



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Agrarias
Escuela de Agronomía

**Presencia otoñal de *Homocopris torulosus*
(Eschscholtz, 1822) bajo distintos tipos de
vegetación en ecosistemas valdivianos**

Memoria presentada como parte de los
requisitos para optar al título de
Ingeniero Agrónomo

Rodrigo Andrés Jerez Cárdenas

Valdivia – Chile

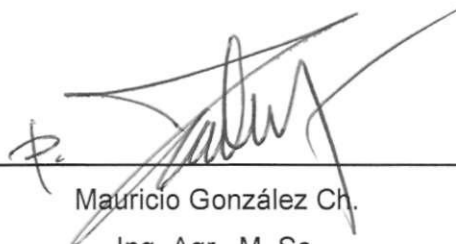
2015

PROFESOR PATROCINANTE:




Dante Pinochet T.
Ing. Agr., M. Sc., Ph.D.
Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos

PROFESOR COPATROCINANTE:



Mauricio González Ch.
Ing. Agr., M. Sc.
Bio-Protection Research Centre, Nueva Zelanda

PROFESOR INFORMANTE:



José Dörner F.
Ing. Agr., Dr. sc. agr.
Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos

INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
	RESUMEN	1
	SUMMARY	2
1	INTRODUCCIÓN	4
2	MATERIAL Y METODOS	11
2.1	Descripción del sitio de estudio	11
2.1.1	Praderas	12
2.1.2	Bosque Nativo	12
2.2	Datos climáticos	13
2.3	Diseño del muestreo	13
2.4	Tipo de trampa utilizada	14
2.5	Fechas de colecta	15
2.6	Variables medidas en terreno	15
2.6.1	Resistencia a la penetración del suelo	15
2.6.2	Contenido volumétrico de agua	16
2.6.3	Dimorfismo sexual	17
2.7	Análisis estadístico	18

3	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	19
3.1	Presencia de <i>H. torulosus</i> y su relación de sexos en la zona de Valdivia	19
3.2	Presencia otoñal de <i>H. torulosus</i> en bosque nativo y praderas	19
3.3	Relación entre la humedad y la presencia otoñal de <i>H. torulosus</i> en bosque nativo y praderas de la zona de Valdivia	19
4	DISCUSION DE RESULTADOS	24
4.1	Presencia de <i>H. torulosus</i> y su relación de sexos en la zona de Valdivia	24
4.2	Presencia otoñal de <i>H. torulosus</i> en bosque nativo y praderas	25
4.3	Relación entre la humedad y la presencia otoñal de <i>H. torulosus</i> en bosque nativo y praderas de la zona de Valdivia	27
5	CONCLUSIONES	31
6	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	32
7	ANEXOS	37

INDICE DE IMAGENES

Imagen		Página
1	Tipos de escarabajos estercoleros. 1: Endocópridos, 2: Paracópridos, 3: Telecópridos	4
2	Esquema de una bola de cría con los distintos estadíos de un escarabajo estercolero paracóprido, y las galerías construidas por ellos	6
3	Sitios de estudio, en la parte inferior derecha las zonas 1 y 2 correspondientes al sector de Villa Pitiraco; en la parte inferior izquierda las zonas 3 y 4 correspondientes al sector Corcolén	11
4	Diseño del muestreo y disposición de las trampas en una zona de muestreo	13
5	Trampa de caída o pitfall de cebo con rejilla recién establecida en terreno	14
6	Penetrómetro de campo utilizado en el estudio para determinar la resistencia a la penetración del suelo(N) en bosque nativo y pradera	16
7	Cilindros utilizados para obtener el contenido volumétrico de agua.	17
8	Derecha: Fotografía de <i>H. torulosus</i> macho con cornamenta a la vista; Izquierda: Fotografía de ejemplar hembra, con alas a la vista.	17

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Porcentaje total de machos y hembras de <i>H. torulosus</i> colectados en otoño.	19
2	Presencia otoñal de <i>H.torulosus</i> en bosque nativo y pradera.	20
3	Abundancia total de <i>H. torulosus</i> colectadas, temperaturas medias diarias(°C) y precipitaciones (mm), en el período estudiado.	21
4	Modelo lineal ajustado para el contenido volumétrico de agua y la resistencia a la penetración del suelo.	22
5	Abundancia de escarabajos y resistencia a la penetración en bosque nativo y pradera, en el período otoñal estudiado.	23

INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Tiempos de muestreo, resistencia a la penetración promedio, contenido volumétrico promedio y cantidades de escarabajos colectadas en bosque nativo y pradera.	37
2	Composición botánica de las praderas estudiadas	41
3	Composición botánica de las zonas de bosque nativo estudiadas	42

RESUMEN

Este estudio muestra la evaluación de una segunda temporada de la abundancia otoñal de la especie paracóprida nativa *Homocopris torulosus* (Coleoptera:Scarabaeidae) en bosque nativo y pradera en la zona de Valdivia realizado después de 5 años de un estudio preliminar.

Se consideró que, además del tipo de hábitat, la humedad del suelo podría influenciar las abundancias otoñales de escarabajos, de modo que se plantearon las siguientes hipótesis: i)“la distribución temporal de escarabajos estercoleros, está asociada a la resistencia a la penetración ofrecida por suelo”; y ii)“la variación espacial de las cantidades de escarabajos depende del tipo de vegetación”. Para ello se seleccionaron 4 zonas ubicadas en las cercanías de la ciudad de Valdivia, que presentaron porciones de bosque nativo y praderas asociadas, utilizándose 16 trampas de caída con rejilla cebadas con estiércol fresco de vacuno, dispuestas en las esquinas de cuadrantes de 50 x 50 metros, 2 en bosque nativo y 2 en pradera, en cada una de las 4 zonas. Las colectas se realizaron en 5 fechas del período otoñal comprendido entre el 24 de Marzo y el 13 de Junio del año 2014. Adicionalmente a la colecta de individuos se determinó su sexo, así como también se midió la humedad y resistencia a la penetración del suelo en cada hábitat, con el fin de relacionar estos factores de humedad con la abundancia de escarabajos en bosque nativo y pradera en el tiempo.

Se colectaron 114 ejemplares de los cuales el 70,2% fueron hembras y el 29,8% machos indicando una relación de sexos 1:2, la cual aumenta al observar solo los resultados del bosque nativo, considerando que en él se colectó el 75,4% frente a un 24,6% sobre pradera. Por su parte, el análisis estadístico determinó que existió una relación significativa entre las abundancias otoñales de escarabajos y la resistencia a la penetración del suelo en bosque nativo y pradera; los resultados indicaron que la mayor abundancia de escarabajos en bosque nativo se presentó entre los 40 y 50% de contenido volumétrico de agua en el suelo y con valores de resistencia a la penetración cercanos e inferiores a los 1500 kPa. Esto, sugiere que, además de la preferencia de hábitat, se debe alcanzar un determinado nivel de humedad que reduzca la resistencia a la penetración del suelo, y permita la construcción de las galerías de nidificación en el período otoñal.

Palabras Clave: Escarabajos estercoleros nativos, variación otoñal, bosque nativo, pradera natural, humedad del suelo, resistencia a la penetración, sur de Chile.

SUMMARY

Autumnal abundance of native paracoprid *Homocopris torulosus* (Coleoptera: Scarabaeidae) species in native forest and associated pastures was quantified in the area of Valdivia for the second time after five years from the first preliminary study. In the current study, it was considered that, in addition to the habitat type, soil moisture could be influencing the autumnal abundance of beetles, then the following hypothesis were made: i) "The temporal distribution of dung beetles, varies according to the penetration resistance offered by soil "; and ii) "The spatial variation in the amounts of beetles depends on the type of vegetation". For this four zones located near the city of Valdivia, which presented native forests and associated grasslands were selected, using 16 pitfall grid traps baited with fresh cow dung, arranged in the corners of 50 x 50 m quadrants, 2 in native forest and 2 onto their associated pastures in each of the four studied areas. The collections were performed in 5 dates in autumn from March 24 to June 13, 2014. In addition to the collection of individuals sex ratio was determined, as well moisture and penetration resistance of the soil was measured in each habitat, in order to relate these factors with beetles density in native forest and their associated pastures through time.

In total, 114 individuals were collected, from which 70.2% were females and 29.8% were males indicating a sex ratio of 1:2 which increases when only native forest is analysed, considering that 75.4% versus 24.6% were collected in forest when compared to pastures. Moreover, the statistical analysis found that was a significant relationship between autumnal beetles density and soil penetration resistance in native forest and pastures; the results indicated that the greater abundance of beetles in native forest was presented between 40 and 50% of soil water holding capacity and values of penetration were close and below 1500 kPa. This suggests that in addition to the habitat preference, the soil must reach a certain level of moisture that reduces the soil penetration resistance, allowing the construction of nests on the autumnal period studied.

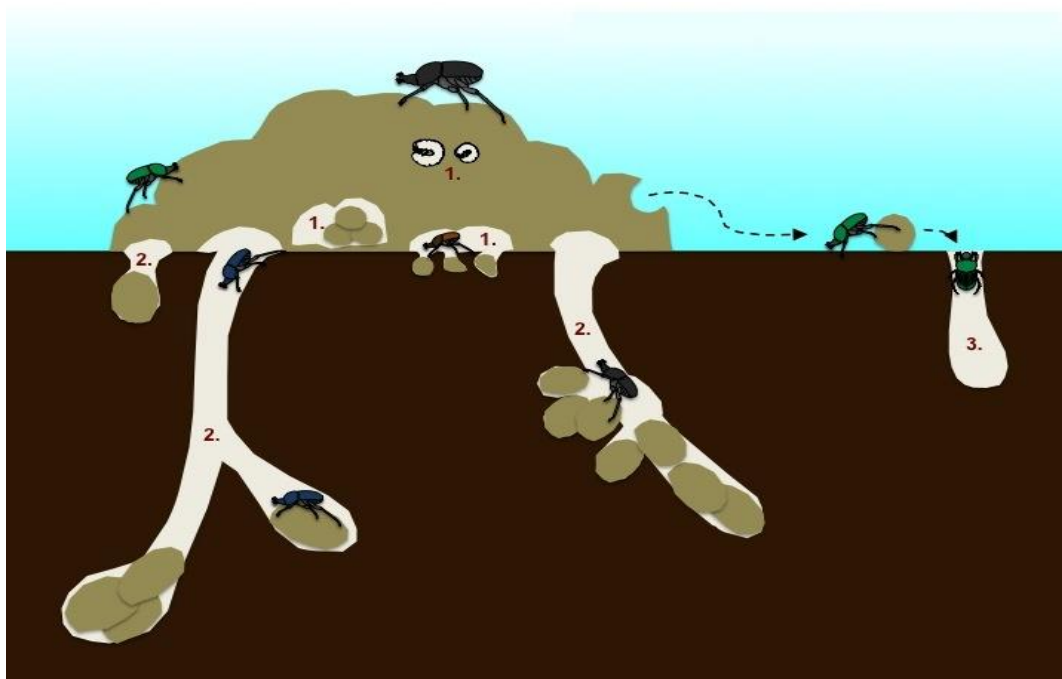
Keywords: Native dung beetles, autumnal variation, native forest, natural pastures, soil moisture, penetration resistance, southern Chile.

