinus molle</i>	5,78	4,84	44,00	10,28	3,64	1,19
<i>Sequoia sempervirens</i>	1,93	0,22	2,65	0,80	0,19	0,07
<i>Sophora japonica</i>	-	0,44	-	0,14	-	0,03
<i>Tilia sp.</i>	-	2,64	-	2,28	-	0,30
<i>Ulmus minor</i>	7,70	2,86	7,75	14,12	1,10	1,33

Valores en negrita, representa una diferencia significativa ($p < 0,05$).

En general las diferencias entre los valores asociados a las presencias y a las ausencias de carpinteritos son significativas. La especie *Robinia pseudoacacia* destaca sobre las demás, duplicándose el valor de las presencias sobre las ausencias en las tres variables medidas.

5.3 Caracterización de las clasificaciones de senescencia

Aplicado el método de los cuartos a las clasificaciones de senescencias, se obtuvo el volumen, densidad y área basal por hectárea para cada clasificación tanto para las presencias como para las ausencias, evidenciando la distribución del valor total de cada variable en torno a ellas.

Cuadro 8: Distribución de las variables densidad, volumen y área basal en torno a las clasificaciones de senescencia.

Clasificación de Senescencia	Densidad (Individuos/ha)			Volumen (m ³ /ha)			Área Basal (m ² /ha)		
	Total	P	A	Total	P	A	Total	P	A
Joven	9,68	9,63	9,68	2,32	0,90	2,48	0,33	0,17	0,35
Maduro	105,24	59,69	110,42	157,83	59,29	169,05	18,54	7,53	19,79
Senescente 1	16,78	34,66	14,74	45,63	82,58	41,40	4,89	7,42	4,60
Senescente 2	2,96	19,26	1,10	10,24	87,09	1,46	0,97	7,90	0,18
Muerto	1,97	1,93	1,98	0,74	0,58	0,76	0,14	0,09	0,14

Valores en negrita, representa una diferencia significativa ($p < 0,05$).

En general para las tres variables y en específico para las presencias (P), los datos tienden a distribuirse de manera más homogénea entre la clasificación maduro y senescente 2 (especialmente para el volumen y área basal), mientras que los datos de las ausencias se agrupan principalmente en la clasificación de maduros. Las diferencias significativas se dan exclusivamente en las tres primeras clasificaciones, esto debido a la baja cantidad de datos que comprendieron las clasificaciones de senescencia 2 y muerto en el muestreo.

En la columna volumen para los datos de las presencias, se aprecia un crecimiento directamente proporcional entre sus valores y el grado de senescencia, esto obedece al comportamiento de las variables área basal, densidad y altura. No obstante, la densidad posee un incremento inversamente proporcional con respecto al grado de senescencia, por lo que las variables que influirían finalmente en la distribución de los volúmenes para cada clasificación, estaría dado finalmente por el área basal y la altura.

A continuación, se presenta un cuadro con las alturas promedios para cada una de las clasificaciones utilizadas, a modo de evidenciar como esta variable (en la columna volumen para las presencias) aumenta a medida que se avanza en el grado de senescencia.

Cuadro 9: Altura promedio para cada clasificación de senescencia.

Clase de Senescencia	Altura Promedio		
	Total	Presencias	No Presencias
Joven	6,02	5,80	6,05
Maduro	9,19	8,42	9,24
Senescente 1	10,84	11,78	10,58
Senescente 2	11,93	13,00	9,80
Muerto	6,40	7,00	6,33

Valores en negrita, representa una diferencia significativa ($p < 0,05$).

5.4 Regresión Logística Binaria

Ejecutada la regresión, la única variable de todas las ingresadas (cuadro 5) que resultó significativa en la presencia de carpinteritos, fue el índice de senescencia ponderada (SP). Los resultados se muestran a continuación.

La prueba omnibus sobre los coeficientes del modelo aplicado por SPSS, arrojan un Chi-cuadrado igual a 25,841, con un grado de libertad y un $P < 0,001$, lo que indica que existe una mejora significativa en la predicción de la probabilidad de ocurrencia de la variable dependiente al ingresar la variable SP en el modelo final. El coeficiente de determinación R^2 de Nagelkerke es igual a 0,265, por ende, la variable incluida en el modelo explica un 26,5% de la variación de la variable dependiente.

