

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

DEPARTAMENTO DE MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

EFFECTO DE LA ESTRUCTURA DE PLANTACIONES DE
Pinus radiata D. Don SOBRE SU CALIDAD
COMO HÁBITAT PARA AVES EN CONSTITUCIÓN

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

MAURICIO FRANCISCO PÉREZ PÉREZ

Profesor Guía: Ing. Forestal, Dr. Sr. Cristián Estados Marfán

SANTIAGO – CHILE.
2004

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

**EFECTO DE LA ESTRUCTURA DE PLANTACIONES DE
Pinus radiata D. Don SOBRE SU CALIDAD
COMO HÁBITAT PARA AVES EN CONSTITUCIÓN**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

Mauricio Francisco Pérez Pérez

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. Cristián Estades M.	6.0
Prof. Consejera Srta Amanda Huerta F.	7.0
Prof. Consejero Sr. Jürgen Rottmann S.	6.5

SANTIAGO-CHILE

2004

ÍNDICE

	Pág.
1.- INTRODUCCIÓN	1
2.-REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.- OBJETIVO	6
4.- MÉTODO	7
4.1.- Zona de estudio.....	7
4.2.- Muestreo	8
4.3.- Vegetación	8
4.3.1.- Evaluación de la vegetación.....	8
4.3.2.- Estimación de la cobertura	9
4.4.- Artrópodos	9
4.5.- Distancia de la parcela a la quebrada más próxima.....	9
4.6.- Aves	9
4.7.- Nidos	10
4.8.- Análisis.....	10
4.8.1.- Variables estructurales de la vegetación respecto a la riqueza y abundancia de aves.....	10
4.8.2.- Variables estructurales de la vegetación respecto a los tipos de aves.....	10
4.8.3.- Relación de nidos con las variables vegetacionales	11
5.- RESULTADOS.....	11
5.1.- Vegetación	11
5.2.- Aves:	13
5.3.- Efecto de las variables estructurales sobre la riqueza y abundancia de aves.....	15
5.4.- Efecto de la estructura de la plantación en las especies de aves.....	16
5.5.- Efecto de la Abundancia de artrópodos en relación a las especies de aves	18
5.6.- Efecto de las cavidades sobre la abundancia de aves.....	19
5.7.- Efecto de las variables estructurales de la vegetación sobre la abundancia de nidos.....	19
6.- DISCUSIÓN	21
7.- RECOMENDACIONES.....	23
8.- CONCLUSIONES	25
9.- BIBLIOGRAFÍA	27

RESUMEN

La sustitución de la vegetación nativa por plantaciones forestales de especies exóticas es uno de los efectos más importantes de la actividad humana sobre los ecosistemas de la Cordillera de la Costa. Entre la IV y la X Regiones las plantaciones de pino radiata llegan alrededor de 1,5 millones de hectáreas, concentradas principalmente en la Cordillera de la Costa, convirtiéndola en el ecosistema artificial más importante de esta cordillera.

El estudio se realizó en la Cordillera de la Costa, frente a Constitución, se consideró un área de 10.000 ha conteniendo diferentes situaciones ecológicas asociadas al estado de desarrollo de las plantaciones. De esta forma, se ubicaron 80 puntos de muestreo, estableciendo así 80 parcelas; 5 en plantaciones de pino maduro, 56 en plantaciones adultas, 13 en plantaciones juveniles y 6 en plantaciones con quebradas.

Se usaron datos sobre las plantaciones de pino radiata así como la composición florística y vegetación del sotobosque, aves, oferta de cavidades y artrópodos en la zona de estudio en la Cordillera de la Costa en la Región del Maule. Se observó que la riqueza de especies de aves se asoció con la densidad de la vegetación siempreverde de zonas bajas y proximidad a las quebradas durante la primavera, mientras que en invierno la riqueza de especies fue más alta en plantaciones de poca altura y bien espaciadas. La vegetación de hoja caduca (principalmente *Nothofagus glauca*) se relacionó negativamente con la riqueza de especies y con la abundancia total de aves.

Principalmente las aves especialistas de bosques fueron más abundantes en las plantaciones adultas mientras que las aves especialistas de áreas abiertas fueron más frecuentes en plantaciones jóvenes.

La cantidad total de nidos por unidad de área se asoció positivamente con la cantidad de vegetación nativa al interior de las plantaciones y negativamente con el área basal por hectárea de las plantaciones. Diucón (*Xolmis pyrope*) fue la especie que mostró una mayor actividad de crianza en plantaciones jóvenes.

Cordillera de la Costa
Plantaciones de pino radiata
Aves

SUMMARY

The substitution of the native vegetation for forest plantations of exotic species is one of the most important effects of the human activity on the ecosystems of the Cordillera de la Costa. Between the IV and the X regions, the radiata pine plantations become around 1,5 million hectares, concentrated mainly in the Cordillera de la Costa, transforming it into the most important artificial ecosystem in this mountain range.

The study was carried out in the Cordillera de la Costa, in front of Constitución, it was considered an area of 10,000 ha containing different ecological situations associated to the state of development of the plantations. This way, 80 sampling points were located, establishing this way 80 stations; 5 in older plantations pine, 56 in adult plantations, 13 in juvenile plantations and 6 in plantations with gulches.

It was used data on radiata pine plantations like floristic composition and vegetation of the understory, birds, cavities offer and arthropods in the study area in the Cordillera de la Costa of the Maule Region. It was observed that the wealth of species of birds was associated with the density of the vegetation evergreen of low areas and proximity to the gulches during the spring, while in winter the wealth of species was higher in plantations of little height and well spaced. The leaf expires vegetation (mainly *Nothofagus glauca*) was related negatively with the wealth of species and with the total abundance of birds.

Mainly, forests specialist birds were more abundant in the older plantations, while the open areas specialist birds were more frequent in young plantations.

The total quantity of nests for area unit was associated positively with the quantity of native vegetation to the interior of the plantations and negatively with the basal area for hectare of the plantations. Fire-eyed Diucón (*Xolmis pyrope*) was the species that showed a bigger activity of upbringing in young plantations.

Cordillera de la Costa
Radiata pine plantations
Birds

1.- INTRODUCCIÓN

Pino radiata (*Pinus radiata* D. Don) es una especie originaria de California, Estados Unidos. Fue introducido en Chile en 1887 por un agricultor de la Octava Región, quien trajo semillas desde California, plantándolas en el cerro Caracol, en la Quinta Junge. Posteriormente, debido a su valor comercial, sobre todo de sus resinas, la especie se cultivó también en Lota, Chiguayante y zonas cercanas (Contesse, 1986; Serra & Garay, 1990). Su éxito y popularidad se debe a su alta rusticidad, rápido crecimiento, fácil manejo de las plantaciones cuando se establece en climas y suelos apropiados y a la diversidad de aplicaciones de su madera (Corma, 1971).

Dada su gran adaptabilidad al clima y su gran desarrollo, pino radiata se popularizó rápidamente como especie forestal. Sin embargo, fue sólo en la década del 40 que se empezaron a realizar plantaciones masivas. La mayor parte de ellas se realizaron en la Cordillera de la Costa y en sectores del llano central, ocupando una gran variedad de condiciones topográficas, de suelo y de clima (Contesse, 1986). En la década del 60 la especie comenzó a ser plantada con fines industriales con la ayuda de variados planes gubernamentales que incentivaron la forestación con la especie, cubriendo actualmente una superficie aproximadamente de 1.5 millones de hectáreas (INFOR, 2001).

La vegetación nativa originalmente era escasa en las plantaciones de pino. La fisonomía de los bosques artificiales era sombría, densa y silenciosa, motivo por el cual la flora y la fauna nativa se relegaban a las quebradas, sectores de protección, y a los bordes de las propias plantaciones. Esta situación se debió a que los esquemas iniciales de manejo contemplaban altas densidades de plantación, que variaban del orden de 2.000 a 2.500 árboles /ha y rara vez había raleos. A mediados de la década de los ochenta, estas prácticas silviculturales variaron con la aplicación de intervenciones como podas altas, bajas densidades de plantación y raleos periódicos durante la vida de la plantación, para dejar una reducida cantidad de árboles para la cosecha final mejorando el desarrollo del sotobosque (Alvarez, 1990).

Una acelerada demanda por productos forestales y la creación de espacio para la agricultura y el desarrollo urbano han modificado significativamente el paisaje de la zona central de Chile. En la Cordillera de la Costa de la Región del Maule gran parte de la vegetación natural, compuesta principalmente por bosques de *Nothofagus glauca*, ha sido reemplazada por plantaciones de *P. radiata* las que cubren más del 70% del territorio costero. Esta transformación de la vegetación ha implicado un cambio significativo en las características del hábitat de la fauna de la región.

Actualmente se reconoce que la pérdida y alteración del hábitat es el principal factor conducente a la extinción de especies a nivel mundial. En Chile, Rottmann & López-Calleja (1992) concluyeron que la pérdida del hábitat es el principal problema de conservación que presentan las aves de bosque.

Habitualmente se ha considerado que las plantaciones de pino constituyen hábitats de baja calidad para muchas especies de aves debido a su simpleza de estructura y composición. Esta simpleza reduciría la diversidad de recursos disponibles para muchas especies, limitando su capacidad para utilizar estos bosques artificiales. Sin embargo, existe creciente evidencia de que un cierto número de especies de aves sí son capaces de usar las plantaciones de pino como hábitat y que el grado de utilización que éstas hacen depende en gran medida del tipo de manejo a que las plantaciones son sometidas.

