

Efecto de manejos forestales del bosque siempreverde chilote sobre los microartrópodos del suelo*

Effect of some forest management types to evergreen forests of Chiloe (Chile)
on soil microarthropods

RENE COVARRUBIAS¹, ALVARO CONTRERAS²

¹ Instituto de Entomología, Casilla 147, Correo Central, Santiago, Chile.

² Instituto Forestal, Casilla 385, Valdivia, Chile.

ABSTRACT

Microarthropods from 20 soil samples groups were extracted, counted and classified to supra-specific levels. A first sample group came from a native Chiloe -evergreen forest and the other groups came from three treated plots of the same type of forest, so they could be contrasted with the former. The treatments of the plots were three different forest management, namely clear-cutting in the form of a band (15 m x 30 m) or circles of 25 or 15 m diameter. Also, the weight of water content and dry weight of all samples were recorded. For each of the four sample groups, data of their dry weight (average and standard deviation) and amount of water (% of dry weight) are given; the latter figures show a high retention capacity, as values between 516% and 640% were found. Faunal results show a lowering of the number of taxa richness, of their diversity index (H') and of their evenness (Pielou's J index) in all three treatments. Although 30 taxa were found, only Oribatida, Uropodina and Gamasina mites showed sample frequencies higher than 85%. Correspondent to this, the same three groups presented the highest abundance. These three taxa and also the total mite and total faunal densities were taken for the comparison of their respective sample means (X), through analyses of variance. Abundance of four of these five groups were significantly lower in the sample group from circular clear-cuttings (25 m). Otherwise, no significant differences were found between the control and the other two treatments for any of these taxa.

Key words: microarthropods, biodiversity.

RESUMEN

En un bosque nativo siempreverde, en Chiloé, Chile, se distinguió un área testigo y tres sectores con tratamientos forestales, que fueron; 1) corta en faja 15 m x 30 m, 2) corta en círculo de 25 m de diámetro, 3) corta en círculo de 15 m de diámetro. Tanto en el sector testigo como en cada uno de los sectores con tratamiento de corte se tomaron grupos muestrales aleatorios, los que fueron tratados para extraer los microartrópodos. También se les midió el contenido de agua y el peso seco. Para cada grupo de muestras se dan los valores promedios y desviaciones estándar de los pesos secos (g) y del contenido de agua (% del peso seco). Estas últimas muestran una elevada capacidad de retención, con valores entre 516% y 640%. Los resultados faunísticos muestran en los tratamientos bajas en el número de taxa (riqueza), en la diversidad (índice H') y en la equiparidad (índice J de Pielou). En total se encontraron 30 taxa, pero sólo Oribatida, Uropodina y Gamasina tienen frecuencias elevadas en los grupos muestrales (> 85%), siendo estos mismos grupos los con densidades medias más elevadas. Con las abundancias de los citados tres grupos, más el total de Acarina y el total de fauna, se realizaron análisis de varianza, que mostraron que 4 de los 5 grupos son significativamente menos abundantes en el tratamiento "círculo 25 m", no encontrándose diferencias en los otros tratamientos respecto al testigo.

Palabras claves: manejo, microartrópodos. biodiversidad.

* Proyecto financiado por la Dirección de Investigación, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación y por el Instituto Forestal, Valdivia.

1. INTRODUCCION

La utilización del bosque nativo es un tema complejo. Se discuten en la actualidad su eventual rentabilidad y los posibles efectos ambientales que podrían provocar las intervenciones silvícolas y la cosecha. El Instituto Forestal (INFOR) viene estudiando los efectos producto de las intervenciones desde 1993, en especial los métodos de Corta de Protección Uniforme y Cortas de protección en fajas en el tipo forestal Coihue-Raulí-Tepa, en la Cordillera de los Andes, además Cortas en Hoyos de Luz en el tipo forestal siempreverde en la zona de Chiloé (Otero *et al.* 1994, 1995, 1996).

El sistema de cortas en fajas es un sistema de cosecha final, más intensivo que los sistemas tradicionales, sin embargo, posee bastantes ventajas desde el punto de vista operativo, ya que se asemeja a una tala rasa. Este sistema genera condiciones ambientales diversas, de acuerdo a la distancia al borde del bosque protector, presentando las ventajas de las cortas en franjas para resolver diversos problemas silvícolas.

La aplicación generalizada de estos sistemas no debería ser adoptada sin poseer el conocimiento de los efectos que provocan sobre el resto de los caracteres relevantes del ecosistema; varios de estos efectos han sido ya estudiados. Sin embargo, se desconoce en gran medida el efecto de manejos silvícolas sobre los microartrópodos del suelo.

Covarrubias (1993) da cuenta del efecto de reemplazo de bosque nativo por *Pinus radiata* respecto a un control en tres localidades diferentes; trabajando con taxa supraespecíficos demuestra una disminución de la diversidad, cambios cuantitativos y, en general, dan indicios del establecimiento de un tipo distinto de humificación y dinámica de la pedogénesis.

Martínez y Casanueva (1995) detallan las especies de un grupo de ácaros presentes en diferentes tipos de bosque nativo cordillerano y también en plantaciones muy alejadas de *Pinus radiata* en un sector cerca del mar; si bien es un buen aporte descriptivo, no existe relación funcional posible entre los sectores como para analizar el proceso de cambios inducidos por plantación de pinos con comparaciones válidas, ya que la lejanía, junto a condiciones del biotopo totalmente distintas, bastan para dar cuenta de cualquier diferencia entre las especies componentes como las descritas.

En otras áreas biogeográficas se han estudiado desde hace tiempo los efectos de manejos forestales sobre la fauna del suelo. Encontramos los trabajos pioneros de Bornebush (1930) sobre efectos del raleo, de corte total, de quemas y tratamientos por insecticidas sobre grupos variados de fauna edáfica. Wallwork (1976) cita los efectos del corte de árboles maderables, que permiten una mayor llegada de luz a la superficie, se observan mayores fluctuaciones térmicas y cambios en la humedad del suelo, en el sentido de una desecación superficial. Por otra parte, este tipo de intervención suele agregar al suelo grandes cantidades de materia orgánica, producto de la caída de hojas, ramas, cortezas y residuos madereros en general, todo lo cual puede traducirse en destrucción de la flora del sotobosque y reducción de la diversidad de la fauna del suelo. Huhta *et al.* (1967) señalan que el efecto de corte de árboles ("clear-cutting") en sectores de bosque es diferente según el taxón de que se trate, encontrándose grupos más sensibles que otros a las alteraciones.