Cuadro 10: Resultados de la prueba de Hosmer y Lemeshow.

Prueba de Hosmer y Lemeshow			
Paso	Chi-cuadrado	gl	Sig.
1	1,503	5	0,913

Según el p-valor evidenciado en el cuadro 10, los valores observados y esperados son lo suficientemente próximos entre sí, por lo tanto, el modelo propuesto se ajusta satisfactoriamente a lo observado.

Cuadro 11: Coeficiente asociado a la variable que aporta significativamente en la predicción de la probabilidad de presencia de carpinteritos.

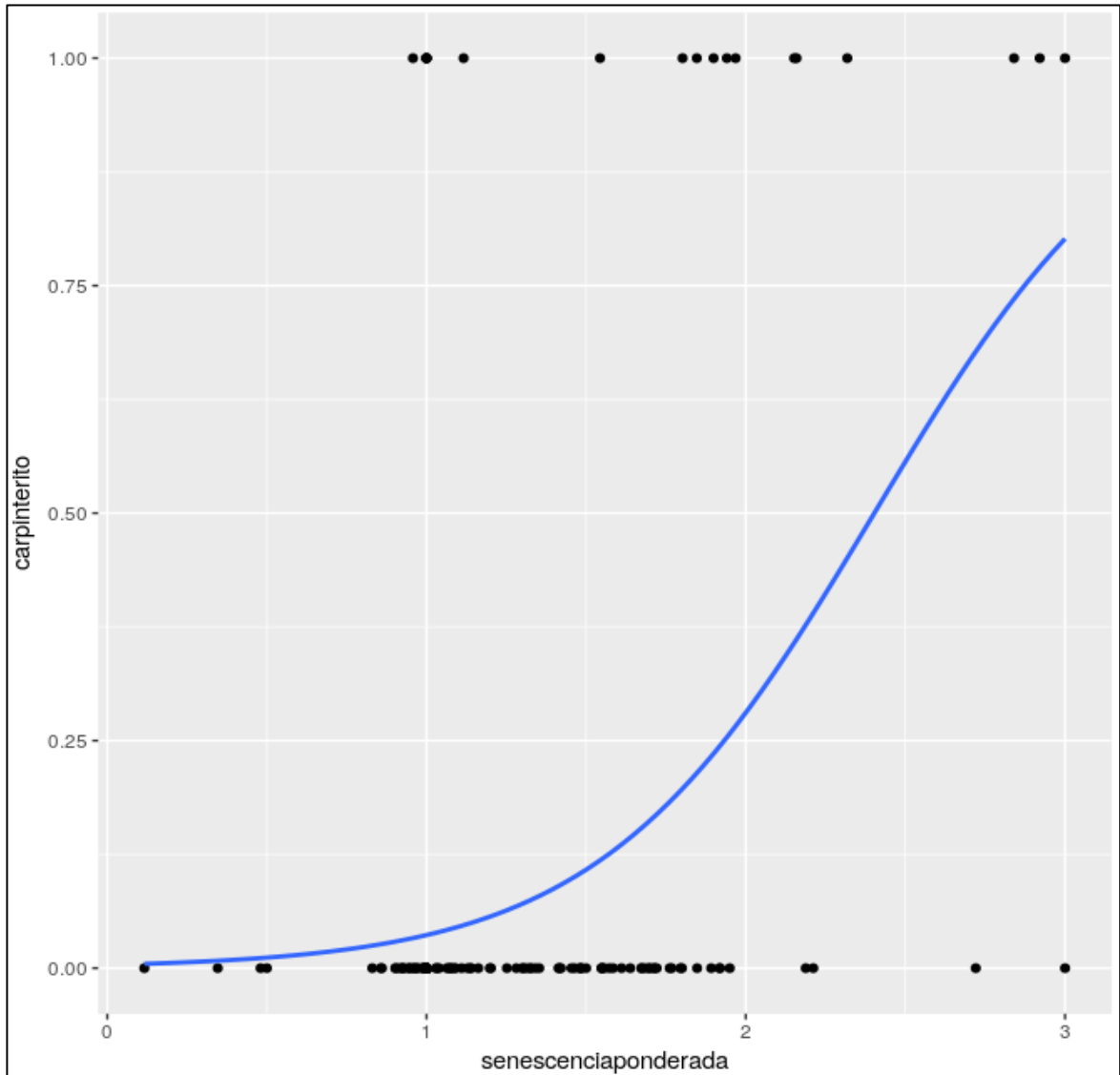
Variables en la ecuación							
		B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
Paso 1 ^a	SP	2,34	0,50	21,76	1,00	0,00	10,37
	Constante	-5,62	0,83	46,34	1,00	0,00	0,00

El modelo ajustado con el coeficiente generado por el análisis se evidencia en la siguiente figura.

