



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
INGENIERIA FORESTAL

**EFFECTO DE INCENDIOS FORESTALES EN LA RIQUEZA Y ABUNDANCIA
DE ÓRDENES DE ARTRÓPODOS CAMINADORES, PROVINCIA DE
CONCEPCIÓN**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de
Concepción para otorgar al título profesional de Ingeniera Forestal

POR: Vanesa Elizabeth Rebolledo Cifuentes

Profesor Guía: Daniel Aguilera Olivares

AGOSTO, 2025

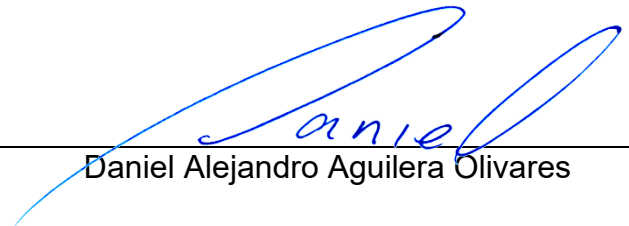
Concepción, Chile

© 2025, Vanesa Elizabeth Rebolledo Cifuentes

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento

EFFECTO DE INCENDIOS FORESTALES EN LA RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE
ÓRDENES DE ARTRÓPODOS CAMINADORES, PROVINCIA DE
CONCEPCIÓN

Profesor Guía



Daniel Alejandro Aguilera Olivares

Profesor Asistente

Licenciado en Biología, Dr.

Profesor Guía



Cristian Mauricio Echeverría Leal

Profesor Titular

Ingeniero Forestal, PhD

DEDICATORIA

A todas esas personas que le interesa conocer sobre el mundo de la entomología.

AGRADECIMIENTOS

Quiero manifestar mis agradecimientos al Sr. Rodrigo Álvarez propietario del predio de estudio y a CONAF por permitirme el ingreso al Parque Nacional Nonguén. A mis profesores guías por haber hecho posible la realización de esta investigación y el apoyo brindado durante todo este proceso.

Al Laboratorio de Ecología de Paisajes (LEP) por el préstamo de materiales, transporte a los lugares de muestreo y al Laboratorio de Entomología (ENTOMOLAB) por permitir utilizar sus dependencias para realizar el trabajo de identificación.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA	6
2.1 Descripción del área de estudio	6
2.2 Método de muestreo	9
2.3 Procesamiento de datos	10
III. RESULTADOS	14
3.1 Muestreo mes de octubre	15
3.2 Muestreo mes de diciembre	26
IV. DISCUSIÓN	36
4.1. Recomendaciones para próximas investigaciones	41
V. CONCLUSIONES	43
VI. GLOSARIO	44
VII. BIBLIOGRAFÍA	45
VIII. APÉNDICE	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Análisis del ANOSIM para mes de octubre. Sobre la diagonal corresponde a los valores de p corregidos mediante el método FDR y bajo la diagonal los valores de R.....	19
Tabla 3.2. Análisis de SIMPER mes de octubre. Sobre la diagonal corresponde al porcentaje de contribución de cada orden y bajo la diagonal su valor de p.....	21
Tabla 3.3. Valores de la prueba Chi-cuadrado al comparar riqueza entre condiciones para el mes de octubre. Se destacan las comparaciones quemadas versus no quemadas para un mismo tipo de bosque.....	23
Tabla 3.4. Composición de órdenes de artrópodos para el mes de octubre, presentes según cada bosque, “x” representa presencia y “-“ representa ausencia.	24
Tabla 3.5. Índices de diversidad mes de octubre.	25
Tabla 3.6. Análisis del ANOSIM para mes de diciembre. Sobre la diagonal corresponde a los valores de p corregidos mediante el método FDR y bajo la diagonal los valores de R.....	29
Tabla 3.7. Análisis de SIMPER mes de diciembre. Sobre la diagonal corresponde al porcentaje de contribución de cada orden y bajo la diagonal su valor de p. .	31
Tabla 3.8. Valores de la prueba Chi-cuadrado para el mes de diciembre. Se destacan las comparaciones quemadas versus no quemadas para un mismo tipo de bosque.....	33
Tabla 3.9. Composición de órdenes de artrópodos para el mes de diciembre, presentes según cada bosque, “x” representa presencia y “-“ representa ausencia.	34
Tabla 3.10. Índices de diversidad mes de diciembre.....	35

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 2.1. Zonas de muestreo ubicadas en la provincia de Concepción. Los puntos de colores representan los sitios muestreados.	7
Figura 2.2. Ecosistemas estudiados: (a) bosque <i>N. obliqua</i> quemado, (b) bosque de <i>N. obliqua</i> no quemado, (c) bosque pantanoso de <i>Myrceugenia exsucca</i> quemado, (d) bosque pantanoso no quemado de <i>M. exsucca</i>	8
Figura 2.3. Trampas “ <i>pitfall</i> ”. (a) dimensiones del vaso plástico utilizado, (b) trampa instalada a ras de suelo.	10
Figura 3.1. Abundancia de artrópodos encontrados por ecosistema y total durante los meses de octubre-diciembre del 2023.	14
Figura 3.2. Abundancia de artrópodos encontrados durante el muestreo de octubre 2023. n.s.: no significativo; ***: $p < 0,001$	16
Figura 3.3 Abundancia total de órdenes encontrados durante el primer mes de muestreo según el tipo de bosque.	16
Figura 3.4. Escalamiento multidimensional no métrico para el mes de octubre. Donde BPNQ: Bosque pantanoso no quemado, BPQ: bosque pantanoso quemado, BRNQ: bosque roble no quemado, BRQ: bosque roble quemado. Los números corresponden a cada muestra colectada.	18
Figura 3.5. Riqueza total de órdenes encontrada según el tipo de bosque muestreado. n.s.: diferencias no significativas.....	22
Figura 3.6. Abundancia total de artrópodos encontrados durante el segundo mes de muestreo según el tipo de bosque. n.s.: no significativo; *: $p < 0,05$	27
Figura 3.7. Abundancia total de órdenes encontrados durante el segundo mes de muestreo según el tipo de bosque.	27
Figura 3.8. Escalamiento multidimensional no métrico para el mes de diciembre. Donde BPNQ: Bosque pantanoso no quemado, BPQ: bosque pantanoso quemado, BRNQ: bosque roble no quemado, BRQ: bosque roble quemado. Los números corresponden a cada muestra colectada.	28
Figura 3.9. Riqueza total encontrada según el tipo de condición. n.s.: no significativo.	32

RESUMEN

Los incendios forestales son considerados un tipo de disturbio que puede ser de origen natural o antrópico, los cuales generan cambios en la estructura y composición de los bosques. Los artrópodos responden ante cambios ambientales como disturbios de forma rápida debido a que son ectotermos, tienen ciclos de vida más cortos, por lo tanto, pueden ser utilizados como bioindicadores. El objetivo del presente estudio fue analizar el efecto de los incendios forestales ocurrido en febrero del 2023 en el ensamble de artrópodos caminadores camino a la localidad de Rafael, comuna de Tomé. Para ello se instalaron trampas de caída durante los meses de octubre y diciembre del año 2023 en un bosque de *Nothofagus obliqua* y un bosque pantanoso de *Myrceugenia exsucca* con y sin efecto del incendio. Los resultados mostraron que el orden más abundante en ambos meses fue Diptera en todos los ecosistemas muestreados. Los bosques quemados presentaron menores abundancia en octubre, pero durante el mes de diciembre aumentaron. Existen algunos órdenes que presentaron diferencias significativas en cuanto a su contribución. Para la riqueza no se encontraron diferencias significativas entre los bosques quemados y no quemados. El efecto de los incendios forestales en la comunidad de artrópodos es variado y depende de la capacidad de la recuperación del bosque y la capacidad de adaptación de los insectos.

ABSTRACT

Forest fires are considered a type of disturbance that can be natural or anthropogenic in origin, causing changes in the structure and composition of forests. Arthropods respond quickly to environmental changes such as disturbances because they are ectothermic and have shorter life cycles and can therefore be used as bioindicators. The objective of this study was to analyze the effect of the forest fires that occurred in February 2023 on the assemblage of walking arthropods on the road to the town of Rafael, in the municipality of Tomé. To this end, pitfall traps were installed during the months of October and December 2023 in a *Nothofagus obliqua* forest and a *Myrceugenia exsucca* swamp forest with and without the effect of fire. The results showed that the most abundant order in both months was Diptera in all sampled ecosystems. The burned forests had lower abundance in October but increased during the month of December. There are some orders that showed significant differences in terms of their contribution. No significant differences were found between burned and unburned forests in terms of richness. The effect of forest fires on the arthropod community is varied and depends on the forest's recovery capacity and the insects ability to adapt.

I. INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales son provocados por fuego no deseado que se propaga sin control sobre los recursos forestales, causando daños ecológicos, económicos y sociales (Mora, 2020). Estos pueden ser de origen natural o antrópico y se propagan a través de la vegetación de ecosistemas terrestres por bosques, sábanas, matorrales, pastizales, humedales, turberas etc. (Pausas, 2020).

Los estudios de caracterización de la conducta del fuego en los incendios de vegetación han experimentado un notable aumento durante los últimos años, a la par del incremento de la frecuencia y la severidad de estos en distintas regiones del mundo (Costafreda-Aumedes et al., 2017). Además, existen algunos estudios que han demostrado que el cambio climático antropogénico, generado debido a la emisión de gases de efecto invernadero producido principalmente por la población, hacen que el planeta se caliente más, lo que lleva a una mayor sequedad de la vegetación, temporadas de incendio más prolongadas y mayor incidencia de peligro extremo de incendio en diversas partes del mundo (Abatzoglou y Williams, 2016).

En las zonas centro y centro-sur de Chile la vegetación es altamente susceptible a los incendios debido a un verano largo y seco, altas temperaturas, fuertes vientos y baja humedad relativa (Valderrama et al., 2018). Estudios indican que la condición de propagación de incendios está aumentando de manera violenta durante los últimos años. Según las investigaciones realizadas en el país, el 99% de los incendios son causados por el ser humano de manera intencionada (Castillo et al., 2003).

En la temporada 2016-2017 ocurrieron los más grandes y desastrosos incendios forestales en la historia contemporánea de Chile en el cual se quemaron alrededor de 575.000 hectáreas entre bosques, matorrales, pastizales y plantaciones forestales (Castillo et al., 2019). Los focos de incendios en Chile se concentran principalmente entre las Regiones de Valparaíso y Los Lagos. Hacia el norte la vegetación es escasa o inexistente, mientras que más al sur la humedad es alta y baja densidad poblacional humana de 0,7 habitantes por Km². (Valderrama et al., 2018). Durante el verano del 2023, principalmente en el mes de febrero, ocurrió una serie de incendios forestales que afectaron varias zonas del país. Una de las Regiones más dañadas fue la del Biobío, en particular comunas de Penco, Tomé, Hualqui, Santa Juana y Nacimiento.

