

Efectos de la Reforestación con *Pinus radiata* sobre la Diversidad y Abundancia de los Micromamíferos en un Agroecosistema de Chile Central¹

A. Muñoz*

R. Murua**

ABSTRACT

It has been postulated that extensive pine plantations (*Pinus radiata*) interfere with diversity and abundance of species, simplifying the ecological relationships between them. In order to validate the hypothesis for small mammals, two grids were set up, one in a pine stand and another in a native shrubland. Samples were taken during 18 months. Capture, marking and recapture methods to estimate diversity and abundance of small mammals were applied. The Shannon-Wiener Index was calculated to estimate the diversity of vegetation and small mammals. Foliage diversity was determined according to MacArthur and MacArthur. Diversity was higher in the shrubland than in the pine stand. The latter is explained by the higher spatial heterogeneity and productivity in shrubland than in the pine plantation.

COMPENDIO

Se estima que el monocultivo silvícola ha generado múltiples alteraciones ambientales, simplificando el número de relaciones ecológicas, con la consecuente variación en la diversidad y abundancia de las especies, modificando los mecanismos de regulación de las poblaciones. Con el objeto de validar esta hipótesis, se instalaron dos retículos para micromamíferos, uno, en un rodal de pino (*Pinus radiata*) y otro, en un matorral de renovales del bosque nativo. Se realizaron censos mensuales durante 18 meses, con el objeto de determinar la diversidad y abundancia de micromamíferos. Mediante los índices de Shannon Wiener, se calculó la diversidad de micromamíferos, la diversidad de la vegetación y la diversidad de la altura de follaje, según MacArthur y MacArthur. La diversidad y abundancia de micromamíferos fue significativamente mayor en el matorral, lo que se explica por la heterogeneidad espacial y la productividad que se expresa por la cantidad de recursos alimentarios y refugios disponibles en el matorral.

INTRODUCCION

El monocultivo silvícola produce múltiples alteraciones ambientales, al disminuir el número de posibles relaciones ecológicas en las comunidades, con el consecuente cambio en los patrones de diversidad y abundancia de las especies. En Nueva Zelanda, cuando se han reemplazado los bosques nativos del género *Nothofagus* sp por *Pinus radiata*, ha disminuido la diversidad de aves y mamíferos (2). Esta baja diversidad, post perturbación, se incrementa con la edad del rodal (sin llegar a ser superior al bosque nativo), pero, la lenta recolonización faunística en bosques jóvenes de *P. radiata* no permite el desarrollo de una lata diversidad por ser cultivos de rotación corta. Además, se ha observado la aparición de plagas de roedores que han ocasionado serios problemas a la población rural (4).

Desde la época colonial, en la zona central de Chile, se ha venido produciendo una profunda transformación del paisaje rural (1, 7).

El proceso se intensificó en el siglo pasado, con la deforestación de las zonas sur y centro-sur, a fin de expandir la frontera agrícola. En la zona costera de la comuna de Tomé (VIII Región), el denso bosque esclerófilo que existía comenzó a ser talado originando un matorral esclerófilo siempreverde. Desde 1922, se ha venido ejerciendo en la zona una sostenida reforestación o sustitución de matorrales y restos de bosques nativos por plantaciones de *P. radiata*, las cuales se han expandido hasta cubrir más de un millón de hectáreas entre la V a la VIII Región (3).

Esta investigación pretende establecer la forma y magnitud en que el monocultivo de *P. radiata* provoca cambios en las características de la asociación de micromamíferos de estos habitats, especialmente, con respecto a sus características comunitarias, diversidad y abundancia.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la localidad de Burca (predio "Lomas de la Madera", 36° 32' S; 72° 55' O), a

¹ Recibido para publicación el 20 de junio 1988.

Los autores agradecen a los Drs. Milton Gallardo y Carlos Moreno la revisión del manuscrito y sus valiosas sugerencias. También, al guardabosque, señor Eduardo Saavedra y al Ing. Arístides Lavandero, por el inestimable apoyo logístico en los trabajos de campo.

* Dpto. C.C. N.N.P. Universidad Católica de Chile, Sede Temuco. Casilla 15-D Temuco, Chile.

** Inst. de Ecología y Evolución. Universidad Austral de Chile. Casilla 567 Valdivia, Chile.

15 km al norte de Dichato (comuna de Tomé, VIII región, Chile) (Fig. 1) El área de estudio está a 200 m de altitud y a unos 3 500 m del mar; la topografía es de lomajes y cerros, surcados por quebradas muy abruptas. El clima corresponde al tipo templado-cálido, con estación seca semejante a la lluviosa, según Koeppen (12). Las precipitaciones alcanzan los 1292.8 mm (9); el mes más cálido es enero (18°C promedio) y el más frío es julio (9.6°C promedio)

El predio referido es de tipo forestal, dedicado al monocultivo de *P. radiata* ("Pino insigne"), con un denso sotobosque dominado por *Teline monspessulana* ("retamilla"), especialmente, en rodales menores de 10 años. También, existen pequeños sectores de renovales de especies nativas, ubicados preferentemente en claros del rodal a orillas de senderos, caminos, quebradas y aguadas. La edad del rodal de *P. radiata* fluctuó entre los cinco y seis años. Las especies de renovales que predominaron en el área fueron *Ugni molinae* ("murtilla"), *Escallonia pulverulenta* ("mardoño"), *Lithraea caustica* ("litre"), *Aristotelia chilensis* ("maqui"), *Gevuina avellana* ("avellano"), *Luma apiculata* ("arrayán") y *Peumus boldus* ("boldo").