Debido a la importancia económica de las plantaciones de pino es fundamental entender su efecto ecológico. El objetivo de la memoria es analizar las características de las plantaciones de pino que definen su calidad como hábitat para las aves.

Adicionalmente, se proponen técnicas de manejo que permitan compatibilizar la producción forestal industrial con la conservación de poblaciones viables de aves nativas.

2.-REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El hábitat es un mosaico de estratos de diferentes plantas que forman el nicho espacial de las especies, considerando restricciones de tipo ecomorfológico, de locomoción y consumo de la presa (Hutchinson, 1959; Robinson & Holmes, 1982; Odum, 1983).

La estructura y composición de la vegetación son elementos determinantes de las características del hábitat de las aves (Cody, 1985). La diversidad estructural vertical de la vegetación está comúnmente asociada a un mayor número de nichos ecológicos lo que, a su vez, determina la diversidad de las especies de aves que pueden habitar un bosque (MacArthur & MacArthur, 1961). A su vez, la composición de la vegetación determina en gran medida el tipo, diversidad y abundancia de recursos tróficos disponibles para las aves, así como la existencia de sitios de nidificación, cobertura y otros recursos esenciales para estos animales (Wiens, 1989).

En bosques complejos (ej. Bosques maduros) existe una mayor cantidad de unidades estructurales a diferencia de hábitats más simples (ej. mayor follaje y pequeñas ramitas no presentes en hábitat más simples) (Miles & Ricklefs, 1984; Gustafsson, 1988; Carrascal *et al.*, 1990) aumentando la oferta de nichos.

Los organismos perciben el ambiente proporcional al tamaño de sus cuerpos, por lo que la estructura del hábitat podría determinar la forma de la distribución del número de especie de acuerdo al tamaño del cuerpo del ave, clasificándose por clases de tamaño (With, 1994; Wiens *et al.*, 1995).

Debido a la estrecha relación entre las características de la vegetación y las del hábitat de las aves, es que el manejo de los bosques tiene comúnmente un efecto significativo sobre las poblaciones de aves que habitan en ellos (De Graff *et al.*, 1998, Chambers *et al.*, 1999, Wilson & Watts, 1999). La actividad forestal generaría el 44% de los problemas de conservación de la avifauna, situándose inmediatamente después de las actividades agrícolas (Rottmann & Lopez-Callejas, 1992). Esto se debe a que los monocultivos de *P. radiata* disminuyen la biodiversidad por destrucción de los hábitats originarios (Poore & Fries, 1987). De esta forma, el reemplazo de la vegetación nativa por plantaciones de pino, está a menudo asociado con una modificación sustancial de los atributos del hábitat de las aves, muchas de las cuales no son capaces de utilizar este tipo de bosques (Cody 1985, Avery & Leslie 1990). Clout y Gaze (1984) observaron que las aves más afectadas por las plantaciones de pino en Nueva Zelanda son las especies frugívoras, las nectarívoras y las que nidifican en cavidades puesto que en las plantaciones de pino la diversidad de la composición de la biomasa vegetal es una limitante de la diversidad de aves (debido a un menor número de tipos de frutos, semillas y/o de insectos asociados). Las características del sotobosque de las plantaciones son habitualmente muy importantes en determinar el número y tipo de especies de aves presentes en éstas (Clout & Gaze, 1984; Dickson *et al.*, 1984; Cruz, 1988).

La mayoría de los estudios realizados en *P. radiata* se han concentrado principalmente en su uso como especie productiva. Sin embargo, es escasa la información que existe acerca de la ecología de las plantaciones y de las especies vegetales como animales que allí se interrelacionan.

En España, Gandullo *et al.* (1974) efectuaron un estudio para conocer las especies y asociaciones vegetales que se encuentran bajo el dosel de *P. radiata*, en relación con la calidad de las plantaciones.

En Sudáfrica, Cowling *et al.* (1976), analizaron la forma en que las plantaciones de *Pinus pinaster* y *P. radiata* habían afectado a la vegetación natural de la zona. Las primeras plantaciones se realizaron con *P. pinaster* en el año 1892. Su fin era obtener combustible, razón por la cual no tuvieron ningún tipo de intervención silvícola. Dos años más tarde (1894), las laderas de las montañas se forestaron con *P. radiata*, con el propósito de detener procesos erosivos. Concluyeron que las plantaciones de *Pinus* spp., reducen la diversidad y simplifican la estructura de la estrata arbustiva. El grado de supresión de la vegetación nativa depende de la edad, densidad y naturaleza de las especies introducidas.

En las plantaciones de pino del Este de Texas se observó una abundancia de aves mayor en las plantaciones jóvenes disminuyendo la riqueza de aves en plantaciones de edad media. También demostraron que el poco volumen del follaje de los bosques de pino fue determinante en la comunidad de aves (Dickson & Segelquist, 1979).

En los primeros años de edad del bosque del Este de Texas se observó que la falta de sitios apropiados para nidificar ha sido una limitante por la ausencia de niveles de vegetación arbustiva (Dickson *et al.*, 1984).

Las tendencias hacia la conversión de bosques naturales por plantaciones manejadas de rotación corta para la producción de madera o pulpa crean una amenaza potencial de ausencia de cavidades para anidar en las poblaciones de aves. Los troncos son más abundantes en bosques naturales, el impacto a largo plazo de manejo intensivo de las plantaciones de pino disminuye la disponibilidad de troncos (McComb *et al.*, 1986). La densidad de las poblaciones que anidan en cavidades fue relacionada positivamente con la densidad de troncos muertos. (Cunningham *et al.*, 1980; O'Meara, 1984; Raphael & While, 1984). Se ha identificado a las bajas densidades de aves que nidifican en cavidades como el factor causante más importante de la baja densidad total de aves en bosques manejados de coníferas respecto a los bosques naturales (Haapanen, 1965). La disponibilidad de cavidades en los bosques afecta la abundancia, diversidad y riqueza de las especies de aves que anidan en cavidades (Conner, 1978).

La presencia de troncos muertos y cajas para anidar estimulan la presencia de ciertas aves, éstas incluyen una mayor cantidad de pinos jóvenes en su área de alimentación, expandiendo sus territorios dentro de las plantaciones. Colocar troncos muertos y cajas de anidamiento en plantaciones jóvenes de pino parece ser una forma efectiva de hacerlas atractivas para que aniden (Caines *et al.*, 1991).

La vegetación de la zona costera de la Región del Maule ha sufrido una transformación significativa durante los últimos siglos. La explotación de los bosques de *Nothofagus glauca* para la construcción de embarcaciones, obtención de combustible, habilitación de terrenos para la agricultura y la posterior reforestación con plantaciones de pino han cambiado radicalmente la composición del paisaje de la zona (San Martín & Donoso, 1996). Actualmente, la región concentra la segunda mayor superficie de plantaciones de *P. radiata* de todo el país (Cerdeña *et al.*, 1993; INFOR, 2001). Esta región alcanza un 24,7 % de la superficie plantada con 363.739 ha, siendo la más forestada a nivel nacional con aproximadamente 5.709 hectáreas anuales (INFOR, 2001).

En Chile Ramirez *et al.* (1984) en Valdivia, Décima Región, realizó un estudio sobre la fitosociología y distribución de las especies en el sotobosque en un rodal de *P. radiata*. Eguiguren (1995) caracterizó florísticamente el sotobosque en plantaciones de *P. radiata* en la Octava Región. Posteriormente, Gajardo (1998), en la Séptima Región, determinó patrones vegetacionales en un paisaje forestal con plantaciones de *P. radiata* y remanentes de bosque nativo.

A pesar de su importancia en la economía nacional, las plantaciones de pino han sido muy poco estudiadas con relación a su efecto sobre la avifauna nativa. Schlatter & Murúa (1992), Muñoz-Pedreros *et al.* (1996) han identificado a la falta de sitios de nidificación como una de las variables limitantes de la densidad de aves en plantaciones de pino. Estades (1994) y Estades & Temple (1999) destacan la importancia de la presencia de un sotobosque diverso y bien desarrollado en la calidad de las plantaciones de pino como hábitat para aves.

De acuerdo a las referencias disponibles, se advierte que el medio creado por las plantaciones de *P. radiata*, si bien con características específicas, no es absolutamente inhóspito para el desarrollo de otras especies vegetacionales ni para convivencia con la avifauna nativa.

3.- OBJETIVO

El objetivo general de este estudio es: Determinar las variables que definen la calidad de plantaciones de pino insigne (*Pinus radiata* D. Don) como hábitat para aves.

Como objetivos específicos se plantean:

- Determinar los atributos de plantaciones de pino que influyen en la densidad de aves.
- Determinar los atributos de plantaciones de pino que influyen en la actividad reproductiva de las aves.
- Proponer medidas de manejo de las plantaciones tendientes a mejorar su calidad como hábitat para aves.