Dentro de los efectos que los incendios provocan específicamente sobre los ecosistemas boscosos se incluyen: pérdida de hábitat y biodiversidad, el

deterioro de la calidad del aire, ciclos hidrológicos modificados y pérdida de cobertura vegetal (Valderrama et al., 2018). El fuego también tiene un impacto sobre la comunidad de artrópodos, dado que se generan cambios en sus hábitats y recursos alimenticios ya sea a corto o largo plazo, además genera mortalidad directa sobre estos (Hoye et al., 2021).

Los artrópodos son animales invertebrados segmentados, de tamaño variable que tienen un exoesqueleto externo compuesto de quitina con apéndices articulados (Ribera et al., 2015). Dentro de este grupo se encuentran los crustáceos, arácnidos, insectos y miriápodos. Estos organismos aportan en procesos ecológicos fundamentales en ecosistemas forestales (Stork, 2018), además son responsables del 13% del proceso de descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes (Menta & Remelli, 2020).

Los insectos corresponden al grupo faunístico más importante del planeta en términos de diversidad (representan el 67 % de todos los seres vivos) debido a su potencial de adaptación y su capacidad de dispersión pudiendo habitar de manera exitosa en diferentes tipos de climas y ambientes, sustentan la mayoría de los ecosistemas terrestres y dulceacuícolas del planeta (Jeréz et al., 2015). Son buenos indicadores para evaluar los efectos frente a perturbaciones ecológicas debido a que tienen una rápida capacidad de dispersión, sus ciclos de vida son cortos, poseen altas tasas de reproducción y son sensibles a los

disturbios, lo cual permite explorar cambios de diversidad y riqueza de las comunidades en distintos periodos de tiempo (Murphy et al., 2020).

Se caracterizan por ser ectotermos, es decir, no son capaces de generar su propio calor interno por lo tanto requieren de fuentes externas de calor (Bozinovic & Cavieres, 2019), por esta razón los ciclos de vida y la composición de estas comunidades se encuentran muy sincronizados con los patrones climáticos estacionales lo cual lleva a una alta susceptibilidad de las poblaciones a cambios en estos patrones (Murphy et al., 2020).

Son miembros cruciales de las comunidades forestales al brindar funciones que son claves en el reciclaje de nutrientes, polinización, infiltración de agua y control biológico, pero se carece de información sobre las respuestas que tienen frente a los incendios forestales y su ecología en general (Thompson et al., 2022).

Los estados de huevo, larva y pupa de insecto son más vulnerables al fuego, dada su movilidad limitada y requisitos de hábitat (Ruchin et al., 2021). Los incendios forestales son una amenaza para algunas especies de insectos que poseen una distribución geográfica restringida y que están asociadas a una comunidad en particular (Jeréz et al., 2015). Hay otros casos en los cuales los insectos se encuentran adaptados para sobrevivir al fuego e incluso beneficiarse

de los cambios que ocurren en el ecosistema en presencia del fuego (Pausas & Parr, 2018).

En esta investigación se busca evaluar el efecto de los incendios forestales sobre el ensamble de artrópodos caminadores de bosques nativos. En particular, el estudio se enfoca en (i) determinar la riqueza y abundancia de artrópodos a nivel de orden en sectores afectados y no afectados por incendios forestales en primavera y (ii) estimar el impacto de incendios forestales en la riqueza y abundancia de artrópodos en bosques nativos de la Provincia de Concepción.

II. METODOLOGÍA

2.1 Descripción del área de estudio

La investigación se llevó a cabo camino a Rafael (36°43'07.6"S; 72°52'07.4"O) y en un predio privado perteneciente al Sr. Rodrigo Álvarez (36°43'07.6"S; 72°52'07.4"O), ubicado en la comuna de Tomé, Región del Biobío (Figura 2.1). El tipo de vegetación presente correspondió a bosque nativo abierto con presencia de *Nothofagus obliqua* (roble) dominando en el estrato superior (Figura 2.2a). Por otro lado, en el bosque pantanoso se encuentra *Myrceugenia exsucca* (pitra), *Blephrocalyx cruckshanksii* (temu) y *Drimys winteri* (canelo) (Figura 2.2c, d). La otra zona de estudio correspondió a un sector del Parque Nacional Nonguén (36°54'25.80"S; 72°56'49.20"O) en donde existe presencia de *N. obliqua* (Figura 2.2b) coexistiendo con especies arbóreas siempreverdes características del bosque esclerófilo, tales como *Cryptocarya alba* (peumo), *Lithrea caustica* (litre), bosque caducifolio con presencia de *Persea lingue* (lingue) y del bosque Laurifolio o Valdiviano, con *Gevuina avellana* (avellano) y *Aextoxicon punctatum* (olivillo).

La provincia de Concepción presenta un clima templado cálido supratemal, con una temperatura media mínima en Julio de 5,7°C y una máxima en enero de 22,5 °C. La precipitación media anual es de 1.135 mm con un periodo seco de cinco meses (Santibañez, 2017).

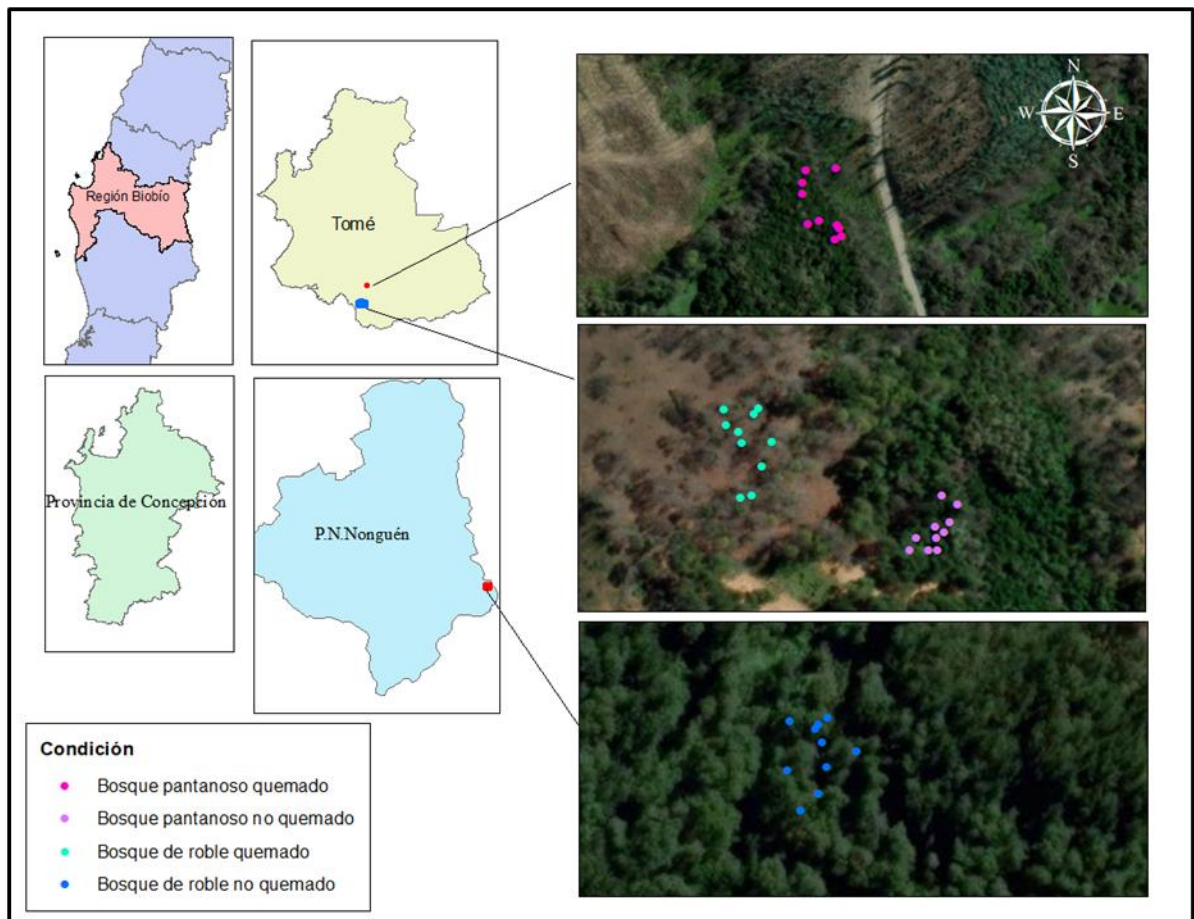


Figura 2.1. Zonas de muestreo ubicadas en la provincia de Concepción. Los puntos de colores representan los sitios muestreados.



Figura 2.2. Ecosistemas estudiados: (a) bosque *N. obliqua* quemado, (b) bosque de *N. obliqua* no quemado, (c) bosque pantanoso de *Myrceugenia exsucca* quemado, (d) bosque pantanoso no quemado de *M. exsucca*

2.2 Método de muestreo

Se realizó una colecta de artrópodos durante los meses de octubre y diciembre del año 2023 por un período de tres días consecutivos. El diseño de muestreo es completamente aleatorio, se utilizaron trampas “*pitfall*”, las cuales consistían en vasos plásticos (Figura 2.3a) que se enterraron hasta quedar a ras de suelo (Figura 2.3b). Se instalaron 10 trampas para cada condición (40 en total) a una distancia de al menos 8 m entre cada una. Al interior de las trampas se agregó una mezcla de agua y jabón neutro sin olor con la finalidad de eliminar su tensión superficial. El cuarto día de muestreo se colectan las muestras en frascos, los cuales fueron llevados al Laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción, para clasificación a nivel de orden usando claves dicotómicas bajo estereomicroscopio. Las muestras fueron almacenadas en frascos herméticos con alcohol etílico 70% v/v.



Figura 2.3. Trampas “*pitfall*”. (a) dimensiones del vaso plástico utilizado, (b) trampa instalada a ras de suelo.

2.3 Procesamiento de datos

Se generó una matriz de datos en Excel en donde se registró la fecha, condición, número de trampa y la cantidad de individuos por orden. Los análisis se realizaron con datos de nueve vasos para el mes de octubre y ocho vasos para el mes de diciembre, debido a inconvenientes durante el muestreo tales como la pérdida de muestras en el traslado desde terreno al laboratorio y vasos que fueron retirados por agentes externos a la investigación.

Con la matriz de abundancia se aplicó un escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), utilizando la distancia de Bray-Curtis y un $k=3$ (corresponde al número de dimensiones). Este análisis se basa en la ordenación de datos

multivariados el cual buscó representar de manera gráfica mediante una serie de puntos si existe similitud o disimilitud entre las muestras. Además, el análisis entrega un valor de stress el cual permite conocer si hay una buena representación de los datos en un espacio reducido.

Luego se realizó un análisis de similitud (ANOSIM) el cual permite saber si existen diferencias significativas entre la composición de la comunidad de artrópodos en los ecosistemas muestreados. Este análisis fue realizado en el software Paleontological Statistics (PAST) versión 4.17 (Hammer et al.,2021). Posteriormente, se aplicó una corrección mediante el método de tasa de falsos descubrimientos (FDR), la cual es menos restrictiva que la corrección de Bonferroni para valores de p de obtenidos por comparación de pares. Además, se aplicó un análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) para conocer cuáles son los órdenes de artrópodos que más contribuyen a la disimilitud entre los bosques. También se hizo un análisis de especies indicadoras para saber que órdenes de artrópodos pueden ser representativos para cada tipo de bosque (se utilizó la librería indicspecies). Estos análisis fueron realizados en el software R con su extensión RStudio versión 4.3.2 (RStudio, 2023).