Para conocer el efecto del monocultivo silvícola se tomaron datos, en forma simultánea, en un rodal de *P. radiata* y en un matorral de renovales del bosque nativo original. La información se obtuvo mediante la instalación de sendos retículos en una zona de matorral esclerófilo y otro en una zona de bosque monoespecífico de *P. radiata* y por análisis de la vegetación

a) **Instalación de retículos.** En las zonas de matorral y de bosque, se instalaron retículos de 80 x 80 m (0.64 ha), con estaciones fijas (estacas rotuladas) y dispuestas equidistantemente a 10 m entre ellas (Fig. 2). En cada coordenada, se instalaron sucesivamente trampas Sherman medianas (23 x 7.5 x 9.0 cm) y grandes (40 x 15 x 18 cm), cebadas con

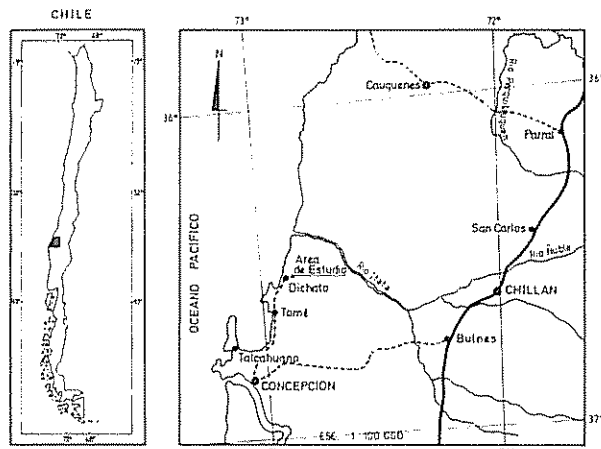


Fig. 1 Mapa del área de estudio.

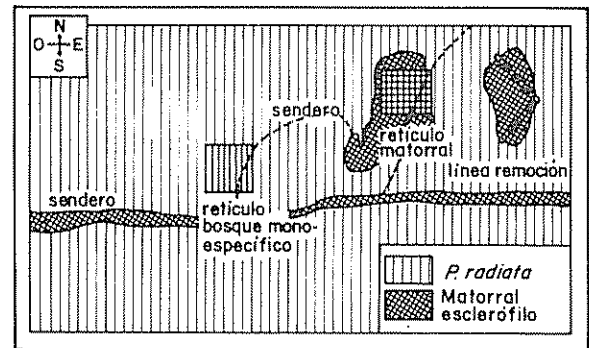


Fig. 2. Diagrama del sector de estudio Burca VIII Región Chile.

avena machacada y protegidas de las condiciones climáticas por techos de madera de dos aguas. En este retículo, se efectuaron censos mensuales de cuatro noches, con dos revisiones diarias, por espacio de 18 meses (diciembre de 1983 a mayo de 1985). Las especies registradas fueron identificadas por medio de la clave de Mann (16). Para los casos de especímenes de identificación incierta, como *Octodon bridgesi* y *Phyllotis darwini*, se capturaron, fuera de los retículos (líneas de remoción), animales para analizar sus cráneos por medio de las claves de Reise (23) y Pearson (21). Los animales capturados fueron marcados por corte de falanges, según método modificado de De Blase (8) y sometidos *in situ* a un registro morfométrico y de condición reproductiva. Se estableció la "riqueza específica" *sensu* (13) y se calculó el Índice de Diversidad de Shannon-Wiener, en que la fórmula para la función es:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i \log_2 P_i) = 1$$

Donde H' es el índice de diversidad, S es el número de especies y P_i es la proporción del número total de individuos de la muestra que corresponde a la especie. La proporción (P_i) se entiende como las proporciones verdaderas de las poblaciones de estudio. El índice de diversidad se calculó, tanto en el matorral como en el bosque monoespecífico. Este índice integra dos componentes de la diversidad: el número de especies y la igualdad o desigualdad de la distribución en las diversas especies (14). Además, se calculó la equiparabilidad *sensu* (13), según la siguiente ecuación:

$$E = \frac{H'}{H'_{\text{máx}}}$$

Donde E es la equiparabilidad (que fluctúa en un ámbito de 0 a 1), H' es el índice de diversidad de especies observada y $H'_{\text{máx}}$ la diversidad máxima de

especies = $\log_2 S$. Se provee de intervalos de confianza empleando el método de acuchillamiento de datos ("jackknife") descrito en Jaksic y Medel (11). Este método paramétrico permite obtener estimadores de varianza y sesgo del índice de diversidad empleado, suponiendo una distribución multinomial del universo de muestreo. Por medio de eliminaciones secuenciales y posteriores reincorporaciones de datos, se generan "seudovalores" que son producto de la recomputación de la información. Los promedios aritméticos de estos "seudovalores" permiten el cómputo de la varianza, con las que se docima la hipótesis mediante una prueba de t de Student, descrita en Sokal y Rohlf (25).