1 INTRODUCCION

Los escarabajos estercoleros son importantes recicladores en la naturaleza, presentes desde tiempos prehistóricos en los ecosistemas. Son el grupo de coprófagos más diverso del planeta (Cambefort y Hanski, 1991); y su importancia ha trascendido más allá de su labor ecológica, siendo venerados y enaltecidos por diversas culturas y civilizaciones a lo largo de la historia humana (Cambefort, 1994).

Debido a sus hábitos de alimentación y anidación, los escarabajos estercoleros ejercen una importante labor ecológica, al reciclar, incorporar y acelerar la descomposición de los componentes orgánicos y minerales presentes en el estiércol de mamíferos, carroña, hongos y fruta en descomposición (Bustos-Gómez y Lopera, 2003). Adicionalmente, generan funciones ecosistémicas tales como dispersión de semillas, control biológico y polinización entre otros (Nichols et al., 2008).

Existen 3 tipos de comportamientos asociados a escarabajos estercoleros y se diferencian básicamente por su forma de anidar



(<http://unlcms.unl.edu/entomology/bugbuddies/dung-beetles>)

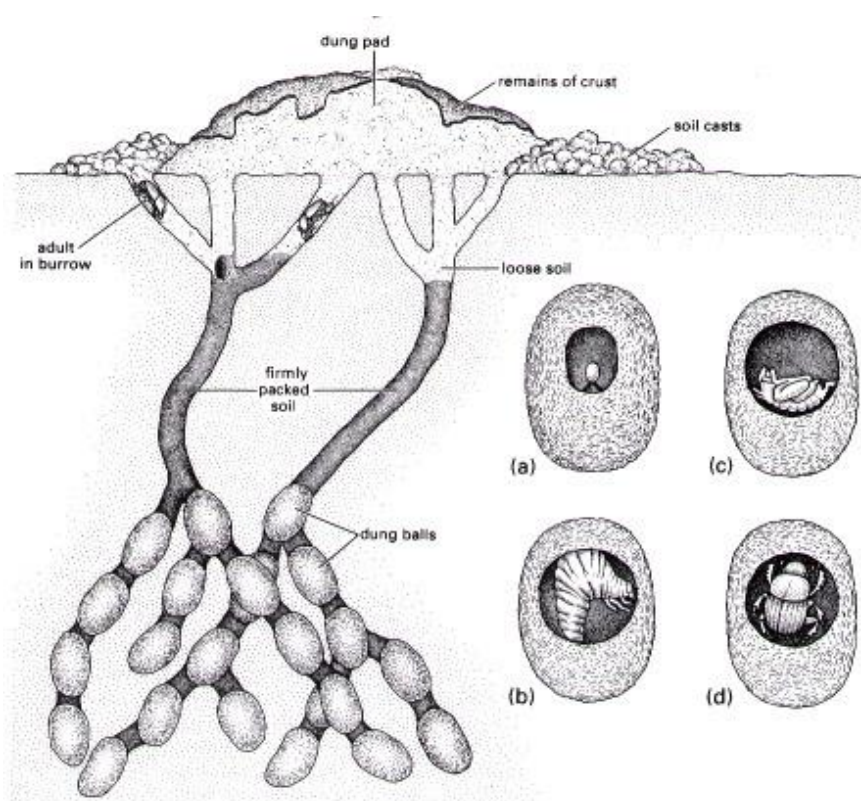
Imagen 1: Tipos de escarabajos estercoleros. 1: Endocópidos, 2: Paracópidos, 3: Telecópidos.

Endocópridos o habitantes del estiércol: Viven en el interior del excremento y realizan la postura de sus huevos dentro de la bosta colonizada; en general, son de tamaño más pequeño que los otros tipos de escarabajos estercoleros (Cambefort y Hanski, 1991). Sin embargo, presentan una gran diversidad, siendo descritos como los principales agentes desintegradores de estiércol en la península ibérica (Lobo, 1992).

Telecópridos o rodadores: Una vez identificado el estiércol, construyen una esfera desde la misma la cual transportan a cierta distancia de la bosta original, para luego enterrarla con el fin de alimentarse o alimentar a su descendencia (Cambefort y Hanski, 1991). La construcción de la bola de cría puede demorar sólo minutos en especies nocturnas, o incluso, una hora o más en algunas especies de hábito diurno (Cambefort y Hanski, 1991). La bola de cría, a menudo, es trasladada por ambos sexos (macho y hembra). Existe la posibilidad que otros escarabajos traten de robarla; este comportamiento, incluso se ha observado en escarabajos de la misma especie. Dicho hábito es otro tipo de adaptación observada en menor medida denominándose los kleptocópridos (Halffter y Edmonds, 1982), el cual es adicional a las 3 categorías principales descritas por Nichols et al., (2008). Al utilizar fecas de animales nativos en su alimentación y anidación, se genera una dispersión secundaria de las semillas embebidas en las heces de éstos, aumentando la probabilidad de establecimiento de plántulas (Andresen, 2005). Esto es muy importante en bosques húmedos templados, ya que promueve la renovación y sucesión natural de los mismos (Nichols et al., 2008).

Paracópridos o tuneleros: Este grupo de escarabajos realiza la construcción de sus galerías de nidificación enterrando la bola de cría justo bajo el estiércol colonizado, realizando túneles y trasladando porciones de estiércol al fondo de éstos, donde formaran parte de las crotovinas o "brood balls", a diferentes profundidades (Halffter y Edmonds, 1982). Este comportamiento tiene efectos directos sobre la aireación y las propiedades fisicoquímicas del suelo (Bang et al., 2005), las cuales han sido postuladas como precursoras de cambios en el crecimiento vegetal (Nichols et al., 2008). Existen paracópridos de diversos tamaños, determinándose que, especies de mayor tamaño realizan el entierro de sus bolas de estiércol a una mayor profundidad y en menores cantidades, que especies más pequeñas, que ponen sus huevos en mayor cantidad pero en menor profundidad. Además se ha observado que especies más

profundizadoras viven un mayor período de tiempo que otras más pequeñas (Doube, 1990).



(http://lh4.ggpht.com/_X6JnoLOU4BY/S8FzcsWwOul/AAAAAAAX30/wVAwZMN6NqQ/s1600-h/tmp934_thumb3.jpg)

Imagen 2: Esquema de una bola de cría con los distintos estadios de un escarabajo estercolero paracóprido, y las galerías construidas por ellos.

Por otro lado se ha planteado que podría existir una sinergia entre la actividad descomponedora de escarabajos estercoleros y lombrices de tierra. Considerando que las lombrices también contribuyen a la incorporación de las heces en el suelo, y alteran los materiales orgánicos que pasan a través de su intestino estimulando interacciones microbianas que inciden en la disponibilidad de nutrientes en el suelo en el corto y largo plazo (Groffman et al., 2004; Lavelle et al., 2004). Algunos escarabajos son atraídos hacia la bosta hasta que esta alcanza, aproximadamente, un 78% de humedad. Sin embargo, se ha mostrado que las lombrices concentran su actividad en

rangos menores de humedad (>30%), acelerando las tasas de descomposición del estiércol sobre el suelo (Bang et al., 2010).

Los efectos en el suelo producto de la acción de los escarabajos estercoleros (principalmente paracópridos y telecópridos) se presentan a nivel físico-hidráulico, al aumentar la conexión de macroporos, la conductividad de aire, (Bang et al., 2005) y la conductividad hidráulica del suelo (Brown et al., 2010). Su actuar genera también cambios químicos en el suelo, al incrementar las reservas orgánicas de nitrógeno, fósforo y otros macro y micro nutrientes, lo que aumenta la fertilidad química del suelo (Miranda, 2006; Lastro, 2006). Esta bioturbación e incorporación de materia orgánica al suelo, estimula el actuar de las poblaciones microbiológicas aeróbicas, que utilizan el C y N en sus procesos metabólicos, promoviendo su mineralización en el suelo (Yokoyama et al., 1991).

Debido a la alta sensibilidad de este tipo de escarabajos a los cambios ambientales y, en especial, a las intervenciones y daños antrópicos, sumado a una metodología de captura estandarizada y relativamente sencilla de instalar (Lobo, 1992), se han propuesto como bio-indicadores para determinar el grado de intervención y/o degradación de los ecosistemas (Favila y Halffter, 1997).

Por otro lado, es reconocido su rol agronómico, ya que la anidación en el caso de paracópridos y telecópridos permite controlar indirectamente larvas y huevos de insectos, que realizan su ovoposición en las fecas bovinas presentes en praderas (Bornemissza, 1970). Esto ha contribuido de manera significativa con la reducción de parásitos asociados al ganado bovino (e.g., *Haematoebia* sp.) en Australia (Bornemissza, 1976). Sin embargo, un exitoso control biológico por medio del entierro del estiércol donde se desarrollan estos parásitos, no siempre es posible de ser realizado por el ensamble de especies locales, debido principalmente a una nula evolución entre la coprofauna y los mamíferos presentes.

Para que la degradación ocurra, estos insectos primero deben localizar el estiércol; Dicho proceso lo realizan mediante el olfato (Tribe et al., 2011). Se han observado preferencias por parte de los escarabajos estercoleros en la elección de estiércol de diferentes mamíferos (Dormont et al., 2007; 2010; González, 2013), llegando incluso a evolucionar junto a las fecas de mamíferos endémicos, como sucede en los bosques

tropicales de Centro América, con escarabajos estercoleros y monos aulladores (Estrada et al. 1999; Andersen, 2005).

Se ha mostrado que en algunas especies la postura de las bolas de cría se relaciona directamente con la temperatura ambiental (Lobo, 1992), así como, con la humedad del suelo (Barkhouse y Ridsdill-Smith, 1986; Rougón 1982b), entre otros factores. Esto se debe posiblemente al cambio en la resistencia mecánica del suelo con el avance de las precipitaciones y el aumento en la humedad del suelo, lo que generaría variaciones estacionales en la resistencia a la penetración decayendo en los períodos de mayor humedad (Dorner et al., 2012). La relación entre la humedad del suelo y su resistencia a la penetración ha sido medida en Andisoles, observándose una correlación directa de ambos factores en suelos de origen volcánico del sur de Chile (Dec et al., 2010). Por ello, es posible asumir que la variación en la humedad del suelo estaría influyendo en las abundancias estacionales de escarabajos; considerando que algunas especies presentan mayores abundancias en períodos lluviosos por sobre períodos secos (Lumaret y Kirk, 1987).