Para saber que tan diversos son los ecosistemas, se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') en donde p_i : es la proporción de individuos de la especie $\left(\frac{n_i}{N}\right)$, n_i corresponde al número de individuos de la especie i y N corresponde al número total de individuos del total de especies y \ln logaritmo natural. Los valores de H varían ente 0 y $\ln(n)$. Mientras más alto sea el valor de H , está indicando que existe una mayor diversidad de individuos en la comunidad de artrópodos.

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \quad (1)$$

También se utilizó el índice de diversidad Simpson (1-D) el cual permite conocer si existe alguna dominancia de órdenes, los rangos de valores que tiene van entre 0 y 1, valores cercanos a 0 indican una mayor dominancia de algún orden.

$$D = 1 - \sum (p_i^2) \quad (2)$$

Además, con los datos de abundancia total por tipo de bosque y de riqueza se realizó la Prueba de Chi-cuadrado (χ^2). Esta prueba estadística es no paramétrica la cual se utilizó para evaluar si existe diferencia estadística entre los bosques quemados/no quemados y los distintos tipos de bosques. Donde: O_i es la frecuencia observada y E_i es la frecuencia esperada para el orden i .

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

(3)

III. RESULTADOS

Durante ambos meses de muestreo se encontró un total de 1.060 individuos, clasificados en nueve órdenes de artrópodos. El orden más abundante estuvo representado por Diptera con un 33,2% (n=352), seguido de Collembola con 17,64% (n=187) y Coleoptera 16,23%(n=172); por otro lado, los órdenes que tuvieron menor abundancia fue Orthoptera siendo representado por solo 1,70%, Scorpiones 1,51% y Acari 0,85% (Figura 3.1).

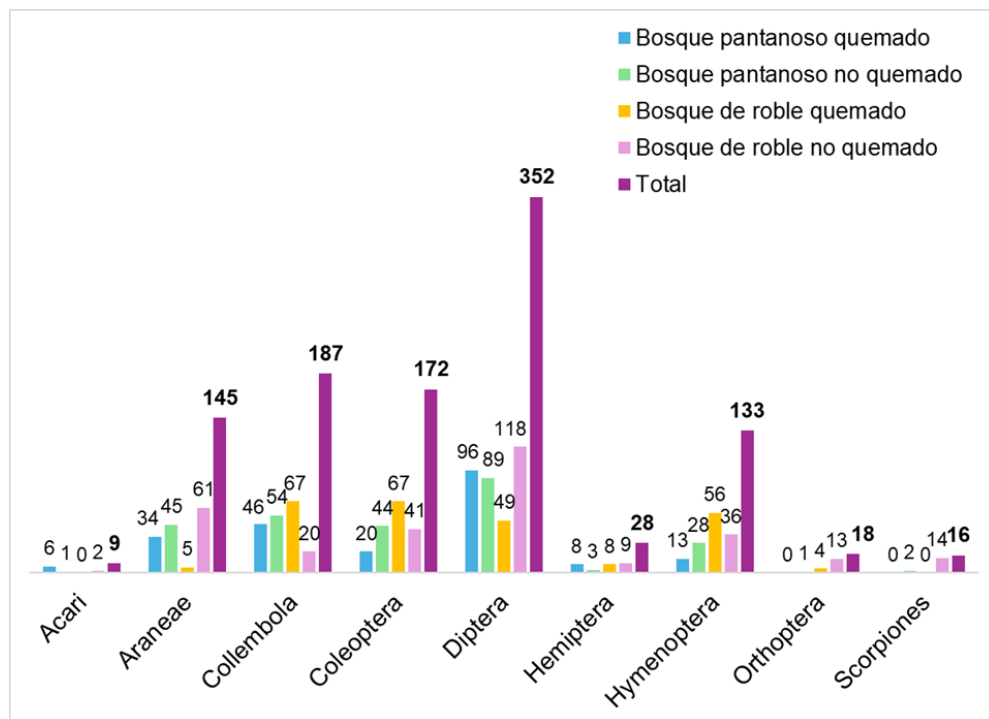


Figura 3.1. Abundancia de artrópodos encontrados por ecosistema y total durante los meses de octubre-diciembre del 2023.

3.1 Muestreo mes de octubre

Durante este mes se encontraron 515 individuos en total. La mayor abundancia de artrópodos fue en los bosques que no fueron afectados por el incendio (Figura 3.2). No se observaron diferencias significativas entre el bosque pantanoso quemado y bosque pantanoso no quemado ($p = 0,836$, $\chi^2 = 0,004$). Por otro lado, entre el bosque de roble quemado con el no quemado se obtuvo una diferencia significativa en términos de la abundancia de artrópodos ($p < 0,001$, $\chi^2 = 20,915$). Para el bosque pantanoso quemado la mayor abundancia encontrada fue el orden Collembola, en cambio para este mismo tipo de bosque, pero no afectado por el incendio se destacó principalmente el orden Diptera. Por otra parte, en el bosque de roble quemado abundaron los órdenes Collembola y Coleoptera y para el caso no quemado por incendios primó nuevamente el orden Diptera (Figura 3.3).

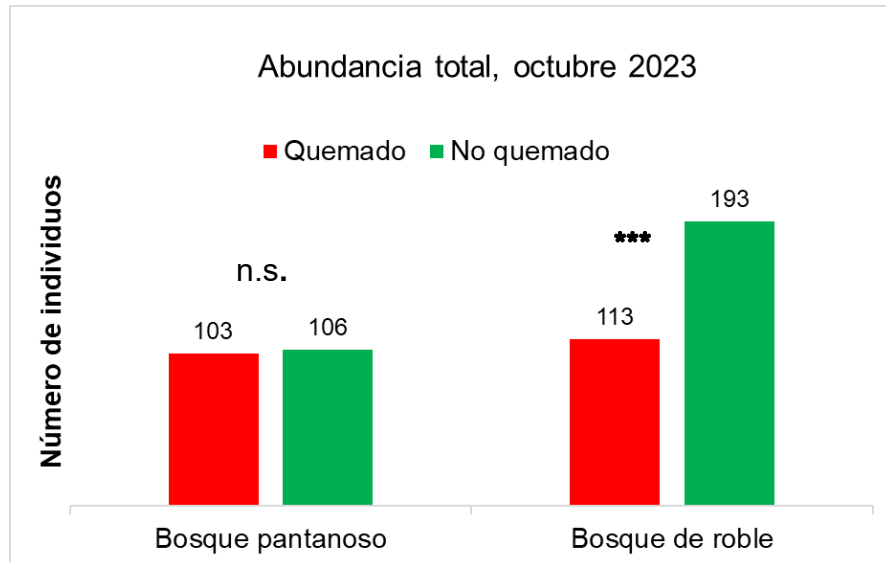


Figura 3.2. Abundancia de artrópodos encontrados durante el muestreo de octubre 2023. n.s.: no significativo; ***: $p < 0,001$.

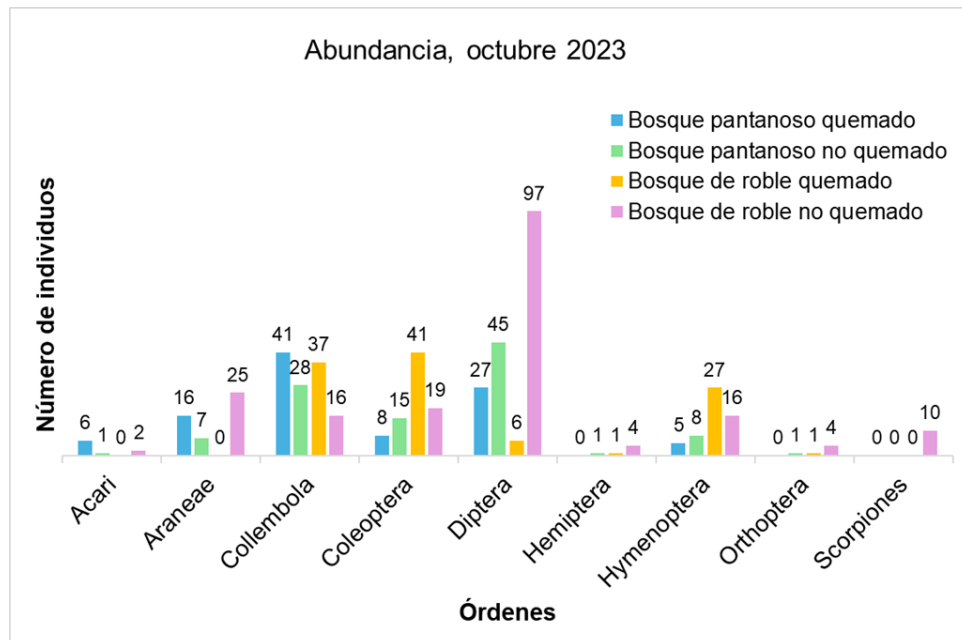


Figura 3.3 Abundancia total de órdenes encontrados durante el primer mes de muestreo según el tipo de bosque.

En la representación gráfica del NMDS para el mes de octubre (Figura 3.4), se obtuvo un valor de stress de 0,15 (con un $k= 3$), lo cual indica que este valor brinda una buena representación de los datos. Las elipses del bosque de roble quemado (BRQ) con el roble no quemado (BRNQ) presentan una separación entre ellas lo cual estaría indicando una diferencia entre la comunidad de artrópodos. En cambio, el bosque pantanoso no quemado (BPNQ) presenta una superposición con el bosque pantanoso quemado (BPQ) lo cual podría indicar que estas condiciones pueden ser similares en cuanto a la comunidad de artrópodos.

