



Universidad Nacional de Río Negro- Sede Atlántica

Tesis de Grado, Licenciatura en Ciencias del Ambiente

ARTRÓPODOS EDÁFICOS DEL VALLE DE RIO NEGRO ASOCIADOS A CULTIVOS DE CEBOLLA (*Allium cepa*)

Georgina Daniela Tomas

georgina.d.tomas@gmail.com

Director: Diego E. Birochio

dbirochio@unrn.edu.ar

Co Director: Germán P. Balbarrey

balbarrey.german@inta.gob.ar

2017

AGRADECIMIENTOS

Con la satisfacción de una etapa cumplida y por el camino compartido deseo expresar mi agradecimiento a:

- o Mi familia, mis hermanas Cristela y Alexandra y mi hermano José por su compañía, comprensión y aliento.
- o Diego Castro por su comprensión y acompañamiento día a día en esta última etapa.
- o Diego Birochio y Germán Balbarrey por la oportunidad que me brindaron de aprender junto a ellos, la confianza que depositaron en mí y sobre todo por su paciencia.
- o Mónica Añazgo de la Universidad Nacional del Comahue por cada viaje y experiencia compartida.
- o Alí Velázquez y su padre por permitirme trabajar en su campo, aún sin entender los objetivos de mi investigación
- o Sabrina Picone, Melisa Szmullewicz, y Marianelén Cedrés quienes con su amistad supieron facilitarme el camino y acompañarme hasta esta etapa.
- o A cada persona que me facilitó los viajes desde Guardia Mitre para poder cursar o rendir cada materia sin tener que permanecer lejos de mis seres queridos.
- o Arturo Duguetti del INTA Ascasubi por sus sugerencias, su asistencia y por facilitarme imágenes de sus investigaciones.
- o Julia Bazzani y Patricio Solimano de la Facultad de Ciencias Naturales de La Plata por facilitarme bibliografía y por sus sugerencias.
- o Carlos Bezic de Ingeniería Agronómica de la UNRN por sus aportes.
- o Ariel Gajardo del CURZA por su ayuda en los trabajos de campo y por todo su cariño y colaboración desinteresada.
- o A la Universidad Nacional de Río Negro por haberme permitido vivir una etapa tan preciada y realizar mis estudios en un ambiente tan comfortable.
- o A las becas CIN de estímulo a las vocaciones científicas por haberme facilitado la finalización de éste trabajo.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
Agradecimientos	1
Índice general	2
Índice de mapas, figuras y tablas	4
Resumen	5
Introducción general	6
Hipótesis	9
Objetivos	9
Objetivo general	9
Objetivos específicos	9
Materiales y métodos	9
Área de estudio	9
Descripción climatológica	11
Características de paisaje y edáficas	13
Descripción del trabajo de campo y metodología de muestreo	14
Momentos de cultivo evaluados	16
Primera fase del trabajo (muestreo en cultivo)	16
Segunda fase del trabajo (incorporación de bordes)	16
Identificación de los artrópodos	17
Análisis de la información	17
Caracterización de los grupos de artrópodos	18
Abundancia de los grupos de artrópodos en la primera fase del trabajo	18
Abundancia de artrópodos en relación a los momentos de desarrollo del cultivo de cebolla	18
Efecto de la perturbación del suelo sobre los artrópodos	18
Diversidad y similitud de las comunidades de artrópodos	19
Resultados y discusión	19
Identificación y caracterización de artrópodos	20
Abundancia de los grupos de artrópodos en la primera fase del trabajo	25
Abundancia de artrópodos en relación a los momentos de desarrollo del cultivo de cebolla	26

Efecto de la perturbación del suelo sobre los artrópodos	28
Diversidad y similitud de las comunidades de artrópodos	31
Conclusiones	33
Bibliografía	34

ÍNDICE DE MAPAS, FIGURAS Y TABLAS

REFERENCIA	PÁGINA
Mapa 1	10
Mapa 2	11
Figura 1	13
Figura 2	14
Figura 3	15
Figura 4	17
Tabla I	20
Figura 5a	23
Figura 5b	24
Figura 6	25
Figura 7	26
Figura 8	26
Figura 9	28
Figura 10a	29
Figura 10b	30
Figura 11	31
Tabla II	32

RESUMEN

La gran abundancia y variedad de especies de artrópodos existentes forman parte esencial en los ecosistemas, cumpliendo roles de vital importancia como el mantenimiento de la estructura y fertilidad de los suelos, la polinización, el ciclo de los nutrientes, entre otros. En los últimos tiempos los sistemas de labranza se han intensificado generando un deterioro en la diversidad y abundancia de artrópodos del suelo. En el Valle Inferior de Río Negro la actividad principal es el cultivo intensivo de cebolla que se realiza sin el debido tiempo de descanso del suelo ni rotación de cultivos, lo que deteriora más rápidamente la calidad del suelo, pudiendo afectar la comunidad de artrópodos edáficos. En la actualidad no existen, en la porción norte de la Patagonia, estudios específicos sobre la temática.

El siguiente estudio comprende una serie de muestreos de artrópodos en los suelos de cultivos de cebolla (*Allium cepa*), en dos establecimientos del sector de chacras cercano a la localidad de Viedma- Río Negro, conocido como IDEVI, durante trece meses, a lo largo de tres años (2012-2014), bajo la premisa de caracterizar la fauna de artrópodos. Sobre los datos obtenidos se utilizaron técnicas estadísticas y gráficos descriptivos además de análisis multivariados exploratorios.

Las trampas utilizadas para llevar a cabo los muestreos fueron trampas de caída del tipo pit fall. En una primera fase del muestreo (octubre de 2012 a agosto de 2013) solo se colocaron trampas dentro de los cultivos de cebolla obteniendo una totalidad de 4145 artrópodos, y en una segunda fase, en la que se incorporaron trampas en los bordes de los cultivos se capturaron un total de 11093 individuos.

Las colectas de datos fueron realizadas durante todos los estadios del cultivo de cebolla. A saber; Descanso invernal, Implantación del cultivo, Bulbificación y Cosecha.

De la totalidad de artrópodos recolectados los Colémbolos resultaron los más frecuentes, seguidos por Coleópteros y Formícidos, mientras que larvas de Lepidóptero y Opiliones resultaron los grupos minoritarios. Esta situación arrojó un primer indicio de la situación de disturbio provocado por el sistema de labranza, en relación a otras investigaciones. El análisis de agrupamiento permitió visualizar que en ambos sitios la situación de Borde presenta mayor riqueza de artrópodos, posiblemente asociado a un grado menor de disturbio.