En este trabajo nos interesamos por estudiar el efecto de manejos forestales propuestos como alternativa al corte total del bosque chilote siempreverde, en especial de los cortes en claros de tipo franja y de tipo circular de diferentes tamaños, con replantación selectiva de renovales de árboles nativos locales en todos los casos.

El material con que se trabajó en observaciones cualitativas y cuantitativas, como estimador de estado o cambio de la biocenosis edáfica, son los microartrópodos; estos incluyen un conjunto importante de especies detritívoras, fungívoras, nematódoras y depredadoras de otros artrópodos que, en su conjunto, forman una rica red de interacciones en la que muchos de sus componentes constituyen contralores de otros grupos; esta parte de la comunidad en un tipo de bosque determinado suele presentar una estructura característica y estable, y está incluida en el rodaje multifactorial, que degrada la materia orgánica, produce humificación y por su intermedio influye la estructura y otras características del suelo; además, producen un aporte importante de materia orgánica en el espesor del mismo suelo.

En general, se estima que los microartrópodos edáficos son buenos indicadores de alteraciones del bosque, en el sentido de que cualquier cambio significativo (como podrían ser corte, extracción de leña, incendios, reemplazo por otras especies, tratamientos de manejo, etc.) se traduce en cam-

bios cualitativos o cuantitativos de los diferentes taxa componentes.

El presente trabajo es parte de uno más general, en el que se analizan otros aspectos de los citados efectos de manejo forestal sobre el bosque nativo chilote siempreverde.

2. METODOS

Se tomaron series muestrales de hojarasca y suelo hasta 10 cm de profundidad, en situación bosque nativo siempreverde chilote, tipo "renoval de Canelo", las que constituyen el grupo testigo de otras tres situaciones que constituyen tratamientos de manejo y con cada una de los cuales se puede contrastar. El tipo general de bosque queda incluido en el grupo denominado "Bosque siempreverde con turberas de la isla de Chiloé" por Gajardo (1994).

Se trabajó en un bosque situado en el sector de Manao (41°53' Lat. S., 73°32' Long. W), caracterizado por la presencia de canelo, ulmo, meli, tepa, avellano y mañío como especies principales; algunos sectores de este bosque están siendo sometidos a tratamientos de manejo, cuyo efecto sobre la fauna edáfica es el motivo de este trabajo.

Los tratamientos estudiados fueron: a) Corte tipo franja (15 x 30 m) realizado en enero 1996 y replantación en abril 1996, con ulmo y avellano; b) Corte tipo círculo, diámetro 25 m realizado enero 1996 y replantaciones con ulmo, avellano y tepa (abril 1996), a los cuales se hará referencia como "hoyo 25 m"; c) Corte tipo círculo, diámetro 15 m y posterior replantación con ulmo y mañío (abril 1996), al cual se hará referencia como "hoyo 15 m".

Se tomaron 20 muestras en situación testigo, 20 muestras en tratamiento tipo franja y 20 muestras en tratamiento tipo círculo; sin embargo, este último caso se separó en dos grupos, con 10 muestras en círculo de 25 m de diámetro y 10 muestras, en círculo de 15 m de diámetro. Todas las muestras fueron extraídas con un diseño al azar.

Los muestreos se realizaron los días, 15 y 16 de septiembre 1997. Cada muestra consistió en hojarasca y humus, hasta 10 cm de profundidad, que se tomó con una pala de mano. El material se puso en bolsas de polietileno y fue individualizado con una sigla; el conjunto de muestras fue llevado a laboratorio en cajas aislantes. De cada muestra se tomaron 100 cc, los que se pusieron en las mallas

de embudos de Berlese-Tullgren, bajo calentamiento por ampollitas de 40 W durante una semana; la fauna se recogió en tubos individualizados con alcohol de 75°.

También se midió, para cada muestra, el contenido de agua, por diferencia de peso después de desecación en una estufa por 2 horas a 105° C.

Las muestras de microartrópodos se examinaron individualmente, de modo de asegurar que en cada muestra se hubiera contabilizado el total de microartrópodos presentes. Cada individuo recolectado se clasificó hasta niveles supraespecíficos, haciéndose para cada muestra un protocolo de los diferentes taxa encontrados y del número de individuos presentes para cada taxón. El análisis taxonómico y cuantitativo se realizó bajo microscopio binocular estereoscópico.

En los análisis estadísticos se usó análisis de varianza a un criterio de clasificación, con la transformación de datos $y = \log x + 1$, para compensar la tendencia a la heteroscedasis (Dagnelie 1970).

La diversidad, en sentido ecológico, tiene dos componentes: a) la riqueza, que corresponde al número de entidades con que se trata, que pueden ser especies o taxa de otros niveles que se hayan discriminado, b) La equiparidad (*evenness*) que corresponde al grado de simetría o asimetría, de la distribución de abundancias de los taxa incluidos en la riqueza; en este trabajo se estima mediante el índice J (Pielou 1969). En los análisis se pueden describir ambas variables por separado, o bien mediante un índice que es función de ambos factores, como H' de Shannon (Pielou 1969), el cual representa en una sola cifra la "diversidad compuesta" de un sistema.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. *Contenido de agua y peso seco de las muestras.* En el cuadro 1 se encuentran los valores promedio (X) y desviaciones estándar (s), para los pesos secos, el contenido de agua en gramos y la cantidad de agua como porcentaje del peso seco, tanto para las muestras de bosque testigo (N = 20) como para tratamientos en franjas (N = 20), tratamiento hoyos de 25 m (N = 10) y tratamientos hoyos de 15 m diámetro (N = 10).