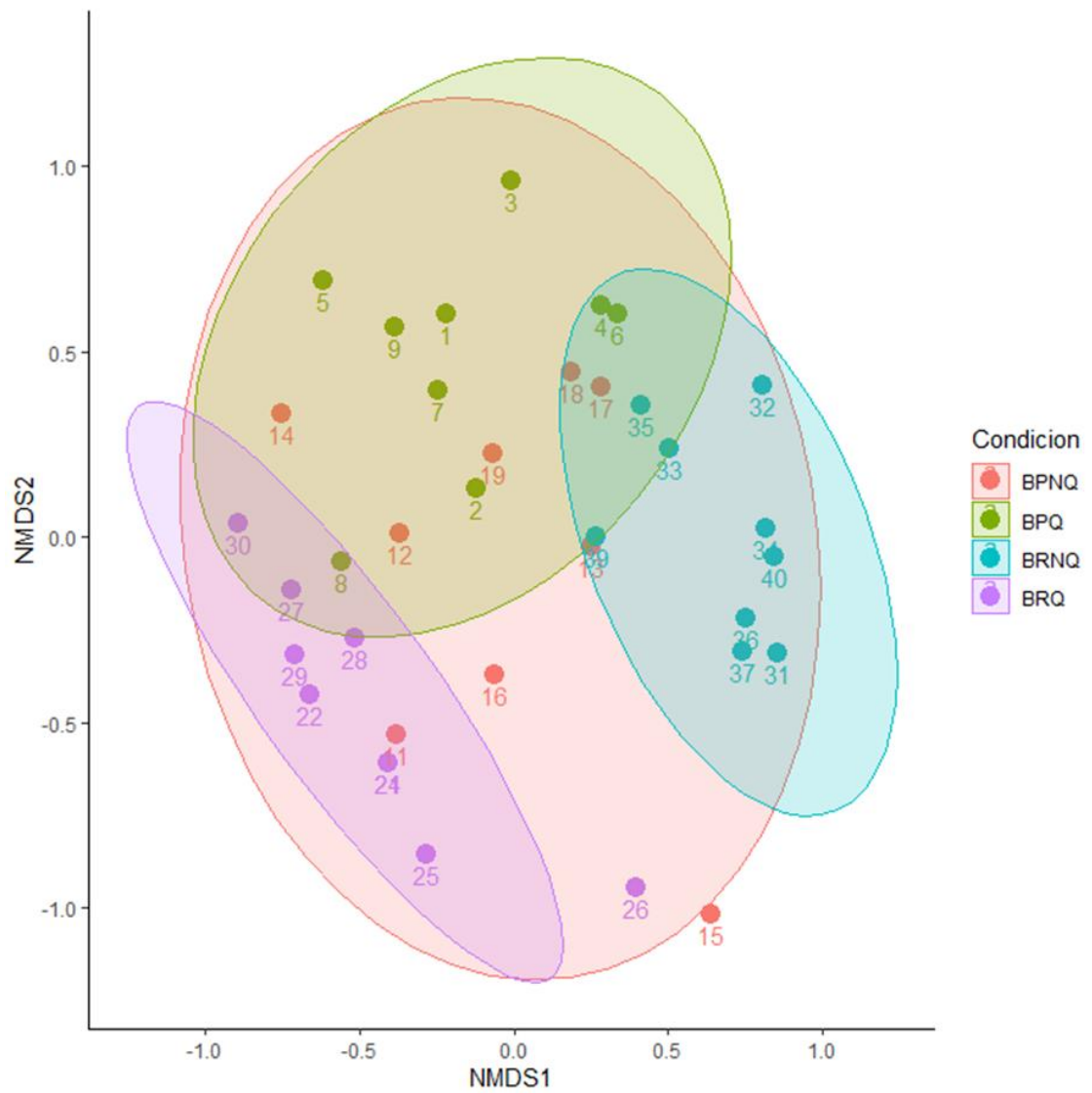


Figura 3.4. Escalamiento multidimensional no métrico para el mes de octubre. Donde BPNQ: Bosque pantanoso no quemado, BPQ: bosque pantanoso quemado, BRNQ: bosque roble no quemado, BRQ: bosque roble quemado. Los números corresponden a cada muestra colectada.

Al realizar el análisis de similitud (ANOSIM) se obtuvo un valor $p < 0,05$ lo cual indicó que existe diferencia significativa en términos de composición de artrópodos entre tipos de ecosistemas. No se encontraron diferencias significativas entre el bosque pantanoso quemado y el no quemado; sin embargo, el bosque de roble quemado es significativamente diferente de su condición no quemada (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Análisis del ANOSIM para mes de octubre. Sobre la diagonal corresponde a los valores de p corregidos mediante el método FDR y bajo la diagonal los valores de R.

Bosque	BPQ	BPNQ	BRQ	BRNQ
BPQ	-	0,529	0,007	0,001
BPNQ	-0,015	-	0,222	0,007
BRQ	0,299	0,060	-	0,001
BRNQ	0,384	0,248	0,699	-

En cuanto al análisis SIMPER (Tabla 3.2) al comparar entre el bosque pantanoso quemado (BPQ) con el no quemado (BPNQ) el mayor porcentaje de contribución a la disimilitud corresponde al orden Collembola; sin embargo, no fue significativo ($p=0,071$). Por otro lado, el orden Acari posee un bajo porcentaje de contribución, pero arroja un valor significativo.

Al comparar el bosque de roble quemado (BRQ) con bosque de roble no quemado (BRNQ) nuevamente la mayor contribución fue del orden Diptera, luego le sigue Araneae, Scorpiones y Hemiptera, los cuales tuvieron todos valores significativos.

Tabla 3.2. Análisis de SIMPER mes de octubre. Sobre la diagonal corresponde al porcentaje de contribución de cada orden y bajo la diagonal su valor de p.

Bosque	BPQ	BPNQ	BRQ	BRNQ
BPQ	-	Collembola 30,1%	Collembola 28,1%	Diptera 39,6%
		Diptera 29,3%	Coleoptera 24,8%	Collembola 18,3%
		Acari 5,6%	Araneae 12,1%	Scorpiones 6,1%
			Acari 4,6%	Hemiptera 2,7 %
BPNQ	0,071	-	Collembola 27,5%	Diptera 42,4%
	0,693		Diptera 24,8%	Scorpiones 6,1%
	0,013		Coleoptera 24,4%	Hemiptera 2,7%
			Hymenoptera 14,4%	
BRQ	0,028	0,094	-	Diptera 38,7%
	0,002	0,860		Araneae 12,3%
	0,038	0,011		Scorpiones 4,8%
	0,025	0,049		Hemiptera 2,2%
BRNQ	0,030	0,007	<0,001	-
	0,922	< 0,001	0,007	
	<0,001	0,025	<0,001	
	0,029		0,029	

El análisis de especies indicadoras mostró que el orden Araneae es representativo para el bosque pantanoso quemado como también para el bosque de roble no quemado ($p=0,002$). Por otro lado, los órdenes Scorpiones y Diptera fueron significativos ($p < 0,001$) solo en el bosque de roble no quemado. Ahora bien, para el bosque de roble quemado solo el orden Coleoptera tuvo una representación significativa ($p=0,032$).

En cuanto a la riqueza de artrópodos entre los bosques, sus valores no mostraron diferencias significativas (Figura 3.5; Tabla 3.3).

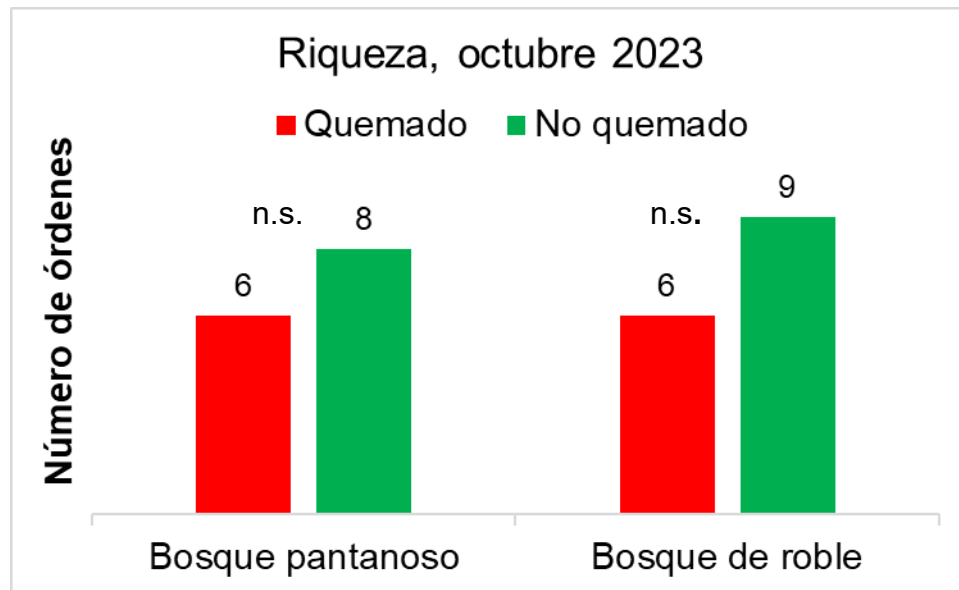


Figura 3.5. Riqueza total de órdenes encontrada según el tipo de bosque muestreado. n.s.: diferencias no significativas.

Tabla 3.3. Valores de la prueba Chi-cuadrado al comparar riqueza entre condiciones para el mes de octubre. Se destacan las comparaciones quemadas versus no quemadas para un mismo tipo de bosque.

Bosque	χ^2	Valor p
BPQ- BPNQ	0,285	0,593
BRQ-BRNQ	0,6	0,437
BPQ - BRNQ	0,6	0,439
BRQ -BPNQ	0,285	0,593

Al comparar la composición de artrópodos (Tabla 3.4), la mayoría de los órdenes estuvieron presentes tanto en el bosque pantanoso quemado como no quemado, con excepción de los órdenes Hemiptera y Orthoptera, encontrados en el bosque pantanoso no quemado. Por otro lado, respecto a ambas condiciones de bosque de roble, estos comparten varios órdenes, con la distinción de los órdenes Acari, Araneae y Scorpiones, encontrados en el bosque de roble no quemado.

Tabla 3.4. Composición de órdenes de artrópodos para el mes de octubre, presentes según cada bosque, “x” representa presencia y “-“ representa ausencia.

	BPQ	BPNQ	BRQ	BRNQ
Acari	x	x	-	x
Araneae	x	x	-	x
Collembola	x	x	x	x
Coleoptera	x	x	x	x
Diptera	x	x	x	x
Hemiptera	-	x	x	x
Hymenoptera	x	x	x	x
Orthoptera	-	x	x	x
Scorpiones	-	-	-	x

En el caso de los índices de diversidad (Tabla 3.5) para el bosque pantanoso, existió una leve diferencia en el valor obtenido del índice de Shannon entre el que fue quemado y el no quemado, indicando que la diversidad de órdenes de artrópodos es mayor en el quemado. En relación con el índice de Simpson también existió una leve diferencia entre ambos bosques lo que podría estar mostrando que no hay algún orden que sea tan dominante. En cambio, para el bosque de roble no quemado (BRNQ) el índice Shannon es mayor por ende es más diverso que el quemado, el cual presentó un valor bastante más bajo, pero para el caso del índice de Simpson los valores fueron los mismos indicando que no hay dominancia en algún orden.

Tabla 3.5. Índices de diversidad mes de octubre.

Bosque	Shannon	Simpson
BPQ	1,52	0,74
BPNQ	1,50	0,72
BRQ	1,32	0,70
BRNQ	1,61	0,70

3.2 Muestreo mes de diciembre

Durante el mes de diciembre se encontró un total de 545 individuos, el bosque pantanoso quemado posee una menor abundancia significativa con respecto al bosque pantanoso no quemado (Figura 3.6, $p=0,015$, $\chi^2=5,982$); mientras que entre el bosque roble quemado y no quemado, no se observaron diferencias significativas ($p=0,176$, $\chi^2=1,833$).

El orden Diptera tuvo mayor abundancia para el bosque pantanoso quemado (BPQ) al igual que el bosque pantanoso no quemado (BPNQ) y el bosque de roble quemado (BRQ), en cambio para el bosque de roble no quemado (BRNQ) el orden más abundante fue Araneae (Figura 3.7).