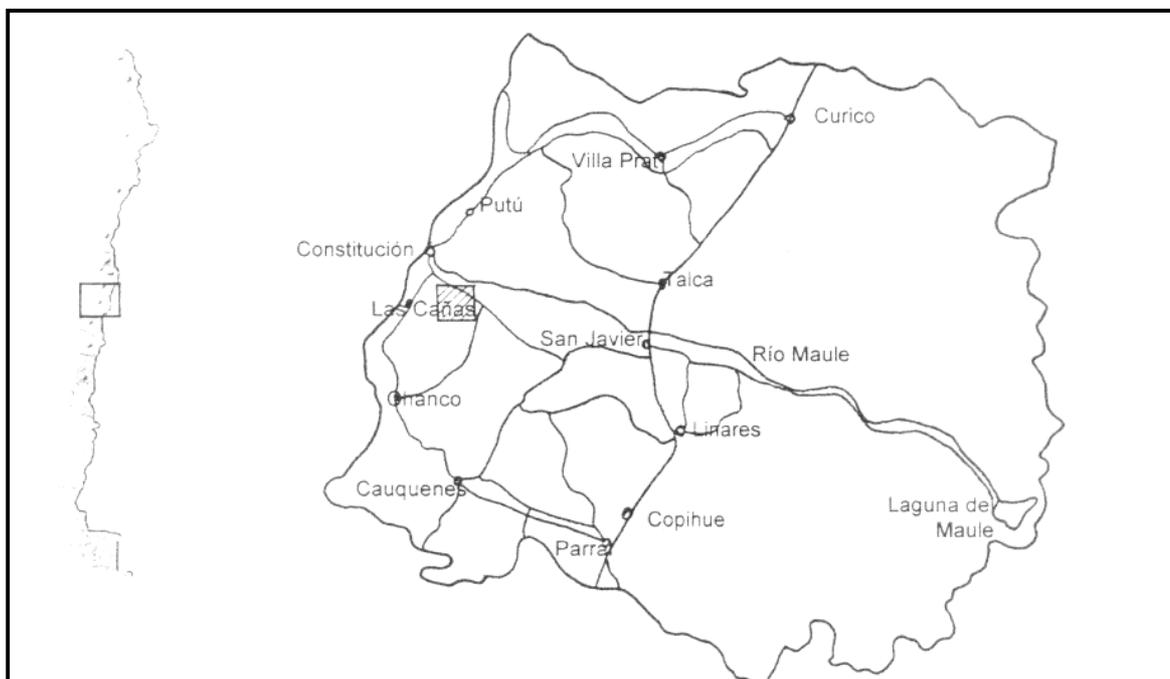
4.- MÉTODO

4.1.- Zona de estudio.

El estudio se llevó a cabo en plantaciones de *P. radiata* del predio Pantanillos y plantaciones de Forestal Copihue y de Forestal Celco en la zona costera de la Comuna de Constitución.

La Comuna de Constitución se ubica en la provincia de Talca, en la costa de la Séptima Región del Maule, en la zona centro sur de Chile, aproximadamente entre los 35° 05' - 35° 35' Latitud Sur y los 72° 10' - 72° 37' Longitud Oeste (figura n°1) (Instituto Geográfico Militar, 1998). Esta área, que originalmente estaba cubierta por bosques de *N. glauca*, hoy está dominada por plantaciones de *P. radiata*.

Figura n° 1, Localización de la zona de estudio (marcada en el rectángulo) en la Comuna de Constitución, Séptima Región.



Esta región concentra la mayor superficie del tipo forestal Roble-Hualo con aproximadamente el 80% del total nacional. Alrededor de un 87% de la superficie de bosque nativo en la región corresponde a bosque en estado de renova (INFOR, 2001).

En general, el bosque de *N. glauca* costero se encuentra degradado debido a la presión ejercida por la población, la que habilita suelos para cultivos agrícolas y a la sobreexplotación destinada a obtener carbón (San Martín & Donoso, 1996).

4.2.- Muestreo

Dentro del área de estudio se establecieron 80 parcelas circulares de 50 m de radio en plantaciones de *P. radiata* de distinto grado de desarrollo como parte del marco del proyecto Fondecyt 1990786 “Dinámica espacial de las aves de bosque en un paisaje forestal industrial”.

Cada parcela se realizó ubicando el punto de muestreo de aves apoyado con fotos aéreas de la zona de estudio. Una vez que se localizó el punto se llevó a cabo una parcela circular concéntrica de 50 metros de radio. Dentro de esta parcela se censaron las aves.

La zona se estratificó de acuerdo al grado de desarrollo del bosque y por las actividades silviculturales, ya que no se contaba con el año de plantación, por tal motivo fueron agrupados en cuatro categorías (Cuadro n° 1)

Cuadro n° 1, Estratificación de las parcelas de acuerdo a su estado de desarrollo.

Estado de Desarrollo	N° parcelas
Pino maduro	5
Pino adulto	56
Pino juvenil	13
Pino con quebrada	6

4.3.- Vegetación

El muestreo de la vegetación en las plantaciones de pino radiata se realizó en verano de 2000 (febrero). En esta época la mayoría de las especies arbóreas y arbustivas tienen el follaje en su máximo desarrollo, además están con flores y/o frutos, lo que hace más fácil su reconocimiento.

La vegetación de las plantaciones que se describió fue la que se registró en la medición de la cobertura de los estratos arbustivos y arbóreos, considerando las 14 especies más importantes. No se individualizaron especies herbáceas debido al ínfimo porcentaje de cobertura y al gran número de especies que probablemente no son importantes. Muchas de las especies arbóreas se consideraron arbustivas porque se encuentran en estado achaparrado, ya que están bajo el dosel arbóreo del bosque de pino radiata.

4.3.1.- Evaluación de la vegetación

Se registraron las siguientes variables:

Número de individuos: se creó una parcela circular de 10 metros de radio cuyo centro coincide con el punto de muestreo de aves. Con el fin de obtener la densidad de las plantaciones se contaron los árboles que estaban dentro de la parcela y se expandió a la hectárea.

Diámetro y altura: se midieron los diámetros a la altura del pecho y la altura de los árboles que están dentro de la parcela. La altura de copa se obtuvo midiendo la altura desde donde comienza la copa viva, hasta el ápice del árbol.

Número de árboles con cavidades: se determinó contando los árboles o troncos, vivos o muertos con algún tipo de agujero.

Volumen del follaje: se utilizó información existente sobre las coberturas de cada estrato y la altura media de cada uno de éstos y del estrato superior, con esto se estimó el volumen total de follaje (cobertura x altura del estrato) y por especie, en cada parcela.

4.3.2.- Estimación de la cobertura

Para estimar la cobertura de cada una de las parcelas, se realizó una parcela circular de 50 metros de radio, cuyo centro coincide con la parcela de muestreo de aves. Cada una de las parcelas se subdividió en cuatro partes iguales, debido a su extensa superficie. En cada subparcela se estimó, en forma porcentual, la cobertura total y por especies, subdividida a su vez en cuatro alturas: la primera desde los 0 a los 0,3 m, la segunda desde los 0,3 a los 2 m, la tercera desde los 2 a los 6 m y la última de los 6 a más, (considerando el más como la máxima altura presente en la parcela).

4.4.- Artrópodos

Para evaluar la oferta de alimento para las aves insectívoras en la zona de estudio se muestreó la composición de artrópodos del follaje del dosel superior como del sotobosque en las plantaciones de pino, en primavera e invierno (Estades, datos no publicados).

Oferta relativa de alimento (artrópodos): para aves insectívoras se estimó utilizando el volumen del follaje del dosel superior ponderado por la densidad relativa de artrópodos muestreados en dicho dosel, lo mismo se hizo para el sotobosque. Posteriormente se agregó la oferta relativa de artrópodos del dosel superior y la oferta del sotobosque para determinar su incidencia en la presencia de las aves.

4.5.- Distancia de la parcela a la quebrada más próxima

Para determinar la influencia que podría ejercer sobre la abundancia de aves en las plantaciones de pino la cercanía de una quebrada, por su vegetación o por alguna oferta de alimento, protección o nidificación, se midió la distancia lineal entre el centro de la parcela y la quebrada más próxima a dicha parcela.

4.6.- Aves

En cada una de las 80 parcelas se analizó la estimación de la abundancia de las aves. Estas estimaciones se hicieron durante la primavera de 1999 (octubre y noviembre) e invierno 2000 (junio) mediante el uso de estaciones puntuales de radio variable, contándose todas las aves que se encontraban en un radio de 50 metros. Se dio más importancia al período de primavera debido a que es la época más importante para las

aves, ya que la mayoría está nidificando. Luego se estimaron en invierno, período más crítico para las aves, para contrastar las poblaciones a lo largo del año.

Durante el estudio se realizaron un total de 6 conteos de aves por cada punto de muestreo. Estudios diversos han demostrado que con cuatro replicaciones el 96% de las especies de aves en un área son detectadas por lo menos una vez (Dobrakhotov, 1961).

Para analizar la interacción que existe entre la vegetación y las aves en la zona de estudio, se determinó la riqueza y la abundancia de aves en cada lugar.

4.7.- Nidos

Para la actividad reproductiva se hicieron 28 parcelas de nidos. Cada parcela es de forma cuadrada de 1 ha y la forma de delimitarla es la misma para todas.

Debido a que la densidad poblacional no está necesariamente correlacionada con la calidad del hábitat (Van Horne 1983), para determinar los atributos de las plantaciones que influyen en la actividad reproductiva de las aves, se describió dicha actividad en las 28 parcelas. Para esto se realizaron barridos en todas ellas, en forma periódica registrándose todos los nidos encontrados, clasificándolos en: de la temporada (si se encontraron con huevos o pollos o recientemente abandonados) y de temporadas pasadas (si presentaban algún grado de deterioro o acumulación de hojas muertas), y en lo posible determinando a qué especie pertenecía.