Llama la atención el elevado porcentaje de agua presente en las muestras, en general 5 ó 6 veces mayor que el peso seco, probando una elevada capacidad de retención del material edáfico

CUADRO 1

Peso seco y contenido de agua, en muestras de suelo, de bosque testigo y tratamientos.
Dry weight and water content (%), in soil samples, for the control forest and the different treatments.

Sitio Manao (Chiloé)	Peso seco (g)		Peso del agua (g)		Proporción agua sobre peso seco (%)
	X	s	X	s	
Testigo, bosque nativo	7.53	2.90	43.70	11.89	640.82
Tratamiento franjas	7.51	2.72	40.64	7.70	591.29
Tratamiento hoyos 25 m	10.31	4.13	43.49	4.27	516.08
Tratamiento hoyos 15 m	6.48	1.85	41.49	6.33	674.53

X : Promedio

s : desviación estándar

Se probó mediante análisis de varianza si había diferencias significativas o no para los pesos secos, por una parte, y para las cantidades de agua, por otra, entre las diferentes situaciones, testigos o tratamientos; los resultados se ven en el cuadro 2.

Como se observa, el único contraste significativo es entre los pesos secos de muestras de hoyos de 25 m (peso promedio 10.31 g) y los de hoyos 15 m (peso promedio 6.48); los contenidos de agua de ambas situaciones, sin embargo, no acusaron diferencias significativas. Esto podría corresponder a una proporción de partículas minerales mayor, posiblemente de texturas gruesas. Las causas de esta diferencia podrían ser o bien una heterogeneidad local casual, en el sitio de hoyo 25 m, o bien porque en el manejo de corte inicial de este se hubiera removido una mayor proporción del horizonte humoso, quedando en superficie mayor cantidad del horizonte mineral. En todo caso, se puede asumir con los resultados anteriores que en general, y salvo el único caso de diferencia, los factores contenido de agua y el peso seco en las muestras son uniformes en los diferentes sitios de muestreo, lo que desde el punto de vista del diseño experimental es favorable en nuestro caso, donde se busca validar diferencias debidas a otros factores.

Es del caso observar que los grupos testigo cercanos a la franja y aquellos cercanos a hoyos tampoco difieren ni en su medias de peso seco ni en cantidad de agua, por lo que al menos en estos aspectos pueden considerarse como un grupo homogéneo mayor (N = 20), contra el cual se pueden contrastar las comparaciones, como se hizo en algunos análisis del cuadro 2.

3.2. *Fauna de micro artrópodos: taxa encontrados, frecuencia de presentación en muestras y distribución de abundancias.* En los cuadros 3, 4, 5, 6 y 7 se muestra el detalle de grupos de microartrópodos encontrados en las muestras del bosque testigo, del tratamiento "franja" y de los dos tipos de tratamiento "hoyos" respectivamente. Se dan las abundancias medias (X), sus desviaciones estándar (s), el número absoluto de individuos recolectados y las frecuencias de presentación de cada taxón en el total de muestras (%).

En el conjunto de muestras testigo (cuadro 3), es decir, del bosque sin tratamiento, se pudieron discriminar 30 taxa de microartrópodos, a nivel taxonómico de orden, suborden o familias, y se contabilizaron 1338 individuos, entre los cuales el grupo mayoritario es claramente el de los ácaros, quienes constituyen el 81,3% del total de fauna; a su vez entre los ácaros el taxón netamente más abundante es el de los Oribatida, quienes por sí solos constituyen el 45.7% del total de fauna. Estas mismas tendencias claras, con variaciones pequeñas, se mantienen en los suelos sometidos a ambos tratamientos (cuadros 4, 5 y 6). Esta tendencia proporcional suele ser la más común en los suelos de diversos tipos de bosques templados, ilustrando el hecho de que los ácaros y en especial los Oribatida son los grupos más representativos y estables entre los microartrópodos edáficos. De nuestras experiencias anteriores en otros tipos de bosques chilenos hemos observado que, en algunos casos, los Collembola (Parainsecta) pueden alcanzar también abundancias elevadas, pero inestables, asociadas a períodos determinados del año, en general los más húmedos (Covarrubias 1989, 1991, Covarrubias *et al.* 1992).

CUADRO 2

Resultados de análisis de varianza para pesos secos o contenidos de agua entre las diferentes situaciones de bosque.

Results of the analysis of variance, water contents and dry weight, for the different forest situations.

	F	grados libertad
1) peso seco: hoyo 25 m/hoyo 15 m	7.16*	1 y 18
2) agua en gramos: hoyo 25 m/hoyo 15 m	0.69	1 y 18
3) peso seco hoyo 25 m/testigo hoyo	3.97	1 y 18
4) peso seco hoyo 15 m/testigo hoyo	0.50	1 y 18
5) cantidad agua hoyo 25 m + hoyo 15 m/testigo	1.32	1 y 28
6) cantidad agua hoyo 25 m + hoyo 15 m/2 grupos testigo*	0.78	1 y 38
7) peso seco en franja/peso seco testigo franja	0.06	1 y 28
8) cantidad agua en franja/cant. agua testigo franja	1.43	1 y 28
9) cantidad agua en franjas + hoyos/cant. agua testigo franjas + testigo hoyos	1.05	1 y 58
10) cantidad agua en franjas/cant. agua en hoyos	0.16	1 y 38
11) pesos secos: testigo franjas/testigo hoyos	0.24	1 y 18
12) cantidad agua testigo franjas/testigo hoyos	1.29	1 y 18

* = significativo para $p < 0.05$.

En la columna de frecuencia de presentación en las muestras, expresada en porcentaje, se pueden observar también aquellos taxa de aparición más regular, que corresponden a tres grupos de ácaros con frecuencias de 100%, 100% y 90%, respectivamente (Oribatida, Gamasina y Uropodina), cifras que no alcanzan ningún otro taxón, salvo los grupos compuestos de "total acariña" y "total fauna".