La Abundancia Relativa (AR) se calculó a partir de la frecuencia absoluta de cada especie (n), expresada como porcentaje del total de animales capturados en un tiempo dado (N) y que se resume en la ecuación: $AR = n/N \times 100$

b) **Análisis de la vegetación.** Se analizó la vegetación existente, en otoño (mayo) y primavera de 1984 (octubre), tanto en el matorral como en el bosque. El análisis de composición proporcionó información referente a la densidad, dominancia y frecuencia relativa, así como el valor de importancia de las especies vegetales presentes. Se aplicó la técnica de análisis composicional ("Point-Quarter Technique") descrita por Cottam *et al* (6). Además, se calculó la diversidad empleando el índice de Shannon-Wiener.

Se estableció la estructura vegetacional, analizando las variables de los estratos herbáceos y arbustivos en torno a cada estación de muestreo, en un radio de 5 y 10 m. Mediante la metodología descrita por MacArthur y MacArthur (15), se estableció la densidad y diversidad de altura de follaje de los estratos herbáceos y arbustivos, además de perfiles de densidad de follaje. La diversidad de altura del follaje se calculó según la fórmula ($-\sum_i P_i \log_e P_i$), en que P_i es la proporción del follaje total que está en la iésima de las capas horizontales escogidas. Los perfiles se construyeron usando tablillas cuadrículadas con marcas a los 15, 30, 50 y 100 cm la que se movió hasta que desapareció, a la vista del observador, la mitad de la superficie tapada por el follaje. Luego, se midió la distancia entre el observador y la tablilla. La densidad del follaje a las diferentes alturas fue estimada según la fórmula:

$$K = \frac{0,69312}{D}$$

Donde K es la densidad del follaje, 0.69312 es el \log_e^2 y D es la distancia observador-tabilla cuadrículada.

RESULTADOS

Composición, diversidad y estructura de la vegetación

La composición fue estudiada en ambas zonas en otoño. En el matorral se identificaron 44 especies vegetales (Cuadro 1) que son, en orden decreciente de importancia, las siguientes especies: *T. monspessulanus*, *U. molinae*, *E. pulverulenta*, *L. caustica*, *A. chi-*

Cuadro 1. Especies vegetales presentes en el área de estudio. Burca (VIII Región, Chile). V-1984.

Nombre científico	Nombre vulgar
<i>Teline monspessulanus</i>	"retamilla"
<i>Ugni molinae</i>	"murtilla"
<i>Escallonia pulverulenta</i>	"mardoño"
<i>Lithraea caustica</i>	"litre"
<i>Aristotelia chilensis</i>	"maqui"
<i>Gevuina avellana</i>	"avellano"
<i>Luma apiculata</i>	"arayón"
<i>Peumus boldus</i>	"boldo"
<i>Pinus radiata</i>	"pino insigne"
<i>Quillaja saponaria</i>	"quillay"
<i>Azara integrifolia</i>	"corcolén"
<i>Sphacele chamaedyoides</i>	"salvia"
<i>Lardizabala biternata</i>	"hierba del pasmo"
<i>Lomatia hirsuta</i>	"radal"
<i>Prunella vulgaris</i>	"hierba mora"
<i>Colletia spinosissima</i>	"crucero"
<i>Baccharis racemosa</i>	"chilca"
<i>Maytenus boaria</i>	"maitén"
<i>Uncinia sp</i>	"chíu-chíu"
<i>Greisia sphacelata</i>	"chupón"
<i>Aextoxicon punctatum</i>	"olivillo"
<i>Kageneckia oblonga</i>	"bollón"
<i>Solanum nigrum</i>	"hierba negra"
<i>Rosa moscheta</i>	"mosqueto"
<i>Ribes punctatum</i>	"zarza-parrilla"
<i>Rubus ulmifolius</i>	"zarza-mora"
<i>Fuchsia magellanica</i>	"chilco"
<i>Lobelia tupa</i>	"tupa"
<i>Carceolaria integrifolia</i>	"capachito"
<i>Cliococca selaginoides</i>	"merulahuén"
<i>Quinchamalium chilense</i>	"quinchamali"
<i>Plantago lanceolata</i>	"siete venas"
<i>Cuscuta chilensis</i>	"cabellos de angel"
<i>Conanthera bifolia</i>	"pajarito del campo"
<i>Acoena argenta</i>	
<i>Nassella exserta</i>	
<i>Alstroemeria ligtu</i>	
<i>Viola capillaris</i>	
<i>Cynosurus echinatus</i>	
<i>Myrceugenia obtusa</i>	
<i>Baccharis sphaerocephala</i>	
<i>Usnea megellanica</i>	"barba del viejo"
<i>Muhlenbeckia hastulata</i>	"coguil"
<i>Boquila trifoliata</i>	"pillí voqui"

Cuadro 2. Análisis de la composición vegetacional del matorral. Burca (VIII Región, Chile) mayo, 1984.