En Chile la diversidad de especies es bastante amplia, existiendo ejemplares representantes de los principales 3 tipos de escarabajos estercoleros, distribuidos de Arica a Punta Arenas. Sin embargo, a pesar de que se sabe de la existencia de numerosas especies nativas, existe limitada información acerca de la biología y ecología de cada una de ellas. Un ejemplo de esto, es la especie presente en el centro norte del país de *Megathopa villosa* (Eschscholtz, 1822), de la que se ha descrito su distribución, preferencias y patrones de nidificación (Ovalle y Solervicens, 1980; Alfaro y Pizarro, 2008, Smith, 2015). Por otro lado, algunos estudios más recientes se han realizado acerca de ciertos aspectos ecológicos de la especie paracóprida nativa *Frickius variolosus* Germain 1897, en la región de Aysén (González, 2013) determinando que su preferencia de hábitat, entre bosque y pradera, varía en función de las distintas regiones estudiadas, y por ende, de las condiciones edafo-climáticas que cada una presenta.

Así mismo, en *Homocopris torulosus* (Eschscholtz, 1822) se han realizado un par de trabajos previos. Joseph (1929), se refiere a esta especie por su primera denominación, *Pinotus torulosus* (Eschscholtz, 1822), la que fue variando en el tiempo a *Copris torulosus* (Eschscholtz, 1822), posteriormente a *Dichotomius torulosus*

(Eschscholtz, 1822), para llegar al nombre actual *Homocopris torulosus* (Vaz de Mello et al., 2010). En el trabajo de Joseph (1929), se realizan observaciones en donde se describe el comportamiento, las características morfológicas de las bolas de cría y formas de sus galerías. Una interesante observación fue que la velocidad de construcción de las galerías está relacionada con la dureza y la profundidad del suelo. Sin embargo, no se realizó ningún experimento que relacionara estos factores con la construcción de nidos.

Otro estudio, fue el realizado por González (2010), que evaluó la presencia otoñal de esta especie en bosque nativo y pradera. En dicho estudio se concluyó que, mayores cantidades de *H. torulosus* fueron colectadas en renoval de bosque nativo por sobre sus praderas asociadas en el período otoñal, y que el aumento de escarabajos se podría relacionar a un aumento en las precipitaciones otoñales, que estarían afectando la humedad del suelo. Sin embargo, no se realizaron experimentos que asocien la abundancia de *H. torulosus* con las condiciones del suelo.

De esta forma, este trabajo busca relacionar la abundancia de *H. torulosus* con la resistencia a la penetración del suelo en bosque nativo y pradera. Esto permitirá evaluar si la preferencia por el hábitat se mantiene después de 5 años del estudio anterior; Además, se podrá evaluar si la humedad del suelo y la resistencia a la penetración del suelo varían en el bosque nativo y la pradera, y si estas diferencias pueden explicar las variaciones en la abundancia de *H. torulosus* en otoño.

Es interesante evaluar las abundancias del escarabajo en bosque nativo y pradera, ya que ambos hábitats presentan condiciones muy diferentes para su desarrollo. Este segundo estudio podría sostener la preferencia otoñal de *H. torulosus* por el bosque nativo. Esto sería de suma importancia, ya que indicaría que los parches de bosque nativo existentes aún en la zona, estarían proporcionando mejores condiciones para el desarrollo del escarabajo. Horgan (2007) indica que algunos escarabajos que habitan el bosque nativo pueden necesitar sombra para su reproducción o alguna etapa de su ciclo de vida, abandonando el bosque sólo en períodos de fuerte competencia o condiciones climáticas favorables; y que algunas funciones biológicas básicas podrían verse alteradas por hábitats más abiertos. No obstante, en algunas zonas de Centro América las mayores abundancias de escarabajos coprófagos generalistas están en las praderas abiertas, sin embargo los parches de bosque nativo conservan la mayor

diversidad de especies (Horgan, 2008). En ese contexto, podría suceder algo similar en el sur de Chile, donde los bosques nativos estarían realizando una importante función en la mantención de la biodiversidad de las especies estercoleras nativas y/o endémicas. Considerando el hábito paracóprido de *H. torulosus*, es posible que las cantidades colectadas de este escarabajo, estén directamente relacionadas con la resistencia a la penetración ofrecida por el suelo y su variación producto de la humectación del perfil; lo que también estaría ligado fuertemente con el avance de la estación otoñal.

El presente estudio, se llevó a cabo en ecosistemas similares a los estudiados por González (2010), para poder comparar las cantidades colectadas en el presente estudio con el realizado 5 años atrás, y obtener resultados actualizados de la abundancia de escarabajos en bosque nativo y pradera, relacionándolos con la resistencia a la penetración del suelo ofrecida por los suelos estudiados en otoño, obteniendo información relevante sobre las preferencias de hábitat de este insecto.

En este contexto, se proponen las siguientes hipótesis:

- 1) “La distribución temporal de *H. torulosus*, varía en función a la resistencia a la penetración ofrecida por suelo”;
- 2) “La variación espacial de *H. torulosus* depende del tipo de vegetación”

Además se plantea como objetivos lo siguiente:

Objetivo general: Evaluar la presencia otoñal de *H. torulosus* en bostas de vacuno en dos tipos de vegetación (bosque nativo y pradera natural) y su comportamiento en relación con la humedad del suelo.

Los objetivos específicos son:

Determinar la abundancia otoñal de escarabajos estercoleros, y la proporción de machos y hembras en bosque nativo y en pradera.

Relacionar la presencia de escarabajos estercoleros con la resistencia a la penetración ofrecida por un Andisol a través del tiempo, como indicador de la resistencia mecánica del suelo producto de cambios estacionales de la humedad presente en él.

2 MATERIALES Y METODOS

2.1 Descripción del sitio de estudio

El lugar de estudio está emplazado en la décimo cuarta región de Chile, camino a la comuna de Máfil; a 27 km de la ciudad de Valdivia, en los sectores de Corcolén y Villa Pitracó (Imagen 3). Se escogieron estos sitios por que presentan renovales de bosque nativo asociados a praderas, condición esencial para el establecimiento y diseño del muestreo. Además de ser una zona ya estudiada anteriormente por González (2010), lo que permite realizar una comparación en el presente estudio.

Se realizaron descripciones de los ecosistemas estudiados, con el fin de categorizar y caracterizar la composición botánica de las zonas.





Imagen 3: Sitios de estudio, en la parte inferior derecha las zonas 1 y 2 correspondientes al sector de Villa Pitracó; en la parte inferior izquierda las zonas 3 y 4 correspondientes al sector Corcolén. En la parte superior se muestra una imagen satelital ampliada de los dos sectores estudiados (Corcolén a la izquierda y Villa Pitracó a la derecha).

2.1.1 Pradera

Se determinó que, la composición de las praderas se realizó colocando sobre ellas una varilla de madera de un metro de largo marcada cada 4 cm. En cada uno de estos puntos se anotó la especie bajo la varilla como porcentaje (González, 2010), esto se repitió tres veces por zona. Determinándose que, corresponden a praderas naturales (ANEXO 2).

2.1.2 Bosque Nativo

Para caracterizar el bosque nativo, se demarcaron parcelas de 500 m² en cada zona estudiada. En cada una de estas parcelas se caracterizó la composición de los bosques a través de la identificación de las especies arbóreas, según sus estructuras, características botánicas, y diámetro a la altura del pecho (DAP) (González, 2010). El DAP se midió con una forcípula de uso forestal, registrándose todos los individuos con un DAP \geq 5 cm y una altura superior a los 2 m (Donoso, 1993). Los bosques de las zonas estudiadas se clasificaron como bosques del tipo Roble-Laurel-Lingue, con excepción de la zona 4 que correspondió a un bosque de Temu (*Blepharocalyx cruckshanksii* (Hook. y Arn.) Nied.) en su 98% por lo que se clasifica como bosque del tipo siempreverde (ANEXO 3).

2.2 Datos Climáticos

Los datos climáticos utilizados para este estudio fueron los registrados por la estación meteorológica del aeródromo Pichoy, emplazado en la comuna de San José de La Mariquina a 8 Km del área de estudio y a 32 Km al noreste de la ciudad de Valdivia.

Se graficaron los datos correspondientes a las precipitaciones y temperaturas medias del período otoñal comprendido entre marzo y junio del año 2014.

2.3 Diseño del muestreo

Las trampas fueron dispuestas en las esquinas de cuadrantes de 50 x 50 m (Verdú et al, 2007), esto, con el fin de evitar la interferencia entre las trampas en las cantidades de individuos capturados, asegurando la independencia de los datos obtenidos para cada trampa (Larsen y Forsyth, 2005). En cada una de las cuatro zonas se colocaron dos trampas en el bosque y dos en la pradera, en cinco fechas a lo largo del otoño (n=80).

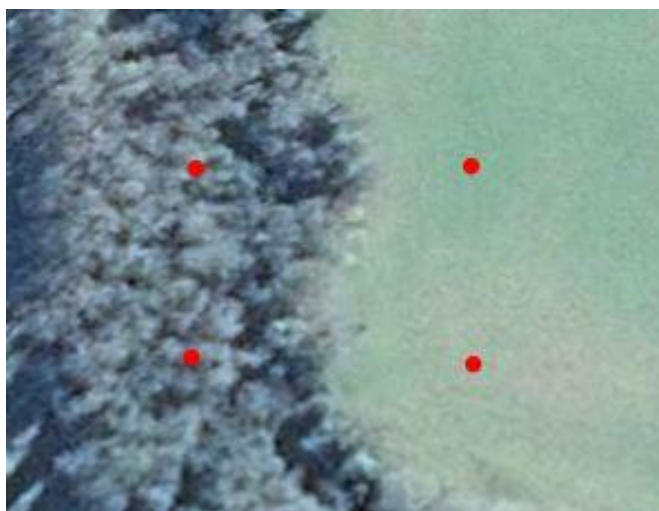


Imagen 4: Diseño del muestreo y disposición de las trampas en una zona de muestreo.

2.4 Tipo de trampa utilizada

En esta investigación se utilizaron trampas de caída con cebo y rejilla (Lobo et al., 1988; González, 2010).

Las trampas consistieron en un recipiente de plástico de 12 cm de diámetro y 12 cm de profundidad, enterrado a ras de suelo, en el que se colocaron 500 ml aprox. de agua con glicerina al 5%, para evitar el escape de los escarabajos colectados (Peña, 2001). Sobre cada recipiente se instaló una malla metálica con una trama de 2,5 x 2,5 cm y un área de 400 cm² (González, 2010). Sobre ésta, se depositó una cantidad de cebo (estiércol de vacuno) de 1 kg. Aprox. (Lobo et al, 1988 y 1989).

El estiércol fresco fue colectado en las cercanías de las zonas estudiadas momentos antes de montar las trampas, ya que al ser un recurso efímero posee una atraktividad limitada para los escarabajos. Esto posiblemente está determinado por la emisión de olores y compuestos volátiles, el grado de humedad del estiércol y su desecación en el tiempo (Dormunt et al., 2007; Tribe y Burger, 2011), debido a esto, se retiraron las trampas a las 48 horas posteriores a la instalación (Lobo et al, 1989).



Imagen 5: Trampa de caída o pitfall de cebo con rejilla recién establecida en terreno.