Este conjunto de cinco grupos con frecuencia muestral elevada nos servirá de apoyo para los análisis estadísticos de abundancia y para probar variaciones entre testigo y tratamientos.

Además de los grupos mencionados, sólo otros cuatro taxa alcanzan frecuencias muestrales medianas, que son ácaros Prostigmata (75%), Collembola Entomobryomorpha (65%), larvas de Díptera (70%) y de Coleóptera (60%).

Todos los otros grupos tienen frecuencias menores del 50%, algunos de los cuales han presentado sólo un individuo en todo el conjunto muestral, tales como Symphyla y tres familias de Coleoptera. Dejando de lado el caso de Hymenoptera (excluido Formicidae) que son insectos alados cuya presencia en las muestras es sólo casual, los otros taxa corresponden a grupos típicos de microartrópodos edáficos; estos en general son de tamaño pequeño y adaptados a los parámetros físicos y

biológicos del suelo; en este sentido, sus ciclos fenológicos son muy distintos de los insectos epigeos, de ramaje o voladores, cuya presencia y actividad están respondiendo a los factores de sus respectivos ambientes; es así que, por ejemplo, las abundancias de todos los microartrópodos suelen presentar máximos en primavera y otoño, bajando en verano; pero aún en invierno y también bajo la nieve suelen presentar densidades elevadas; estas propiedades de los microartrópodos les permiten independizarse bastante del período de muestreo para realizar estudios comparativos, en relación a los insectos voladores, de ramaje o epigeos, presentes en sus ambientes sólo en períodos de temperaturas favorables, a veces muy cortos. El pequeño tamaño, por otra parte, permite efectuar estudios sobre la base de números elevados de muestras de pequeño volumen, equivalentes, independientes y unitarias, que posibilitan los análisis estadísticos.

Este rico conjunto de 30 taxa encontrados se puede afirmar que caracteriza el tipo de bosque estudiado; los 30 taxa encontrados en muestreos testigo bajan a 27 en el tratamiento "franja" y a 18 ó 19 en los tratamientos "hoyos", evidenciando así en los tratamientos un efecto negativo sobre la biodiversidad de microartrópodos del suelo. Los

taxa faltantes en los tratamientos corresponden en su mayoría a los grupos de baja frecuencia muestral (menor que 50%), siendo significativa especialmente la desaparición de ácaros Tarsonemini en hoyos 25 m, de Acaridida en hoyos 15 m y de todas las familias de Coleoptera en los tres tipos de tratamientos. En el cuadro 7 se entregan los datos para los dos tipos de hoyos, tomados como un solo conjunto, que presentan 24 taxa, cifra también inferior al bosque testigo.

3.3. *Variaciones en la abundancia de taxa de mayores frecuencias.* Con los cinco taxa de frecuencias mayores al 80%, es decir, ácaros Oribatida, Gamasida y Uropodina, y los grupos compuestos total de ácaros y total de fauna, se realizaron análisis de varianza, con los números de individuos por muestra como variable. Se contrastó el grupo testigo con cada tratamiento (franja, hoyo 25 m, hoyo 15 m). Inicialmente, como se tomaron dos grupos de muestras testigo, distanciados por 800 m, también se probó si diferían o no; también se probó si había diferencias entre tratamiento de hoyo 25 m con el de hoyo 15 m; los resultados de estos últimos contrastes se muestran en el cuadro 8.

Se puede observar que entre los dos grupos testigo no hay diferencias significativas para ninguno de los cinco taxa, por lo que ambos grupos se fusionaron en la realización de contrastes testigo/tratamientos. En cambio, en los contrastes hoyo 25 m/hoyo 15 m se encuentran diferencias significativas para cuatro de los cinco taxa, no resultando significativas solamente las abundancias de Oribatida; las medias más elevadas son las del hoyo 15 m, siendo en general más del doble que las del hoyo 25 m (cuadros 5 y 6).

En el cuadro 9 se muestran los resultados de contrastes testigo/tratamiento, probados con análisis de varianza, para los cinco grupos de alta frecuencia muestral.

Se observa que no hay diferencias significativas para ninguno de los taxa, en los casos de los tratamientos "franja" y "hoyo 15 m"; en cambio, en tratamiento "hoyo 25 m" cuatro de los taxa son significativamente diferentes, haciendo excepción sólo las abundancias de Oribatida, que no varían significativamente en ninguno de los tres tratamientos.

En todos los casos significativos (ácaros Gamasina y Uropodina, total Acariña y total de fauna) la variación de abundancia es hacia valores

netamente menores en el sitio del tratamiento; Gamasina y Uropodina suelen ser taxa muy sensibles a las alteraciones por manejos agrícolas, u otras, lo que coincide con el presente caso.

3.4. *Observaciones sobre la diversidad.* Ya se comentó la disminución del número de taxa en los tres tratamientos respecto del bosque testigo; en el cuadro 10 se dan los valores de H' y de J para testigo y tratamientos calculados sobre las abundancias totales de cada subgrupo.

Se observa que H' es más elevado en situaciones testigo ($H' = 2.81$) y baja en los tres tratamientos (2.34, 2.23, 2.32).

Respecto a la equiparidad (J) se observa que también es mayor en situación testigo (0.57), bajando en los tres tratamientos (0.51, 0.54, 0.55), lo que significa que la distribución de abundancias es más asimétrica en estos últimos, lo que se puede interpretar como alteración respecto al grupo testigo, el cual con una distribución más simétrica muestra una relación de abundancias mejor equilibrada de los taxa componentes.

Recordemos que tanto H' como J y, asimismo, el valor de la riqueza, suelen asumir valores típicos en los ecosistemas, bastante estables, que tienden a mantenerse mientras no haya alteraciones diferentes de las propias de ese ecosistema.

Los resultados de este trabajo se resumen en que en las muestras de los tratamientos bajan las abundancias de varios taxa de microartrópodos, lo que se demostró significativo para aquellos de frecuencias de presentación más elevadas y además, en general, se encontró una baja en la riqueza, equiparidad y diversidad de los taxa.