Palabras Clave: **Invertebrados del suelos; Abundancia; Diversidad; Sistemas productivos intensivos.**

INTRODUCCIÓN GENERAL

Los invertebrados forman una parte esencial de todos los ecosistemas. La gran abundancia y variedad de especies existentes cumplen roles de vital importancia en la estructura y fertilidad de los suelos, la polinización de plantas, el ciclo de los nutrientes y la descomposición de la materia orgánica (Greenslade 1992; Ayal y col. 2007). Dentro de los invertebrados el grupo de los artrópodos, constituido por animales con cuerpo segmentado, patas articuladas y un exoesqueleto de quitina, son quienes determinan en gran medida la composición biológica de los ecosistemas, actuando como base para el desarrollo de otros niveles de los mismos.

Las actividades agrícolas pueden tener diversos efectos sobre los invertebrados del suelo. Por un lado, su actividad e interacción con la microflora pueden verse beneficiadas con los sistemas de labranza convencional, en los casos que exista la presencia de una cubierta vegetal que proporcione un ambiente continuo, tanto en el espacio como en el tiempo. A su vez, estos animales, afectan la descomposición de los residuos vegetales directamente a través de la ingestión, trituración y redistribución de la materia orgánica actuando, indirectamente en la dinámica de los hongos y de las bacterias (Gizzi, y col. 2009). Asimismo, otras especies tienen relevancia por su participación en la degradación de detritus y en el ciclo de los nutrientes (Ayal 2007; Lavelle y col 2006; Cerón Rincón y col. 2012)

Por otra parte, el cultivo del suelo y la aplicación de pesticidas constituyen una seria amenaza para algunos de los grupos de estos animales, por caso arañas y coleópteros considerados indicadores de funcionalidad en los sistemas agroecológicos y que actúan como predadores naturales de algunas especies plaga de la agricultura, (Symondson, y col. 2002 en Thorbek y col 2004; Ayal 2007; Lavelle y col 2006). En este marco, la agricultura convencional puede tener efectos negativos sobre muchos de sus componentes.

A partir de la segunda mitad del siglo XX los sistemas de labranza convencional se vieron modificados significativamente con la utilización de agroquímicos, que, sumado a otras tecnologías como la siembra directa, generaron cambios en los sistemas de producción, con mayor grado de intensificación, alterando de forma irreversible la estructura de los suelos agrícolas, con la principal consecuencia en el deterioro de diversidad y abundancia de especies de artrópodos (Kleine1 2001).

La conservación de la biodiversidad es esencial no solo por razones éticas, sino, en especial, por los múltiples servicios que brinda la diversidad de organismos. Si bien ha sido demostrado que los cambios generados por la agricultura sobre el funcionamiento de los ecosistemas pueden llevar a la extinción de especies, tanto animales como vegetales (Retho, y col. 2008) los estudios abocados a estos impactos siguen siendo insuficientes. Desde esta perspectiva es que resulta esencial y urgente generar información acerca de los efectos directos e indirectos que produce la actividad agrícola sobre los componentes bióticos del sistema, teniendo en cuenta que está siendo afectado uno de los pilares más importantes de la ecología, la biodiversidad.

La horticultura rionegrina ocupó en 2010 un total de 7505 hectáreas, de las cuales el 21% correspondió al Valle Inferior del Río Negro, siendo, desde hace varios años, la cebolla (*Allium cepa*), el cultivo de mayor relevancia económica, representando un 67 % de la superficie cultivada (Villegas Nigra y col, 2011). En nuestra región, así como en el resto del país, esta producción se lleva a cabo de manera similar en cuanto a la aplicación de agroquímicos y rotación de cultivos. Por esta razón, es que los efectos negativos sobre la biodiversidad y en consecuencia sobre el funcionamiento normal de los ecosistemas, se podrían ver incrementados. No obstante, es escasa o nula la información existente hasta el momento sobre este grupo de animales para esta región del país. Los sistemas de producción que incluyen lotes con cultivo de cebolla, tienen características que los colocan en una situación de alta vulnerabilidad tanto desde el punto de vista productivo como a nivel social. Chacras enmalezadas al punto que se torna inviable la producción de hortalizas (Bezic 2008), una dependencia muy alta de los herbicidas postemergentes principalmente, con dudas acerca de su efectividad y empleo de dosis muy altas o mezclas inadecuadas (Dall Armellina y col 2008) afectan negativamente los rendimientos y asociados a su elevado costo, terminan comprometiendo la rentabilidad de los emprendimientos y de las empresas en su conjunto (Bezic y col. 2008).

Como marco de referencia para la presente investigación utilizaremos el concepto de producción sustentable. La producción agrícola sustentable permite el mantenimiento de la aptitud del medio productivo sin perjudicar al ambiente y alcanzando a satisfacer las necesidades socio-económicas de los productores. Sin embargo, el verdadero desarrollo sustentable se reconoce en la diversidad, la autosuficiencia, el control y participación local, la democracia de base y la autonomía (Barkin.1998), por lo que todo forma parte

de un proceso complejo en el que la biodiversidad cumple un papel sumamente importante. La falta de conocimiento acerca de cada componente del sistema atenta directamente sobre la misma y por lo tanto dificulta la obtención de un verdadero desarrollo sustentable.

Surge así, el desafío de plantear estrategias que permitan, más allá de la producción, el desarrollo de agro-ecosistemas que sean también sustentables. No obstante, lograr este objetivo implica una cuantificación y análisis objetivo de cada componente (Sarandon y col 2009). En este contexto, ha sido desarrollado el empleo de indicadores biológicos, que de acuerdo a lo propuesto por Hodkinson (2005), son aquellas especies o grupos de especies que reflejan los niveles bióticos y abióticos de contaminación de un ambiente de manera que la misma, puede verse reflejada en la modificación de alguna característica, por caso, sus abundancias. Greensdale (2007), también menciona que un buen bioindicador tiene que reunir al menos las siguientes características: sensibilidad, representatividad e importancia funcional en los ecosistemas y deben ser fáciles de coleccionar e identificar. En este contexto, es que, los invertebrados son usados con frecuencia para monitorear los ambientes manejados, debido a su gran abundancia, facilidad de muestreo y diversidad y, en especial, por su sensibilidad a los disturbios (Herrera 2011; Brown 1997; McGeoch 1998). Así por ejemplo, los colémbolos (Clase Hexapoda), son muy vulnerables a los efectos de los contaminantes, estando relacionados directamente con la salud edáfica (Bengtsson y col, 1984). Asimismo, las arañas y opiliones (Clase Chelicerata, Orden Arachnida), importantes componentes de las redes tróficas de los agroecosistemas por su rol de predadores sobre otros artrópodos especies plagas de la agricultura, que pueden verse afectados por las actividades culturales, lo que sugiere su posible empleo como indicadores en eventuales acciones de conservación (Rodríguez y col 2006). Finalmente, los isópodos terrestres (Clase Crustacea, Orden Isópoda) han sido sugeridos como indicadores de contaminación del suelo puesto que se ven afectados en algunos de sus parámetros no solo por los insecticidas sino también por herbicidas (Paoletti y Hassall 1999; Loureiro y col 2005).