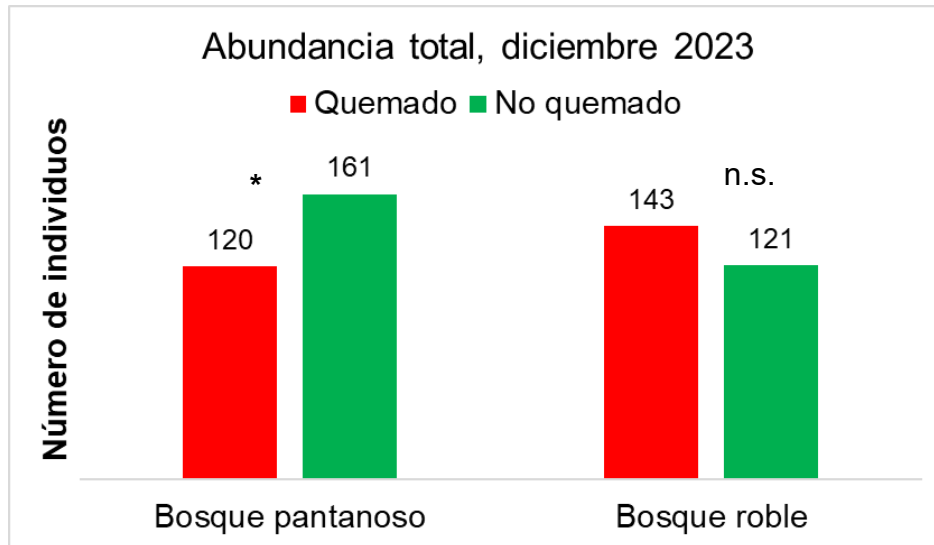


Figura 3.6. Abundancia total de artrópodos encontrados durante el segundo mes de muestreo según el tipo de bosque. n.s.: no significativo; *: $p < 0,05$.

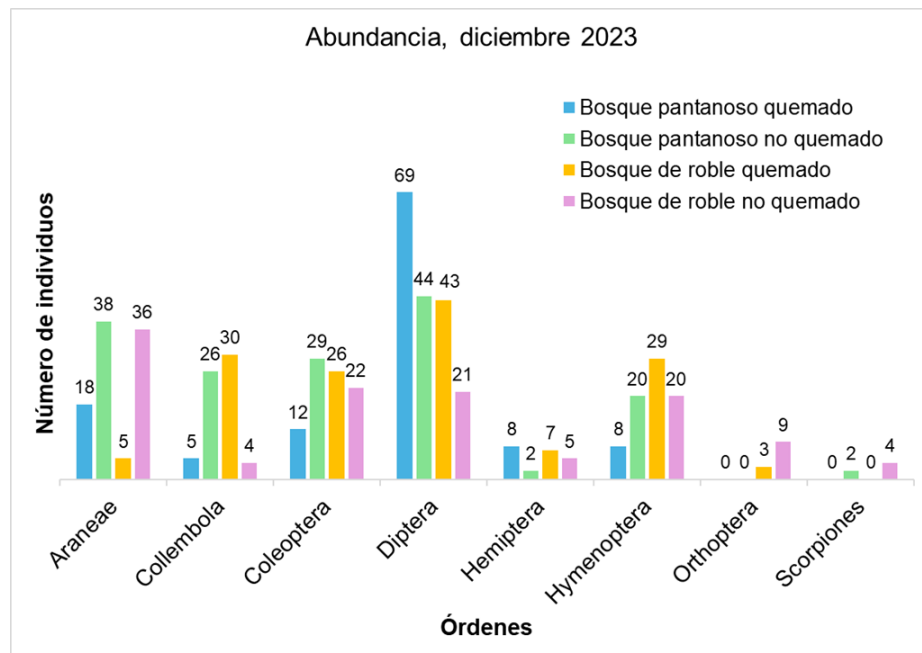


Figura 3.7. Abundancia total de órdenes encontrados durante el segundo mes de muestreo según el tipo de bosque.

La representación gráfica del NMDS para este mes (Figura 3.8) tuvo un valor de stress de 0,12 (con un k=3), este valor mostro una buena representación. Las elipses para el bosque de roble no quemado (BRNQ) se superpone con la condición de bosque de roble quemado (BRQ) lo cuál podría indicar que puede haber cierta similitud. Esto mismo se pudo notar para el bosque pantanoso quemado (BPQ) y el bosque pantanoso no quemado (BPNQ).

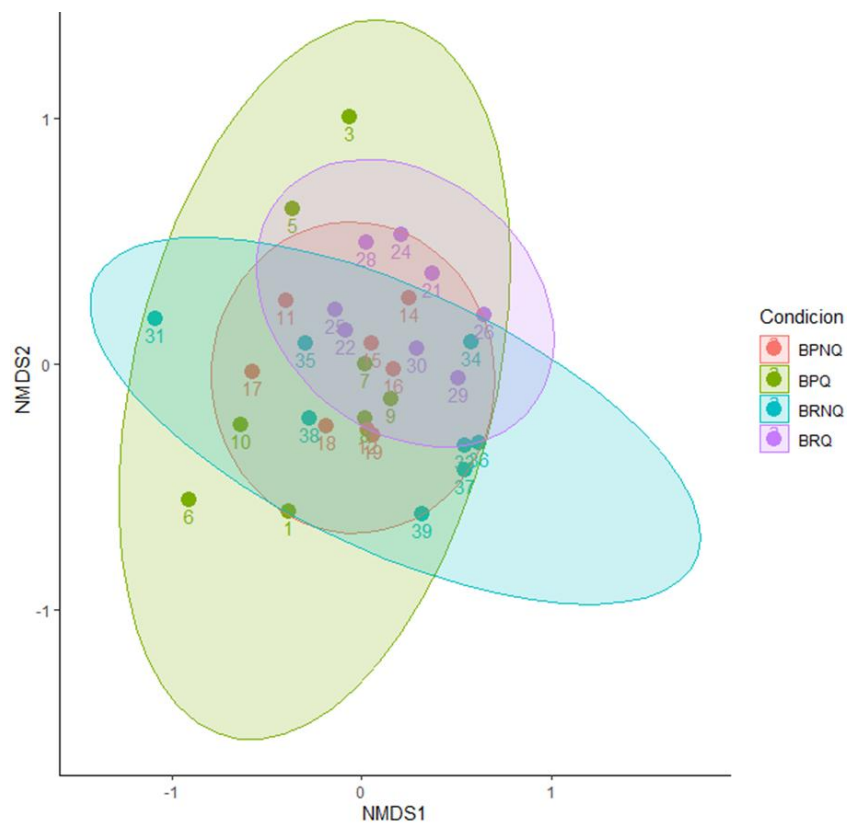


Figura 3.8. Escalamiento multidimensional no métrico para el mes de diciembre. Donde BPNQ: Bosque pantanoso no quemado, BPQ: bosque pantanoso quemado, BRNQ: bosque roble no quemado, BRQ: bosque roble quemado. Los números corresponden a cada muestra colectada.

El análisis de similitud (ANOSIM) arrojó nuevamente un valor de $p < 0,05$ lo cual indicó que existe diferencia significativa en cuanto a la composición de artrópodos entre los bosques. Los grupos en los cuales se encontraron diferencias significativas (Tabla 3.6) fue entre bosque de roble no quemado (BRNQ) con bosque de roble quemado (BRQ).

Tabla 3.6. Análisis del ANOSIM para mes de diciembre. Sobre la diagonal corresponde a los valores de p corregidos mediante el método FDR y bajo la diagonal los valores de R .

Bosque	BPQ	BPNQ	BRQ	BRNQ
BPQ	-	0,199	0,021	0,021
BPNQ	0,055	-	0,021	0,090
BRQ	0,251	0,284	-	0,013
BRNQ	0,198	0,118	0,318	-

En cuanto al análisis SIMPER, al comparar el bosque pantanoso quemado (BPQ) con el bosque pantanoso no quemado (BPNQ) el orden Diptera contribuyó más a la disimilitud, luego Araneae y Coleoptera, pero ninguno de estos mostró diferencias significativas (Tabla 3.7).

Al comparar entre el bosque de roble quemado (BRQ) con el bosque de roble no quemado (BRNQ) el orden que más contribuyó en la disimilitud fue Diptera; sin embargo, su valor no fue significativo. Por otra parte, los órdenes Collembola y Orthoptera tuvieron un porcentaje de contribución menor, pero con valores significativos.

Tabla 3.7. Análisis de SIMPER mes de diciembre. Sobre la diagonal corresponde al porcentaje de contribución de cada orden y bajo la diagonal su valor de p.

Bosque	BPQ	BPNQ	BRQ	BRNQ
BPQ	-	Diptera 27,7%	Diptera 32%	Diptera 29,9%
		Araneae 21,4%	Collembola 18,5%	Araneae 21,1%
		Coleoptera 16,8%	Hymenoptera 16,7%	Orthoptera 7,2%
				Scorpiones 3,5%
BPNQ	0,481	-	Araneae 22,4%	Araneae 20,9%
	0,370		Diptera 22,1%	Diptera 19%
	0,277		Collembola 18,3%	Orthoptera 6,8%
BRQ	0,022	0,170	-	Diptera 21,9%
	0,013	0,770		Collembola 17,7%
	0,005	0,086		Orthoptera 6,1%
BRNQ	0,090	0,438	0,644	-
	0,109	0,959	0,045	
	0,001	0,014	0,011	
	0,019			

En cuanto al análisis de especies indicadoras el orden Collembola fue representativo para el bosque pantanoso no quemado y el bosque de roble quemado ($p=0,014$). El orden Orthoptera fue significativa su representación ($p=0,012$) para el bosque de roble no quemado. Y el orden Araneae fue significativa para los bosques pantanoso no quemado y bosque de roble no quemado ($p=0,011$).

Para el caso de la riqueza de artrópodos, no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los pares quemado/no quemado (Figura 3.9; Tabla 3.8).

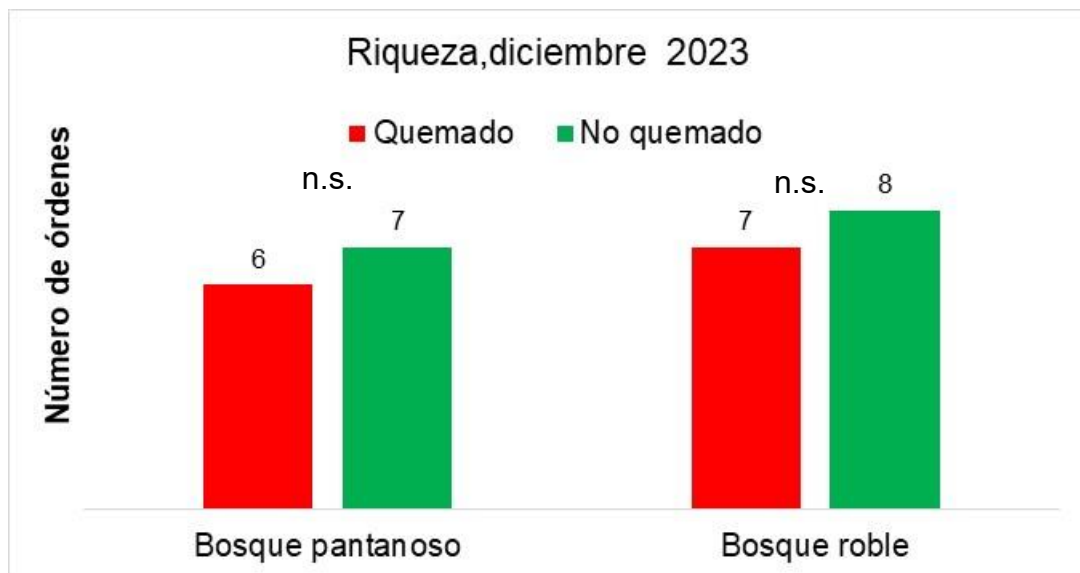


Figura 3.9. Riqueza total encontrada según el tipo de condición. n.s.: no significativo.