Figura 8: Modelo de predicción de presencia de carpinteritos, ajustado a la variable SP.

$$P1[Presencia] = \frac{1}{1 + e^{(5,62 - 2,35 * SP)}}$$

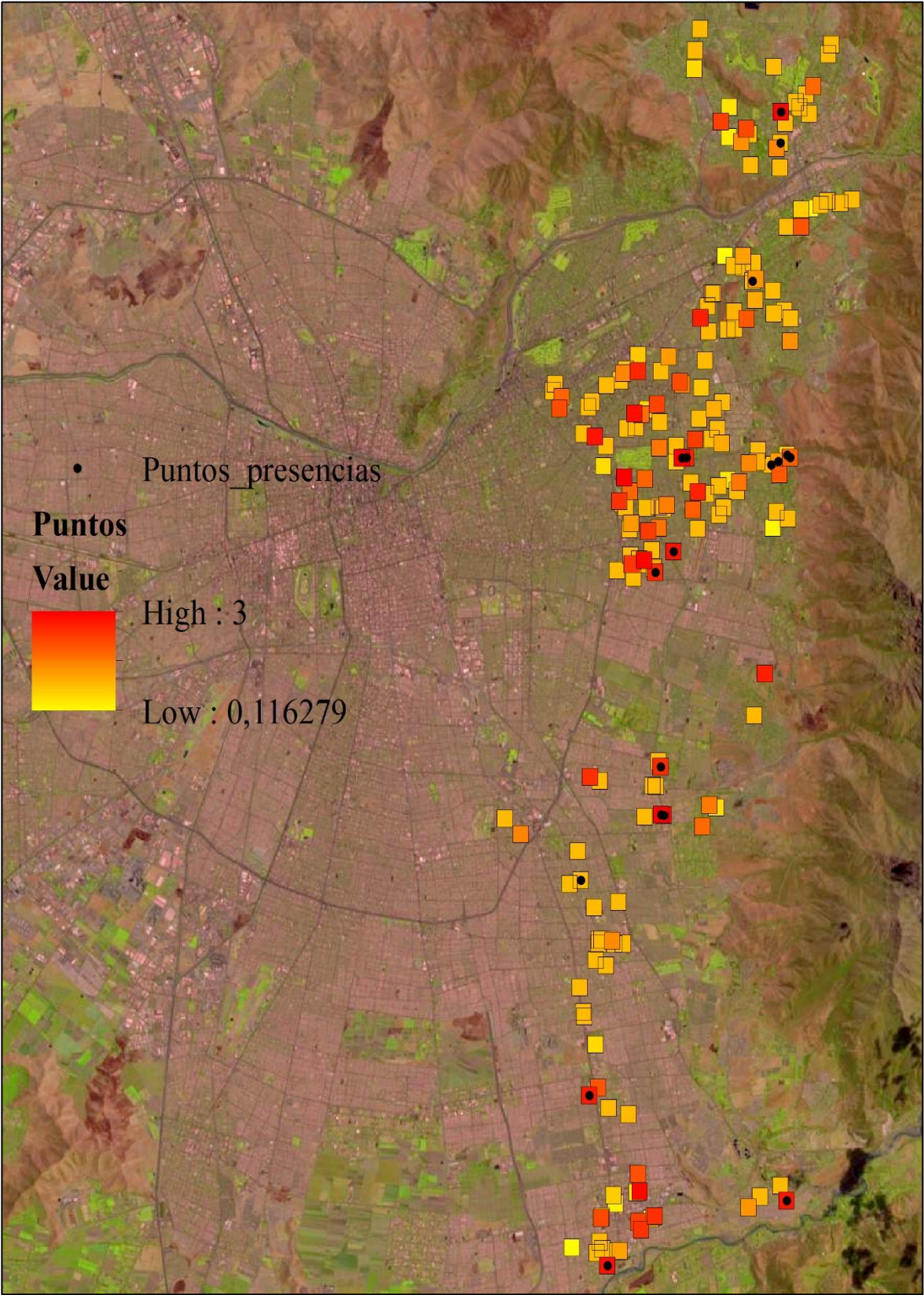
Figura 9: Probabilidad de presencia de carpinterito (una vez aplicado el método de playback) en un punto del área de estudio según el índice de senescencia ponderada de los cuatro árboles más cercanos en cuatro cuadrantes.