Hasta la fecha, no existen estudios en la porción norte de la Patagonia en los que se analicen en primer lugar, la composición, y en segundo la abundancia de la comunidad de artrópodos edáficos asociados a cultivos intensivos de cebolla. También es inexistente la información colectada de manera sistemática que informe sobre la potencial utilidad de este tipo de organismos como potenciales indicadores en

agroecosistemas manejados intensivamente.

HIPOTESIS

La abundancia y diversidad de artrópodos edáficos es afectada negativamente por las prácticas de manejo en sistemas productivos intensivos del Valle inferior del río Negro.

OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar la fauna de artrópodos edáficos, asociada a cultivos de cebolla (*Allium cepa*) en dos establecimientos del Valle inferior del río Negro.

Objetivos específicos

- o Establecer los principales grupos de artrópodos edáficos correspondientes a los individuos recolectados en cada establecimiento.
- o Estudiar la abundancia de los principales grupos de artrópodos en relación a los momentos de desarrollo del cultivo de cebolla (bulbificación, descanso invernal y siembra).
- o Evaluar el efecto de la perturbación generada por las prácticas de manejo en sistemas de producción intensivos sobre los grupos de artrópodos.

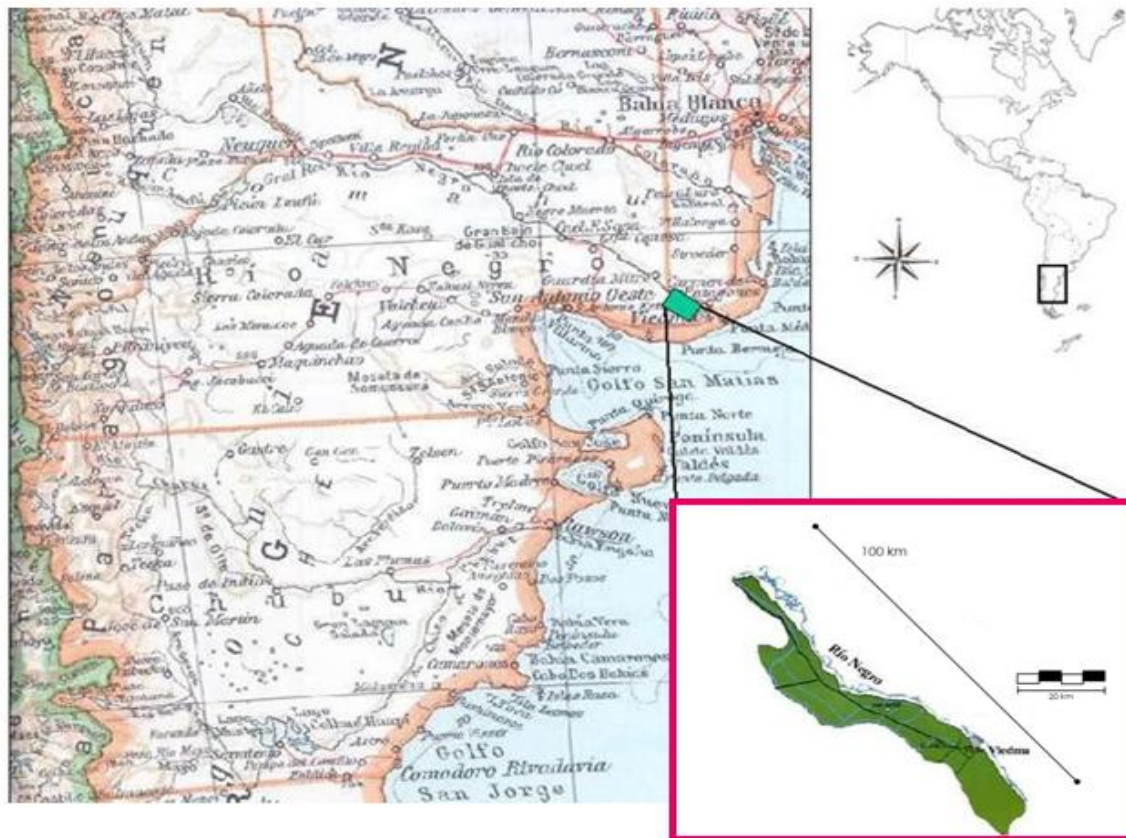
MATERIALES Y MÉTODOS

I- Área de estudio

El trabajo fue desarrollado en el valle Inferior de Río Negro, ubicado en el último tramo del río homónimo y que está comprendido, desde el paraje conocido como Primera Angostura hasta la desembocadura en el Océano Atlántico. Se encuentra entre los 40° 36' y 40° 48' de latitud Sur y 63° 00' y 63° 30' de longitud Oeste (Mapa 1).

El valle se extiende en dirección NO-SE con una longitud de 100km y un ancho medio de 8km, lo que hace una superficie total de aproximadamente 80.000 has, de las cuales 65.000 has podrían acondicionarse para riego. A partir del año 1970 unas 526 chacras

bajo riego fueron puestas en explotación por el Instituto de Desarrollo del Valle Inferior –IDEVI, (Bezic y col. 2007).



MAPA 1 Ubicación geográfica relativa del área agrícola del IDEVI en el Valle Inferior de Rio Negro, Argentina.

Los muestreos se llevaron a cabo durante los años 2012 a 2014 en forma contemporánea en dos establecimientos agrícolas (P1 y P2) del Valle Inferior del río Negro ($40^{\circ}44'42''S$ $63^{\circ}17'4''W$). Ambos se dedican al cultivo de cebolla bajo riego de forma intensiva. (Mapa 2)



MAPA 2 Emplazamiento de los dos sitios de muestreo en sistemas productivos de cebolla en el valle de IDEVI: P1 y P2.