2.5 Fechas de colecta

Se realizaron cinco colectas durante el período otoñal, con el fin de observar la evolución en la abundancia de escarabajos, las temperaturas medias y la humedad del suelo. Los muestreos fueron realizados en fechas más o menos similares al estudio de González (2010), para poder comparar de manera más objetiva los resultados obtenidos en el presente trabajo.

2.6 Variables medidas en terreno

Adicionalmente a la abundancia de escarabajos, temperaturas medias y precipitaciones, se midieron las variables de resistencia a la penetración y contenido volumétrico de agua de los suelos estudiados, para poder relacionar la evolución de la humedad del suelo y las cantidades de escarabajos colectados en el tiempo, en bosque nativo y pradera.

2.6.1 Resistencia a la penetración

Se midió la resistencia a la penetración ofrecida por el suelo en cada ecosistema (bosque nativo y pradera), para cada una de las cuatro zonas, tomándose 20 valores por ecosistema, es decir, 40 valores por zona, en cada una de las cinco fechas de colecta (n=800).

Para ello se utilizó un penetrómetro de campo (06.01 Hand Penetrometer Eijkelkamp Agrisearch Equipment, Giesbeek, The Netherlands). Los valores medidos por el instrumento fueron entregados en Newton (N), posteriormente para el análisis fueron transformados a kilo pascales (kPa).



Imagen 6: Penetrómetro de campo utilizado en el estudio para determinar la resistencia a la penetración del suelo(N) en bosque nativo y pradera.

2.6.2 Contenido volumétrico de agua

Se tomaron muestras de suelo con cilindros de 110 cm³, para determinar el contenido volumétrico de agua en el suelo (%), por diferencia de pesos, posterior al secado por 105°C por 48 horas. Se extrajeron 10 cilindros por zona (5 en pradera y 5 en bosque), es decir 40 cilindros por fecha (n=200). Utilizando para ello, un chipote, un extractor de cilindros de suelo, un cuchillo, papel aluza y una pala.



Densidad Aparente= gr. Suelo /
110 cm³

Cont. Grav. Agua = gr. de Agua /
gr. de Suelo

Cont. Vol. Agua ($\theta_{Vol}(\%)$)=
Cont. Grav. Agua * Densidad
Aparente

Imagen 7: Cilindros utilizados para obtener el contenido volumétrico de agua.

2.6.3 Dimorfismo sexual

Adicionalmente a la colecta de individuos, se cuantificaron las cantidades de machos y hembras, para poder observar qué sexo predomina en la época estudiada. Dicha categorización se realizará mediante la observación de la presencia o ausencia de cornamenta en la zona del pronoto del escarabajo.



Imagen 8: Derecha: Fotografía de *H. torulosus* macho con cornamenta a la vista; Izquierda: Fotografía de ejemplar hembra, con alas a la vista.

2.7 Análisis estadístico

Tras determinar que los datos de escarabajos colectados no poseen una distribución normal, se realizó un modelo generalizado lineal (GLM, familia del error = Poisson, link function = log) para evaluar si la abundancia encontrada durante la época otoñal tiene alguna relación con el tipo de vegetación, el tiempo y la resistencia a la penetración del suelo (Crawley, 2007). Los datos de contenido volumétrico de agua presentaron una distribución normal, sin embargo, los datos de resistencia a la penetración fueron normalizados aplicando logaritmo natural (Log n). Posteriormente se utilizó una distribución chi cuadrado (χ^2) para determinar la significancia de los factores (Bolker et al., 2009). También se realizó una prueba t entre los valores de resistencia a la penetración en bosque nativo y pradera para determinar si existen diferencias significativas entre ellas. Adicionalmente, para evaluar la relación entre la humedad del suelo con respecto a la resistencia a la penetración, se realizó un modelo lineal simple para correlacionar ambos parámetros.

3 PRESENTACION DE RESULTADOS

3.1 Presencia de *H. torulosus* y su relación de sexos en la zona de Valdivia

Durante el periodo otoñal estudiado se capturó sólo la especie *H. torulosus*, contabilizándose 114 ejemplares al finalizar las cinco fechas de colecta, atrapándose tanto machos como hembras.

En la Figura 1, se observa que, fueron mayores las cantidades de hembras (82 ejemplares), y representaron el 70,2% del total, frente a los machos (32 ejemplares) que equivalieron al 29,8%. Esto determina que la relación de sexos fue de 1:2, aproximadamente.

Esta mayor abundancia de hembras se observó en cada ecosistema evaluado por separado, encontrándose en praderas la relación 1:2 de hembras y machos; y ampliándose en el bosque nativo a una relación de 1:3.

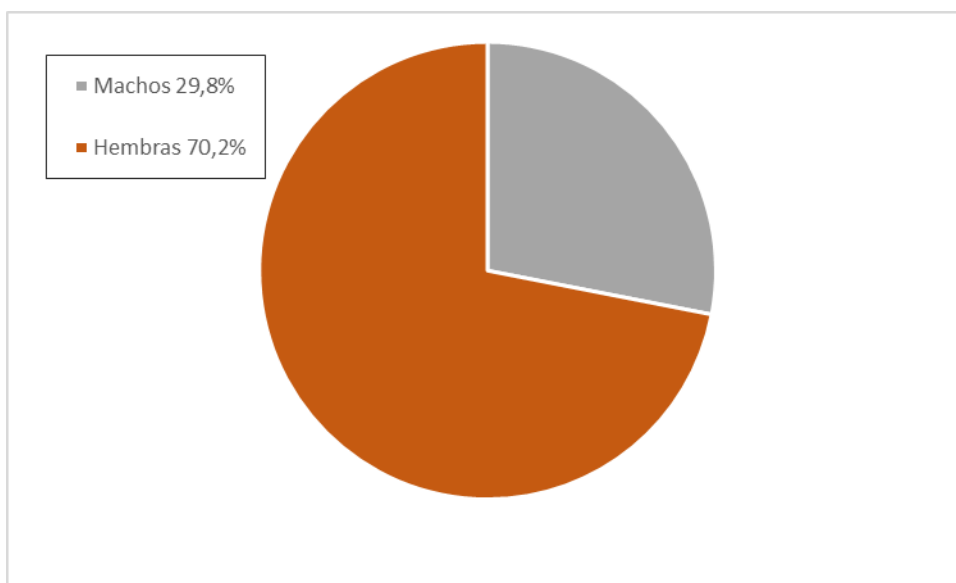


Figura 1: Porcentaje total de machos y hembras de *H. torulosus* colectados en otoño.

3.2 Presencia otoñal de *H. torulosus* en bosque nativo y pradera

Se colectaron individuos en las cuatro zonas de muestreo, tanto en los sitios de bosque nativo como en la pradera. Se estableció que la mayor cantidad de escarabajos se encontraron en el bosque nativo (86 escarabajos, 75,4%) frente a solo 28 ejemplares colectados en la pradera (14,6%), siendo estas diferencias estadísticamente significativas entre ambos hábitats ($X^2 = 30,93$; $df=1$; $p<0,01$). Observándose la misma evolución temporal de abundancia de escarabajos en ambos hábitats, pero en distinta magnitud (Figura 2).

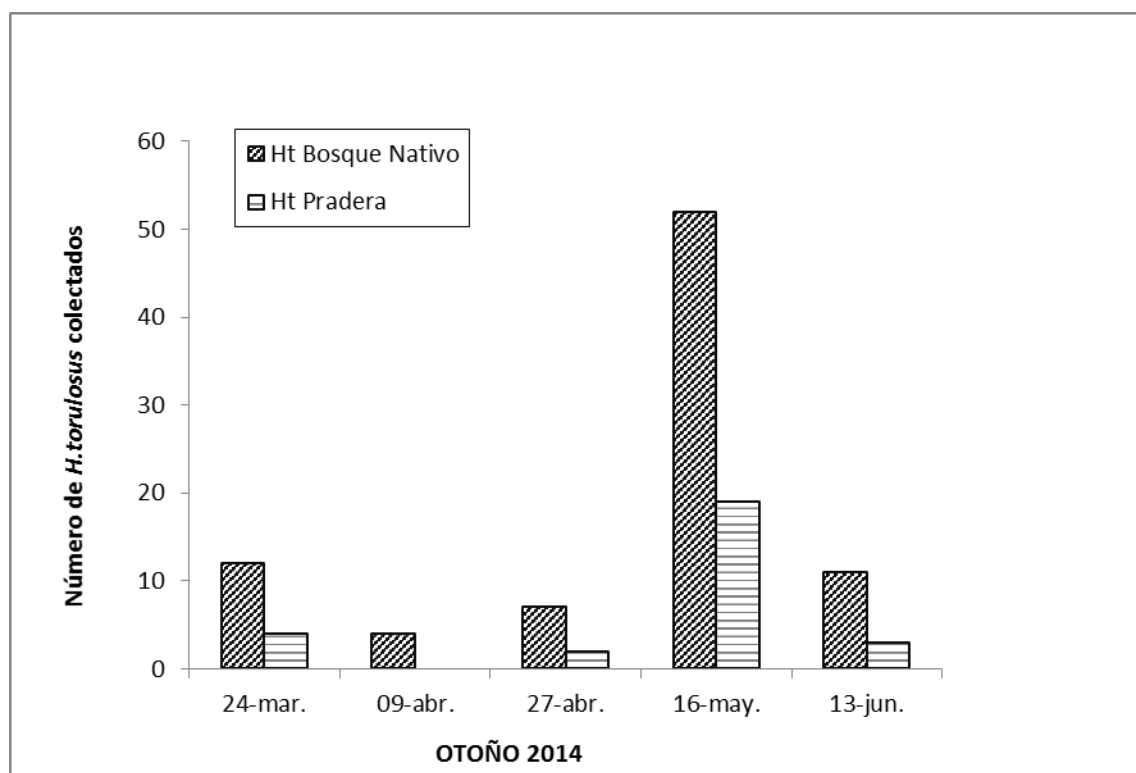


Figura 2: Presencia otoñal de *H. torulosus* en bosque nativo y pradera.

3.3 Relación entre la humedad y la presencia otoñal de *H. torulosus* en bosque nativo y praderas de la zona de Valdivia

Según los datos obtenidos por la estación meteorológica del aeródromo Pichoy, durante el período de evaluación (24 de marzo al 13 de junio) el promedio de las temperaturas medias fue de 10°C con medias diarias que oscilaron entre 3 y 15°C.

Las precipitaciones registradas en la zona alcanzaron los 657 mm de agua caída durante el experimento, concentrándose más de la mitad de estas lluvias en el último periodo de colecta correspondiente al mes de junio.

La Figura 3 muestra la abundancia total de *H. torulosus*, para cada una de las fechas muestreadas, las temperaturas medias diarias y las precipitaciones registradas durante el período de evaluación. Se determinó un aumento y posterior reducción en las cantidades de escarabajos colectados, hacia la última fecha de muestreo y con un descenso en las temperaturas medias diarias, considerándose que el factor tiempo sería estadísticamente significativo para explicar las variaciones de escarabajos en bosque y pradera ($\chi^2=105,65$; $df=4$; $p<0,001$).