Estos resultados no hacen sino que confirmar las tendencias encontradas en un gran número de casos citados en la literatura, en los cuales se puede observar en la mayoría de los tratamientos agrícolas y manejos forestales una repercusión en los mismos parámetros, sobre los grupos de fauna edáfica, en especial sobre diversos grupos de ácaros y colémbolos.

Kracht y Schrader (1997) y Schrader y Lignau (1997) detallan los mismos efectos que en este trabajo al estudiar los diferentes tipos de faenas de arado en suelos agrícolas compactados. Geissen *et al.* (1997) detallan los efectos del encalado y la fertilización sobre Collembola. Frampton (1997), en estudios de efecto de pesticidas en suelos agrícolas, señala la gran sensibilidad de los Collembola, especialmente los más superficiales. Hasegawa (1997) detalla los cambios en las taxocenosis de

CUADRO 3

Densidades medias en N° de individuos/1000 cc (X); desviaciones estándar (s); número absoluto de individuos recolectados y frecuencia de los taxa en el conjunto de muestras (%), en bosque nativo testigo (20 muestras).

Mean densities (N° individuals/1000 cc) (X), standard deviations (s), number of collected individuals and frequencies of taxa in the sample set (%) in control native forest.

	X	s	N° indiv. colectados	Frecuencia % muestras
Oribatida	306.0	270.9	612	100
Acaridida	3.5	6.7	7	25
Prostigmata	35.0	38.2	70	75
Tarsonemini	21.5	35.0	43	45
Gamasina	99.0	82.6	198	100
Uropodina	79.0	72.6	158	90
Total Acariña	544.0	288.3	1088	100
Araneida	1.5	3.7	3	15
Pseudoscorpionida	2.5	6.4	5	15
Diplopoda	1.5	3.7	3	15
Chilopoda	2.0	5.2	4	15
Symphyla	0.5	2.2	1	5
Pauropoda	1.0	4.5	2	5
Collembola Entomobryomorpha	35.5	52.2	71	65
Collembolla Podurmorpha	8.5	11.8	17	45
Collembola Symphypleona	1.0	4.5	2	5
Japygidae	-	-	-	-
Protura	1.0	3.1	2	10
Hemiptera	7.0	18.9	14	20
Coleoptera Staphylinidae	14.5	27.4	29	40
Coleoptera Nitidulidae	-	-	-	-
Coleoptera Ptiliidae	0.5	2.2	1	5
Coleoptera Curculionidae	0.5	2.2	1	5
Coleoptera Pselaphidae	1.5	3.7	3	5
Coleoptera Dermestidae	1.0	3.1	2	10
Coleoptera Lathridiidae	0.5	2.2	1	5
Larvas Diptera	15.5	14.7	31	70
Larvas Coleoptera	9.0	9.1	18	60
Larvas Lepidoptera	-	-	-	-
Isopoda	1.5	3.7	3	15
Copepoda	1.0	4.5	2	5
Pupas	-	-	-	-
Diptera (Imago)	4.5	6.9	9	45
Formicidae	13.0	38.3	26	30
Hymenoptera (excluido Formicidae)	0.5	2.2	1	5
Total Fauna	669.0	328.9	1338	100
N° taxa: 30				

CUADRO 4

Densidades medias en N° de individuos/1000 cc (X); desviaciones estándar (s); número absoluto de individuos recolectados y frecuencia de los taxa en el conjunto de muestras (%), en tratamiento franja.

Mean densities (N° individuals/1000 cc) (X), standard deviations (s), number of collected individuals and frequencies of taxa in the sample set (%) in band clear cuttings.

	X	s	N° indiv. colectados	Frecuencia % muestras
Oribatida	371.0	300.1	742	100
Acaridida	8.0	16.4	16	25
Prostigmata	30.0	31.5	60	80
Tarsonemini	8.0	12.8	16	35
Gamasina	101.0	84.2	202	100
Uropodina	45.5	39.1	91	85
Total Acarina	563.5	371.1	1127	100
Araneida	2.0	5.2	4	15
Pseudoscorpionida	3.5	5.9	7	30
Diplopoda	1.0	3.1	2	10
Chilopoda	0.5	2.2	1	5
Symphyla	-	-	-	-
Paupoda	4.5	13.9	9	15
Collembola Entomobryomorpha.	48.0	66.5	96	85
Collembolla Podurmorpha	11.5	20.8	23	45
Collembola Symphypleona.	14.5	18.2	29	65
Japygidae	-	-	-	-
Protura	0.5	2.2	1	5
Hemiptera	2.0	5.2	4	15
Coleoptera Staphylinidae	3.5	5.9	7	30
Coleoptera Nitidulidae	1.5	4.9	3	10
Coleoptera Ptiliidae	0.5	2.2	1	5
Coleoptera Curculionidae	0.5	2.2	1	5
Coleoptera Pselaphidae	-	-	-	-
Coleoptera Dermestidae	-	-	-	-
Coleoptera Lathridiidae	-	-	-	-
Larvas Diptera	32.0	27.6	64	90
Larvas Coleoptera	5.5	8.9	11	35
Larvas Lepidoptera	-	-	-	-
Isopoda	4.5	7.6	9	30
Copepoda	1.0	4.5	2	5
Pupas	1.5	6.7	3	5
Diptera (Imago)	1.5	3.7	3	15
Formicidae	-	-	-	-
Hymenoptera (excluido Formicidae)	1.0	3.1	2	10
Total Fauna	704.5	425.1	1409	100
N° taxa: 27				

CUADRO 5

Densidades medias en N° de individuos/1000 cc (X); desviaciones estándar (s), número absoluto de individuos recolectados y frecuencia de los taxa en las muestras (%), en tratamiento hoyo 25 m (10 muestras).

Mean densities (N° individuals/1000 cc) (X), standard deviations (s), number of collected individuals and frequencies of taxa in the sample set (%), in 25 m circle clear cuttings.