Especies	No.	Dens. (ind/ha)	Dens. Rel. %	Dom. %	Dom. Rel. %	Frec. %	Frec. Rel. %	Val. Import.
<i>Teline monspessulanus</i>	161	55 709	63.9	34.4	57.6	85.7	45.0	165.5
<i>Ugni molinae</i>	26	8 994	10.6	1.6	2.6	23.8	12.5	25.4
<i>Escallonia pulverulenta</i>	15	5 190	6.0	2.2	3.7	17.5	9.2	18.8
<i>Lithraea caustica</i>	8	2 764	3.2	2.2	3.6	9.5	5.0	11.8
<i>Aristotelia chilensis</i>	3	1 038	1.2	4.3	7.2	4.8	2.5	10.9
<i>Gevuina avellana</i>	4	138	1.6	3.8	6.4	3.2	1.7	9.2
<i>Luma apiculata</i>	1	340	0.4	4.6	7.7	1.6	0.8	8.9
<i>Peumus boldus</i>	5	1 730	2.0	2.3	3.9	4.8	2.5	8.4
<i>Pinus radiata</i>	7	2 422	2.8	0.5	0.8	7.9	4.2	7.7
<i>Quillaja saponaria</i>	2	692	0.8	1.2	1.9	3.2	1.7	4.4
<i>Azara integrifolia</i>	3	1 038	1.2	0.8	1.3	3.2	1.7	4.2
<i>Sphacele chamaedryoides</i>	3	1 037	1.2	0.1	0.1	4.8	2.5	3.8

lensis, *G. avellana*, *L. apiculata*, *P. boldus* y *P. radiata* (Cuadro 2)

En la zona de bosque monoespecífico se identificaron sólo tres especies vegetales: *P. radiata*, *T. monspessulanus* y en forma muy aislada, manchones de *E. pulverulenta*, con algunas gramíneas asociadas. El suelo estaba completamente cubierto por acículas de *P. radiata*, *T. monspessulanus* sólo se encontró en los pequeños claros del bosque y muy especialmente, en los bordes de los senderos. Durante el estudio, se registró una gran cantidad de hongos.

La diversidad vegetal específica en la zona de matorral (H') fue de 0.830 (bits) con una H' máx = 8.076. En la zona de monocultivo, la diversidad fue de 0.259 (bits) con una H' máx = 1.585 (bits). La diversidad específica de vegetales fue significativamente mayor en el matorral ($g.l. = 8$, $P < 0.001$).

La estructura de la vegetación en ambas zonas se analizó en otoño. En el bosque monoespecífico, el estrato herbáceo (15 y 30 cm de altura) ocupó un 61.98% del follaje total y el estrato arbustivo (50 y 100 cm de altura), el restante porcentaje (38.02). En la zona de matorral, en cambio, el estrato predominante fue el arbustivo, con un 62.72% y el estrato herbáceo, sólo ocupó un 37.27%. La diversidad de altura de follaje (DAF) fue levemente mayor en el matorral (DAF = 0.664), respecto al bosque monoespecífico (DAF = 0.660).

En la Fig. 3 se observaron los perfiles de diversidad de follaje. En el del matorral esclerófilo se evidencia el predominio del estrato herbáceo ($K = 0.6736$ a los 15 cm); la diversidad disminuye pero vuelve a aumentar en el estrato a 50 cm ($K = 0.360$). En el bosque monoespecífico, el perfil se presenta más comprimido y con una diversidad concentrada en el estrato arbustivo.

Diversidad de micromamíferos

El número de especies de micromamíferos o "riqueza de especies" encontrado en el matorral esclerófilo es mayor que en el bosque monoespecífico de *P. radiata*. En el matorral, se registraron siete especies de micromamíferos; cinco roedores nativos: *Akodon olivaceus*, *Akodon (Abrothrix) longipilis*, *Phyllotis darwini*, *Oryzomys longicaudatus* y *Octodon bridgesi*, un roedor exótico: *Rattus norvegicus* y un marsupial nativo: *Marmosa elegans*. En el área de bosque de *P. radiata* se registraron tres especies de micromamíferos, todos ellos, roedores nativos: *Oryzomys longicaudatus*, *Octodon bridgesi* y *Akodon (Abrothrix) longipilis*.

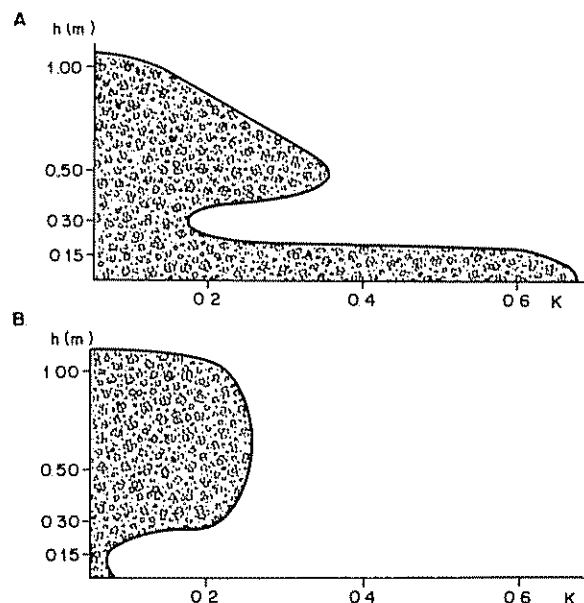


Fig. 3. Perfil de la diversidad de follaje (K) en el matorral esclerófilo (A) y en el bosque (B) en Burca (VIII Región, Chile) Otoño 1984. La altura está expresada en metros.