Tabla 3.8. Valores de la prueba Chi-cuadrado para el mes de diciembre. Se destacan las comparaciones quemadas versus no quemadas para un mismo tipo de bosque.

Bosque	χ^2	Valor p
BPQ- BPNQ	0,077	0,782
BRQ-BRNQ	0,067	0,796
BPQ - BRNQ	0,286	0,593
BRQ -BPNQ	0,000	1,00

En cuanto a la composición de artrópodos (Tabla 3.9), al comparar el bosque pantanoso quemado con el no quemado casi todos los órdenes se encuentran en ambas condiciones; el único orden que estuvo presente solo en el bosque pantanoso no quemado fue Escorpiones, sin embargo, Orthoptera no estuvo presente en este tipo de bosque. Para el bosque de roble quemado con el no quemado comparten casi todos los órdenes a excepción del orden Escorpiones que solo estuvo en el bosque de roble no quemado.

Tabla 3.9. Composición de órdenes de artrópodos para el mes de diciembre, presentes según cada bosque, “x” representa presencia y “-“ representa ausencia.

	BPQ	BPNQ	BRQ	BRNQ
Araneae	x	x	x	x
Collembola	x	x	x	x
Coleoptera	x	x	x	x
Diptera	x	x	x	x
Hemiptera	x	x	x	x
Hymenoptera	x	x	x	x
Orthoptera	-	-	x	x
Scorpiones	-	x	-	x

Al analizar los índices de diversidad (Tabla 3.10), para el caso del bosque pantanoso la zona quemada presenta un valor más bajo del índice de Shannon indicando que hay menor diversidad de artrópodos. Ahora bien, si se observa el índice de Simpson el valor es menor debido a la dominancia de algún orden en el bosque que no fue quemado.

En relación con el bosque de roble se aprecia que el índice de Shannon posee un valor mayor en la zona no quemada lo cual mostro que hay más diversidad de artrópodos en relación con el quemado, pero al analizar el otro índice se nota que los valores fueron similares indicando que no habría dominancia del algún orden de artrópodos.

Tabla 3.10. Índices de diversidad mes de diciembre.

Bosque	Shannon	Simpson
BPQ	1,33	0,63
BPNQ	1,67	0,80
BRQ	1,67	0,79
BRNQ	1,82	0,81

IV. DISCUSIÓN

Este estudio evalúa los efectos de los incendios en dos ecosistemas boscosos luego de ocho meses de la ocurrencia del evento, en donde se evidenció un aumento en la abundancia de ciertos órdenes de artrópodos dependiendo del tipo de bosque.

Algunos grupos de artrópodos pueden responder ante el fuego de manera positiva o negativa (Larsen & Work, 2003). Para el caso de los órdenes Orthoptera y Coleoptera se ha reportado que estos órdenes responden de mejor manera al efecto del fuego que otros (Certini et al., 2021).

En octubre el orden Collembola estuvo presente en el bosque pantanoso quemado y no quemado, también en el bosque de roble quemado y no quemado, lo cual se podría explicar debido a que estos pueden habitar en diversos ambientes gracias a su alta capacidad de dispersión. Uno de los lugares en los cuales se pueden encontrar es en hojarasca de bosques (Palacios, 2014). Estos individuos cumplen una importante función en cuanto a los procesos de descomposición de materia vegetal muerta y ciclo de nutrientes (Cassagne et al., 2003) por lo que su abundancia va a estar relacionada con la disponibilidad de hojarasca en el suelo. Además, hay que considerar que pueden presentar un

aumento después de cambios en su ambiente, principalmente relacionados con la temperatura y la humedad del hábitat (Arbea & Blasco-Zumeta, 2001).

Durante el mes de octubre el orden Coleoptera estuvo presente tanto en el bosque de roble quemado y no quemado, pero fue representativo en la condición quemada. Esto se podría explicar debido a que luego de ocurrido un incendio forestal quedan restos leñosos en el suelo que pueden ser alimento o refugio para especies de este orden que se consideran saproxílicas (Hammond et al., 2017; Parisi et al., 2020). Por otra parte, se debe tener en cuenta que este orden presenta una respuesta variada frente a los incendios, ya que algunas especies pueden prosperar luego de ocurrido el incendio sin haberse registrado antes en ese hábitat (Egorov et al., 2024). En cambio, existen otras que colonizan de manera gradual las zonas quemadas a medida que se adaptan al efecto del incendio y otro grupo vuelve al área dañada por el incendio habiendo estado presente antes de ocurrido.

Al comparar las abundancias de artrópodos entre el mes de octubre y diciembre en los bosques quemados se pudo notar que existe un aumento de las abundancias en el bosque pantanoso y de roble quemado, lo cual se puede asociar con el proceso de recuperación de la vegetación. Esto estaría determinado por un aumento en la disponibilidad de recursos y la estructura de hábitat para la comunidad de insectos (Buckingham et al., 2015; Arnold et al.,

2017). Hay que tener presente que se espera de manera natural un aumento de estos, ya que la temperatura del ambiente es determinante para la actividad de los insectos, desarrollo y reproducción (Hawkins et al.,2003). Asimismo, se debe considerar que el efecto del incendio para algunos insectos es de corta duración por tanto algunos grupos se recuperan de manera más rápida posterior al incendio (Koltz et al., 2018).

En octubre el orden Diptera estuvo presente en el bosque pantanoso quemado y no quemado, pero su abundancia fue mayor en el no quemado; en cuanto al bosque de roble su abundancia fue mayor en la zona no quemada. En diciembre, este orden se encontró presente en los cuatro bosques, pero al comparar entre el bosque pantanoso quemado y no quemado su abundancia se centró en el quemado. Al contrastar entre el bosque de roble quemado con el no quemado su mayor abundancia se concentró en el primero. Estas variaciones pueden estar relacionadas a sus hábitos alimenticios los cuales son bastante variados, ya que hay especies que suelen ser detritívoros, otras consumen flores, néctar y algunas son hematófagas (Perveen & Khan, 2021). Su presencia estaría asociada con la disponibilidad de recursos alimenticios previamente mencionados en estos bosques. Además estos insectos se caracterizan por tener una amplia distribución, estando presente en diversos hábitats terrestres como dulceacuícolas (Tolrá & Hjorth, 2015).

En diciembre el bosque no quemado de roble presentó mayor número de individuos del orden Araneae en comparación con el quemado. En un estudio se menciona que este orden es utilizado principalmente como bioindicador de cambios en ecosistemas en los cuales ha ocurrido tala de árboles o incendios forestales (Buddle et al., 2000; Pearce y Venier, 2006). No obstante, su presencia estaría asociada a que este grupo es considerado como un principal depredador de macroinvertebrados, por lo tanto, la cantidad de presas que encuentren se va a relacionar con la calidad biológica del hábitat (Menta & Remelli, 2020).

La cobertura del dosel en los bosques ofrece protección contra el viento, radiación solar, evitando que se generen cambios bruscos en cuanto a la temperatura y humedad en el suelo lo que permite que se cree un ambiente más adecuado para el desarrollo de la macrofauna (Vasconcellos et al., 2013). Esto podría ser una de las razones de por qué el bosque de *N. obliqua* no quemado exista mayor abundancia de artrópodos en relación con el bosque de roble quemado, el cual es una zona más abierta.

En cuanto a los índices de diversidad obtenidos durante ambos muestreos existió un aumento en casi todas las condiciones. El bosque de roble no quemado fue el que presentó un mayor valor de diversidad, lo cual es de esperar, ya que ese sitio de estudio se encuentra ubicado en el Parque Nacional Nonguén, por lo tanto, se espera una mayor diversidad de especies vegetales y animales.

Además este parque se encuentra inmerso en una Región que posee una gran biodiversidad y endemismo de flora y fauna (Vergara et al.,2006).

Las respuestas de los artrópodos al fuego son complejas y variadas (Kral et al.,2017), por lo que la forma cómo responden los insectos ante esto va a estar determinada por su historia de vida junto con la adaptación que tengan (Thompson et al.,2022). Por ende, es necesario realizar más investigaciones para llegar a resultados más precisos.

4.1. Recomendaciones para próximas investigaciones

Para mejorar los resultados se recomienda evaluar y realizar una clasificación de la severidad del incendio, ya que hay pocas investigaciones informan la severidad de los incendios en las áreas de estudio. Esto hace que sea más complejo obtener una respuesta generalizada de como responden los artrópodos ante los cambiantes regímenes de incendios (Bieber et al.,2023).

Dado que el incendio ocurrió durante el mes de febrero, se sugiere que para evaluar su efecto en estos ecosistemas se podría haber realizado un muestreo al mes siguiente. Debido a que para los artrópodos el verano sigue siendo una condición adecuada para su desarrollo o reproducción. También se recomienda aplicar más muestreos durante el año, así evaluar posibles efectos de variaciones climáticas y como estas pueden influir en la recuperación de los bosques frente a los incendios.

Realizar algún tipo de clasificación mediante grupos funcionales permitiría conocer de mejor manera las funciones que realizan los diversos artrópodos en los ecosistemas, junto con considerar el efecto de variables ambientales.

El orden Coleoptera corresponde a un grupo utilizado generalmente para indicar algún tipo de problemas de perturbación en un ecosistema (Dávila et al., 2022),

por ende, se propone utilizar este orden como bioindicador. Al ser bien diverso es necesario realizar identificaciones a nivel de familia y especie lo cual puede otorgar mayor precisión.

V. CONCLUSIONES

Los incendios forestales tuvieron un efecto significativo en la abundancia de artrópodos en el bosque de roble. No obstante, para el caso de la riqueza, no hubo diferencias en ninguna de las condiciones.

Los artrópodos pueden ser considerados como indicadores para este tipo de estudios, debido a que tienen una serie de características ecológicas que les permiten evaluar su capacidad de respuesta frente a los distintos tipos de disturbios en diversos ecosistemas.

Se ha visto en otros estudios que los bosques nativos sometidos a procesos de restauración ecológica aumentan la diversidad de artrópodos. Por lo tanto, se pueden utilizar para monitorear el proceso de recuperación de estos bosques a través del tiempo.

VI. GLOSARIO

Abundancia: corresponde al número de individuos de una especie determinada.

Estabilidad atmosférica: término utilizado en meteorología para referirse a una masa de aire presente en la atmosfera que se resiste al movimiento vertical.

Detritívoros: organismos que se alimentan de materia organica en estado de descomposición.

Hematófagas: individuos que se alimentan de sangre.

Pitfall: corresponde a un tipo de muestreo utilizado para la captura de individuos que viven en la superficie del suelo.