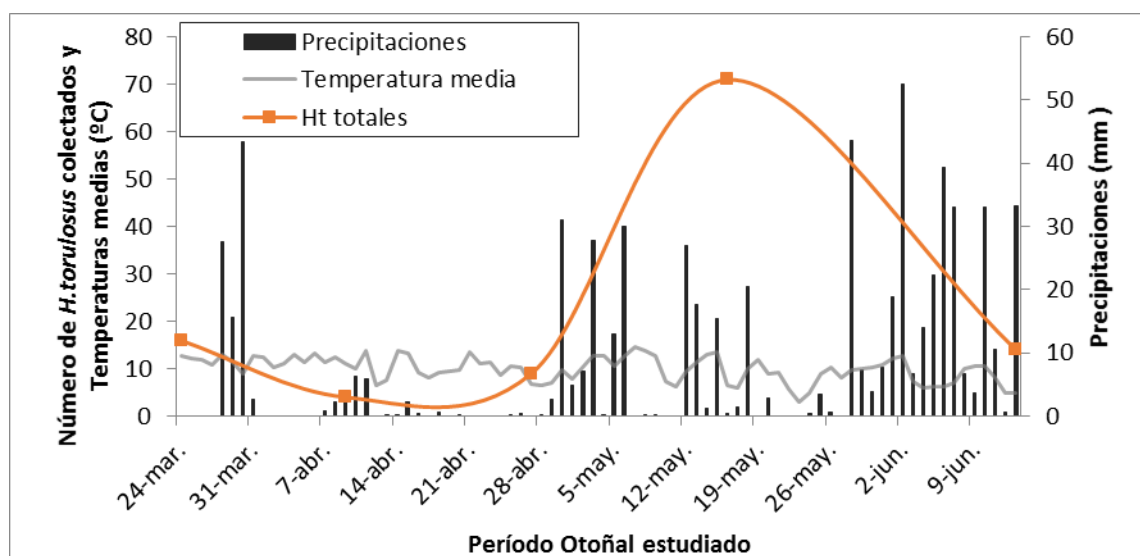


Figura 3: Abundancia total de *H. torulosus* colectadas, temperaturas medias diarias(°C) y precipitaciones (mm), en el período estudiado.

La mayor cantidad de escarabajos colectados fue en la cuarta fecha de muestreo (16 de mayo) con 71 ejemplares, lo que representó el 62,3% del total de *H. torulosus* colectados en todo el período. Hasta esa fecha, se registraron 291 mm de lluvia desde el comienzo del experimento (24 de marzo), lo que aseguró una humedad del suelo después del período seco del verano, que correspondió aproximadamente a un 30% de humedad del suelo.

El modelo lineal entre el contenido volumétrico de agua en el suelo y la resistencia a la penetración, indica que, la relación fue estadísticamente significativa entre ambas

variables ($p < 0,01$), con un coeficiente de correlación igual a $-0,68$, indicando una influencia moderadamente fuerte entre el contenido volumétrico de agua y la resistencia a la penetración del suelo.

La ecuación del modelo ajustado fue:

$$\theta_{Vol} (\%) = 0,622124 - 0,0000745804 * RP \text{ (kPa)}$$

Donde, RP es la resistencia a la penetración medida, y θ_{Vol} (%) es el contenido volumétrico de agua en el suelo.

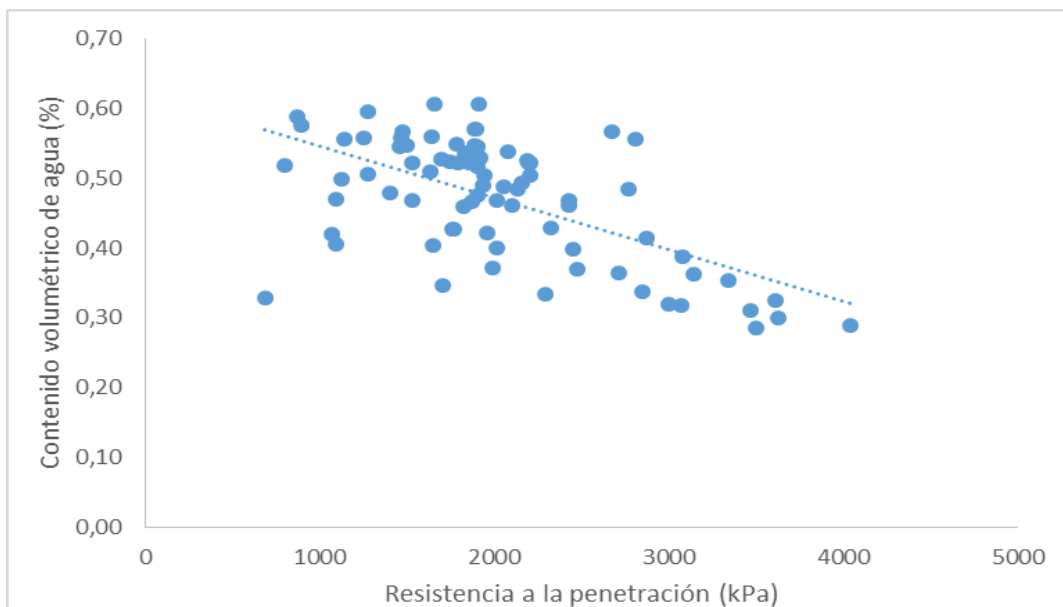


Figura 4: Modelo lineal ajustado para el contenido volumétrico de agua y la resistencia a la penetración del suelo.

Los valores promedio de resistencia a la penetración del suelo a lo largo del otoño presentaron diferencias significativas entre el bosque nativo y la pradera ($p = 0,0019$). En la Figura 5, se muestra la disminución gradual de la resistencia a la penetración en ambos ecosistemas, con una diferencia media de 519 kPa entre el bosque nativo y la pradera. Sin embargo, el comportamiento de la resistencia del suelo en ambos ecosistemas presentó una disminución similar a lo largo del tiempo, pero en distinta magnitud.

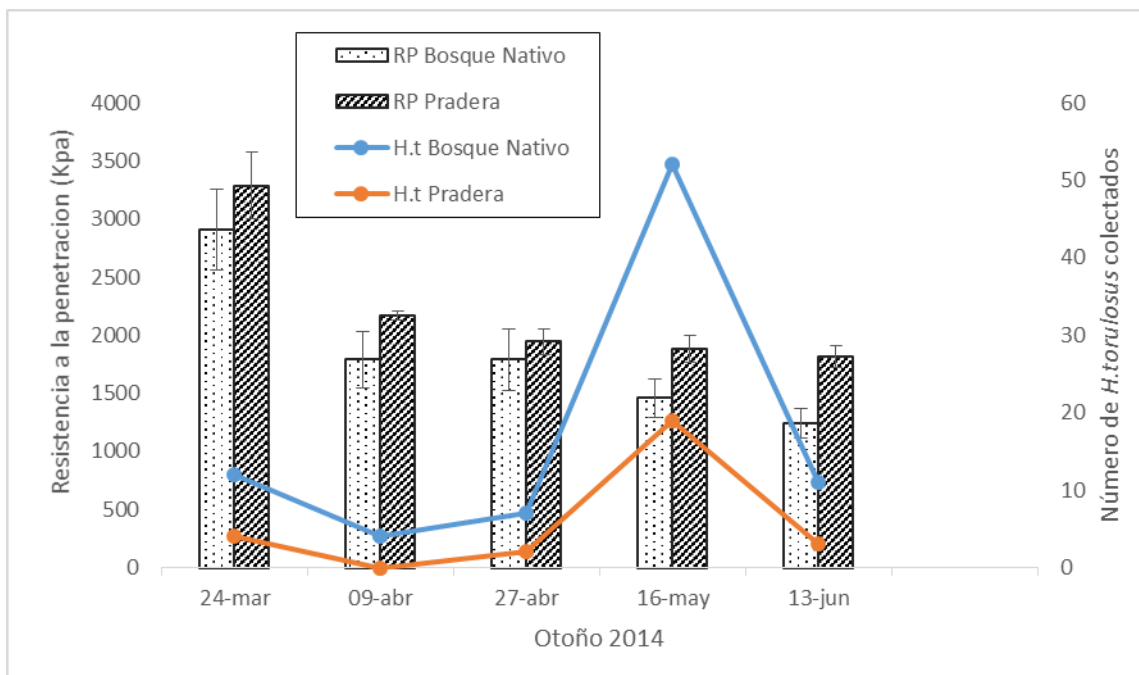


Figura 5: Abundancia de escarabajos y resistencia a la penetración en bosque nativo y pradera, en el período otoñal estudiado.

El análisis estadístico mostró que existió una relación significativa entre las abundancias otoñales de escarabajos y la resistencia a la penetración del suelo en bosque nativo y pradera ($\chi^2=115,78$, $df=71$, $p<0,001$).

4 DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 Presencia de *H. torulosus* y su relación de sexos en la zona de Valdivia

Este estudio ratifica lo determinado por González (2010) en que en otoño, *H. torulosus* está presente en bosques nativos y en praderas de la zona de Valdivia. Ello muestra que a pesar de los 5 años de diferencia se ha dado una mantención en las cantidades presentes y su relación de sexos entre ambos hábitats. Ello sería indicativo que bajo las condiciones actuales tanto de manejo como climáticas de los hábitats, al menos se ha mantenido la presencia de los escarabajos. También ratifica lo presentado por González (2010) en la relación de sexos presentes (1:2), aunque en el estudio anterior solo se evaluaron los totales presentes y no por ecosistema.

De esta forma la mayor cantidad de hembras colectadas podrían indicar que ellas juegan un rol más relevante en el comportamiento de *H. torulosus*, tal como lo observado por Joseph (1929), mostrando que posiblemente el escarabajo haya evolucionado para otorgar una mayor atención materna en el cuidado del nido y las bolas de crías (Klemperer 1983b), a lo menos en el período otoñal estudiado. Eventualmente las cantidades de machos podrían ser suficientes para cubrir la demanda de las hembras y/o que ellas presenten una mayor supervivencia que el macho (Klemperer 1983a), haciendo que el macho cumpla un papel secundario al igual que en otras especies paracópidas (Howden 1955). También, existe la posibilidad de que el bosque nativo esté sirviendo como refugio para las hembras ante condiciones climáticas adversas, depredadores u otro factor. Actuando como proveedor de larvas al medio, el bosque podría estar manteniendo las abundancias de *H. torulosus* tanto en bosque nativo como en praderas. Adicionalmente, las mayores cantidades de hembras en bosque podrían sugerir que ahí exista una mayor facilidad para construir sus galerías de nidificación y un ambiente más propicio para el desarrollo de las larvas. Posiblemente, las hembras ya han sido fecundas con anterioridad y que en el período otoñal, las mayores abundancias de hembras se deban a procesos de ovoposición de éstas, favorecidos por el aumento en la humedad del suelo.