En el gráfico anterior, se logra apreciar como a medida que aumenta el grado de senescencia ponderada de la vegetación asociada a un punto perteneciente al área de estudio, la probabilidad de presencia de carpinteritos aumenta. Según el modelo, con un grado de senescencia ponderada igual a tres, se alcanza una probabilidad de respuesta superior al 75%, mientras que, en sitios con un grado de senescencia ponderada cercano a cero, la probabilidad de encontrar a la especie disminuye de manera sustancial.

A continuación, se presenta la distribución espacial de los 203 puntos de muestreo sobre el área de estudio.

Figura 10: Gradiente de senescencia ponderada en cada punto de muestreo y presencias de carpinteritos.



Los puntos con valores de senescencia ponderada más altos se dieron en aquellos sectores poblados de mayor antigüedad, en donde se notó gran presencia de árboles con un avanzado grado de senescencia, principalmente en la comuna de La Reina. La concentración de carpinteritos también se encuentra en dicha comuna, específicamente en la zona más cercana a la precordillera. Al cruzar la información contenida en las presencias de carpinteritos y el valor de senescencia ponderada de cada uno de ellos, se logra percibir como las presencias se asocian a senescencias ponderadas relativamente altas.

5.4.1 Prueba de independencia de los datos

El análisis realizado, arrojó un valor chi-cuadrado igual a 155,48 con 103 grados de libertad.

El valor de tabla chi-cuadro con 103 grados de libertad y un 95 de probabilidad, es igual a 127,689. Siendo el valor chi-cuadrado de la prueba igual a 155,48 se rechaza H_0 , por lo que los datos de las variables son dependientes.

Lo anteriormente expuesto, complementa a los resultados presentados por el método de los cuartos y el de la regresión logística binaria, definiendo que existe una relación entre la senescencia ponderada de los cuatro árboles asociados a un punto dentro del área de estudio y la presencia de carpinteritos.

6 CONCLUSIONES

A nivel general, los árboles presentes en el área de estudio se concentran principalmente en la clasificación “maduros”. En específico, la vegetación asociada a las presencias de carpinteritos tiende a distribuirse de manera más homogénea entre las clasificaciones de senescencias “maduro”, “Senescente 1” y “Senescente 2”, lo que genera un mayor aporte de estas dos últimas categorías en los resultados de los parámetros medidos. Por otra parte, la vegetación que se encuentra asociada a las ausencias de carpinteritos aumenta aún más la tendencia a aglutinar a los individuos en la categoría “maduros”.

La presencia de carpinteritos se da principalmente en sitios donde existe una mayor representatividad de individuos arbóreos clasificados como “Senescente 1” o “Senescente 2”.

Según los análisis estadísticos realizados, existe un efecto significativo del grado de senescencia ponderada de la vegetación urbana y la presencia de carpinteritos, en donde la probabilidad de presencia se incrementa a medida que el primero aumenta.

7 BIBLIOGRAFÍA

ABELLEIRA, O. Y COLÓN, D. (2006) Comparación de método de muestreo en bosques secundarios aluviales: parcela vs. punto-cuadrante. *Acta Científica* 20: 63-66

BOSCOLO, D. (2002) El uso de técnicas de playback en el desenvolvimiento de un método capaz de detectar la presencia o ausencia de aves en el interior de fragmentos forestales. Tesis para optar al título de maestro en ciencias en el área de la ecología. Instituto de Biociencias, Universidad de Sao Paulo, Brasil.

BRUDI, E., AND VAN WASSENAER, P. (2002) Trees and statics: Nondestructive failure analysis. In Smiley E. T. and K. Coder (Eds.). *Tree Structure and Mechanics Conference Proceedings: How trees stand up and fall down*. International Society of Arboriculture, Champaign, IL.