Riqueza: corresponde al número de especies diferentes que se encuentran presentes en un entorno determinado.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Arbea, J. I., & Blasco-Zumeta, J. (2001). Ecología de los colémbolos (hexápoda, Collembola) en los Monegros (Zaragoza, España). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 28(2001), 35-48.
- Arnold, K. T., Murphy, N. P., & Gibb, H. (2017). Post-fire recovery of litter detritivores is limited by distance from burn edge. *Austral Ecology*, 42(1), 94-102.
- Bieber, B. V., Vyas, D. K., Koltz, A. M., Burkle, L. A., Bey, K. S., Guzinski, C., Murphy, S. M., & Vidal, M. C. (2023). Increasing prevalence of severe fires change the structure of arthropod communities: Evidence from a meta-analysis. *Functional Ecology*, 37(8), 2096-2109.
- Buckingham, S., Murphy, N., & Gibb, H. (2015). The effects of fire severity on macroinvertebrate detritivores and leaf litter decomposition. *PLoS One*, 10(4), e0124556.
- Buddle, C. M., Spence, J. R., & Langor, D. W. (2000). Succession of boreal forest spider assemblages following wildfire and harvesting. *Ecography*, 23(4), 424-436.
- Bozinovic, F., & Cavieres, L. (2019). La vulnerabilidad de los organismos al cambio climático: rol de la fisiología y la adaptación. *Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Ciencias Biológicas. Center of Applied Ecology and Sustainability (CAPES) y Universidad de Concepción Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas. Instituto de Ecología y Biodiversidad.*
- Carles-Tolrá, M., & Hjorth-Andersen, M. (2015). Orden díptera. *Revista Ide@-SEA*, 63, 1-22.

- Cassagne, N., Gers, C., & Gauquelin, T. (2003). Relationships between Collembola, soil chemistry and humus types in forest stands (France). *Biology and Fertility of Soils*, 37(6), 355-361. <https://doi.org/10.1007/s00374-003-0610-9>
- Castillo, M., Pedernera, P., & Pena, E. (2003). Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 19(3), 44-53.
- Castillo, M., Saavedra, J., & Brull, J. (2019). Severidad del fuego en los mega incendios forestales ocurridos en Chile, en 2017. Acciones para mejorar el sistema de protección. *Territorium*(26 (I)), 5-18.
- Certini, G., Moya, D., Lucas-Borja, M. E., & Mastrodonato, G. (2021). The impact of fire on soil-dwelling biota: A review. *Forest Ecology and Management*, 488. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.118989>
- Costafreda-Aumedes, S., Comas, C., & Vega-Garcia, C. (2017). Human-caused fire occurrence modelling in perspective: a review. *International Journal of Wildland Fire*, 26(12). <https://doi.org/10.1071/wf17026>
- Dávila, G. D. L. C. C., Rendón, J. A. S., & de León Lima, D. P. (2022). Macrofauna edáfica: composición, variación y utilización como bioindicador según el impacto del uso y calidad del suelo. *Acta Botánica Cubana*, 221.
- Egorov, L. V., Ruchin, A. B., & Fayzulin, A. I. (2024). Post-Fire Coleoptera Fauna in Central Russian Forests after the 2021 Fires (Study Using Beer Traps). *Insects*, 15(6), 420.
- Hammer, O., Harper, D., & Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 1-9.

- Hammond, H. J., Langor, D. W., & Spence, J. R. (2017). Changes in saproxylic beetle (Insecta: Coleoptera) assemblages following wildfire and harvest in boreal *Populus* forests. *Forest Ecology and Management*, *401*, 319-329.
- Hawkins, B. A., Field, R., Cornell, H. V., Currie, D. J., Guegan, J-F., Kaufman, D. M., Kerr, J. T., Mittelbach, G. G., Oberdorff, T., O'Brien, E. M., Porter, E. E., & Turner, J. R. G. (2003). Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology*, *84*(12), 3105–3117. <https://doi.org/10.1890/03-8006>
- Hoye, T. T., Loboda, S., Koltz, A. M., Gillespie, M. A. K., Bowden, J. J., & Schmidt, N. M. (2021, Jan 12). Nonlinear trends in abundance and diversity and complex responses to climate change in Arctic arthropods. *Proc Natl Acad Sci U S A*, *118*(2). <https://doi.org/10.1073/pnas.2002557117>
- Jeréz, V., Zúñiga-Reinoso, Á., Muñoz-Escobar, C., & Pizarro-Araya, J. (2015). Acciones y avances sobre la conservación de insectos en Chile. *Gayana (Concepción)*, *79*(1), 1-3.
- Koltz, A. M., Burkle, L. A., Pressler, Y., Dell, J. E., Vidal, M. C., Richards, L. A., & Murphy, S. M. (2018). Global change and the importance of fire for the ecology and evolution of insects. *Current opinion in insect science*, *29*, 110-116.
- Kral, K. C., Limb, R. F., Harmon, J. P., & Hovick, T. J. (2017). Arthropods and fire: previous research shaping future conservation. *Rangeland Ecology & Management*, *70*(5), 589-598.
- Larsen, K. J., & Work, T. W. (2003). Differences in ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of original and reconstructed tallgrass prairies in northeastern Iowa, USA, and impact of 3-year spring burn cycles. *Journal of insect conservation*, *7*, 153-166.

- Menta, C., & Remelli, S. (2020). Soil Health and Arthropods: From Complex System to Worthwhile Investigation. *Insects*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/insects11010054>
- Mora, J. E. G. (2020). Incendios forestales: causas e impactos. *El Antoniano*, 135(1), 68-113.
- Murphy, S. M., Richards, L. A., & Wimp, G. M. (2020). Editorial: Arthropod Interactions and Responses to Disturbance in a Changing World. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00093>
- Palacios-Vargas, J. G. (2014). Biodiversidad de Collembola (Hexapoda: Entognatha) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 220-231.
- Parisi, F., Frate, L., Lombardi, F., Tognetti, R., Campanaro, A., Biscaccianti, A. B., & Marchetti, M. (2020). Diversity patterns of Coleoptera and saproxylic communities in unmanaged forests of Mediterranean mountains. *Ecological Indicators*, 110, 105873.
- Pausas, J. G. (2020). *Incendios forestales*. Los libros de la Catarata.
- Pausas, J. G., & Parr, C. L. (2018). Towards an understanding of the evolutionary role of fire in animals. *Evolutionary Ecology*, 32(2-3), 113-125. <https://doi.org/10.1007/s10682-018-9927-6>
- Pearce, J. L., & Venier, L. A. (2006). The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: a review. *Ecological indicators*, 6(4), 780-793.
- Perveen, F., & Khan, A. (2021). Introductory chapter: diptera. *The Wonders of Diptera-Characteristics, Diversity, and Significance for the World's Ecosystems*.

Ribera, I., Melic, A., & Torralba, A. (2015). Introducción y guía visual de los artrópodos. *Revista Ide@-SEA*, 2(1).

RStudio Team. (2023). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC. <http://www.rstudio.com/>

Ruchin, A. B., Egorov, L. V., MacGowan, I., Makarkin, V. N., Antropov, A. V., Gornostaev, N. G., Khapugin, A. A., Dvorak, L., & Esin, M. N. (2021, Oct 29). Post-fire insect fauna explored by crown fermental traps in forests of the European Russia. *Sci Rep*, 11(1), 21334. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00816-3>

Santibáñez, F. (2017). Atlas agroclimático de Chile. Estado actual y tendencias del clima. Tomo IV: Regiones del Biobío y de La Araucanía. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas : FIA.

Stork, N. E. (2018, Jan 7). How Many Species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth? *Annu Rev Entomol*, 63, 31-45. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043348>

Thompson, H. M., Lesser, M. R., Myers, L., & Mihuc, T. B. (2022). Insect Community Response Following Wildfire in an Eastern North American Pine Barrens. *Forests*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/f13010066>

Valderrama, L., Contreras-Reyes, J., & Carrasco, R. (2018). Ecological Impact of Forest Fires and Subsequent Restoration in Chile. *Resources*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/resources7020026>

Vasconcellos, R. L. F., Segat, J. C., Bonfim, J. A., Baretta, D., & Cardoso, E. J. B. N. (2013). Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. *European Journal of Soil Biology*, 58, 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2013.07.001>

Vergara, O. E., Jerez, V., & Parra, L. E. (2006). Diversidad y patrones de distribución de coleópteros en la Región del Biobío, Chile: una aproximación preliminar para la conservación de la diversidad. *Revista chilena de historia natural*, 79(3), 369-388.

VIII. APÉNDICE

Tabla A.1. Análisis SIMPER mes de octubre. Average: promedio de la contribución de cada variable a la disimilitud entre los grupos. Sd: desviación estándar. Ratio: razón entre el promedio y la desviación estándar. Ava y avb: representan la abundancia promedio de la variable en el primer y segundo grupo. Cumsum: porcentaje acumulado de la contribución de cada variable a la disimilitud total. P: valor que indica la significancia estadística.

Contraste:BPQ-BPNQ							
Orden	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum	p
Collembola	0,188	0,145	1,296	4,556	3,111	0,301	0,071
Diptera	0,183	0,163	1,122	3,000	5,000	0,595	0,693
Araneae	0,082	0,081	1,017	1,778	0,778	0,726	0,085
Coleoptera	0,070	0,076	0,919	0,889	1,667	0,839	0,926
Hymenoptera	0,052	0,055	0,942	0,556	0,889	0,922	0,859
Acari	0,035	0,048	0,723	0,667	0,111	0,978	0,013
Orthoptera	0,009	0,029	0,313	0,000	0,111	0,993	0,640
Hemiptera	0,004	0,013	0,339	0,000	0,111	1,000	0,940

Tabla A.2. Análisis SIMPER mes de octubre. Average: promedio de la contribución de cada variable a la disimilitud entre los grupos. Sd: desviación estándar. Ratio: razón entre el promedio y la desviación estándar. Ava y avb: representan la abundancia promedio de la variable en el primer y segundo grupo. Cumsum: porcentaje acumulado de la contribución de cada variable a la disimilitud total. P: valor que indica la significancia estadística.

Contraste:BPQ-BRQ							
Orden	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum	p
Collembola	0,200	0,168	1,195	4,556	4,111	0,281	0,028
Coleoptera	0,176	0,165	1,071	0,889	4,556	0,529	0,002
Diptera	0,109	0,076	1,433	3,000	0,667	0,681	0,999
Hymenoptera	0,098	0,108	0,913	0,556	3,000	0,820	0,051
Araneae	0,087	0,076	1,137	1,778	0,000	0,941	0,038
Acari	0,033	0,047	0,705	0,667	0,000	0,987	0,025
Hemiptera	0,005	0,013	0,338	0,000	0,111	0,994	0,925
Orthoptera	0,005	0,013	0,338	0,000	0,111	1,000	0,924

Tabla A.3. Análisis SIMPER mes de octubre. Average: promedio de la contribución de cada variable a la disimilitud entre los grupos. Sd: desviación estándar. Ratio: razón entre el promedio y la desviación estándar. Ava y avb: representan la abundancia promedio de la variable en el primer y segundo grupo. Cumsum: porcentaje acumulado de la contribución de cada variable a la disimilitud total. P: valor que indica la significancia estadística.