4.8.- Análisis

Para analizar el efecto que el tipo de vegetación puede tener sobre las aves se utilizó un análisis de componentes principales (PCA).

4.8.1.- Variables estructurales de la vegetación respecto a la riqueza y abundancia de aves.

Se analizó el efecto de la vegetación en la abundancia y riqueza de las aves en la zona de estudio mediante correlaciones simples para lo cual se utilizó el programa estadístico SYSTAT.

Una vez que se estimó la riqueza y la abundancia de aves en las plantaciones de pino, se relacionaron con las variables propias de las plantaciones, la abundancia de artrópodos, la vegetación existente bajo el dosel de pino, las cavidades presentes en la parcela así como la distancia a la quebrada más cercana.

4.8.2.- Variables estructurales de la vegetación respecto a los tipos de aves.

Para evitar que el efecto de una variable en forma separada sobre un ave se anule se determinaron los componentes principales y luego se estandarizaron los datos.

4.8.3.- Relación de nidos con las variables vegetacionales

Se analizó el efecto de las variables estructurales y la distancia a la quebrada más cercana respecto a la abundancia de nidos, mediante el programa R, usando el método de Poisson (Bryan, 1994).

Posteriormente, se analizó la relación de la presencia de nidos de cada especie de ave respecto a las variables estructurales de la vegetación y la distancia lineal a la quebrada más cercana.

5.- RESULTADOS

5.1.- Vegetación

Las especies encontradas y medidas se muestran en el cuadro n° 2:

Cuadro n° 2, Especies vegetales más importantes encontradas en las 80 parcelas con su frecuencia.

Nombre común	Nombre científico	Cobertura por especie	Presencia en parcelas
Arrayán	<i>Luma apiculata</i>	6,41	39
Corcolén	<i>Azara integrifolia</i>	13,16	67
Baccharis	<i>Baccharis sp.</i>	1,58	13
Canelo	<i>Drymis Winteri</i>	0,93	6
Coigüe	<i>Nothofagus dombeyi</i>	6,78	5
Escalonia	<i>Escallonia pulverulenta</i>	12,74	48
Hualo	<i>Nothofagus glauca</i>	63,80	75
Lingue	<i>Persea lingue</i>	2,14	19
Litre	<i>Lithraea caustica</i>	6,32	40
Maqui	<i>Aristotelia chilensis</i>	1,71	6
Murtilla	<i>Ugni molinae</i>	3,59	57
Olivillo	<i>Aextoxicon punctatum</i>	0,30	3
Peumo	<i>Cryptocaria alba</i>	8,42	29
Pino	<i>Pinus radiata</i>	916,96	80

Como se aprecia en el cuadro n° 2, la especie *N. glauca* resultó ser la más abundante en el sotobosque y se encontró en la mayoría de las parcelas, debido a que la zona de estudio estuvo dominada por bosques de esta especie antes que se establecieran dichas plantaciones.

Otras especies que resultaron interesantes por la frecuencia con que aparecen en las parcelas son: corcolén, murtilla, escalonia, entre otras (cuadro n° 2), todas encontradas en el sotobosque de los bosques naturales. La presencia de estas especies indicaría que se trata de remanentes de bosques Maulino perturbado (San Martín & Donoso, 1996).

Al hacer el análisis de componentes principales (PCA) con los datos de primavera se obtuvieron cuatro componentes principales que explican el 54,12% de la varianza total.

En invierno, se obtuvieron cuatro componentes principales que explican el 54.48% de la varianza total.

Cuadro n° 3, definición de los componentes principales en primavera que explican el aporte a la varianza total de la muestra

Componente 1	Un 24,69 del porcentaje total de la varianza explicada. Desarrollo de la plantación, las variables altura total, volumen total, diámetro medio y área basal están relacionadas positivamente con la variable pino, las plantaciones adultas tienen un mayor desarrollo de sus árboles.
Componente 2	Un 12,30 del porcentaje total de la varianza explicada. Zonas planas y bajas con especies típicas de ambientes húmedos.
Componente 3	Un 10,24 del porcentaje total de la varianza explicada. Volumen nativo, el que está explicado principalmente por coigüe, lingue, peumo y hualo. Está asociado negativamente con la distancia a la quebrada más cercana, encontrando mayor abundancia de vegetación nativa a medida que se acerca a ésta.
Componente 4	Un 6,91 del porcentaje total de la varianza explicada. Ladera de exposición norte. Existe una relación negativa entre la distancia a la quebrada y la presencia de especies típicas de ambientes secos. Mientras más lejos de la quebrada más árida es la ladera.

Cuadro n° 4, definición de los componentes principales en invierno que explican el aporte a la varianza total de la muestra

Componente 1	Un 24,52 del porcentaje total de la varianza explicada. Desarrollo de la plantación, las variables altura total, volumen total, diámetro medio y área basal están relacionadas positivamente con la variable pino, plantaciones adultas tienen un mayor desarrollo de sus árboles.
Componente 2	Un 12,27 del porcentaje total de la varianza explicada. Zonas planas y bajas con especies típicas de ambientes húmedos.
Componente 3	Un 10,47 del porcentaje total de la varianza explicada. Volumen nativo que está explicado principalmente por coigüe, lingue, peumo y hualo. Está asociado negativamente con la distancia a la quebrada más cercana, encontrando mayor volumen de vegetación nativa a medida que se acerca a ésta.
Componente 4	Un 7,20 del porcentaje total de la varianza explicada. Ladera de exposición norte. Existe una relación negativa entre la distancia a la quebrada y la presencia de especies típicas de ambientes secos. Mientras más lejos de la quebrada más árida es la ladera.

5.2.- Aves:

De acuerdo con el origen de las aves casi la totalidad resultó ser nativa y un número muy pequeño endémica. No se encontraron especies introducidas en la zona de estudio (Araya & Millie, 1988). Se registró un total de 24 especies pertenecientes a 11 familias (cuadro n° 5). No se encontró ninguna especie de ave con problemas de conservación.

Cuadro n° 5
Especies de aves encontradas en la zona de estudio
clasificadas por familia con su abundancia.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Abundancia Prim. (ind/ha)	Abundancia Inv. (ind/ha)
Falconidae	<i>Milvago chimango</i>	Tiuque	0,06	0,02
Trochilidae	<i>Sephanoides galeritus</i>	Picaflor	0,19	0,08
Picidae	<i>Colaptes pitius</i>	Pitío	0,01	0,02
	<i>Picoides lignarius</i>	Carpinterito	0,01	—
Furnariidae	<i>Astaenes Humicola</i>	Canastero	0,07	0,06
	<i>Sylviorthorhynchus desmurssi</i>	Colilarga	0,06	0,06
	<i>Pygarrhichas albogularis</i>	Comesebo grande	0,04	0,05
	<i>Aphrastura spinicauda</i>	Rayadito	0,16	0,24
	<i>Leptasthenura aegithaloides</i>	Tijeral	0,02	0,07
Rhinocryptidae	<i>Pteroptochos castaneus</i>	Hued hued castaño	0,01	0,02
	<i>Scytalopus magellanicus</i>	Churrín	0,18	0,13
	<i>Eugralla paradoxa</i>	Churrín de la Mocha	0,04	0,02
Tyrannidae	<i>Anairetes parulus</i>	Cachudito	0,6	1,05
	<i>Elaenia albiceps</i>	Fio-fio	1,12	—
	<i>Xolmis pyrope</i>	Diucón	0,27	0,27
	<i>Colorhamphus parvirostris</i>	Viudita	—	0,03
Hirundinidae	<i>Tachycineta meyeri</i>	Golondrina chilena	0,05	0,03
Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Chercán	0,41	0,32
Muscicapidae	<i>Turdus falcklandii</i>	Zorzal	0,13	0,05
Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Chincol	0,12	—
	<i>Curaeus curaeus</i>	Tordo	0,05	—
Fringillidae	<i>Phrygilus patagonicus</i>	Cometocino patagónico	0,1	0,06
	<i>Diuca diuca</i>	Diuca	0,04	0,05
	<i>Carduelis barbata</i>	Jilguero	0,3	0,01

— No se detectaron en esa temporada.

En primavera, la familia más numerosa resultó ser Tyrannidae, que con sólo tres miembros representó casi la mitad de las aves que se encontraron en la zona. La otra especie que resultó abundante fue chercán y por último jilguero. Rayadito se encontró en un porcentaje menor, pues es una de las especies de bosque que más se ve afectada con el cambio de la vegetación nativa por las plantaciones de pino radiata. Una situación muy similar es la que se dio en invierno con estas especies (cuadro n° 5).

En primavera la especie más abundante, en primavera fue fio fio, (cuadro n° 5). Esta especie es migratoria y visita esta zona sólo en esta época donde nidifica.

En invierno, otro caso de ave migratoria fue la viudita que presenta una migración más local, hacia el centro-norte del territorio chileno volviendo al sur a comienzo de la primavera. La especie más abundante resultó ser cachudito (cuadro n° 5). Esta ave se observó en bandadas forrajeando tanto en el sotobosque como en el dosel de los pinos.

5.3.- Efecto de las variables estructurales sobre la riqueza y abundancia de aves.