En el matorral, el índice de diversidad (H') fue de $1.881 \text{ bits} \pm 0.133$ con un $H'_{\text{max}} = 2.807$ y un $H'_{\text{min}} = 0.070$ y una equiparabilidad = 0.737 . En el bosque los valores fueron de $H' = 0.609 \text{ bits} \pm 0.308$, con un $H'_{\text{max}} = 1.585$ y $H'_{\text{min}} = 0.060$ con una equiparabilidad = 0.743

Lo anterior indica que la comunidad de vegetales, compuestos mayoritariamente por renovales de especies nativas, posee una diversidad de micromamíferos significativamente mayor que el bosque de monocultivo con *P. radiata* ($g = 8, P < 0.001$)

Abundancia relativa

La abundancia relativa en el matorral esclerófilo (fracción porcentual del total de animales capturados mensualmente), arrojó diferencias entre las especies y la época del año. Se observaron tres tendencias generales: la primera, marcada por un aumento de la abundancia relativa en primavera-verano y un decremento en otoño-invierno. Esta situación la ejemplifican *A. olivaceus*, *A. longipilis*, y *P. darwini* (Fig. 4A). La segunda tendencia está caracterizada por un aumento de la abundancia en primavera y un decremento en verano, otoño e invierno. Se ajustan a este modelo *O*

bridgesi y *M. elegans* (Fig. 4B). Finalmente, la tercera tendencia está representada por *O. longicaudatus* que presenta su máxima abundancia relativa en el período otoño-invierno y la mínima, en primavera-verano (Fig. 4C).

A. olivaceus fue la especie más abundante en el matorral, superada sólo por *A. longipilis* en enero de 1984 y abril en 1985. *R. norvegicus*, de aparición esporádica, estuvo ausente en el primer verano; se registró en marzo (3%), y desapareció al mes siguiente para reaparecer en mayo (2%) y nuevamente desapareció hasta el próximo año. Surgió en enero con un 4% (máximo registro durante el período de estudio), se mantuvo en febrero con un 2% y desapareció hasta el fin del estudio.

La abundancia relativa en la zona de bosque mono-específico, también presentó diferencias entre las únicas tres especies capturadas (Fig. 5). Las tendencias registradas en el matorral son similares a las encontradas en el bosque; de este modo, *O. bridgesi* presenta una abundancia relativa máxima en primavera y una mínima en invierno y verano. *O. longicaudatus* presenta una máxima abundancia en invierno y una mínima en primavera-verano. Finalmente, *A. longipilis* registra una máxima en verano y una abundancia mínima en invierno. La especie más abundante en verano fue *A. longipilis* y en invierno *O. longicaudatus*.

Las frecuencias absolutas fueron menores en el bosque y las únicas especies con frecuencias absolutas altas (incluso, en ciertos meses, mayor que en el matorral) fueron: *A. longipilis* de diciembre a mayo y *O. longicaudatus* de mayo a agosto.

DISCUSION

La diversidad de micromamíferos en la zona de matorral esclerófilo fue mayor que en la zona de bosque mono-específico de *P. radiata*. Existen numerosas hipótesis para explicar la diversidad de especies en un hábitat. Hutchinson (10) propone considerar algunos probables factores causales, tales como: la longitud y número de los eslabones tróficos, la dimensión espacial, la subdivisión de los nichos y el carácter de mosaico del ambiente, entre otros. En el área de estudio, ambas zonas (matorral y bosque) están sometidas, prácticamente, a las mismas condiciones climáticas (a nivel microclimático existen diferencias muy pequeñas) por lo que sería improcedente considerar la hipótesis de estabilidad-tiempo (24). Por otro lado, la escala temporal a considerar es el tiempo ecológico en el que las especies ocupan un ambiente, pero aún no han podido dispersarse (13). Finalmente, el estudio puede ser considerado a escala local, pues aún cuando los rodales de *P. radiata* ocupan cientos de hectáreas, las manchas de matorrales esclerófilos ocupan superficies que rara vez superan una hectárea.