CASTILLO, M. Y SUZARTE, M. (2010) Análisis y diagnóstico del estado general del paisaje. Memoria de paisajismo (Informe Final). Proyecto de arquitectura y paisajismo "Recuperación y Acondicionamiento Parque Colón 1era etapa". ARK3 Alfonso Gómez Raby, Arquitecto.

CATCHPOLE, C. AND SLATER, P. (1995) *Bird Song: Biological themes and variations*. Cambridge University Press. Cambridge.

CELIS-DIEZ, J.; IPPI, S.; CHARRIER, A. Y GARÍN, C. (2011) Fauna de los bosques templados de Chile. Guía de campo de los vertebrados terrestres. Ed. Corporación Chilena de la Madera, Concepción, Chile.

CHESTER, S. (2008) *A Wildlife guide to Chile: continental Chile, Chilean Antarctica, Easter Island, Juan Fernández Archipelago*. Princeton University Press, 41 William Street, Princeton, New Jersey.

COTTAM, G. AND CURTIS, J. (1956). The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology* 37:451- 460.

CORVALÁN, P. Y HERNÁNDEZ, J. (2002). *Apuntes de dendrometría*. Departamento de Manejo de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile, Santiago, Chile.

CRIOLLO, C.; ASSAR, C.; CÁCERES, L. Y PRÉNDEZ, B. (2016) Arbolado urbano, calidad del aire y afecciones respiratorias en seis comunas de la provincia de Santiago, Chile. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 32(2), 77-86.

DEGRAAF, R. AND SHIGO, A. (1985) Managing Cavity Trees for Wildlife in the Northeast. USDA Forest Service General Technical Report NE-United States, Northeastern Forest Experiment Station.

DE LA FUENTE, S. (2011) Regresión Logística. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad Autónoma de Madrid, España.

DE LA HERA, I.; UNANUE, A. Y AGUIRRE, I. (2009) Efectos del área, edad y cobertura de la vegetación sobre la riqueza de especies de aves reproductoras en los parques urbanos de Vitoria-Gasteiz. *Munibe (Ciencias Naturales-Natur Zientziak)*, 57: 195-206.

DELGADO, L. Y PEDRAZA-PÉREZ, R. (2002) La madera muerta de los ecosistemas forestales. *For. Ver.*, 4(2): 59-66.

DÍAZ, I. Y ARMESTO, J. (2003) La conservación de las aves silvestres en ambientes urbanos de Santiago. *Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA*. 19(2): 31-38.

ENGE, K. AND MARION, W. (1986) Effects of clearcutting and site preparation on herpetofauna of a north Florida flatwood. *For. Ecol. Manag.* 14: 177-192.

ESCOBEDO, F.; KROEGER, T. AND WAGNER, J. (2011) Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. *Environ Pollut.* 159: 2078-87.

FLORES, S. (2011) Estimación de biodiversidad urbana para la región Metropolitana. Tesis para optar al título de Ingeniero en Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago.

FLORES-MEZA, S.; KATUNARIC-NUÑEZ, M.; ROVIRA-SOTO, J. Y REBOLLEDO-GONZÁLEZ, M. (2013) Identificación de áreas favorables para la riqueza de fauna vertebrada en la zona urbana y periurbana de la Región Metropolitana, Chile. *Revista chilena de historia natural*, 86(3), 265-278.

FULLER, R. AND PETERKEN, G. (1995) Woodland and scrub. En: *Managing habitats for conservation*. W.F. Sutherland y D.A. Hill (eds). Cambridge University Press, pp. 327-361.

GALLINA, S. Y LÓPEZ-GONZÁLEZ, C. (2011) Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C. Querétaro, México. 377pp.

GERMAIN, P.; CUERVAS, Y.; SANHUEZA, C.; TIZÓN, F.; LOYDI, A.; VILLALOBOS, A.; ZAPPERI, G.; VÁZQUEZ, B.; POMPOZZI, G. Y PIOVÁN, M. (2008) Ensamble de aves en zonas con diferente grado de urbanización en la ciudad de Bahía Blanca (Buenos Aires, Argentina). *BioScriba* 1 (2): 35-45.

GIBBS, P.; LEITAO FILHO H. AND ABBOTT, R. (1980) Application of The point-centered quarter method Mogi-Guaçú. Rev. Brasil. Bot. 3(1/2): 17-22.