	X	s	N° indiv. colectados	Frecuencia % muestras
Oribatida	222.0	227.8	222	90
Acaridida	1.0	3.2	1	10
Prostigmata	23.0	22.1	23	70
Tarsonemini	—	—	—	—
Gamasina	45.0	51.5	45	70
Uropodina	36.0	70.0	36	70
Total Acarina	327.0	318.9	327	100
Araneida	—	—	—	—
Pseudoscorpionida	1.0	3.2	1	10
Diplopoda	—	—	—	—
Chilopoda	1.0	3.2	1	10
Symphyla	2.0	4.2	2	20
Paupoda	—	—	—	—
Collembola Entomobryomorpha	8.0	10.3	8	50
Collembolla Podurmorpha	6.0	13.5	6	20
Collembola Symphypleona	7.0	9.5	7	40
Japygidae	—	—	—	—
Protura	—	—	—	—
Hemiptera	1.0	3.2	1	10
Coleoptera Staphylinidae	7.0	9.5	7	50
Coleoptera Nitidulidae	—	—	—	—
Coleoptera Ptiliidae	1.0	3.2	1	10
Coleoptera Curculionidae	—	—	—	—
Coleoptera Pselaphidae	—	—	—	—
Coleoptera Dermestidae	—	—	—	—
Coleoptera Lathridiidae	—	—	—	—
Larvas Diptera	12.0	19.3	12	50
Larvas Coleoptera	4.0	5.2	4	40
Larvas Lepidoptera	1.0	3.2	1	10
Isopoda	—	—	—	—
Copepoda	—	—	—	—
Pupas	—	—	—	—
Diptera (Imago)	1.0	3.2	1	10
Formicidae	—	—	—	—
Hymenoptera (excluido Formicidae)	—	—	—	—
Total Fauna	379.0	337.1	379	100
N° taxa: 18				

CUADRO 6

Densidades medias en N° de individuos/1000 cc (X); desviaciones estándar (s); número absoluto de individuos recolectados y frecuencia de los taxa en las muestras (%), en tratamiento hoyo 15 m (10 muestras)
 Mean densities (N° individuals/1000 cc) (X), standard deviations (s), number of collected individuals and frequencies of taxa in the sample set (%), in 15 m circle clear cuttings.

	X	s	N° indiv. colectados	Frecuencia % muestras
Oribatida	433.0	328.6	433	100
Acaridida	-	-	-	-
Prostigmata	54.0	57.5	54	80
Tarsonemini	10.0	19.4	10	30
Gamasina	232.0	179.6	232	100
Uropodina	90.0	87.6	90	100
Total Acarina	822.0	528.2	822	100
Araneida	-	-	-	-
Pseudoscorpionida	2.0	4.2	2	20
Diplopoda	-	-	-	-
Chilopoda	11.0	11.0	11	60
Symphyla	-	-	-	-
Paupoda	1.0	3.2	1	10
Collembola Entomobryomorpha	14.0	20.7	14	50
Collembolla Podurmorpha	11.0	16.0	11	50
Collembola Symphypleona	3.0	6.7	3	20
Japygidae	1.0	3.2	1	10
Protura	2.0	6.3	2	20
Hemiptera	-	-	-	-
Coleoptera Staphylinidae	16.0	21.7	16	60
Coleoptera Nitidulidae	-	-	-	-
Coleoptera Ptiliidae	-	-	-	-
Coleoptera Curculionidae	-	-	-	-
Coleoptera Pselaphidae	1.0	3.2	1.0	10
Coleoptera Dermestidae	-	-	-	-
Coleoptera Lathridiidae	-	-	-	-
Larvas Diptera	16.0	8.4	16	90
Larvas Coleoptera	3.0	4.8	3	30
Larvas Lepidoptera	-	-	-	-
Isopoda	-	-	-	-
Copepoda	3.0	6.7	3	20
Pupas	-	-	-	-
Diptera (Imago)	2.0	6.3	2	10
Formicidae	6.0	13.5	6	30
Hymenoptera (excluido Formicidae)	-	-	-	-
Total Fauna	915.0	581.2	915	100
N° taxa: 19				

CUADRO 7

Densidades medias en N° de individuos/1000 cc (X); desviaciones estándar (s), número absoluto de individuos recolectados y frecuencia de los taxa en las muestras (%), en tratamiento hoyo 25 m + hoyo 15 m (20 muestras).

Mean densities (N° individuals/1000 cc) (X), standard deviations (s), number of collected individuals and frequencies of taxa in the sample set (%), in 25 m + 15 m clear cuttings.

	X	s	N° indiv. colectados	Frecuencia % muestras
Oribatida	327.5	295.7	655	95
Acaridida	0.5	2.2	1	5
Prostigmata	38.5	45.3	77	75
Tarsonemini	5.0	14.3	10	15
Gamasina	138.5	160.4	277	85
Uropodina	63.0	82.0	126	85
Total Acariña	574.5	494.8	1149	100
Araneida	—	—	—	—
Pseudoscorpionida	1.5	3.7	3	15
Diplopoda	—	—	—	—
Chilopoda	6.0	9.4	12	35
Symphyla	1.0	3.1	2	10
Paupoda	0.5	2.2	1	5
Coilembola Entomobryomorpha	11.0	16.2	22	50
Collembolla Podurmorpha	8.5	14.6	17	35
Collembolla Symphypleona	5.0	8.3	10	35
Japygidae	0.5	2.2	1	5
Protura	1.0	4.5	2	10
Hemiptera	0.5	2.2	1	5
Coleoptera Staphylinidae	11.5	16.9	23	50
Coleoptera Nitidulidae	—	—	—	—
Coleoptera Ptiliidae	11.5	16.9	23	50
Coleoptera Curculionidae	—	—	—	—
Coleoptera Pselaphidae	0.5	2.2	1	5
Coleoptera Dermestidae	—	—	—	—
Coleoptera Lathridiidae	—	—	—	—
Larvas Diptera	14.0	14.7	28	70
Larvas Coleoptera	3.5	4.9	7	35
Larvas Lepidoptera	0.5	2.2	1	5
Isopoda	—	—	—	—
Copepoda	1.5	4.9	3	10
Pupas	—	—	—	—
Diptera (Imago)	1.5	4.9	3	10
Formicidae	3.0	9.8	6.0	15
Hymenoptera (excluido Formicidae)	—	—	—	—
Total Fauna	647.0	538.0	1294	100
N° taxa: 24				