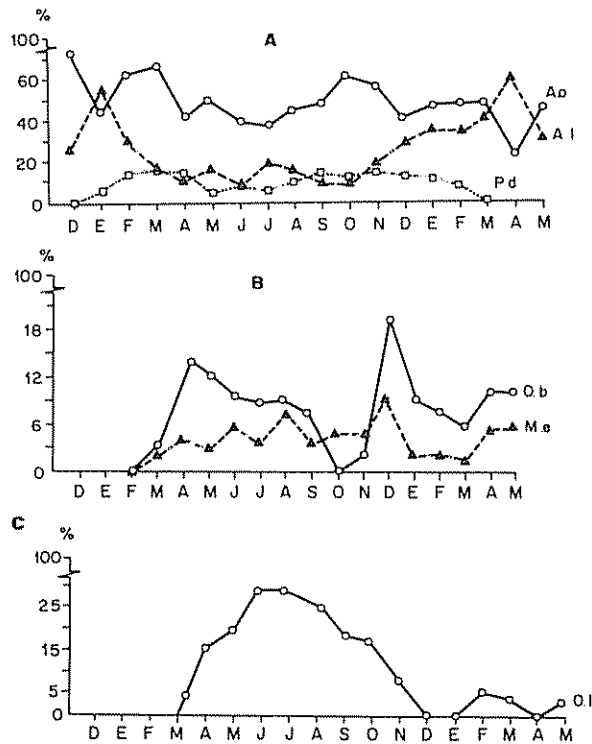


Fig. 4. Abundancia relativa de seis micromamíferos presentes en la zona de matorral en Burca (VIII Región, Chile) 1983-85.
 A. o = *A. olivaceus* A I = *A. longipilis*
 O. b = *O. bridgesi* M e = *M. elegans*
 P. d. = *P. darwini*
 O. l. = *O. longicaudatus*

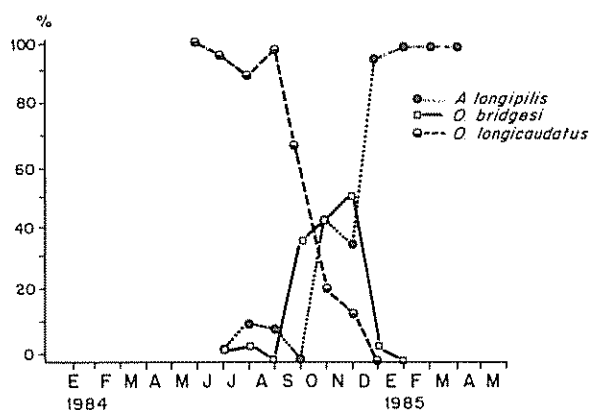


Fig. 5 Abundancia relativa en tres micromamíferos presentes en un rodal de *Pinus radiata* Burca VIII Región Chile

Para explicar esta mayor diversidad en el matorral se sugieren dos factores complementarios: la heterogeneidad espacial y la productividad. Ambos aspectos están centrados en un nivel primario en que actúa fundamentalmente el ambiente físico como condicionante (22).

Respecto a la heterogeneidad espacial se puede afirmar, en términos generales, que los hábitats estructuralmente complejos (matorral), ofrecen más variedad de microhábitat distintos que los más simples (bosque monoespecífico). MacArthur y MacArthur (15) estudiaron la diversidad de la avifauna de bosques deciduos, en relación con la diversidad de plantas y la altura del follaje. Concluyeron que este último factor es el determinante. Pianka (22) encontró una situación similar sosteniendo que la heterogeneidad espacial es determinante en la diversidad de lagartijas en tres desiertos de los EE UU. Las mediciones vegetacionales indicaron que la diversidad de estos animales no estaba relacionada con la diversidad de especies vegetales sino con el número de estratos vegetales. Los resultados de MacArthur y MacArthur (15) son particularmente válidos para áreas boscosas donde la estratificación vertical es determinante.

Sin embargo, los micromamíferos habitan en el suelo, dividiendo los microhábitats horizontalmente antes que verticalmente, explotando algunas especies los espacios abiertos entre arbustos y otras el suelo existente debajo, o cerca de formas de vida vegetal, como hierbas, arbustos y árboles. Además, un hábitat heterogéneo, como lo es el matorral de renovales, ofrece una mayor posibilidad de refugio contra los depredadores. La gran densidad de *T. monspesulanus*, unida a la práctica de cortarla sin retirarla del lugar, ofrece un hábitat óptimo desde el punto de vista del refugio. En cambio, en el rodal de *P. radiata*, el sotobosque es muy escaso y el suelo puede considerarse prácticamente desnudo, salvo, la gran cantidad de

aciculas que lo cubre. Las especies más abundantes en el bosque monoespecífico, *A. longipilis* y *O. longicaudatus*, son las únicas que muestran una fuerte asociación al estrato arbóreo y a suelos descubiertos (19).

Según Connell y Orians (5), a mayor producción existiría una mayor diversidad aún cuando el factor trófico no es suficiente para explicar la existencia de una diversidad alta (26). Entre los factores que también deben considerarse está la estabilidad ambiental, la cual asegura una disponibilidad temporal permanente de recursos alimentarios. En un hábitat de monocultivo, (de *P. radiata*) y con poco alimento disponible, los animales no pueden ser selectivos en sus preferencias. Por el contrario, en un hábitat con gran disponibilidad de alimento como lo es el renoval de bosque nativo, se permite una mayor especialización dietaria. Dado que las especies no utilizan la gama completa de alimentos disponibles, un amplio espectro alimentario permitirá la existencia de más especies (22).