GÓMEZ, N.; HERRERO, C. AND BRAVO, F. (2009) Cuantificación de la madera muerta en los hayedos del Monte Aralar (Navarra). 5º Congreso Forestal Español, Ávila.

HARMON, M.; FRANKLIN, J.; SWANSON, F.; SOLLINS, P.; GREGORY, S.; LATTIN, J.; ANDERSON, N.; CLINE, S.; AUMEN, N.; SEDELL, J.; LIENKAEMPER, G.; CROMACK, K. AND CUMMINS, K. (1986) Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. Adv. Ecol. Res. 15, 133-302.

HERNÁNDEZ, J. (2008). La situación del arbolado urbano en Santiago. Revista de Urbanismo, 0 (18). doi:10.5354/0717-5051.2008.272

KANE, B.; PAIGE S. AND LERMAN, S. (2015) A broad scale analysis of tree risk, mitigation and potential habitat for cavity-nesting birds. Urban Forestry AND Urban Greening 14:4, 1137-1146.

KANE, B.; RYAN D. AND BLONJARZ, D. (2001) Comparing formulae that assess strength loss due to decay. Journal of Arboriculture 27:78–87.

KNAPP, S.; KÜHN, I.; MOSBRUGGER, V. AND KLOTZ, S. (2008) Do protected areas in urban and rural landscapes differ in species diversity? Biodiversity Conservation 17,1595-1612.

KÜHN, I.; BRANDL, R. AND KLOTZ, S. (2004) The flora of German cities is naturally species rich. Evolutionary Ecology Research 6: 749-764.

MARTIN, K. AND EADIE, J.M. (1999) Nest webs: a community-wide approach to the management and conservation of cavity-nesting forest birds. Forest Ecology and Management, 115, 243-257.

MAZULLA, J. (2003) Observación de aves en Uruguay. El Canario Uruguayo. Revista N°1 Época II. Pág. 30–31.

MELLO, M.; SOUZA, R.; SANTOS, R. AND PRIANT JUNIOR, A. (2013) Influência do play-back no comportamento de aves no campus urbanova na universidade do vale do paraíba. XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, Brasil.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2013) Sistema de Gestión Forestal Sostenible para los montes gestionados por el Centro Montes y Aserradero de Valsaín. Procedimiento de gestión de la madera muerta en los Montes de Valsaín. Organismo Autónomo Parques Nacionales, España.

MOSCOVICH, F. Y BRENA, D. (2006) Comprobación de cinco métodos de muestreo forestal en un bosque nativo de *Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze. *Quebracho (Santiago del Estero)*, (13), 7-16. Recuperado en 29 de mayo de 2017, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30262006000100002&lng=es&tlng=es.

MEZA, K.; QUISPE, S.; VALDIVIA, S.; GUTIERREZ, R. Y ROMERO, N. (2014) Investigación de Mercados. Facultad de administración, Escuela Profesional de Ciencias Administrativas, Universidad Nacional de San Agustín facultad de Administración, Perú.

MULLANEY, J.; LUCKE, T. AND TRUEMAN, S. (2015) A review of benefits and challenges in growing street trees in paved urban environments. *Landscape and Urban Planning*; 134: 157-66.

NACIONES UNIDAS. (2014) World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352). Department of Economic and Social Affairs, Population Division.

NOWAK, D.; DWYER, J. Y CHILDS, G. (1997) Los beneficios y costos del enverdecimiento urbano. En: KRISHNAMURTHY, L., NACIMIENTO, J. (Eds.), *Áreas verdes urbanas en Latinoamérica y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo, pp 17–38.

O'MEARA, T.E.; HAUFLE, J.B.; STELTER, L.H. AND NAGY, J.G. (1981) Nongame wildlife responses to chaining of pinyon juniper woodlands. *J. Wildl. Manag.* 45:381-389.

ÖSTBERG, J.; DELSHAMMAR, T.; WISTRÖM, B. AND NIELSEN, A. (2013) Grading of parameters for urban tree inventories by city officials, arborists, and academics using the Delphi method. *J. Environ. Manage.* 51 (3), 694–708.

PARKER, T. (1991) On the use of tape recorders in avifaunal surveys. *The Auk* 108:443–444.