ácaros Oribatida y de Collembola durante la descomposición de agujas de pinos en las plantaciones. En general, en los trabajos anteriores queda clara la sensibilidad de diversos grupos de microartrópodos a los tratamientos más variados, lo que los señalan como buenos indicadores de estado y de cambio. De hecho, Kopeszki (1997) propone a Collembola como bioindicadores activos, del grado de presión antropogénica en los bosques y Greenslade (1997) propone lo mismo en praderas nativas. Por nuestra propia experiencia, ácaros Oribatida suelen ser el taxón más diverso en los suelos, siendo más estable que Collembola, y también más sensible a los cambios, en estudios a nivel específico, aunque en el presente trabajo sus abundancias globales no varían significativamente.

Los mismos efectos negativos sobre la biodiversidad y abundancia son descritos por Sousa *et al.* (1997) debidos a diversos manejos forestales, y Pinto *et al.* (1997) encuentran que los microartrópodos son sensibles al reemplazo de árboles por otros, constituyendo plantaciones. Bengtsson *et al.* (1997) señalan los efectos a largo término de manejos forestales como la presencia de residuos de explotación maderera sobre la biota de microartrópodos y *Enchytraeidae*, mostrando que en espe-

CUADRO 8

Resultados de los análisis de varianza, para abundancias de cinco taxa con frecuencias muestrales elevadas, entre las dos situaciones de "hoyos" y entre los dos grupos de muestras testigo. Todos los casos con 1 y 18 grados de libertad.

Results of the analysis of variance for abundance of the five taxa with high frequencies, between the two of clear cutting sizes and between the two corresponding control groups. All cases with 1 and 18 degrees of freedom.

	Hoyo 1/hoyo 2 F	Testigo 1/testigo 2 F
Total Oribatida	3.81	0.40
Total Uropodina	5.27*	3.14
Total Gamasina	8.17*	0.29
Total Acarina	8.21*	0.82
Total Fauna	7.51*	0.35

* = Significativo para p < 0.05.

cial son sensibles, con disminución de abundancia, los grupos Collembola, ácaros Gamasina, Araneida, larvas de Díptera y microinsectos predadores. También Koehler (1997) señala la importancia de Gamasina, como ácaros predadores, en la mantención del equilibrio comunitario de los microartrópodos edáficos y hace énfasis en su especial sensibilidad a los pesticidas.

CUADRO 9

Resultados de los análisis de varianza, para cinco taxa de frecuencias muestrales elevadas. Contrastes entre muestras testigo y tratamientos en franjas (1 y 38 grados de libertad) y hoyos (1 y 28 grados de libertad).

Results of the analysis of variance. Abundances of the five taxa with high frequencies. Contrasts between control and treatments (band and two clear cutting sizes).

	Testigo/ franja F	Testigo/ hoyo 25 m F	Testigo/ hoyo 15 m F
Total Oribatida	0.12	2.73	1.24
Total Gamasina	0.04	8.95**	2.51
Total Uropodina	1.98	5.39*	0.10
Total Acarina	0.23	8.07**	2.04
Total Fauna	0.03	9.64**	0.95

* = Significativo para p < 0.05.
** = Significativo para p < 0.01.

CUADRO 10

Valores de riqueza (N° de taxa), diversidad (H') y equiparidad (J) de bosque chilote siempreverde testigo, o sometido a tres tratamientos de manejo Richness (N° of taxa), diversity (H') and evenness (J) of microarthropods in an evergreen forest (Chiloe), undisturbed (control) and under three different management treatments.

	N° taxa	H'	J
Testigo	30	2.81	0.57
Franja	27	2.56	0.54
Hoyo 25 m	18	2.23	0.54
Hoyo 15 m	19	2.32	0.55
Hoyos 25 m + 15 m	24	2.34	0.51

Yeates y Lee (1997) describen los efectos de quemadas controladas sobre los microartrópodos del suelo, que por supuesto son sensibles, pero señala su interés en la evaluación de la recuperación biológica de esos suelos

Coincidimos con Sabatini *et al.* (1997) en que los estudios de grupos a nivel supraespecífico entregan buena información de estado de la biota, pero, sin duda, los estudios a nivel específico pueden ofrecer un espectro más fino de reacciones ante los tratamientos y permiten así explorar los fenómenos involucrados con mayor resolución. De hecho, en una segunda parte de nuestro estudio, se proseguirá con el análisis específico de ácaros Oribatida.

4. CONCLUSIONES

Los tres tipos de tratamientos estudiados causan una disminución de la biodiversidad, que afecta a grupos de abundancias y frecuencias muestrales bajas, como Symphyla, Formicidae, Tarsonemini, Acandida, Araneida, Diplopoda, Pauropoda, Protura, Homoptera, Hymenoptera y todas las familias de Coleoptera descritas en los cuadros, con una disminución global desde 30 taxa en bosque testigo, a 27 en tratamiento franja, 18 y 19 en hoyos de 25 y 15 m respectivamente, y 24 en la suma de los grupos "hoyos". Además de la citada disminución de la riqueza de taxa, también hay disminución de los índices globales de diversidad (índice H') y de equiparidad (índice J).

Por otra parte, el análisis estadístico de las abundancias, para los cinco taxa de frecuencias muestrales altas (Oribatida, Gamasina, Uropodina, total ácaros, total fauna), muestra diferencias significativas para cuatro de ellos en hoyo de 25 m, en el sentido de bajas notorias de abundancia cuya causa se puede inferir que sea debida al tratamiento.

En el contraste entre hoyo 1 y hoyo 2 hay diferencias significativas para Gamasina, Uropodina, total ácaros y total fauna, en el sentido de que las densidades medias son netamente mayores en el grupo hoyo 15 m, por lo que se los debe considerar grupos separados.