II- Descripción climatológica

Los datos de clima del Valle de Viedma corresponden a la Estación Experimental Agropecuaria Valle Inferior perteneciente al INTA, ubicado en Ruta Nacional N°3, km 971, Camino 4 del IDEVI.

El clima es mesotermal- templado que responde al tipo continental, atenuado por la influencia marítima, con temperaturas medias de 30 °C y de 5 °C para la máxima y mínima, respectivamente. El régimen térmico presenta un comportamiento regular, con seis meses de temperaturas en ascenso y seis en descenso, siendo el período de mayores promedios mensuales los comprendidos en verano y de menores promedios los de invierno (Martín 2009).

La humedad relativa (HR) media es de 45 % y el ciclo de precipitaciones es monzónico, con concentración de precipitaciones en primavera y otoño, además de marcados ciclos de sequía anual en invierno. La precipitación media anual correspondiente a los 44 años de registro (1965-2008) es de 408,0mm. Las precipitaciones anuales varían dentro de un

rango comprendido entre un mínimo de 196,4mm (para el año 2008) y un máximo de 697,7mm (para el año 2000). Los valores medios de las precipitaciones medias y máximas mensuales del Valle presentan una distribución casi homogénea a lo largo de todo el año, excepto en los meses de febrero, marzo y abril, donde los valores son más elevados. En promedio los meses de mayor y menor precipitación corresponden a marzo y agosto, respectivamente con valores de 52,8 y 23,1 mm.

Estacionalmente observamos un régimen de lluvias más abundante en primavera-verano, esto se debe a la incidencia de altas temperaturas y los vientos dominantes y de mayor intensidad que, durante este período provienen de sectores generalmente secos (N, NO).

El viento es una de las características que definen el clima del Valle de Viedma. De octubre a febrero se registran los vientos de mayor intensidad, de marzo a junio los de menor intensidad y los intermedios durante los meses de agosto y septiembre. Esta discontinuidad es atribuible a los efectos producidos por la convergencia de distintas corrientes que tienen su origen en los sistemas de circulación general de los vientos, compuesto por un centro de alta presión en el Atlántico Sur y el anticiclón del Pacífico Sur.

El Valle de Viedma se encuentra ubicado en un área de transición generada por estos dos grandes sistemas de presión, lo que puede ocasionar en un corto tiempo bruscos cambios climáticos en la región. En ocasiones la violencia de los vientos asume características ciclónicas, con velocidades que superan los 110km/hora. La fuerza mecánica producida por este fenómeno, además de daños en la vegetación, puede ocasionar dificultades en los procesos de polinización y afectar la fauna de artrópodos edáficos por las partículas de suelo que arrastra en su desplazamiento.

III- Características de paisaje y edáficas

Se trata de un valle de irrigación radicado sobre la margen sur del río Negro, delimitado por dos mesetas, cuchilla Norte y Sur, de 25 a 35 metros de altura. En este encajonamiento se crea un microclima particular en el valle de Viedma que lo diferencia de su vecina localidad, Carmen de Patagones, ubicada sobre la cuchilla Norte.

Desarrollado durante la década de 1960, sobre la base de una alteración del ambiente nativo y del agroecosistema regional predominante de la norpatagonia occidental (mapa 1). Cuenta con una superficie regable de 25000 has sobre un paisaje de planicies con suave pendiente hacia el mar y una altitud media de 4msnm, con algunas depresiones que no superan los 2 metros. Los suelos tienen diferente estructura composicional, aunque en todos los casos comparten su origen aluvial. (FAO)

El valle se divide en parcelas de diferentes tamaños, que en la mayoría de los casos cuentan con extensas cortinas de álamos que cumplen la función de apaciguar los fuertes vientos regionales y que constituyen parte importante del paisaje.



FIGURA 1 Vista general de uno de los establecimientos de IDEVI, donde se registraron los datos del presente trabajo. Se aprecia en segundo plano las cortinas de álamos que protegen contra los vientos.

IV- Descripción del trabajo de campo y metodología de muestreo

Se tomaron muestras en dos sectores de sendos establecimientos ubicados en la zona de IDEVI, mediante la instalación de 7 trampas de caída del tipo pit fall que contenían una solución de cloruro de sodio al 5% y detergente, cada trampa consistió de un recipiente plástico de 250 ml, en el que se colocó la solución conservante. Las trampas estuvieron distanciadas entre sí por 10mts, dispuestas en los surcos de cebolla (y posteriormente en los bordes del cultivo), permaneciendo activas durante 3 días consecutivos. Se dejó una distancia aproximada de 3 metros desde el camino a fin de evitar el “efecto borde”. Pasado el mencionado período, el material fue recogido y conservado en alcohol 70%, para su posterior análisis en el laboratorio.

La trampa de caída es el método de muestreo más utilizado para evaluar el efecto del manejo del suelo y de la vegetación sobre los artrópodos que se desplazan sobre la superficie del suelo en ecosistemas naturales y agrícolas. (Lietti y col. 2008). Permite recolectar la cantidad adecuada de individuos con un bajo costo económico y de tiempo.

En general una trampa de caída es un recipiente de superficie interna lisa y casi perpendicular lleno hasta la mitad con una mezcla compuesta de dos terceras partes agua, unas gotas de jabón líquido y una tercera parte de alcohol etílico o salmuera; la trampa se dispone enterrada a nivel del suelo de manera que los artrópodos que la merodeen, caigan y queden atrapados. Los diseños y tamaños pueden variar, aunque los vasos plásticos desechables son bastante prácticos y baratos. La profundidad mínima de estos debe ser de 10cm.



FIGURA 2 Trampa de caída para la captura de artrópodos edáficos. (Fotografía: Diego Castro)

La principal limitante de esta trampa se presenta cuando el terreno es difícil de excavar, como en cantos rocosos o suelos con muchas raíces.

El éxito de estas trampas de caída radica en su adecuado montaje para lo cual se recomienda, durante la excavación del hoyo, perturbar lo menos posible el área circundante, el suelo extraído se debe colocar en un pequeño montón, el hoyo debe ser suficientemente profundo para que el borde de la trampa esté al nivel de la superficie del suelo y tenga varios puntos de contacto como palitos, rocas o pedazos de hoja que faciliten la llegada de los artrópodos más pequeños. Estos bordes se deben rellenar con la tierra extraída del hoyo.



FIGURA 3 Emplazamiento de la trampa de caída durante dos momentos del desarrollo del cultivo en los sitios: Cultivo (izquierda) y Borde (derecha). (Fotografías: Diego Castro y Diego Birochio respectivamente)

Todas estas precauciones están dirigidas a simular el ambiente original de modo que los artrópodos transiten por el sector de la trampa.