Pocas variables vegetacionales influyeron en la abundancia y riqueza de aves. La abundancia de hualo resultó determinante en la abundancia de aves, pero en forma aislada con poca cobertura. Las variables estructurales de las plantaciones no resultaron determinantes en la riqueza y abundancia de especies de aves durante la primavera.

Cuadro n° 6. Efecto de las características de plantaciones de pino en la riqueza y abundancia de aves, en primavera de 1999 e Invierno de 2000 en la zona.

	PRIMAVERA		INVIERNO	
	RIQUEZA	ABUNDANCIA	RIQUEZA	ABUNDANCIA
ARTRÓPODOS	—	—	-0,2337* ¹	—
HT	—	—	-0,2624**	—
VT	—	—	—	—
VN	—	—	—	—
DM	—	—	-0,2398*	—
G	—	—	-0,2928**	—
NAR	—	—	-0,2187*	-0,2322*
CAV	—	—	—	—
ARRAYAN	0,3480*** ¹	0,3974***	—	—
AZARA	—	—	—	—
BACCHARIS	—	—	—	—
CANELO	0,2733**	0,2494**	—	—
COIGUE	—	—	—	—
ESCALONIA	—	—	—	—
HUALO	—	-0,2071*	-0,2579**	—
LINGUE	—	—	—	—
LITRE	—	—	—	—
MANIO	0,3583***	0,2858**	—	—
UGNI	—	—	—	—
OLIVILLO	—	—	—	—
PEUMO	0,2635**	0,2097*	—	—
PINO	—	—	—	—
DQ	-0,3981***	-0,3840***	—	—

1. Coeficiente de regresión. *: p < 0,05; **: p < 0,01; ***: p < 0,001

HT: Altura total del dosel; VT: volumen ocupado por toda la vegetación; VN: volumen de la vegetación nativa; DM: diámetro medio; G: área basal por hectárea; NAR: número de árboles por hectárea; CAV: número de cavidades por hectárea; DQ: distancia a la quebrada más cercana.

— No existió relación significativa

En primavera, se observó un efecto positivo y muy significativo de la vegetación nativa de tipo laurifolio sobre la riqueza de aves. Otra variable que resultó de gran importancia como predictor de la riqueza de aves fue la distancia a la quebrada más cercana, existiendo más especies en las cercanías de ésta. La abundancia de aves está asociada positiva y muy significativamente con la vegetación nativa de tipo laurifolio. En la especie hualo se observó un efecto negativo y muy poco significativo respecto a la abundancia de aves en la zona (cuadro n° 6). La distancia a la quebrada más cercana es un muy buen predictor de la abundancia de aves (cuadro n° 6).

En Invierno, la abundancia de artrópodos influyó negativamente en la riqueza de aves, encontrándose más aves donde hay una menor cantidad de insectos (cuadro n° 6). Las variables HT, DM, G y NAR resultaron significativas y negativas respecto a la riqueza de aves (cuadro n° 6). Sólo la especie de vegetación nativa hualo influyó negativamente en la riqueza de aves (cuadro n° 6). El número de árboles por hectárea (NAR) mostró un efecto negativo y muy importante en la abundancia de aves, ésta resultó ser la única variable que influyó sobre la abundancia en la zona de Constitución (cuadro n° 6).

5.4.- Efecto de la estructura de la plantación en las especies de aves.

Cuadro n° 7, Efecto de los componentes de la vegetación en la abundancia de las aves encontradas en primavera en los 80 puntos de muestreo en la zona.

	COMP1	COMP2	COMP3	COMP4
CACHUDITO	—	—	—	-0,2175*
CANASTERO	—	—	—	-0,2838**
CARPINTERITO	—	—	0,4744***	—
CHERCÁN	-0,2717** ¹	0,2626**	—	—
CHINCOL	-0,4071***	—	—	—
CHURRÍN	0,4090***	—	—	—
CHURRÍN de la M.	—	—	—	-0,2439**
COLILARGA	0,2902**	—	0,2554**	-0,3256***
COMESEBO	—	—	—	—
COMETOCINO	—	0,4986***	—	—
DIUCA	-0,4302***	—	—	—
DIUCÓN	-0,3377***	—	—	—
FIO FIO	—	—	—	—
GOLONDRINA	—	—	0,2607**	—
HUED HUED	—	—	0,3246***	0,2383*
JILGUERO	—	—	—	—
PICAFLORES	—	—	—	—
PITÍO	—	—	—	-0,2549**
RAYADITO	0,2449**	0,3025**	0,4487***	—
TIJERAL	—	0,3184***	—	—
TIUQUE	—	—	—	—
TORDO	—	—	—	—
ZORZAL	—	-0,2515**	—	—

1. Coeficiente de regresión. *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$
 — No existió relación significativa entre las variables.

Durante la primavera:

El componente 1 presentó un efecto negativo sobre la abundancia de chercán, chincol, diuca y diucón (cuadro n° 7). Se encontró una mayor abundancia del tipo de aves de praderas en las plantaciones más jóvenes. En cambio, se observó una relación positiva del componente 1 sobre la abundancia de aves como churrín, colilarga y rayadito (cuadro n° 7), estas aves de bosque se encontraron con más frecuencia en las plantaciones maduras.

El componente 2 mostró un efecto positivo sobre la abundancia de chercán, cometocino, rayadito y tijeral (cuadro n° 7), especies que son abundantes en zonas bajas y con un relieve relativamente suave, en ausencia de quebradas y con vegetación típica de ambientes húmedos. Sólo zorzal mostró un efecto negativo y significativo respecto a este componente (cuadro n° 7).

El componente 3 tuvo un efecto positivo sobre la abundancia de carpinterito, colilarga, golondrina, hueso hueso y rayadito (cuadro n° 7), especies que son abundantes en zonas donde el desarrollo de la vegetación nativa es mayor, generalmente relacionado a la cercanía de una quebrada.

Finalmente, el componente 4 presentó un efecto negativo sobre la abundancia de cachudito, canastero, churrín de la mocha, colilarga y pitío (cuadro n° 7). Se encontró una abundancia menor de estas aves en laderas de exposición norte donde la vegetación es menos abundante, prefiriendo las laderas de exposición sur con mayor desarrollo de vegetación. Hueso hueso mostró un efecto positivo respecto a las laderas de exposición norte (cuadro n° 7), fue más frecuente encontrarlo en laderas secas con menor desarrollo de la vegetación.

Cuadro n° 8, Efecto de los componentes de la vegetación en la abundancia de las aves encontradas en invierno en los 80 puntos de muestreo en la zona.

	COMP1	COMP2	COMP3	COMP4
CACHUDITO	—	—	—	—
CANASTERO	—	—	—	—
CHERCAN	—	—	—	—
CHURRIN	—	—	—	0.2367*
CHURRIN de la M.	—	—	—	—
COLILARGA	—	—	—	—
COMESEBO	—	—	—	—
COMETOCINO	—	—	—	0.3159**
DIUCA	-0.3114** ¹	—	—	0.3099**
DUICON	-0.2736**	—	—	—
GOLONDRINA	—	—	0.3122**	—
HUED_HUED	—	0.3567***	—	—
JILGUERO	—	—	—	0.2397*
PICAFLORES	—	—	—	0.2287*
PITIO	—	—	—	—
RAYADITO	—	0.2164*	—	—
TIJERAL	—	—	—	—
TIUQUE	—	0.5145***	0.2552**	—
VIUDITA	—	—	—	0.2247*
ZORZAL	—	0.2166*	—	—

1. Coeficiente de regresión. *: p < 0,05; **: p < 0,01; ***: p < 0,001.

— No existió relación significativa entre las variables.

Durante el invierno:

El componente 1 mostró un efecto negativo sobre la abundancia de diuca y diucón (cuadro n° 8). Se encontró a estas dos especies con mayor frecuencia en las plantaciones jóvenes.

El componente 2 tuvo un efecto positivo sobre la abundancia de hueso hueso, tiuque, rayadito y zorzal (cuadro n° 8). Se encontró una mayor cantidad de estas aves en las zonas bajas con un relieve suave y con abundante vegetación de ambientes húmedos.

El componente 3 presentó un efecto positivo sobre la abundancia de golondrina y tiuque (cuadro n° 8). Estas dos especies de aves son más frecuentes cerca de una quebrada, donde generalmente el volumen de la vegetación nativa es mayor.

El componente 4 mostró un efecto positivo sobre la abundancia de churrín, cometocino, diuca, jilguero, picaflor y viudita (cuadro n° 8). Se encontró una mayor abundancia de estas aves en las laderas de exposición norte con menor desarrollo de la vegetación.

5.5.- Efecto de la Abundancia de artrópodos en relación a las especies de aves

Cuadro n° 9, Efecto de la abundancia de artrópodos y de cavidades respecto a la de aves en la zona.