De este modo, la forma en que la asociación de micromamíferos de la localidad Burca (VIII región, Chile), usa los recursos alimentarios, es variable, con diferencias tróficas notables en el matorral. En trabajos previos (19), se han descrito los hábitos alimentarios de las especies de roedores. Así, *M. elegans* aparece como una especie eminentemente insectívora; *O. bridgesi* es un herbívoro estricto; *P. darwini* consume *P. radiata* pero, a diferencia de *O. bridgesi* que consume corteza, ingiere semillas y acículas. *A. longipilis* es un omnívoro en verano pero que, en otoño e invierno, se transforma en fungívoro a diferencia de *O. longicaudatus* que incorpora, en esas mismas estaciones, artrópodos en su dieta. La localidad de Burca ofrece recursos alimentarios diversos y constantes. El matorral esclerófilo (inserto en el rodal mismo) ofrece más alimento respecto al bosque monoespecífico que solamente ofrece hongos y *P. radiata*. Sólo las especies que usan estos recursos como *A. longipilis* y *O. bridgesi*, podrán incursionar en el bosque. (La zona de matorral posee un sustrato indudablemente más rico que posibilita una mayor diversidad y densidad de invertebrados, potenciales recursos tróficos para micromamíferos como *M. elegans*, *A. longipilis* y *O. longicaudatus* (19). También, debe considerarse que el tiempo de búsqueda del alimento es menor en la zona de matorral que en el bosque monoespecífico. Por lo tanto, un hábitat homogéneo contendrá, desde el punto de vista de la disponibilidad alimentaria, especies generalistas que, además, dedican poco esfuerzo en la búsqueda de alimento al consumir según la oferta ambiental. Finalmente, la vagilidad será también condicionante para aventurarse en el bosque ya que está relacionada también con el esfuerzo de ob-

tención del alimento, al considerar el factor tiempo. En este caso, *A. longipilis*, *O. bridgesi* y sobre todo, *O. longicaudatus*, poseen la vagilidad necesaria para alimentarse en el bosque y regresar al matorral. Además de esta diferenciación trófica existe otra, en sus periodos de actividad: *A. longipilis* y *A. olivaceus* presentan actividad continua; en cambio, el resto de las especies es exclusivamente nocturno (19, 20). Estas separaciones temporal y trófica, son factores que contribuyen a la coexistencia de varias especies y por consiguiente, aumentan la diversidad de la comunidad.

Por los antecedentes descritos, es evidente que el bosque monoespecífico tiene una diversidad específica menor que el matorral. Esto no está determinado únicamente por la acción del fuego que se emplea como norma de manejo silvícola en la reforestación para eliminar las especies vegetales que podrían competir con las plántulas de *P. radiata*, sino más bien por el monocultivo silvícola. En ecosistemas de pastizal, bosque ralo y bosque denso, Marconi y Kravetz (18) demostraron que el fuego puede ser, por el contrario, un factor que genera una alta diversidad de micromamíferos al permitir la existencia del bosque ralo, que es un hábitat que alcanza la máxima abundancia y diversidad específica.

CONCLUSIONES

La diversidad específica es mayor en el matorral esclerófilo que en el bosque monoespecífico de *P. radiata*, considerándose la heterogeneidad espacial y la productividad como factores que ayudan a explicarla. La heterogeneidad espacial estaría asociada a una mayor diversidad de vegetales y a una estratificación horizontal y no a una mayor diversidad de altura de follaje.

La abundancia relativa en el matorral esclerófilo de la localidad de Burca es muy similar a la documentada en Chile Central. *A. olivaceus* fue la especie más abundante en el matorral y presentó una máxima en verano y una mínima en invierno. La segunda especie más abundante, *A. longipilis*, presentó los valores máximos en verano y la mínima en primavera; *O. bridgesi* y *O. longicaudatus* tuvieron una máxima en invierno y una mínima en verano; *P. darwini* presentó una máxima en primavera-verano y una mínima en invierno; *M. elegans* presentó valores bajos y estables. En el bosque monoespecífico, la especie más abundante fue *A. longipilis* en verano y *O. longicaudatus* en invierno.

LITERATURA CITADA

1. BAHRE, C. 1974. Land use in the Santa Laura. In Origin and Structure of Ecosystems. USA 54 p. Technical Report.
2. BULL, P. 1981. The consequence for the wildlife of expanding New Zealand's forest industry. New Zealand Journal of Forestry 26(2):210-231.
3. CAVIERES, A.; MARTNER, G.; MOLINA, R.; PAELLE, V. 1986. Especialización productiva, medio ambiente y migraciones: el caso del sector forestal chileno. In Transformación forestal y medio ambiente. Agricultura y Sociedad. Grupo de Investigaciones Agrarias G.I.A. (Chile) no. 4:34-95.
4. CLOUT, M. 1980. Ship rats (*Rattus rattus*) in a *Pinus radiata* plantation. New Zealand Journal of Ecology no. 3:141-145.
5. CONNELL, J.; ORIAN, E. 1964. The ecological regulation of species diversity. American Naturalist 98:399-414.
6. COTTAM, G.; CURTIS, J.; HALE, B. 1953. Some sampling characteristics of a population of randomly dispersed individuals. Ecology 34:741-757.
7. CUNILL, P. 1971. Factores en la destrucción del paisaje chileno; recolecciones, caza y tala coloniales. Revista Informaciones Geográficas 1971:235-264.
8. DE BLAISE, A.; MARTIN, R. 1979. Manual of mammalogy. New York, WMC Brown. 431 p.
9. FUENZALIDA, H. 1965. Clima. In Geografía económica de Chile. Santiago, Chile, Editorial Universitaria. p. 98-152.
10. HUTCHINSON, E. 1959. Homage to Santa Rosalía or why are there so many kinds of animals. American Naturalist 93:144-159.
11. JAKSIC, F.; MEDEL, R. 1987. El acuchillamiento de datos como método de obtención de intervalos de confianza y de prueba de hipótesis para índices ecológicos. Medio Ambiente (Chile) 8(2):95-103.
12. KOEPPEN, W. 1948. Climatología. México, D.F., Editorial Fondo de Cultura Económica. 158 p.
13. KREBS, C. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. 2 ed. México, D.F., Harla, Harper & Row Latinoamericana. 753 p.
14. LLOYD, M.; GHELARDI, R. 1964. A table for calculating the equitability component of species diversity. Journal of Animal Ecology (33):217-225.