Esto lleva a preguntarse si la expansión de monocultivos forestales, junto con el crecimiento urbano y agrícola, podrían llegar a ser factores a considerar en la reducción de los parches de bosque nativo aún presentes en el sur de Chile (Aguayo et al., 2009) afectando con ello la diversidad de las especies coprófagas nativas (Horgan, 2007).

Sería interesante en un próximo estudio, ampliar la gama de hábitats estudiados e incluir plantaciones forestales, para poder evaluar si esta actividad y las condiciones ambientales que genera, tiene incidencia en las distribuciones y preferencias de este escarabajo en el sur y centro-sur de Chile.

4.2 Presencia otoñal de *H. torulosus* en bosque nativo y pradera

Se observó presencia *H. torulosus* en las cuatro zonas estudiadas, presentándose mayores cantidades colectadas en bosque nativo en todas las fechas de muestreo. Esto concuerda con lo registrado por González (2010) y en otras especies estercoleras de clima templado (Cambefort y Hanski, 1991; Andersen 2005). Lo anterior indicaría una preferencia por el hábitat de bosque nativo sobre la pradera, en las distintas condiciones de humedad, a lo largo del período otoñal estudiado. Esto hace pensar que la preferencia de hábitat también podría responder a otros factores, como a una condición de protección ante depredadores como bandurrias (*Theristicus melanopis* Gmelin 1789), u otras especies que se alimenten de coleópteros. En este sentido, es posible que las menores abundancias en la pradera se deban al eventual efecto de depredación sobre individuos de *H. torulosus* en primavera o verano. Sin embargo, otros factores también podrían estar contribuyendo con esta preferencia de hábitat, tales como, la luminosidad, las menores oscilaciones térmicas del aire y del suelo, mayor humedad relativa del aire y menores velocidades de vientos proporcionadas por la mayor cobertura vegetal (Bahamonde et al., 2009). Por otro lado, se podría estar observando el endemismo de la especie y su estrecho vínculo con la vegetación nativa de la zona sugiriendo una evolución con el hábitat de bosque nativo original de la región. Hay que considerar la posibilidad de que el escarabajo se movilice entre ambos hábitats en busca de alimento y/o refugio, teniendo en cuenta que, la pradera estaría

aportando mayores cantidades de estiércol al medio. Sin embargo, las condiciones de campo abierto podrían estar influyendo en la desecación del estiércol y en la remoción de compuestos volátiles utilizados por el escarabajo para su localización (Tribe et al., 2011).

Adicionalmente, el escarabajo podría estar realizando una importante labor de reciclaje dentro del bosque al utilizar eventualmente en su dieta hongos, carroña, frutos y material vegetal en descomposición (Gill, 1991; Bustos-Gómez y Lopera, 2003). Esta posible heterogeneidad en los recursos alimenticios utilizados por el escarabajo, podría ser una adaptación alimenticia a los recursos otorgados por la vegetación nativa, indicando que el bosque presentaría mejores condiciones para el escarabajo, de igual forma a lo observado por Horgan (2008) para otras especies que prefieren hábitats de bosque y son menos tolerantes a condiciones abiertas. Esto requiere de mayores estudios para obtener conclusiones al respecto, pero es relevante indicarlo como elemento de evaluación futura.

La mayor presencia de escarabajos en los renovales de bosque nativo, sería indicativo de que, éste le estaría otorgando mejores condiciones ambientales que zonas más abiertas a *H. torulosus* en el período de otoño, protegiendo y manteniendo de esta forma la diversidad de escarabajos estercoleros nativos (Horgan, 2007; Klein, 1989; Escobar et al., 2007). Esto podría sugerir que la modificación y fragmentación del hábitat de bosque nativo podría disminuir la abundancia de esta especie nativa, como se ha mostrado en otras especies alrededor del mundo (Nichols et al., 2007). Se podrían realizar experimentos más controlados, como por ejemplo el marcaje de individuos, ampliamente utilizado en entomología (Hagler y Jackson, 2001), para estudiar la dispersión y otros aspectos del escarabajo en la zona.

Por otra parte existe la posibilidad de que el tipo de trampa utilizada impida observar la presencia de otras especies presentes en la zona, considerando que es específica para escarabajos paracópidos; y que en la pradera podrían estar presentes especies endocópidas más pequeñas (e.g., *Aphodius* sp.), como ocurre en otras latitudes, donde la fragmentación de los bosques, produce una reducción en la diversidad de especies nativas, y facilita la introducción de especies foráneas generalistas (Horgan, 2007). Sin embargo, no existe evidencia de especies exóticas

en la zona de Valdivia. Por lo que sería necesaria la evaluación de un año completo en un próximo estudio para determinarlo.

4.3 Relación entre la humedad y la presencia otoñal de *H. torulosus* en bosque nativo y praderas de la zona de Valdivia

En la Figura 5 se mostró que las cantidades de escarabajos colectados aumentaron con el incremento de las precipitaciones y los cambios que con ello se generan en la humedad del suelo (Figura 4). Se consideró que las lluvias precipitadas hasta mediados de mayo estarían proporcionando las condiciones de resistencia mecánica del suelo necesarias para la construcción de sus galerías de nidificación y que esto sería motivo del aumento de la presencia de escarabajos, entre otros factores propios de la fenología de este insecto. Por su parte, la reducción de las temperaturas medias en el tiempo podría influir en la disminución de la actividad metabólica del escarabajo, limitando su actuar hacia finales de otoño e inicio de invierno, sin embargo no existen estudios al respecto que confirmen éstas afirmaciones para *H. torulosus*.

Al relacionar el contenido volumétrico de agua y la resistencia a la penetración del suelo se genera un índice de la resistencia mecánica del suelo con la humedad. A mayor resistencia a la penetración se asume un suelo menos húmedo, lo que concuerda con lo determinado por Dec et al. (2010), para la variación de la resistencia a la penetración en función del contenido de agua y la época del año en suelos de origen volcánico (Dörner et al., 2012). De modo que, este parámetro de resistencia a la penetración sería indicativo de la resistencia mecánica del suelo durante el período otoñal estudiado y al relacionarlo con la abundancia de *H. torulosus* en bosque nativo y pradera, permite explicar las mayores cantidades de escarabajos colectados en el tiempo.

Los resultados sugieren una mayor abundancia del escarabajo después de eventos lluviosos, una vez alcanzado un determinado rango de humedad en el suelo; condiciones que se darían en primavera y otoño (Gill, 1991; González, 2010; Kingston, 1977), cuando se provoca una disminución en la resistencia mecánica del suelo (Dörner et al., 2012).

Una menor resistencia a la penetración del suelo significa para el escarabajo, un menor gasto energético y una mayor facilidad de realizar sus galerías de nidificación en profundidad, lo que podría explicar las mayores abundancias otoñales de hembras, sugiriendo que, éste período sería importante para la nidificación de *H. torulosus*, que muestra una preferencia por hábitats con cobertura vegetal, y mayores abundancias después de eventos de lluvia y condiciones húmedas; de la misma forma que otras especies estercoleras (Bohórquez, 2009; Walter, 1980).

Los rangos de resistencia a la penetración donde mayores cantidades de escarabajos se colectaron oscilaron entre los 1300 y 1900 kPa de resistencia, siendo aproximadamente 1400 kPa el valor de resistencia promedio registrado en el bosque para la fecha con la mayor cantidad de ejemplares colectados. Este valor de resistencia a la penetración se encuentra fuera de los rangos restrictivos para el crecimiento de las plantas establecidos por Threadgill (1982) que determinó que valores superiores a los 1500 kPa implican reducciones en el crecimiento radicular de las plantas, y que valores entre 2100 y 2500 kPa serían limitantes del mismo. Es interesante mencionar que en la pradera no se registraron valores inferiores a los 1500 kPa en ninguna de las fechas muestreadas, sugiriendo que las diferencias de resistencia a la penetración en bosque y pradera se relacionan con las abundancias, y que sólo el bosque alcanzó valores de resistencia a la penetración considerados satisfactorios para el crecimiento radicular (Bowen et al., 1994); y eventualmente para la construcción de túneles por parte de *H. torulosus*.

Valores de resistencia a la penetración favorables para el escarabajo se alcanzarían entre el 40 y 50 % de humedad en los suelos de los hábitats estudiados (Figura 4). Cabe recordar que al cuarto muestreo donde se aprecian las mayores cantidades de escarabajos colectados, las precipitaciones acumuladas alcanzaban los 291 mm de agua. Esta cantidad de agua sería suficiente para lograr el efecto preparatorio en el suelo que reduciría la resistencia a la penetración lo suficiente para facilitar la anidación del escarabajo, considerando que los suelos estudiados (Serie Pelchuquín) son profundos, de textura franco limosa, y altos contenidos de materia orgánica (Ciren, 2003) haciendo más lenta la humectación del suelo (Ellies et al., 1995).

Si bien, los valores de resistencia a la penetración presentaron diferencias significativas entre un hábitat y otro, el comportamiento de ambos es similar en el tiempo con una diferencia media de 520 kPa, aproximadamente, en pradera por sobre bosque. Estas diferencias entre hábitats responderían a un efecto del cambio de uso sobre la estructura y porosidad del suelo (Dörner et al., 2009; Ellies et al., 1993a), más que al tipo de suelo. En la pradera se produce un asentamiento del suelo al remover la vegetación nativa, lo que hace aumentar su densidad aparente, reduce su porosidad gruesa y aumenta el contacto entre las partículas de suelo, traduciéndose en un incremento en la resistencia del suelo (Ellies, 1993a,b,c). Además, durante el período de estudio se observó en ocasiones tránsito de maquinaria en el campo, lo que estaría favoreciendo condiciones de compactación de suelo (Ellies, 1993), influyendo a la vez en la disminución de la resistencia a la humectación y la estabilidad de los agregados por la intensificación de su uso (Ellies et al., 1995). Todos estos factores explicarían los mayores valores de resistencia en la pradera y una más lenta y progresiva humectación del suelo en el bosque nativo. Lo anterior, sería de suma importancia para *H. torulosus*, ya que, su abundancia incrementa gradualmente con las lluvias del otoño prefiriendo determinadas condiciones de humedad del suelo (40-50%) para llegar a su máxima actividad como se muestra en el Gráfico 4. Martínez et al., (2009) sugiere que, este comportamiento de mayor abundancia en períodos lluviosos indicaría que existe una sincronización en la etapa reproductiva del escarabajo y las condiciones de mayor humedad otorgadas por las lluvias. Esto explicaría mayores abundancias de hembras en el período otoñal en la zona de Valdivia, indicando que, en éste período se podría estar realizando la construcción de galerías, bolas de estiércol y la postura de sus huevos. Sería interesante estudiar a este insecto a lo largo de las cuatro estaciones del año, para ver si existen otros períodos de incremento en las abundancias de machos y hembras.