Al enterrar una trampa vale usar siempre un vaso doble de manera que al rellenar sus

bordes todo el material caiga en el vaso interior. Este vaso se retira posteriormente dejando el vaso inferior limpio, bien enterrado y listo para aplicar el líquido de captura sin dejar objetos dentro como hojas o palitos; además, se facilita la posterior separación de muestras, pues el líquido estará más limpio. (Fernández, 2003).

Momentos del cultivo evaluados

Los registros fueron realizados durante los diferentes momentos del ciclo productivo del cultivo establecidos de la siguiente manera:

- Descanso invernal: durante los meses de abril a julio.
- Implantación del cultivo: agosto.
- Bulbificación: septiembre a febrero.
- Cosecha: marzo y principios de abril del siguiente año.

Por otra parte, la colecta de datos se llevó a cabo en dos fases:

Primera fase del trabajo (sólo en cultivo): Las trampas fueron colocadas, únicamente en los surcos de los cultivos de cebolla (siete trampas por parcela), cada diez metros, durante siete meses no consecutivos. Las fechas de evaluación fueron Octubre, Noviembre y Diciembre de 2012 y Febrero, Abril, Mayo, Junio y Agosto de 2013 para ambos sitios de muestreo, a excepción de la fecha Agosto de 2013 en el sitio P2 perdido por razones operativas.

Segunda fase de trabajo (en cultivo y en borde de los mismos): A los efectos de analizar posibles consecuencias de las actividades productivas sobre la diversidad de artrópodos, además del muestreo sobre el cultivo, se incluyeron muestreos en los bordes de los cultivos, colocando el mismo tipo y número de trampas, pero a una distancia aproximada de tres metros, dado que la extensión del terreno en este sitio es inferior a la del cultivo. Los muestreos en los bordes fueron desarrollados durante una totalidad de cinco meses correspondiente a los meses de noviembre y diciembre de 2013, y marzo, mayo y agosto de 2014.



FIGURA 4 Vista general de Cultivo y Borde de uno de los establecimientos donde se llevaron a cabo los muestreos en IDEVI (Fotografía: Diego Birochio)

Identificación de los artrópodos

Una vez en el laboratorio se acondicionó el material colectado utilizando tamices, para llevar a cabo el conteo individuos de menor tamaño (ej; colémbolos) en bandejas de vidrio para facilitar la separación de los artrópodos de mayor tamaño y pinzas para la manipulación de los mismos.

Seguidamente se procedió a la cuantificación e identificación de los individuos capturados a través del empleo de lupa y microscopio, con la asistencia de guías y claves específicas.

Análisis de la información

Las unidades experimentales (u.e.) quedaron definidas por las trampas de muestreo, en tanto que los factores que explican el diseño experimental se asociaron en la primera fase del trabajo a un modelo de dos factores, el primero definido por los “grupos de artrópodos” y el segundo a las “fechas de muestreo”, a modo de bloques de tiempo. La segunda fase del trabajo duplico el muestreo al considerar un tercer factor denominado “condición de perturbación” definido por el emplazamiento de las u.e. que se posicionaron en el “Cultivo” y en el “Borde” del mismo, adicionándose al modelo original como una división de los bloques de tiempo existentes.

Sobre la información generada por el modelo se utilizaron técnicas estadísticas y

gráficos descriptivos, además de análisis multivariados exploratorios.

- *Caracterización de los grupos de artrópodos:* Se analizó preliminarmente, mediante estadística descriptiva cualitativa la abundancia de los grupos de artrópodos durante todo el periodo de muestreo. Esto permitió visualizar con gráficos de cajas y brazos la media, la mediana, los cuantiles (0.05, 0.25, 0.75 y 0.95) y valores extremos de los datos, además de permitir aproximar la distribución de los mismos. Se consideró el rango de casos típicos como el intervalo determinado por la media, ± 3 desvíos estándar.
- *Abundancia de los grupos de artrópodos en la primera fase del trabajo:* Se utilizaron gráficos de frecuencias de captura para describir cuantitativamente la distribución de artrópodos en cada establecimiento (P1 y P2), como también para evidenciar la su distribución para cada fecha de muestreos.
- *Abundancia de artrópodos en relación a los momentos de desarrollo del cultivo de cebolla:* Un análisis de correspondencia (técnica multivariada) permitió asociar los grupos de artrópodos al gradiente de fechas de evaluación, lo cual implica un análisis objetivo de la abundancia mediante la correspondencia de grupos a cada fecha. Este análisis permite ponderar el peso de cada grupo de artrópodos en los diferentes momentos del cultivo, con una mirada global (error global) de toda la información.
- *Efecto de la perturbación del suelo sobre los artrópodos:* a efectos de calificar la relación entre los grupos de artrópodos en cada sitio y para cada condición de disturbio, en primera instancia se realizó un análisis de agrupamiento con ligamento completo utilizando la Distancia de Gower, que permite trabajar sobre datos cuantitativos en los cuales se pretende eliminar algún efecto de tamaño muestral, como el que se presenta en el caso de Colémbolos (Figura 10). Paralelamente esta distancia se acota entre 0 y 1, lo cual permite comparar el grado de riqueza en cada condición de disturbio para cada sitio.

- *Diversidad y similitud de las comunidades de artrópodos:* A partir del primer análisis de agrupamiento exploratorio se analizó para cada comunidad de artrópodos, el grado de diversidad, y en el caso de los sitios se evaluó su grado de similitud. Se emplearon los índices de Shannon - Weaver y el índice de Sorensen. El primero es uno de los índices más utilizados para medir la diversidad de un ecosistema (Shannon y Weaver, 1964), dado que muestra la heterogeneidad de una comunidad basándose en dos factores: el número de especies-órdenes presentes y su abundancia relativa. En tanto que el segundo, indica el grado de similitud que tienen dos comunidades, basado en la presencia y ausencia de las especies de las comunidades comparadas. El resultado también puede ser interpretado como el porcentaje de semejanza entre ambas comunidades consideradas (Badii y col. 2008). Estos datos se presentan en la Tabla II.

El procesamiento de datos se realizó mediante el software InfoStat Profesional[®] (2008), que permitió realizar la estadística descriptiva. Para los estudios de composición y de frecuencias se utilizó Excel, perteneciente al paquete Office de Microsoft[®], en tanto que softwares libres permitieron abordar con enfoque multivariado la información.