15. MACARTHUR, R.; MACARTHUR, J. 1961. On bird species diversity. *Ecology* 42:594-598.
16. MANN, G. 1957. Clave de determinación para las especies de mamíferos silvestres de Chile. *Investigaciones Zoológicas Chilenas* 4:89-126.
17. MANN, G. 1978. Los pequeños mamíferos de Chile. *Gayana, Zoología* no. 40:1-342.
18. MARCONI, P.; KRAVEITZ, F. 1986. Comunidades de roedores del Parque Nacional El Palmar (Entre Ríos, Argentina) según la historia del fuego. *Revista Chilena de Historia Natural* 59:47-57.
19. MUÑOZ, A. 1987. Ecología de micromamíferos presentes en un matorral esclerófilo y un rodal de *Pinus radiata* en Burca, VIII Región de Chile. Tesis Mag. Sc. Universidad Austral de Chile, Programa Facultad de Ciencias. 102 p.
20. MURUA, R.; GONZALEZ, L.; JOIRE, C. 1982. Estudios ecológicos de los roedores silvestres en los bosques templados fríos de Chile. Santiago, Museo Nacional de Historia Natural (Publ. Ocas no. 38). p. 105-116.
21. PEARSON, O. s.f. Keys for identifying crania and mandibles of small mammals living in or near Nahuel Huapy National Park and Lanin National Park. Southern Argentina. *Mat. multicop.* 26 p.
22. PIANKA, E. 1982. *Ecología evolutiva*. Barcelona, Editorial Omega. 365 p.
23. REISE, D. 1973. Clave para la determinación de los cráneos de marsupiales y roedores chilenos. *Gayana, Zoología* no. 27:1-20.
24. SANDERS, H. 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *American Naturalist* no. 102: 243-283.
25. SOKAL, R.; ROHLF, F. 1981. *Biometry*. San Francisco, California, W H Freeman. 776 p.
26. WHITESIDE, M.; HAMSWORTH, R. 1967. Species diversity in Chydorid (Cladocera) communities. *Ecology* no. 48:664-667.

Notas y Comentarios

Tortuguitas que sobreviven la congelación

Las jóvenes tortugas pintadas (*Chrysemys picta marginata*), no sólo invernan durante el invierno canadiense; se congelan completamente. En la primavera, se licúan, despiertan y prosiguen su vida. El encontrar cómo ellas alcanzan esta insólita estrategia de supervivencia puede ayudarnos a preservar órganos humanos para trasplantes, dicen Kenneth Storey y sus colaboradores de las Universidades de Carleton y Guelph en Ontario (*Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, v. 85).

Las tortugas pintadas ponen sus huevos en huecos poco profundos en el verano. Al emerger de los huevos, al final del otoño, las tortuguitas, en vez de encarar a los predadores y a los fuertes inviernos, se quedan debajo de la superficie hasta que llegue la primavera. Storey midió las temperaturas de los huecos de postura en Algoquin Park, Ontario, y encontró que éstas bajaban hasta -8°C , pero, las tortugas sobrevivían. Encontró que más de la mitad del total de agua de su cuerpo se volvía hielo y el animal se ponía "tieso al tacto".

Cuando se descongelaban, las pequeñas tortuguitas recuperaban los latidos de su corazón, después comenzaban a respirar antes de comenzar a moverse.

Una vez totalmente descongeladas, las tortuguitas se movían y comían en forma normal.

Generalmente, las células animales se encogen cuando se congelan, se rompen y se mueren. Storey analizó los tejidos de la tortuga y encontró cantidades anormalmente altas de glucosa, glicerol y taurina, un aminoácido que se encuentra en sitios como la hiel de buey (ácido 2 aminoetano sulfónico). Estas sustancias reducen el encogimiento de las células cuando se congelan y ayudan a sobrevivir a las tortuguitas. Otro problema del congelamiento es la anoxia: cuando la sangre deja de circular, la provisión de oxígeno a los tejidos también se para. Los tejidos pueden continuar funcionando sin oxígeno, pero, el metabolismo anaeróbico resultante es ineficiente y necesita grandes cantidades de glucosa. Las tortugas podrían estar usando grandes cantidades de glucosa para mantener tal respiración anaeróbica. Storey encontró un revelador producto de desecho de un metabolismo anaeróbico, un lactato, en las tortugas congeladas.

Un hallazgo inesperado fue que, al comienzo de la primavera, las tortugas pueden todavía tolerar la congelación, aún cuando los niveles de las sustancias químicas que parecen protegerlas, son mucho más bajos que en el invierno. Adalberto Gorbitz †.