Una sincronización con los períodos de lluvia sumado a la preferencia por el hábitat de bosque nativo, estarían sugiriendo que los parches de vegetación nativa de la zona de Valdivia mantendrían las mayores cantidades de larvas en el suelo en relación a las praderas durante la época invernal. Esto reafirma la importancia en la mantención de porciones de bosques nativos menos intervenidos en la

preservación de la diversidad de la fauna estercolera nativa (Horgan, 2007). Sin embargo, es necesario un muestreo de larvas para poder aseverar lo sugerido anteriormente. Como ya se mencionó, la disminución en las abundancias hacia la última fecha de colecta podría estar influenciada por la caída de las temperaturas y el inicio de invierno; así como también, una reducción en los procesos metabólicos del escarabajo o un mayor cuidado subterráneo de las crías, lo que debería ser ratificado posteriormente con otros estudios.

Por lo tanto las dinámicas en las abundancias de *H. torulosus* responden tanto al hábitat, como a las condiciones de humedad otoñales, que a la vez afectan las propiedades físico-mecánicas del suelo. Esto sumado a la condición de refugio otorgada por la vegetación, el ciclo reproductivo, las temperaturas invernales, la luminosidad, entre otros factores del medio, estarían influyendo en la presencia y abundancia de escarabajos paracópidos en la zona de Valdivia.

5 CONCLUSIONES

Se ratifica lo determinado por un estudio otoñal anterior (realizado 5 años antes) en la misma área, en que existe una mayor abundancia de *H. torulosus* en el hábitat de bosque nativo por sobre la pradera.

Esta mayor abundancia de *H. torulosus* se presenta en una relación de sexos de 1:2 en el total de escarabajos colectados, lo que se amplía a 1:3 considerando sólo los escarabajos colectados en el bosque nativo.

Se ratificó que el hábitat de bosque nativo presenta mayor abundancia de *H. torulosus* por sobre la pradera, lo que sugiere una posible condición de refugio frente a factores bióticos o abióticos dados por la cobertura vegetal del bosque.

La época de mayor presencia de *H. torulosus* fue concordante con las condiciones de menor resistencia mecánica del suelo, confirmado por la disminución de la resistencia a la penetración, debido a la variación del contenido de humedad del suelo, durante el período estudiado.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUAYO, M., PAUCHARD, A., AZÓCAR, G., y PARRA, O. Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista Chilena de Historia Natural* 82: 361-374, 2009 <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2009000300004>
- ALFARO, F., PIZARRO-ARAYA, J. y MONDACA, J. 2008. *Megathopa villosa* (Coleoptera, Scarabaeidae, Scarabaeinae): first distributional records for the Chilean transitional coastal desert. *Revista Colombiana de Entomología* 34: 239-241.
- ANDRESEN, E. 2005b. Interacción entre primates, semillas y escarabajos coprófagos en bosques húmedos tropicales: un caso de diplocoria. *Revista Universidad y Ciencia*, número especial II. pp 73-84.
- BAHAMONDE H., PERI, P., MARTÍNEZ PASTUR, G., LENCINAS, V., 2009. Variaciones microclimáticas en bosques primarios y bajo uso silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en dos Clases de Sitio en Patagonia Sur. In Primer congreso silvopastoril, Posadas, Misiones, Argentina mayo de 2009. Actas. p. 289-296.
- BANG, H., LEE, J., KWON, O., NA, Y., JANG, Y. y KIM, W. 2005. Effects of paracoprid dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on the growth of pasture herbage and on the underlying soil. *Applied Soil Ecology* 29: 165–171.
- BANG, H., HAN, M, KANG, K., y LEE, D. 2010. Diversity of coprophagus invertebrates in Korea and their role in soil ecosystem-mainly dung beetles. Climate change and Agro-ecology Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea.
- BARKHOUSE, J., y RIDSRILL.SMITH, T., 1986. Effect of soil moisture on brood ball production by *Onthophagus binodis* Thunberg and *Euoniticellus intermedius* (Reiche) (Coleoptera: Scarabaeinae). *Australian Journal of Entomology society*. 25:75-78
- BOHÓRQUEZ, J., y MONTOYA, J., 2009. Abundancia y preferencia trófica de *Dichotomus belus* (Coleoptera: Scarabaeidae) en la reserva forestal de Colosó, Sucre. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 10(1): 1-7, 2009.
- BOLKER, B., BROOKS, M., CLARK, C., GEANGE, S., POULSEN, J., STEVENS, M., y WHITE, J. 2009. Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution*, 24, 127–135.
- BORNEMISSZA, G., 1970. Insectary studies on the control of dung breeding flies by the activity of the dung beetle *Onthophagus gazella* F. (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal of the Australian entomological society* 9: 31-41.
- BORNEMIZZA, G. 1976. The Australian dung beetle project 1965-1975. *Australian Meet Research Committee Review* 30: 1-30.

- BOWEN, H; GARNER, T y VAUGHN, D. 1994. Advances in soil-plant dynamics. *Advances in soil dynamics*. St. Joseph, p. 255-280.
- BROWN, J., SCHOLTZ, C., JANEAU, J., GRELLIER, S., PODWOJEWSKI, P., 2010. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) can improve soil hydrological properties. *Applied soil ecology* 46:9-16.
- BUSTOS-GÓMEZ, F. y LOPERA, A. 2003. Preferencia por cebo de los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de un bosque seco tropical al norte de Tolima, Colombia. en *Escarabeidos de Latinoamérica: Estado del conocimiento*. Monografías del tercer milenio: vol. 3, SEA, Zaragoza, 30, Septiembre-2003. pp.: 59–65.
- CAMBEFORT, Y. y HANSKI, I. 1991. *Dung beetle ecology*. Nueva Jersey, Estados Unidos. Princeton University Press. 481p.
- CAMBEFORT, Y. 1994. Beetles as religious symbols. *Cultural Entomology. Bug Bios.* (On line) http://www.insects.org/ced2/beetles_rel_sym.html (10-07-2015).
- CIREN, 2003. Descripciones de suelos, materiales y símbolos. Estudio agrologico X Región. Santiago de Chile, Chile. Publicación CIREN n° 23. Tomo 2. 412p.
- CRAWLEY, M., 2007. *The R book*. Wiley and Sons. 950p.
- DEC, D., DORNER, J., BALOCCHI, O. 2010. Temporal and spatial variability of structure depend properties of a volcanic ash soil under pasture in southern Chile. *Chilean Journal Agricultural Research*. vol.71 no.2. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392011000200015>
- DONOSO, C. 1993. *Bosques templados de Chile y Argentina: Variación, estructura y dinámica*. 1° ed. Santiago de Chile, Chile. Universitaria. 483p.
- DORMONT, L., RAPIOR, S., MCKEY, D. y LUMARET, J. (2007). Influence of dung volatiles on the process of resource selection by coprophagous beetles. *Journal of Chemical Ecology*. 17, 23-30.
- DORMONT, L., JAY-ROBERT, P., BESSIÈRE J., RAPIOR, S., LUMARET, J. 2010. Innate olfactory preferences in dung beetles. *Journal of Experimental Biology* 213, 3177-3186
- DÖRNER, J., DEC, D., PENG, X., HORN, R. 2009. Change of shrinkage behavior of an Andisol in southern Chile: Effects of land use and wetting/drying cycles. *Soil & Tillage Research*, Elsevier. Vol.106: 45-53.
- DÖRNER, J., DEC, D., FEEST, E., VÁSQUEZ, N., DÍAZ, M. 2012. Dynamics of soil structure and pore functions of a volcanic ash soil under tillage. *Soil & Tillage Research* 125: 52-60.
- DOUBE, B. 1990. A functional classification for analysis of the structure of dung beetles assemblages. *Ecological Entomology* 15: 371-383.
- ELLIES, A., RAMÍREZ, C., MACDONALD, R. 1993. Variación en la resistencia del suelo por efecto de su uso. *Turrialba* 43 (1): 72-82.
- ELLIES, A., R. MAC DONALD, C. RAMIREZ. 1993a. Variación de la estructura del suelo forestal sujeto a diferentes manejos. *Suelos Forestales Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, Boletín N° 10*. Chile: 118-135.

- ELLIES, A., GREZ, R., RAMÍREZ, C., 1995. Potencial de humectación y estabilidad estructural de suelos sometidos a diferentes manejos. *Agricultura técnica*: Vol.55 n°3-4.
- ESCOBAR, F., HALFFTER, G., ARELLANO, L. 2007. From forest to pasture: an evaluation of the influence of environment and biogeography on the structure of beetle (Scarabaeinae) assemblages along three altitudinal gradients in the Neotropical region. *Ecography*. Vol 30: 193-208.
- ESTRADA, A., ANZURES, A. y COATES-ESTRADA, R. 1999. Tropical Rain Forest Fragmentation, Howler Monkeys (*Alouatta palliata*), and Dung Beetles at Los Tuxtlas, Mexico. *American Journal of Primatology* 48: 253-262.
- FAVILA, M. y HALFFTER, G. 1997. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. *Acta Zoológica Mexicana* 72: 1-25.
- GILL, B. 1991. Dung beetles in American Tropical Forest, p.211–229. En: (Eds.) *Dung Beetle Ecology*. Princeton, Princeton University Press, 481p.
- GONZÁLEZ, M. 2010. Presencia otoñal de escarabajos estercoleros nativos paracópridos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en renovales de bosque nativo y praderas naturales asociadas. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.82p.
- GONZÁLEZ, M. 2013. Ecología del escarabajo estercolero nativo paracóprido *Frickius Variolosus* Germain, 1897 (Coleoptera: Geotrupidae) en la Región de Aysén. Tesis de magister. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- GROFFMAN, P., BOHLEN, J., FISK, M., y FAHEY, T. 2004. Exotic earthworm invasion and microbial biomass in temperate forest soils. *Ecosystems* 7:45–54.
- HAGLER J., y JACKSON, C. 2001. Methods for marking insects: Current techniques and future prospects. *Annual Review of Entomology* 46: 511–543.
- HALFFTER, G. y EDMONDS, W. 1982. The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae): an ecological and evolutive approach. México. Instituto de Ecología, publicación n° 10. 176p.
- HORGAN, F. 2007. Dung beetles in pasture landscapes of Central America: Proliferation and synanthropic species and decline of forest specialists. *Biodiversity and Conservation* 16: 2149-2165.
- HORGAN, F. 2008. Dung beetle assemblages in forest and pastures of El Salvador: A functional comparison. *Biodiversity and Conservation* 17: 2961-2978.
- HOWDEN, H. 1955a. The biology and taxonomy of the North American beetles of the sub-family *Geotrupidae* with revisions of the genera *Bolbocerosoma*, *Eucanthus*, *Geotrupes* and *Peltotrupes* (Scarabaeidae), *Proceedings of the United States National Museum*.104:151.319.
- JOSEPH, C. 1929. *El Pinotus torulosus* Eschsch. *Revista chilena de historia natural*. 31-46.