Contraste:BPQ-BRNQ							
Orden	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum	p
Diptera	0,246	0,150	1,632	3,000	10,778	0,396	0,030
Collembola	0,113	0,101	1,121	4,556	1,778	0,579	0,922
Araneae	0,063	0,058	1,080	1,778	2,778	0,680	0,606
Coleoptera	0,058	0,080	0,718	0,889	2,111	0,773	0,979
Hymenoptera	0,052	0,047	1,109	0,556	1,778	0,857	0,842
Scorpiones	0,038	0,033	1,161	0,000	1,111	0,918	<0,001
Acari	0,021	0,027	0,805	0,667	0,222	0,952	0,380
Hemiptera	0,017	0,020	0,816	0,000	0,444	0,979	0,029
Orthoptera	0,013	0,016	0,839	0,000	0,444	1,000	0,328

Tabla A.4. Análisis SIMPER mes de octubre. Average: promedio de la contribución de cada variable a la disimilitud entre los grupos. Sd: desviación estándar. Ratio: razón entre el promedio y la desviación estándar. Ava y avb: representan la abundancia promedio de la variable en el primer y segundo grupo. Cumsum: porcentaje acumulado de la contribución de cada variable a la disimilitud total. P: valor que indica la significancia estadística.

Contraste: BPNQ-BRQ							
Orden	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum	p
Collembola	0,184	0,165	1,118	3,111	4,111	0,275	0,094
Diptera	0,166	0,183	0,910	5,000	0,667	0,523	0,860
Coleoptera	0,163	0,156	1,046	1,667	4,556	0,767	0,011
Hymenoptera	0,099	0,104	0,954	0,889	3,000	0,915	0,049
Araneae	0,027	0,036	0,750	0,778	0,000	0,955	1,000
Orthoptera	0,012	0,029	0,412	0,111	0,111	0,973	0,399
Acari	0,010	0,032	0,310	0,111	0,000	0,988	0,902
Hemiptera	0,008	0,017	0,470	0,111	0,111	1,000	0,753

Tabla A.5. Análisis SIMPER mes de octubre. Average: promedio de la contribución de cada variable a la disimilitud entre los grupos. Sd: desviación estándar. Ratio: razón entre el promedio y la desviación estándar. Ava y avb: representan la abundancia promedio de la variable en el primer y segundo grupo. Cumsum: porcentaje acumulado de la contribución de cada variable a la disimilitud total. P: valor que indica la significancia estadística.

Contraste: BPNQ-BRNQ							
Orden	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum	p
Diptera	0,264	0,148	1,785	5,000	10,778	0,424	0,007
Collembola	0,086	0,073	1,178	3,111	1,778	0,563	0,992
Araneae	0,081	0,069	1,177	0,778	2,778	0,694	0,093
Coleoptera	0,065	0,074	0,883	1,667	2,111	0,798	0,954
Hymenoptera	0,047	0,046	1,028	0,889	1,778	0,874	0,916
Scorpiones	0,038	0,033	1,143	0,000	1,111	0,935	<0,001
Hemiptera	0,017	0,020	0,820	0,111	0,444	0,962	0,025
Orthoptera	0,014	0,017	0,824	0,111	0,444	0,984	0,239
Acari	0,010	0,017	0,575	0,111	0,222	1,000	0,907

Tabla A.6. Análisis SIMPER mes de octubre. Average: promedio de la contribución de cada variable a la disimilitud entre los grupos. Sd: desviación estándar. Ratio: razón entre el promedio y la desviación estándar. Ava y avb: representan la abundancia promedio de la variable en el primer y segundo grupo. Cumsum: porcentaje acumulado de la contribución de cada variable a la disimilitud total. P: valor que indica la significancia estadística.

Contraste:BRQ-BRNQ							
Orden	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum	p
Diptera	0,297	0,129	2,304	0,667	10,778	0,387	0,000
Coleoptera	0,117	0,103	1,129	4,556	2,111	0,540	0,333
Collembola	0,106	0,105	1,011	4,111	1,778	0,678	0,957
Araneae	0,095	0,063	1,503	0,000	2,778	0,801	0,007
Hymenoptera	0,078	0,076	1,032	3,000	1,778	0,904	0,354
Scorpiones	0,037	0,032	1,153	0,000	1,111	0,952	<0,001
Hemiptera	0,016	0,020	0,824	0,111	0,444	0,974	0,029
Orthoptera	0,014	0,016	0,856	0,111	0,444	0,991	0,287
Acari	0,007	0,013	0,511	0,000	0,222	1,000	0,956

Tabla A.7. Análisis SIMPER mes de diciembre. Average: promedio de la contribución de cada variable a la disimilitud entre los grupos. Sd: desviación estándar. Ratio: razón entre el promedio y la desviación estándar. Ava y avb: representan la abundancia promedio de la variable en el primer y segundo grupo. Cumsum: porcentaje acumulado de la contribución de cada variable a la disimilitud total. P: valor que indica la significancia estadística.

Contraste:BPQ-BPNQ							
Orden	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum	p
Diptera	0,135	0,124	1,087	8,625	5,500	0,277	0,481
Araneae	0,104	0,071	1,470	2,250	4,750	0,491	0,370
Coleoptera	0,082	0,068	1,202	1,500	3,625	0,659	0,277
Collembola	0,077	0,072	1,074	0,625	3,250	0,817	0,457
Hymenoptera	0,060	0,045	1,341	1,000	2,500	0,939	0,851
Hemiptera	0,022	0,033	0,684	1,000	0,250	0,985	0,785
Scorpiones	0,007	0,014	0,519	0,000	0,250	1,000	0,754

Tabla A.8. Análisis SIMPER mes de diciembre. Average: promedio de la contribución de cada variable a la disimilitud entre los grupos. Sd: desviación estándar. Ratio: razón entre el promedio y la desviación estándar. Ava y avb: representan la abundancia promedio de la variable en el primer y segundo grupo. Cumsum: porcentaje acumulado de la contribución de cada variable a la disimilitud total. P: valor que indica la significancia estadística.

Contraste:BPQ-BRQ							
Orden	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum	p
Diptera	0,180	0,131	1,381	8,625	5,375	0,320	0,022
Collembola	0,105	0,077	1,370	0,625	3,750	0,505	0,013
Hymenoptera	0,094	0,067	1,405	1,000	3,625	0,672	0,005
Coleoptera	0,077	0,057	1,355	1,500	3,250	0,809	0,421
Araneae	0,061	0,052	1,164	2,250	0,625	0,917	0,996
Hemiptera	0,036	0,035	1,009	1,000	0,875	0,980	0,411
Orthoptera	0,012	0,021	0,546	0,000	0,375	1,000	0,891

Tabla A.9. Análisis SIMPER mes de diciembre. Average: promedio de la contribución de cada variable a la disimilitud entre los grupos. Sd: desviación estándar. Ratio: razón entre el promedio y la desviación estándar. Ava y avb: representan la abundancia promedio de la variable en el primer y segundo grupo. Cumsum: porcentaje acumulado de la contribución de cada variable a la disimilitud total. P: valor que indica la significancia estadística.

Contraste:BPQ-BRNQ							
Orden	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum	p
Diptera	0,167	0,144	1,159	8,625	2,625	0,299	0,090
Araneae	0,118	0,110	1,074	2,250	4,500	0,510	0,109
Coleoptera	0,074	0,060	1,227	1,500	2,750	0,642	0,537
Hymenoptera	0,070	0,051	1,365	1,000	2,500	0,768	0,423
Hemiptera	0,045	0,074	0,608	1,000	0,625	0,848	0,136
Orthoptera	0,040	0,039	1,026	0,000	1,125	0,920	0,001
Collembola	0,025	0,025	1,003	0,625	0,500	0,965	1,000
Scorpiones	0,019	0,029	0,661	0,000	0,500	1,000	0,019

Tabla A.10. Análisis SIMPER mes de diciembre. Average: promedio de la contribución de cada variable a la disimilitud entre los grupos. Sd: desviación estándar. Ratio: razón entre el promedio y la desviación estándar. Ava y avb: representan la abundancia promedio de la variable en el primer y segundo grupo. Cumsum: porcentaje acumulado de la contribución de cada variable a la disimilitud total. P: valor que indica la significancia estadística.

Contraste: BPNQ-BRQ							
Orden	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum	p
Araneae	0,114	0,061	1,853	4,750	0,625	0,224	0,438
Diptera	0,112	0,061	1,842	5,500	5,375	0,445	0,959
Collembola	0,093	0,065	1,421	3,250	3,750	0,628	0,371
Coleoptera	0,079	0,056	1,413	3,625	3,250	0,785	0,576
Hymenoptera	0,071	0,055	1,292	2,500	3,625	0,924	0,799
Hemiptera	0,022	0,024	0,942	0,250	0,875	0,969	0,014
Orthoptera	0,010	0,018	0,544	0,000	0,375	0,988	0,632
Scorpiones	0,006	0,012	0,530	0,250	0,000	1,000	0,068

Tabla A.11. Análisis SIMPER mes de diciembre. Average: promedio de la contribución de cada variable a la disimilitud entre los grupos. Sd: desviación estándar. Ratio: razón entre el promedio y la desviación estándar. Ava y avb: representan la abundancia promedio de la variable en el primer y segundo grupo. Cumsum: porcentaje acumulado de la contribución de cada variable a la disimilitud total. P: valor que indica la significancia estadística.

Contraste:BPNQ-BRNQ							
Orden	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum	p
Araneae	0,101	0,075	1,356	4,750	4,500	0,209	0,644
Diptera	0,092	0,073	1,263	5,500	2,625	0,399	0,105
Coleoptera	0,079	0,063	1,242	3,625	2,750	0,561	0,045
Collembola	0,073	0,068	1,069	3,250	0,500	0,711	0,510
Hymenoptera	0,061	0,042	1,450	2,500	2,500	0,838	0,913
Orthoptera	0,033	0,032	1,023	0,000	1,125	0,906	0,335
Hemiptera	0,028	0,053	0,532	0,250	0,625	0,964	0,011
Scorpiones	0,017	0,023	0,770	0,250	0,500	1,000	0,121

Tabla A.12. Análisis SIMPER mes de diciembre. Average: promedio de la contribución de cada variable a la disimilitud entre los grupos. Sd: desviación estándar. Ratio: razón entre el promedio y la desviación estándar. Ava y avb: representan la abundancia promedio de la variable en el primer y segundo grupo. Cumsum: porcentaje acumulado de la contribución de cada variable a la disimilitud total. P: valor que indica la significancia estadística.

Contraste:BRQ-BRNQ							
Orden	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum	p
Diptera	0,121	0,087	1,390	5,375	2,625	0,219	0,646
Araneae	0,118	0,101	1,167	0,625	4,500	0,433	0,105
Collembola	0,098	0,069	1,423	3,750	0,500	0,610	0,043
Hymenoptera	0,068	0,054	1,266	3,625	2,500	0,734	0,517
Coleoptera	0,059	0,049	1,207	3,250	2,750	0,840	0,914
Hemiptera	0,038	0,053	0,716	0,875	0,625	0,910	0,332
Orthoptera	0,034	0,031	1,073	0,375	1,125	0,971	0,011
Scorpiones	0,016	0,024	0,665	0,000	0,500	1,000	0,125