RESULTADOS Y DISCUSION







Durante todo el trabajo se capturaron e identificaron un total de 15238 individuos de artrópodos (10022 en P1 y 5216 en P2). Respecto a las etapas del muestreo, en la primera etapa efectuada, solo sobre cultivo, se recolectaron 2028 en P1 y 2117 en P2; mientras que, en la segunda etapa, fueron 4748 + 3246 en P1 y 946 + 2153 en P2 para las condiciones “Borde” y “Cultivo”, respectivamente.











Los Colémbolos, resultaron los más frecuentes, seguidos por Coleópteros y Formícidos, mientras que las Larvas de lepidóptero y los Opiliones resultaron los grupos minoritarios

Esta situación arrojó un primer indicio del efecto de disturbio del sistema bajo la condición de cultivo, concordante con otras investigaciones llevadas a cabo (Lietti 2008)

Identificación y caracterización de artrópodos

En la tabla I se presenta una caracterización de los grupos. Se identificaron un total de 19 grupos de artrópodos. Durante la primera etapa del trabajo en P1 estuvieron ausentes los grupos Larvas de lepidópteros y los Opiliones, en tanto que en P2 fueron las Langostas. Por otra parte, en la segunda parte del trabajo Larvas de lepidóptero estuvo ausente en ambas condiciones de disturbio de P2 y Opiliones en la condición de Cultivo para ambos sitios.

Filo	Subfilo	Clase	Orden			
E u a r t r o p o d a	Chelicerata	Arachnida	Araneae	Arañas		
			Acarina	Acaros		
			Opiliones	Opiliones		
		<u>Myriapoda</u>	Chilopoda	Quilopodos		
	Mandibulata	Insecta	Coleoptera		Coleopteros	
					Larvas de Coleoptero	

	Lepidopteros	
Lepidoptera	Larvas de lepidoptero	
	Himenopteros no Formicidos	
Himenoptera	Formicidos	
	Grillos	
Orthoptera	Langostas	
	Chicharritas	
Homoptera	Pulgones	
	Hemipteros	
Hemiptera	Dipteros	
Diptera		




		Thysanoptera	Trips	
		Collembola	Colembolos	
Crustacea	Malacostraca	Isopoda	Isopodos	

Tabla I Identificación de los grupos de artrópodos recolectados durante la experiencia, nomenclatura utilizada en el trabajo e imagen de referencia (fotografías; cortesía del Ing. Arturo Dughetti, INTA H. Ascasubi)

Las medidas de resumen y dispersión de los artrópodos relevados durante los meses de estudio en ambos sitios se muestran en la Figura 5 a y b. En algunos casos se presentaron rangos amplios y asimetrías respecto a los valores medios, atribuibles a las variaciones entre fechas de capturas.

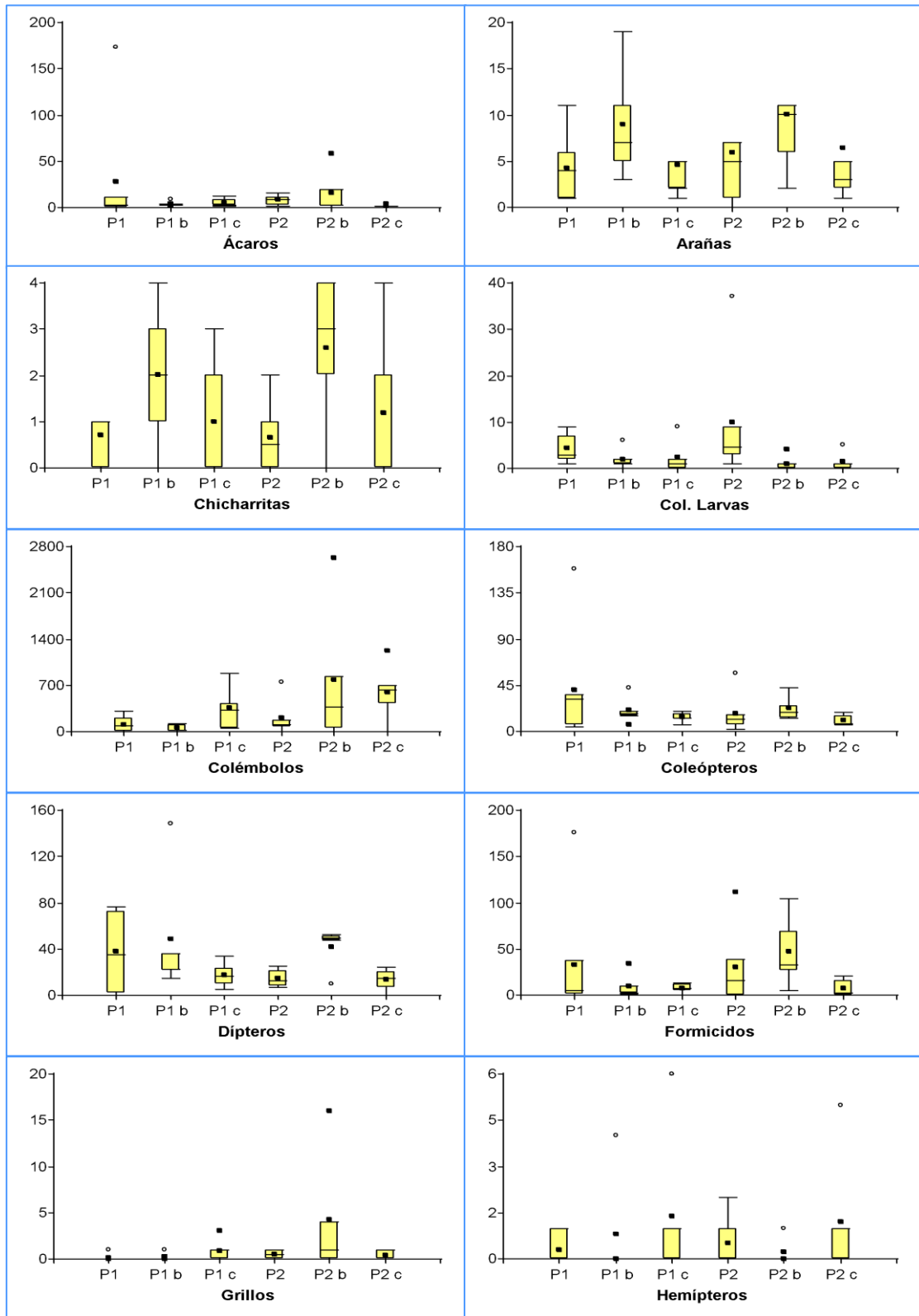


FIGURA 5a Estadística descriptiva de 10 grupos de artrópodos capturados en la totalidad de las fechas de estudio. P1 y P2 corresponden a los sitios de muestreo; c y b representan la condición de disturbio cultivo y borde, respectivamente. Unidad de abscisas en cantidad absolutas. En la primera etapa de trabajo (P1 y P2) n=7, en la segunda etapa (P1c, P1b, P2c y P2b) n=5. Notación de cajas, brazos y puntos en materiales y métodos.