Especie	Artrópodos Primavera	Artrópodos Invierno	Cavidades
CACHUDITO	—	—	—
CANASTERO	—	—	—
CARPINTERITO	—	—	0,227* ¹
CHERCÁN	-0.3104** ¹	—	0,226*
CHURRÍN	0.3907***	—	—
CHURRÍN de la M.	—	—	—
COLILARGA	0.2142*	—	—
COMESEBO	—	—	—
COMETOCINO	—	—	0,429***
DIUCÓN	-0.3079***	-0.3268***	—
GOLONDRINA	—	—	—
HUED HUED	—	—	—
PICAFLORES	—	-0.2109*	—
PITIO	—	—	—
RAYADITO	0.2326*	0.2293*	0,533***
TIJERAL	—	—	—
TIUQUE	—	—	—
TORDO	—	—	—
VIUDITA	—	-0.2117*	—
ZORZAL	—	-0.2344*	—

1. Coeficiente de regresión. *: p < 0,05; **: p < 0,01; ***: p < 0,001.
— No existió relación significativa entre las variables.

En primavera, la abundancia de artrópodos presentó un efecto negativo sobre la abundancia de chercán y diucón. En cambio, tuvo un efecto positivo sobre la abundancia de churrín, colilarga y rayadito (cuadro n° 9).

En invierno, la abundancia de artrópodos tuvo un efecto negativo sobre la abundancia de diucón, picaflor, viudita y zorzal y, a su vez, un efecto positivo sobre la abundancia de rayadito (cuadro n° 9).

5.6.- Efecto de las cavidades sobre la abundancia de aves

Se encontró una relación directa de la oferta de cavidades con las aves que demandan este tipo de recurso para nidificar. La oferta de cavidades tuvo un efecto positivo y significativo sobre las aves que requieren de una cavidad para nidificar. La presencia de cavidades tuvo un efecto positivo sobre la abundancia de carpinteritos, chercán, cometocino y rayadito (cuadro n° 9).

5.7.- Efecto de las variables estructurales de la vegetación sobre la abundancia de nidos.

De las 24 especies de aves encontradas en el estudio, sólo 12 nidificaron en alguna de las 28 parcelas de 1 Ha. Se observó una nidificación mayor en tres especies (cuadro n° 10), pero que no están relacionadas necesariamente con las variables estructurales descritas.

Cuadro n° 10, cantidad de nidos de la temporada como de temporadas pasadas encontradas en las 28 parcelas de 1 ha, clasificadas por especies.

Especie	Total de nidos ¹	Nidos de temporada ²
CANASTERO	15	2
CACHUDITO	15	8
CHERCÁN	5	2
COMETOCINO	3	2
DIUCÓN	17	2
FIO FIO	4	4
PITIO	1	—
RAYADITO	1	—
TIUQUE	1	—
TÓRTOLA	1	—
ZORZAL	5	2
TOTAL	68	22

¹ nidos encontrados por especie de la temporada o de temporadas pasadas.

² nidos encontrados por especie y con actividad reproductiva.

Tanto la abundancia total de nidos de aves como la abundancia de nidos de cada especie de la zona presentaron relaciones significativas con las variables estructurales y la distancia a las quebradas (cuadro n° 11).

Cuadro N° 11, Efecto de las variables estructurales y la distancia a la quebrada más cercana sobre la abundancia total y de temporada de nidos para cada especie.

	DM	VT	HT	G	NAR	VN	DQ
CANASTERO	—	—	—	-0,0734* ¹	—	0,0091*** ¹	—
CACHUDITO	—	—	—	—	—	—	—
CHERCÁN	—	—	—	-0,1622* ¹	—	—	—
COMETOCINO	—	—	—	—	—	0,0103* ¹	—
DIUCÓN	-0,1186*** ¹	-0,0019** ¹	-0,1157** ¹	-0,1360*** ¹	—	—	—
FIO FIO	—	—	—	—	—	—	—
PITIO	—	—	—	—	—	—	—
RAYADITO	—	—	—	—	—	—	—
TIUQUE	—	—	—	—	—	—	—
TÓRTOLA	—	—	—	—	—	—	—
ZORZAL	—	—	—	—	—	0,0038** ²	—
TOTALES	—	—	—	-0,0429** ¹	—	0,0038** ¹	-0,0015* ¹

1. Coeficiente de regresión para la totalidad de nidos. *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$.

2. Coeficiente de regresión para los nidos de temporada. *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$.

HT: Altura total del dosel; VT: volumen ocupado por toda la vegetación; VN: volumen de la vegetación nativa; DM: diámetro medio; G: área basal por hectárea; NAR: número de árboles por hectárea; DQ: distancia a la quebrada más cercana.

— No existió relación significativa entre las variables.

Se observó un efecto negativo del diámetro medio (DM), volumen total de la vegetación (VT), altura total del dosel superior (HT) y área basal por hectárea (G) sobre la cantidad de nidos totales de diucón (cuadro n° 11).

El área basal por hectárea (G) tuvo un efecto negativo sobre la totalidad de nidos de las especies, afectando principalmente la cantidad de nidos totales de canastero, chercán, y diucón (cuadro n° 11).

La abundancia de vegetación nativa (VN) tuvo un efecto positivo sobre la totalidad de nidos de las especies, afectando principalmente la abundancia total de nidos de canastero, cometocino y los nidos de la temporada de zorzal (cuadro n° 11).

La distancia a la quebrada (DG) más cercana tuvo un efecto negativo sobre la presencia de nidos totales (cuadro n° 11).

Zorzal fue la única especie en que se observó un efecto positivo de la abundancia de la vegetación nativa respecto a la presencia de nidos de la temporada (cuadro n° 11).

6.- DISCUSIÓN

En las plantaciones de pino radiata habitualmente el sotobosque se encuentra degradado, la diversidad y riqueza florística se encuentran asociadas a las zonas con humedad favorable, principalmente los fondos de quebradas, como sugiere Gajardo (1998). Estades & Escobar (2003) atribuyen la riqueza de especies de plantas en el sotobosque de plantaciones de pino en la zona de Constitución a la altitud del sitio, encontrándose más especies en lugares más bajos.

Eguiguren (1995) logró establecer que el sotobosque presente en los bosques de pino radiata en la provincia de Arauco, está compuesto por una mezcla de especies cuyo origen vegetacional proviene del bosque esclerófilo, caducifolio y laurifolio, las que se encuentran insertas en un ambiente de bosque.

La riqueza florística del sotobosque y su cobertura están íntimamente ligadas con la densidad de las plantaciones, siendo mayores en aquellos bosques intervenidos con técnicas de manejo silvícola, principalmente poda y raleo, situación que sugieren Eguiguren (1995) y Estades & Escobar (2003), lo que se vio en el estudio. Eguiguren (1995) concluyó que la edad de la plantación no tiene mayor influencia en la distribución de las especies vegetales que crecen bajo el dosel superior.

Especies como el chincol y la diuca se encontraron en plantaciones jóvenes con abundante vegetación de poca altura, principalmente herbáceas donde hay una gran carga de semillas. Estas dos especies son típicas de praderas encontrándose sólo en los primeros estadios de la plantación. Esto concuerda con los resultados de Dickson *et al.*, (1984) de su estudio sobre los cambios de las comunidades de aves en plantaciones de pino en Texas. El chercán se encontró forrajeando en el suelo en busca de alimento entre la estrata herbácea, esto concuerda con Johnson & Landers (1982) que concluyeron que las plantaciones en estado de desarrollo juvenil tienen un componente herbáceo que mantiene condiciones favorables para especies que anidan en el suelo y semillas e insectos para especies de aves que se alimentan en él.

El diucón usó las plantaciones jóvenes para posarse en los ápices de los árboles mientras se alimenta de insectos que captura al vuelo o posados sobre el follaje, también se observó nidificando en árboles jóvenes con verticilos a poca distancia y con ramitas delgadas relativamente cerca del suelo, esto concuerda con Johnson & Landers (1982) quienes concluyeron que las plantaciones de poca edad permiten que aniden las aves que lo hacen en los arbustos, los pinos les sirven de apoyo y el follaje aporta insectos que se alimentan de éste, los que sirven para nutrimento de las aves.

En plantaciones adultas abundaron principalmente las especies insectívoras como fio fio, churrín, colilarga y rayadito. Especies típicas de bosque y matorrales se encuentran a medida que el bosque va madurando, asociado con un aumento en altura y volumen de la vegetación nativa lo que aumenta su complejidad estructural. En las etapas más avanzadas de la plantación (cercana a su cosecha) la vegetación nativa alcanzó un mayor desarrollo favoreciendo la presencia de aves de bosque como carpinterito, colilarga, golondrina, hued hued y rayadito. Esto concuerda con Dickson *et al.* (1984), quien atribuye la ausencia de las aves de bosque en los primeros años de la plantación a la falta de sitios apropiados para anidar por la ausencia de arbustos de vegetación nativa. Estades & Temple (1999), determinaron que durante el desarrollo de la plantación, desde

su establecimiento a su madurez, la composición de las aves cambia de manera sustancial, igual resultado obtuvieron Repenning & Labisky (1985) en el Norte de Florida.

En invierno hubo menor relación de las variables estructurales de la vegetación respecto a la abundancia de aves, presumiblemente porque las aves en esta época no están establecidas en un área determinada como en la época reproductiva, encontrándose a las aves agrupadas en bandadas. Esto concuerda con Estades (datos no publicados) y con Childers et. al (1986), quienes concluyeron que la composición de aves en plantaciones de pino loblolly era similar en primavera como en invierno, pero en invierno era favorable para las bandadas grandes de especies de aves de pradera. En esta época se observó que las especies no están afectadas por la presencia de vegetación nativa y que la mayoría se encuentra en laderas de exposición norte a diferencia de primavera donde se encontraron principalmente en las laderas de exposición sur.