PROCURADURÍA AMBIENTAL DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL DISTRITO FEDERAL (2003) Promoción de los Derechos Ambientales y Territoriales de los Habitantes del Distrito Federal. Recuperado de: <http://centro.paot.org.mx/index.php/publicaciones-paot/39-informes/103-informe-de-gestion-2003>.

RIVAS, D. (2014) Evaluación del riesgo de los árboles ubicados frente a las instalaciones del instituto de ecología, a. c. en Pátzcuaro, Michoacán. Asociación Mexicana de Arboricultura. México.

ROMERO H.; TOLEDO X.; ORDENES, F. Y VÁSQUEZ, A. (2001) Ecología Urbana y Gestión Sustentable de las Ciudades Intermedias Chilenas. CIPMA. Revista Ambiente y Desarrollo Vol. 17(4): 45-51.

ROZZI, R.; ARMESTO, J.; CORREA, A.; TORRES-MURA, J. Y SALLABERRY, M. (1996) Avifauna de bosques primarios templados en islas deshabitadas del archipiélago de Chiloé, Chile. Revista Chilena de Historia Natural, 69: 125-139.

SCHWENDTNER, O.; RECALDE, I.; ALCALDE, J.; GÓMEZ, J. Y CÁRCAMO, S. (2005) Importancia de los árboles senescentes y la madera muerta en la gestión de los bosques naturales. En: S.E.C.F.- Gobierno de Aragón (eds.), Libro de Resúmenes, Conferencias y Ponencias 4º Congreso Forestal Español. CD-Rom. Imprenta Repes, S.C. Zaragoza.

SCOTT, V.; WHELAN, J. AND SVOBODA, P. (1980) Cavity-nesting birds and forest management. In: DeGraff, R. M. y N. G. Tilghman (Eds.). Management of western forests and grasslands for nongame birds. USDA Forest Service General Technical Report INT-86. Washington, D. C. pp. 311-324.

SIERRA, M. (2012) Ciudad y fauna urbana. Un estudio de caso orientado al reconocimiento de la relación hombre, fauna y hábitat urbano en Medellín. Tesis de grado presentado como requisito para optar al título de Magister en Estudios Urbano – Regionales. Escuela de Planeación Urbano – Regional, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

SMILEY, E.; MATHENY, N. AND LILLY, S. (2011) Tree Risk Assessment. International Society of Arboriculture, Champaign, IL.

SORENSEN, M.; BARZETTI, V.; KEIPI, K. Y WILLIAMS, J. (1998) Manejo de las áreas verdes urbanas. Documento de buenas prácticas. Washington, D.C.

TATE, R. (1986) Stem decay in street trees in New Jersey and park trees in Central Park, New York. Journal of Arboriculture 12:73–74.

TELLO, R.; ROJAS, R.; MACED, L. Y ALEGRÍA, W. (2006) Eficiencia del método de cuadrante, sextante y el método de parcela cuadrada en la evaluación cuantitativa de un bosque tropical, Iquitos-Perú. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

TÍSCAR P. (2006) La gestión próxima a la naturaleza en el nuevo paradigma de la ciencia forestal. In Tíscar P.A. (coord.): La Gestión Forestal Próxima a la Naturaleza. Prosilva, pp. 15-39.

TOMASEVIC, J. AND MARZLUFF, J. (2016) Cavity nesting birds along an urban-wildland gradient: is human facilitation structuring the bird community? Urban Ecosystems. Pp. 1-14

8 ANEXO I

A continuación, se presentan las fórmulas utilizadas en la ejecución del método de los cuartos basado en Cottam & Curtis (1956).

$$\text{Distancia Media} = \frac{\text{Total de las distancias}}{\text{Total de individuos muestreados}}$$

$$\text{Área Media} = \text{Distancia Media}^2$$

$$\text{Densidad Total} = \frac{10000}{\text{Área Media}}$$

$$\text{Densidad}_i = \frac{\text{Número de individuos}_i}{\text{Total de individuos}_i} * \text{Densidad total}$$

$$\text{Volumen}_i = \text{VP}_i * \text{Densidad}_i$$

En donde:

VP_i: Volumen promedio por individuo de la especie i.

$$\text{Área Basal}_i = \text{ABP}_i * \text{Densidad}_i$$

En donde:

ABP_i: Área basal promedio por individuo de la especie i.

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{Puntos de ocurrencia de la especie}}{\text{Total de puntos analizados}} * 100$$