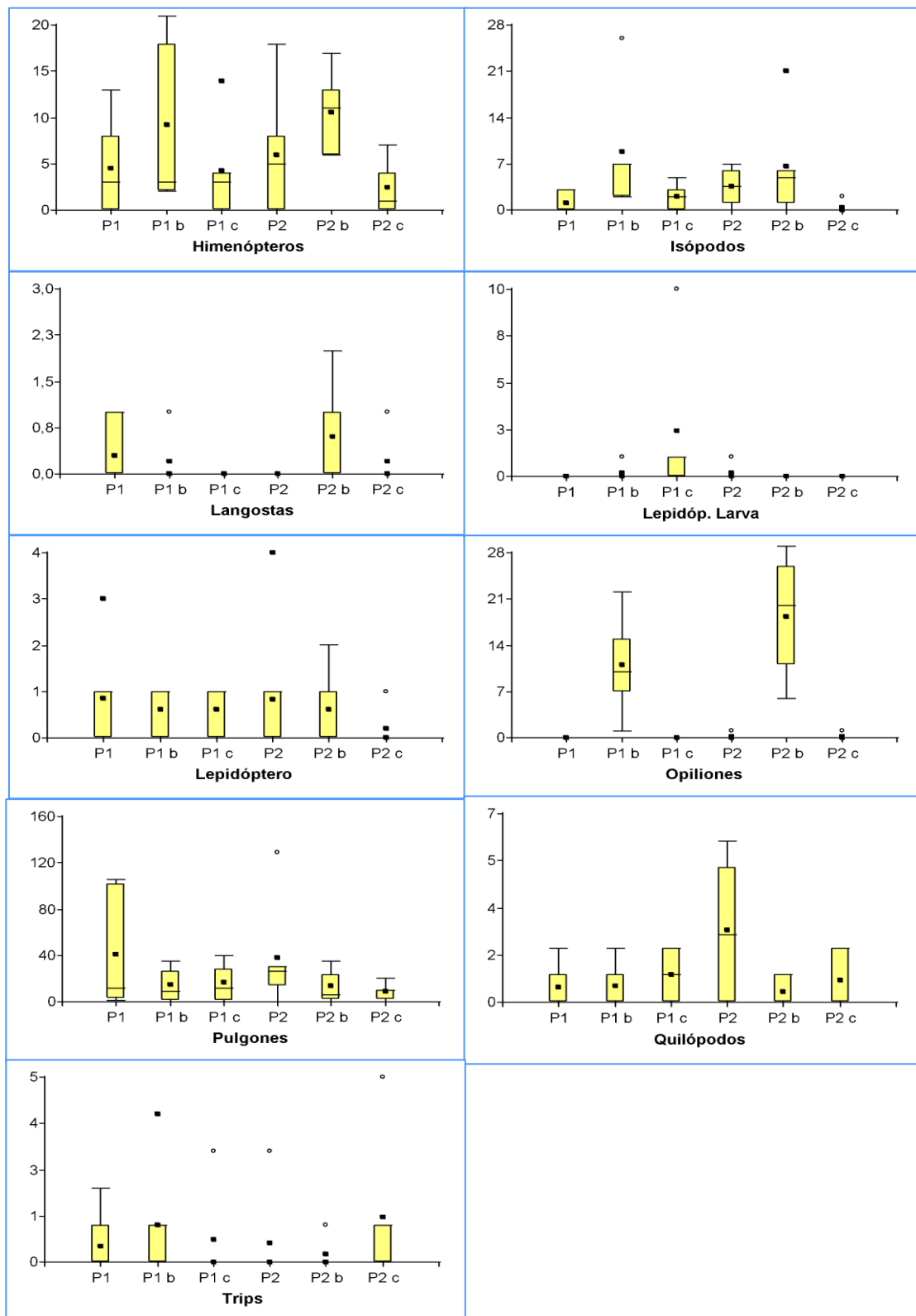


FIGURA 5b Estadística descriptiva de los 9 grupos de artrópodos restantes capturados en la totalidad de las fechas de estudio. Notación en Figura 4 a.

Abundancia de los grupos de artrópodos en la primera fase del trabajo

Durante la primera fase del trabajo, se capturaron un total de 3535 artrópodos, (P1: 1824 individuos y 1711 en P2). Los Colémbolos, resultaron los más frecuentes, seguidos por Coleópteros y Formícidos. Para el conjunto de los grupos Isópodos, Arañas, Opiliones y Colémbolos, estos últimos representaron el 56% de las capturas (Figura 6).

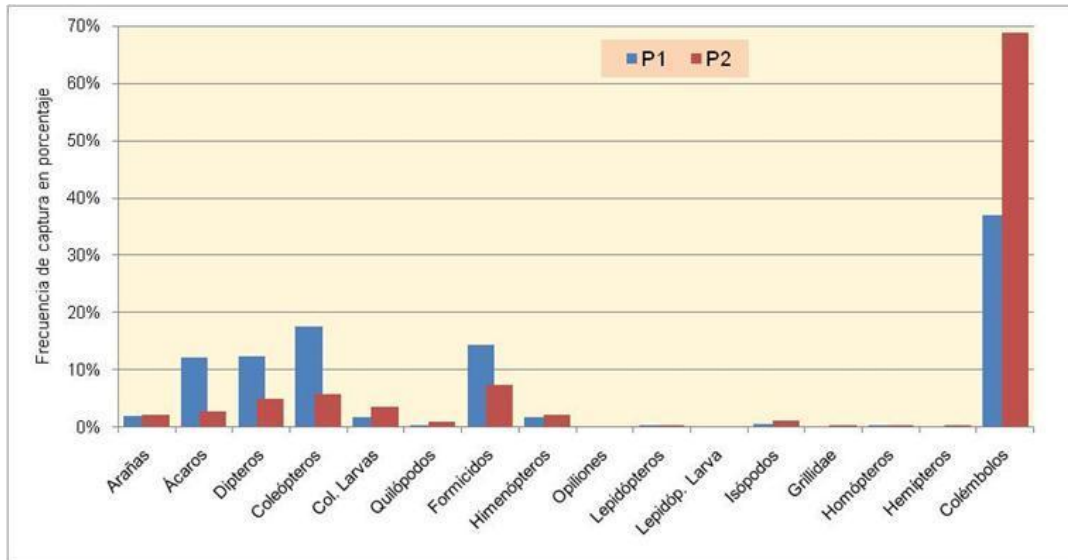


FIGURA 6 Frecuencia de captura (en %) de artrópodos, durante la primera parte de muestreo para los dos productores (P1 y P2) de cebolla en forma intensiva del Valle Inferior del río Negro.