5. REFERENCIAS

- BADEJO, M., T. OBILADE, B. OLUBAKIN. 1997. "Spatial distribution and abundance of mites and springtails under different temperature and moisture regimes in a tropical rainforest floor", *Tropical Ecology* 38(1): 31-38.
- BORNEBUSH, C. 1930. "The fauna of forest soil", *Forst-Forsvaes-Dann*: 11: 1-24.
- BENGTSSON, J., T. PERSSON, H. LUNDKVIST. 1997. "Long term effects of logging residue addition and removal on macroarthropods and Enchytraeidae", *J. Applied. Ecol.* 34 (4): 1014-1022.
- COVARRUBIAS, R. 1989. "Datos sobre fauna de microartrópodos en un ciclo anual en diferentes substratos de un bosque de *Nothofagus pumilio*", *Acta Entomológica Chilena* 15: 131-142.
- COVARRUBIAS, R. 1991. "Fluctuaciones estacionales de microartrópodos edáficos bajo especies vegetales en la Reserva Nacional de Río Clarillo (Región Metropolitana, Chile)", *Acta Entomológica Chilena* 16: 81-96.
- COVARRUBIAS, R., C. COVARRUBIAS, I. MELLADO. 1992. "Microartrópodos en suelos de bosques de *Nothofagus pumilio* en Parques Nacionales de Chile", *Acta Entomológica Chilena* 17: 195-210.
- COVARRUBIAS, R. 1993. "Comparación de fauna de microartrópodos, entre bosque nativo y plantaciones de *Pinus radiata* de reemplazo en biotopos equivalentes" *Acta Entomológica Chilena* 18: 41-51.
- DAGNELIE. 1970. *Theorie et Methodes statistiques*. Edit. Duculot, Gembloux, Belgique, p 1-451.
- FRAMPTON, G. 1997. "The potential of Collembola as indicator of pesticide usage: evidence and methods from the UK arable ecosystem", *Pedobiologia* 41(1-3): 179-184.
- GAJARDO, R. 1994. *La vegetación natural de Chile*. Edit. Universitaria, Chile, p. 1-165.
- GEISSEN, V., J. ILMANN, A. FLOHR, R. KAHRER, G. BRUEMMER. 1997. "Effects of liming and fertilization on Collembola in forest soils in relation to soil chemical parameters", *Pedobiologia* 41 (1-3): 194-201.
- GREENSLADE, P. 1997. "Are Collembola useful as indicators of the conservation value of native grasslands?", *Pedobiologia* 41 (1-3): 215-220.
- HASEGAWA, M. 1997. "Changes in Collembola and Cryptostigmata communities during the decomposition of pine needles", *Pedobiologia* 41(4): 225-241.
- HUHTA, V., E. KARPPIINEN, M. NURMINEN, A. VALPAS. 1967. "Effect of silvicultural practices upon arthropod, annelid and nematode populations in coniferous soil", *Ann. Zool.-Fenn.* 4: 87-143.
- KOEHLER, H. 1997. "Mesostigmata (Gamasina, Uropodina) efficient predators in agroecosystems", *Agric. Ecosyst. Environ.* 62(2-3): 105-117.
- KOPESZKI, H. 1997. "An active bioindication method for the diagnosis of soil properties using Collembola", *Pedobiologia* 41(1-3): 159-166.
- KRACHT, M., S. SCHRADER. 1997. "Collembola and Acari in compacted soil of agricultural land under different soil tillage systems", *Braunschweiger Naturkundliche Schriften* 5 (2): 425-440.
- MARTINEZ, R., M. CASANUEVA. 1995. "Comparación cualitativa de la fauna oribatológica del suelo (Acari: Oribatida) de bosques nativos y *Pinus radiata*", *Rv. Chilena Ent.* 22: 25-34.
- OTERO, L., A. CONTRERAS, A. BARRALES. 1994. Efectos ambientales de diferentes tipos de cortas en bosque nativo. El caso de las cortas de protección en fajas. Ciencia e Investigación Forestal 8, 1: 87-118. INFOR Santiago, Chile.
- OTERO, L., L. BARRALES, A. CONTRERAS. 1995. "Crecimiento inicial de plantaciones de Raulí (*Nothofagus alpina*) en los métodos de protección en faja y protección uniforme, en el área de Neltume, Coñaripe", *Ciencia e Investigación Forestal* 9 (2): 177-189. INFOR. Santiago, Chile.
- OTERO, L., A. CONTRERAS, L. BARRALES. 1996. Efectos sobre el suelo en el sistema de cortas en fajas y protección uniforme. Superficie de suelo alterada, densidad del suelo y escurrimiento superficial de agua, en el tipo forestal Coihue-

- Raulf-Tepa. INFOR. Valdivia. Chile. Informe Interno, p. 1-16 (1-3): 131-138.
- PIELOU, E. 1969. *An introduction to Mathematical Ecology*. Wiley-interscience, New York: 1-286.
- PINTO, C., J. SOUSA, M. GRACA, M. DA GAMA. 1997. "Forest soil Collembola: do tree introductions make a difference?", *Pedobiologia* 41(1-3): 131-138.
- SABATINI, M., L. REBECCHI, C. CAPPI, R. BERTOLANI, B. FRATELLO. 1997. "Long term effects of three different continuous tillage practices on Collembola populations", *Pedobiologia* 41(1-3): 185-193.
- SCHRADER, S., M. LIGNAU. 1997. "Influence of soil tillage and soil compaction on microarthropods in agricultural land", *Pedobiologia* 41(1-3): 202-209.
- SOUSA, J., J. VINGADA, H. BARROCAS, M. DA GAMA. 1997. "Effect of introduced exotic tree species on Collembola Communities", *Pedobiologia* 41(1-3): 145-153.
- YEATES, G.W., W. LEE. 1997. "Burning in a New Zealand snow-tussock grassland: effects on vegetation and soil fauna", *New Zealand Journal of Ecology* 21 (1): 73-79.
- WALLWORK, J. 1976. *The distribution and diversity of soil fauna*. Academic Press, N. York: 1-355.