La abundancia de nidos fue mayor donde la abundancia de vegetación nativa en el sotobosque fue mayor, a su vez la abundancia de vegetación nativa está ligada a la cercanía a una quebrada disminuyendo a medida que se va internando en el bosque, esto se tradujo en una oferta mayor de nichos para nidificar cerca de una quebrada.

Las especies canastero y diucón fueron las que más nidificaron en las plantaciones de pino. Hay indicios (observaciones personales) que estas aves están haciendo sus nidos en los verticilos de pinos jóvenes que están sin poda o que ya se les aplicó la primera poda, cuyas ramas están a muy poca distancia una de otra y son de diámetros delgados, esto estaría reemplazando la vegetación nativa de baja altura ausente en las plantaciones jóvenes. Esto concuerda con Dickson *et al.* (1984), quienes determinaron en Texas que la diversidad de aves aumenta con el aumento de la altura y la complejidad estructural de la vegetación.

Una de las especies que más se encontró donde existían cavidades fue el rayadito. Esta es una de las aves que más se ve afectada con la sustitución de bosque nativo por plantaciones de pino radiata la cual disminuye drásticamente la oferta de cavidades, quedando restringido sólo donde quedan remanentes de bosque nativo en estado maduro, principalmente las quebradas protegidas y áreas de protección. Una forma de mitigar la falta de cavidades o de árboles maduros, en el caso de carpinterito, es colocar casitas nideras o troncos en las plantaciones de pino, en especial en los primeros años de la plantación como sugiere Land *et al.* (1989), Caine & Marion (1991) y resultados preliminares obtenidos en la zona de Constitución (Estades, datos no publicados).

Se observó una relación negativa de la oferta de artrópodos sobre las aves insectívoras como diucón y chercán, esto si bien es contradictorio a primera vista, analizada detalladamente la oferta de artrópodos, la cual esta expresado por unidad de vegetación, se encontró una mayor abundancia donde la vegetación es más abundante. Estas aves son de bosque donde la vegetación nativa es más desarrollada y la abundancia de ésta es relativamente menor como se observó en el análisis de ésta. Por lo tanto este tipo de aves privilegia la composición estructural de la vegetación sobre la oferta de alimento.

7.- PROPUESTA DE MEDIDAS DE MANEJO

Las áreas de protección, las quebradas y los remanentes de bosque nativo son una fuente importante de recursos para las aves por lo que el manejo debería tender a potenciarlo. Estas zonas son ricas en vegetación nativa con una gran variedad de plantas que alcanzan un desarrollo de madurez avanzado, favoreciendo la alimentación y la nidificación, permitiendo el desplazamiento de las aves de las zonas de protección hacia las plantaciones en busca de alimento, ayudando al control de artrópodos que afectan a éstas, en especial las juveniles. Esto podría manejarse con un esquema de control integrado biológico de las plagas forestales en el cual las aves actúen como controladores naturales de insectos, incluso de la polilla del brote.

Las siguientes son recomendaciones:

Preservar árboles nativos como coigüe y hualo en las quebradas que permiten la nidificación de una gran cantidad y variedad de aves, en especial las que nidifican en cavidades.

Incorporar nidos artificiales (cajas nideras) a las plantaciones, especialmente a las juveniles, reemplazaría la oferta de cavidades que se perdieron al sustituir los bosques nativos, favoreciendo a especies como rayadito y chercán que nidifican en cavidades. Al incorporar un nido artificial al interior de las plantaciones y al ser ocupada por una ave aumenta su área de alimentación.

Dejar troncos después de la explotación podría favorecer la nidificación de carpinterito, esta ave crea sus propias cavidades, lográndose un efecto similar a la incorporación de casas nideras. Se observó que troncos de pinos muertos al quebrarse bajo la altura de poda son usados por especies que nidifican en cavidades, una medida de gran utilidad sería dejar por lo menos un par de árboles por hectárea, en el segundo raleo, muertos en pie (anillar, etc.) para que sea utilizado por los carpinteros y posteriormente por comesebo, rayadito, chercán o golondrina. Tanto la medida de colocar casas nideras como troncos son de bajo costo.

Se deberán evitar las quemas de desechos de la cosecha, para despejar terrenos antes de establecer las nuevas plantaciones, ya que las tasas de crecimiento de pino radiata no tienen competidores nativos. El no quemar favorece más rápido la regeneración de arbustos, aportando nichos en un menor tiempo para que nidifiquen las aves de matorrales. Las quemas favorecen a las aves granívoras por las elevadas cargas de semillas de plantas herbáceas que se producen en el suelo, pero retardan demasiado la regeneración de arbustos y árboles del sotobosque, eliminándose los sitios de reproducción de estas aves.

Las técnicas de manejo actuales como no quemar los desechos producto de la cosecha, plantar un número reducido de árboles por hectárea, podas y raleos tempranos favorecen la regeneración y desarrollo de una variada y densa vegetación nativa que favorece a las aves del lugar. Mientras este tipo de técnicas se mantenga y no se deje de hacer manejo sobre estas plantaciones, la presión que ejercen sobre las aves de la zona no será tan drástica.

Se propone orientar los resultados de las futuras investigaciones de las aves de las plantaciones forestales como una certificación medioambiental, en especial sobre la

adición de cavidades o troncos muertos que sustituyen las existentes en el momento de transformar el bosque natural a plantaciones.

Que se certifique que la plantación de más de una generación de donde provienen los productos finales como maderas o papel vengan de un bosque que no se estableció sobre una quema de desecho y que está favoreciendo a las aves y a la fauna nativa en general.

Certificación de un plan integrado que lleve a estimular la inserción de las aves a las plantaciones nuevas para controlar plagas, a fin de disminuir las cargas de insecticidas con efectos laterales que dañen a la fauna nativa.

8.- CONCLUSIONES

Las plantaciones de *P. radiata* de la Comuna de Constitución, Región del Maule mantienen un sotobosque diverso donde vive y se reproduce una gran variedad de aves nativas.

Los estadíos más tempranos de las plantaciones en la Comuna de Constitución son más ricos y abundantes en aves de praderas, mientras que las plantaciones adultas son más diversas y abundantes en aves de bosques. Existen especies que están adaptándose a alimentarse en pinos e incluso algunas hasta las usan para reproducirse en este tipo de hábitat.

Específicamente, se concluye:

1°- En primavera, en zonas cercanas a las quebradas y con abundante vegetación nativa típica de ambientes húmedos se encontró una mayor riqueza de especies de aves. La densidad de aves mostró un comportamiento similar a la riqueza de especies en la zona costera de la Comuna de Constitución.

2°- En invierno la riqueza de especies fue explicada principalmente por el desarrollo de la plantación, encontrando una mayor cantidad de especies en las plantaciones jóvenes con un menor desarrollo de las variables estructurales como área basal, baja altura y con bajo número de árboles por hectárea. Las nuevas técnicas silviculturales están favoreciendo indirectamente a las aves existentes en la zona al plantar bosques menos densos.

3°- Existen aves de matorral bien adaptadas a las plantaciones de pino radiata, en especial aquellas plantaciones en estado juvenil, como diucón, diuca, chincol y chercán, siendo la primera la que más se observa alimentándose sobre éstas. Un número reducido de especies de aves de bosque se relacionó directamente con plantaciones de pino radiata adultas como es el caso de churrín y colilarga, ya que este tipo de aves se desplaza y alimenta en zonas cubiertas de vegetación densa, la que está más desarrollada en las plantaciones adultas, pero con bajo número de árboles por hectárea.

4°- La vegetación nativa bajo el dosel de pino es muy importante en la presencia de algunas aves como colilarga, hued hued y rayadito entre otras, principalmente porque la vegetación nativa les sirve para instalar sus nidos y les provee de alimento.

5°- La presencia de vegetación nativa es fundamental para la nidificación de las aves de la zona, principalmente de la especie como canastero, cometocino y zorzal. Las técnicas actuales de manejo favorecen la proliferación de vegetación nativa, formándose áreas donde estas especies de aves puede instalar sus nidos. Un hecho relevante es que las especies como canastero, cachudito y diucón hacen sus nidos directamente en los pinos jóvenes.

6°- La presencia de cavidades es fundamental en la reproducción de ciertas aves como golondrina, comesebo y rayadito, quedando restringidas a las quebradas donde existe una mayor oferta de cavidades y de árboles nativos sobremaduros, llevándolos a un estado reprimido de las especies donde nidifican en zonas muy pequeñas mezclándose entre parientes produciendo problemas de conservación.

7°- Carpintero es un ave que taladra la madera de árboles maduros en busca de su alimento, además, construye sus nidos sobre este tipo de árboles taladrándolo hasta hacer una cavidad relativamente profunda. La falta de árboles sobremaduros o muertos también esta restringiendo a esta especie solo a las quebradas con árboles maduros.

8°- Chercán es la especie más adaptada a las plantaciones ya que no es muy exigente en el uso de las cavidades ocupando las que existen o están abandonadas, ya sean nidos antiguos de las especies que taladran madera, grietas, fisuras que se forman por resquebramiento de la corteza o por ramas que se han quebrado y comienzan a pudrirse hacia el interior. También nidifica en el suelo en tocones o en cavidades que se forman en los taludes ya sea por otras especies o por raíces que al pudrirse dejan una cavidad utilizada por ellos.