- KINGSTON, T., y CUE, M. 1977. The biology of a giant dung-beetle (*Heliocopris dilloni*) (Coleoptera. Scarabaeidae). J. Zoo/ Lotd. 181:243-63. En *Dung beetle ecology* (1991). Nueva Jersey, Estados Unidos. Princeton University Press. 481p.
- KLEIN, B., 1989. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetles communities in central Amazonia. *Ecology*, 70,1715-1725.
- KLEMPERER, H. 1983a. The evolution of parental behaviour in Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae): An experimental approach. *Ecological Entomology* 8:49-59.
- KLEMPERER, H. 1983b. Brood ball construction by the non-brooding Coprini *Sulcophanaeus carnifex* and *Dichotomius torulosus* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Ecological Entomology* 8: 61-68.
- LARSEN, T., y FORSYTH, A. 2005. Trap spacing and transect design for dung beetle biodiversity studies. *Biotropica* 37: 322-325.
- LASTRO, E. 2006. Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae and Geotrupidae) in north Carolina pasture ecosystem. Tesis M.Sc. Entomología. North Carolina State University. 121p.
- LAVELLE, P., CHARPENTIER, F., VILLENAVE, C., ROSSI, J., DEROUARD, L. et al. 2004. Effects of earthworms on soil organic matter and nutrient dynamics at a landscape scale over decades. Edwards, C.A. *Earthworm ecology*, 2nd edition, CRC Press Boca Raton, Florida, pp.145-160.
- LOBO, J., MARTIN-PIERA, F. y VEIGA, C. 1988. Las trampas pitfall con cebo, sus posibilidades en el estudio de las comunidades coprófagas de Scarabaeoidea (Coleoptera), I: Características determinantes de su capacidad de captura. *Revue d' Ecologie et Biologie du Sol* 25: 77-100.
- LOBO, J., MARTIN-PIERA, F. y VEIGA, C. 1989. Las trampas pitfall con cebo, sus posibilidades en el estudio de las comunidades coprófagas de Scarabaeoidea (Coleoptera), II: Análisis de efectividad. *Revue d' Ecologie et Biologie du Sol* 26: 91-109.
- LOBO, J. 1992. Los escarabeidos coprófagos: Un grupo de insectos con posibilidades. *Revista Aragonesa de Entomología* 1: 73-78.
- LUMARET, J., y KIRK, A. 1987. Ecology of dung beetles in the French Mediterranean region (Coleoptera, Scarabaeidae). *Acta Zoológica Mexicana*.N.S.24:1-60.
- MIRANDA, C. 2006. Contribución del escarabajo estercolero africano en la mejoría de la fertilidad del suelo. In: X seminario de pastos y forrajes. Universidad CES, Medellín, Colombia. pp 187-200.
- MARTÍNEZ, N., CAÑAS, L., RANGEL, J., BLANCO, O., MENDOZA, J., COHEN, S. 2009. Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Reserva Natural de Las Delicias (RND), Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), Colombia. ISSN 0123 - 3068 *Boletín Científico Museo de Historia Natural*.14 (2): 187 – 200.
- NICHOLS, E., LARSEN, T., SPECTOR, S., DAVIS, A., ESCOBAR, F., FAVILA, M. y VULINEC, K. 2007. Global dung beetle response to tropical forest modification

- and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. *Biological Conservation* 137: 1-19.
- NICHOLS, E., SPECTOR, S., LOUZADA, J., LARSEN, T., AMEZQUITA, S. y FAVILA, M. 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation* 141: 1461-1474.
- OVALLE, M. y SOLERVICENS, J. 1980. Observaciones sobre la biología de *Megathopa villosa*. *Boletín Museo Nacional de Historia Natural de Chile* 37: 235-246.
- PEÑA, L. 2001. Introducción al estudio de los insectos de Chile. 6° ed. Santiago de Chile, Chile. Universitaria. 253 p.
- ROUGÓN, D. 1982b. Le comportement nidificateur des Coleoptera Scarabaeinae *Onilicellini* en zone saharienne. En *Dung beetle ecology* (1991). Nueva Jersey, Estados Unidos. Princeton University Press. 481p.
- THREADGILL, E. 1982. Residual tillage effects as determined by cone index. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers (ASAE)*, St. Joseph, v25, n.4, p. 859-863.
- TRIBE, G., y BURGER, B. 2011. Olfactory ecology. In Simmons, L., Ridsdill-Smith, J. (eds.), *Ecology and evolution of dung beetles*. Wiley and Sons, Chichester, Inglaterra. pp 87-106.
- VAZ DE MELLO, F., GENIER, F., SMITH, A. 2010. Reclasificación de *Homocopris Burmeister* como un género válido para dar cabida a tres especies antes en *Dichotomius Hope* (Scarabaeidae: Scarabaeinae: Coprini). *El Coleopterists Bulletin*. 64 (3): 192-192.
- VERDÚ, J., MORENO, C., SANCHEZ-ROJAS, G., NUMA, C., GALANTE, E. y HALFFTER, G. 2007. Grazing promotes dung beetle diversity in the xeric landscape of a Mexican biosphere reserve. *Biological Conservation* 140: 308-317.
- WALTER, P., 1980. Comportement de recherche et d'exploitation d'une masse stercolaire chez quelques coprophages afrotropicaux (Coleoptera:Scarabaeidae). *Annales de la Société Entomologique de France: revue d'entomologie générale et appliquée*. (N.S.), 16: 307-323.
- YOKOYAMA, K., KAI, H., KOGA, T. y AIBE, T. 1991a. Nitrogen mineralization and microbial populations in cow dung, dung balls and underlying soil affected by paracoprid dung beetles. *Soil Biology and Biochemistry* 23(7): 649-653.

7 ANEXOS

ANEXO 1 Tiempos de muestreo, resistencia a la penetración promedio, contenido volumétrico promedio y cantidades de escarabajos colectadas en bosque nativo y pradera.

TIEMPO	RP	C.VOL.	HT	ZONA
T1	3003	0,32	7	B1
T1	3624	0,30	2	B2
T1	3077	0,39	2	B3
T1	2774	0,48	0	B4
T1	2847	0,34	0	B5
T1	3473	0,31	1	B6
T1	1992	0,37	0	B7
T1	2476	0,37	0	B8
T2	2451	0,40	0	B1
T2	2671	0,57	0	B2
T2	1767	0,43	0	B3
T2	1527	0,52	0	B4
T2	1826	0,46	2	B5
T2	2324	0,43	2	B6
T2	1092	0,47	0	B7
T2	687	0,33	0	B8

T3	2295	0,33	3	B1
T3	2197	0,52	1	B2
T3	1249	0,56	0	B3
T3	2813	0,56	0	B4
T3	1708	0,35	0	B5
T3	2016	0,40	0	B6
T3	897	0,58	1	B7
T3	1141	0,56	2	B8
T4	1762	0,43	5	B1
T4	1650	0,40	6	B2
T4	1278	0,51	5	B3
T4	1874	0,47	3	B4
T4	1527	0,47	8	B5
T4	1405	0,48	16	B6
T4	1097	0,41	5	B7
T4	1068	0,42	4	B8
T5	1498	0,55	7	B1
T5	1459	0,55	2	B2
T5	868	0,59	0	B3
T5	1273	0,59	0	B4

T5	1474	0,57	0	B5
T5	1464	0,56	1	B6
T5	799	0,52	1	B7
T5	1122	0,50	0	B8
T1	2872	0,41	2	P1
T1	3072	0,32	1	P2
T1	3610	0,33	0	P3
T1	2715	0,36	0	P4
T1	3346	0,35	1	P5
T1	3140	0,36	0	P6
T1	4045	0,29	0	P7
T1	3497	0,29	0	P8
T2	2011	0,47	0	P1
T2	2099	0,46	0	P2
T2	2187	0,53	0	P3
T2	1962	0,42	0	P4
T2	2075	0,54	0	P5
T2	2158	0,49	0	P6
T2	2427	0,47	0	P7
T2	2427	0,46	0	P8

T3	1635	0,51	0	P1
T3	1694	0,53	2	P2
T3	1894	0,57	0	P3
T3	1889	0,57	0	P4
T3	2133	0,48	0	P5
T3	1904	0,47	0	P6
T3	2207	0,50	0	P7
T3	2207	0,52	0	P8
T4	1933	0,49	4	P1
T4	1796	0,52	1	P2
T4	1855	0,52	4	P3
T4	1918	0,53	1	P4
T4	1943	0,50	2	P5
T4	1830	0,54	4	P6
T4	1742	0,52	1	P7
T4	2055	0,49	2	P8
T5	1786	0,55	2	P1
T5	1889	0,55	0	P2
T5	1909	0,61	0	P3
T5	1659	0,61	0	P4

T5	1904	0,54	0	P5
T5	1855	0,54	0	P6
T5	1645	0,56	0	P7
T5	1904	0,52	1	P8

ANEXO 2 Composición botánica de las praderas estudiadas

ESPECIES ENCONTRADAS	P1	P2	P3	P4
GRAMINENAS	32,05	55,13	70,5	70,52
<i>Paspalum dasyleurus</i> (PQ)	6,41	3,85	0	8,97
<i>Arrhenatherum elatius</i> (PC)	0	7,69	0	3,85
<i>Dactylis glomerata</i> (PO)	2,56	0	8,97	6,41
<i>Anthoxanthum odoratum</i> (POL)	0	5,13	0	14,1
<i>Agrostis capillaris</i> (CH)	23,08	23,08	33,33	29,49
LEGUMINOSAS	12,82	7,69	14,1	3,85
<i>Trifolium repens</i> (TB)	5,13	7,69	14,1	3,85
<i>Lotus uliginosus</i> (AL)	7,69	0	0	0
ASTERACEAS	16,67	15,38	12,82	11,54
<i>Leontodon nudicaulis</i> (CHI)	0	12,82	0	0
<i>Hypochaeris radicata</i> (PCH)	16,67	2,56	12,82	11,54
OTRAS	35,9	32,05	28,21	20,51
<i>Plantago lanceolata</i> (7V)	16,67	12,82	6,41	2,56
<i>Dichondra repens</i> (OR)	1,28	0	0	0
Musgos (MG)	17,95	19,23	21,8	17,95
OTRO	2,56	5,13	2,56	1,28
suelo descubierto	2,56	5,13	2,56	1,28
<i>H.torulosis</i>	42,86	17,86	25	14,29

ANEXO 3. Composición botánica de las zonas de bosque nativo estudiadas

ESPECIES ENCONTRADAS	B1	B2	B3	B4
<i>Nothofagus obliqua</i> (NO)	55,77	10,17	0	88,24
<i>Luma apiculata</i> (LA)	15,38	42,37	0	3,92
<i>Drimys winteri</i> (DW)	3,85	8,47	1,21	0
<i>Rhaphithamnus spinosus</i>	3,85	1,7	0	0
<i>Persea lingue</i>	0	35,59	0	0
<i>Amomyrtus luma</i> .	0	1,7	0	0
<i>Sophora microphilla</i>	0	0	0	0
<i>Embothrium coccineum</i> (EC)	0	0	0	5,88
<i>Pseudopanax laetevirens</i>	0	0	0	1,96
<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>	0	0	98,79	0
<i>Lomatia dentada</i>	1,92	0	0	0
Numero de árboles	52	59	165	51
<i>Homocopris torulosus</i> (HT)	38,37	11,63	34,88	15,12