9.- BIBLIOGRAFÍA

Araya, B. & G. Millie. 1988. Guía de campo de las aves de Chile. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 405 pp.

Avery, M. & R. Leslie., 1990. Birds and Forestry. Academic Press, London.

Alvarez, F., 1990. Efectos ecológicos de los nuevos esquemas de manejo del pino radiata.

Arauco. Bosques Arauco S. A. Subgerencia técnica. Dpto. De estudios forestales. 4.

Bryan, F. J., 1994. Multivariate Statistical Methods. Chapman & Hall. New York. USA. 215 pp.

Caine, L. A., 1986. Augmentation of slash pine plantations with snags to enhance breeding bird habitat. M. S. thesis, Univ. Florida, Gainesville, Florida.

Caine, L. A. & W. r: Marion. 1991. Artificial addition of snags and nest boxes to slash pine plantations. J. Field Ornithol. Wintew 62: 97-106.

Carrascal, L. M.; Moreno, E. & Tellería, J. L. 1990. Ecomorphological relationships in a group of insectivorous birds of temperate forests in winter. Holarctic Ecology 13, 105-111.

Cerda, I, J. Olavarría & M. I. Avalos. 1993. El sector forestal en Chile: logros y desafíos. Instituto Forestal, Santiago.

Chambers, C. L., W. C. McComb & J. C Tappeiner II. 1999. Breeding bird responses to three silvicultural treatments in the Oregon Coast range. Ecological Applications 9: 171-185.

Childers, E. L., T. L. Sharik & C. S. Adkinsson. 1986. Effects of loblolly pine plantations on Songbird dynamics in the Virginia Piedmont. Journal of Wildlife Management 50 (): 406-413.

Clout , M. N. & P. D. Gaze. 1984. Effects of plantation forestry on birds in New Zealand. Journal of Applied Ecology 21:795-816.

Cody, M. L. (Ed.) 1985. Habitat selection in birds. Academic Press, Orlando.

Conner, R. N. 1978. Snag management for cavity nesting birds. 120-128.

Contesse, D. 1986. Apuntes y consideraciones para la historia del pino radiata en Chile. 351-372.

Corporación chilena de la madera CORMA. 1971. El cultivo del *Pino insigne*. Santiago. Chile. 503 pp.

Cowling, R. M.; Moll, E. J.; Campbell, B. M. 1976: The ecological status of the understory communities of pine forest on Table Mountain. South Africa Forestry Journal 99: 13-23.

Cruz, A. 1988. Avian resource use in a Caribbean pine plantation. *Journal of Wildlife Management* 52: 274-279.

Cunningham, J. B., R. P. Balda & W. S. Gaud. 1980. selection and use of snags by secondary cavity-nesting bird of the ponderosa pine forests. U. S. For. Serv. Res. Pap. RM. 222. 15 pp.

De Graff, R. M., J. B. Hestbeck & M. Yamasaki. 1998. Associations between breeding bird abundance and stand structure in the White Mountains, New Hampshire and Maine, USA. *Forest Ecology and Management* 103: 217-233.

Dickson, J. G., R. N. Conner & J. H. Williamson. 1984. Bird community changes in a young pine plantation in east Texas (USA). *Southern Journal of Applied Forestry* 8: 47-51.

Dickson, J. G. & C. A. Seguelquist. 1979. Breeding bird populations in pine and pine hardwood forests in Texas (USA). *Journal wildlife Managemnt* 49: 1088-1098.

Dobrakhotov, B. P. 1961. Methods of censusing birds during nesting periods by means of linear transects and errors involvend. Pp 88-89.

Eguiguren, F. 1995. Caracterización florística del sotobosque en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don.

Estades, C. F. 1994. Impacto de la sustitución del bosque nativo por plantaciones de *Pinus radiata* sobre una comunidad de aves en la Octava Región de Chile. *Boletín Chileno de Ornitología* 1:8-14.

Estades, C. F. & M. A. H. Esobar. 2003. Ecosistemas artificiales: las plantaciones de pino de la Cordillera de la Costa. En: Smith-Ramírez, C., J. J. Armesto & C. Valdovinos "Biodiversidad y Ecología de los bosques de la Cordillera de la Costa de Chile". Editorial Universitaria (en prensa).

Estades, C. F. & S. A. Temple. 1999. Deciduous-forest bird communities in a fragmented landscape dominated by exotic pine plantations. *Ecological Applications* 9:573-585.

Gajardo, A. 1998. Contribución al conocimiento de la flora asociada a remanentes de bosque nativo y plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en la VII Región. Documento técnico 124. 1-12.

Gandullo, J.; Gonzalez, S. & Sánchez, O. 1974. Ecología de los pinares españoles. Madrid, Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de Investigación Agraria, 187.

Gustafsson, L. 1988. Foraging behaviour of individual coal tits, *Parus ater*, in relation to their age, sex and morphology. *Animal Behaviour* 36, 696-704.

Haapanen, A. 1965. Bird fauna of the Finnish forests in relation to forest succession. I. *Ann. Zool. Fennica* 2: 153-196.

Hutchinson, G. E. 1959. Homage to Santa Rosalia, or why are there so many kinds of animals? *American Naturalist* 93: 145-159.

- Instituto Forestal INFOR. 2001. Estadísticas Forestales 2000. Boletín estadístico n° 79. Santiago. Chile. 29-52.
- Instituto Geográfico Militar, 1998. Atlas geográfico de Chile para la educación. 5, 72-99.
- Johnson, A. S. & Landers J. L. 1982. Habitat relationships of summer resident birds in slash pine flatwoods. *J. Wildl. Management* 46: 416-428.
- Land, D., W. Marion & T. O'Maera. 1989. Snag availability and cavity nesting birds in slash pine plantations. *J. Wildl. Manage.* 53 (4): 1165-1171.
- MacArthur, F.H. & J. MacArthur. 1961. On bird species diversity. *Ecology* 42: 594-598.
- McComb, W. C., S. A. Bonney, R. M. Sheffield, & N. D. Cost. 1986. Snag resources in Florida – are they sufficient for average populations of primary cavity-nesters? *Wildl. Soc. Bull.* 14: 40-48.
- Miles, D. B. & Ricklefs, R. E. 1984. The correlation between ecology and morphology in deciduous forest passerine birds. *Ecology* 65, 1629-1640.
- Muñoz-Pedrerros, A., A. Gantz & M. Saavedra. 1996. Nidos artificiales en bosques de *Pinus radiata* en el sur de Chile: una herramienta para mitigar impactos ambientales negativos? *Revista Chilena de Historia Natural* 69:393-400.
- Odum, E. P. 1983. *Ecología, El vinculo entre las ciencias naturales y las sociales* 2: 25-75.
- O'Meara, T. E. 1984. Habitat – island effects on the avian community in cypress ponds. *Proc. Annu. Conf. Southeas. Assoc. Fish and Wildl. Agencies* 38: 97-110.
- Poore, M. E. & C. Fries. 1987. Efectos ecológicos de los Eucalyptos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Cuadernos técnicos de la FAO. Estudio FAO Montes 59: 1-106.
- Ramirez, C., M. Moraga & H. Figueroa. 1984. La similitud florística como medida de degradación antrópica del bosque valdiviano. *Agrosur* 12: 127-139.
- Raphael, M. G. & M. White. 1984. Use of snags by cavity-nesting birds in the Sierra Nevada. *Wildl. Monogr.* 86. 66pp.
- Repenning R. W. Labisky R. F. 1985. Effects of even age timber management n bird communities of the Longleaf pine forests in northein Florida. *Journal of Wildlife Management* 49 (4): 1088-1098.
- Robinson, S.K. & R.T. Holmes 1982. Foraging behaviour of forest birds: the relationships among search tactics, diet, and habitat structure. *Ecology* 63, 1918-1931.
- Rottmann, J & M.V. López-Calleja. 1992. Estrategia nacional de conservación de aves. Ministerio de Agricultura. SAG, Santiago.

San Martín, J. & C. Donoso. 1996. Estructura florística e impacto antrópico en el bosque maulino de Chile. p. 153-168 en J. J. Armesto, C. Villagrán y M. T. Kalin-Arroyo (Eds.). Ecología de los bosques nativos de Chile. Editorial Universitaria, Santiago.

Schlatter, R. P. & Murúa R.. 1992. Control biológico de plagas: bosque artificial y biodiversidad. Ambiente y Desarrollo 8:66-70.

Servicio Agrícola y Ganadero. 2002. Cartilla para cazadores (2). 27-78.

Serra, M. T. & Garay, R. M. 1990. Introducción del pino insigne. Lignum: madera y tecnología. Fundación Chile. Diciembre, pag. 16.

Van Horne, B. 1983. Density as a misleading indicator of habitat quality. Journal of Wildlife Management 47(4): 893-901.

Wiens, J. A. 1989. The ecology of bird communities. Vol. 1. Foundation and Patterns. Cambridge University Press, Cambridge.

Wiens, J. A., Crist, T. O., With, K. A. & Milne, B. T. 1995. Fractal patterns of insect movement in microlandscape mosaics. Ecology 76, 663-666.

With, K. A. 1994. Using fractal analysis to assess how species perceive landscape structure. Landscape Ecology 9, 25-36.

Wilson, M. D. & B. D. Watts. 1999. Response of Brown-headed Nuthatches to thinning of pine plantations. Wilson Bulletin 111 (1): 56-60.