Durante el periodo de bulbificación, fueron los Formícidos, el grupo más importante, seguido por Coleópteros para P1. Por su parte para P2 lo fueron Colémbolos y Formícidos.

Tanto en descanso invernal como en el momento de implantación de cultivo, los Colémbolos continuaron siendo los más frecuentes para ambos productores, seguidos por Dípteros y Ácaros (para P1, Figura 7) y Dípteros y Coleópteros (para P2; Figura 8). Las arañas fueron, para ambos productores, más abundantes durante el periodo de bulbificación, pero en un porcentaje muy dispar entre ellos (P1: 9,1% vs P2: 37,1%). De igual manera, los Isópodos, fueron más frecuentes durante el descanso invernal. Finalmente, solo una vez se registró la captura de opiliones, y esto ocurrió en P2 durante el descanso invernal. Esto se relacionaría con la nula actividad que se realiza sobre el cultivo en estos momentos.

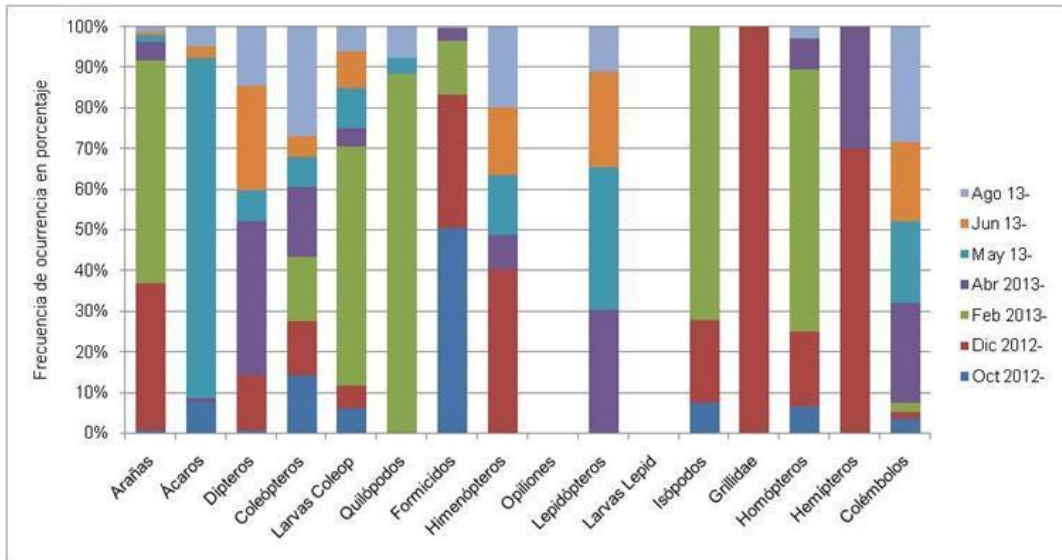


FIGURA 7 Frecuencia de captura (en %) de los distintos grupos de artrópodos durante el período de cultivo de cebolla en el Valle Inferior del río Negro, para P1 durante la primera fase del trabajo.

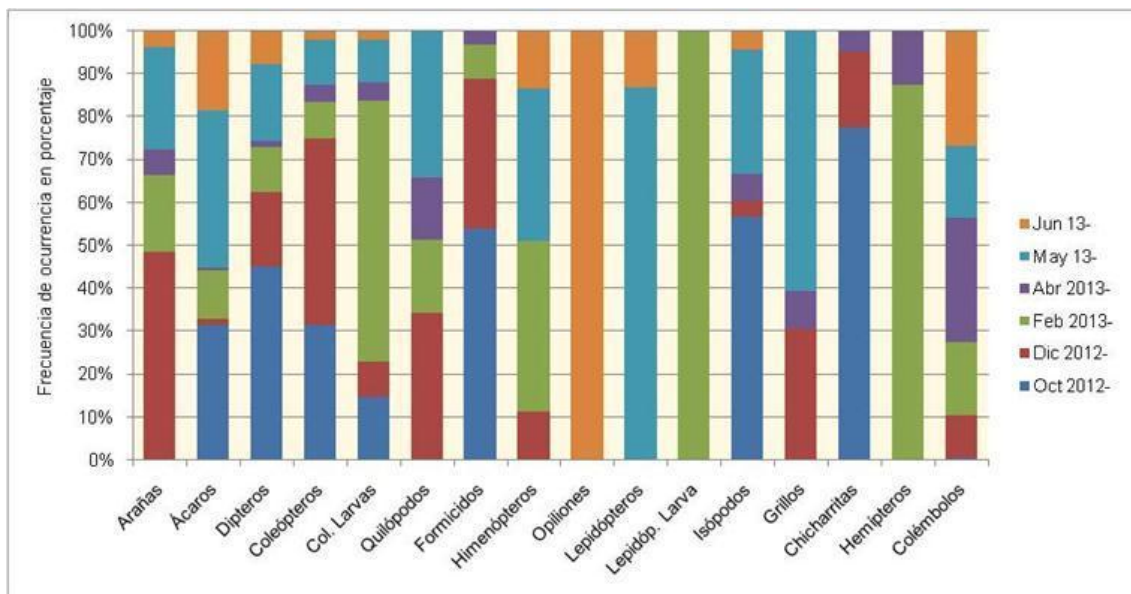


FIGURA 8 Frecuencia de ocurrencia (en %) de artrópodos en distintos momentos del cultivo de cebolla en el valle inferior del río Negro, para P2, durante la primera fase del trabajo.

Abundancia de artrópodos en relación a los momentos de desarrollo del cultivo de cebolla

Las contribuciones relativas del análisis de correspondencia aseguran que el plano considerado en ambos sitios, tanto para los grupos de artrópodos como las fechas

de evaluación, presentan una representación aceptable que supera el 70% de la inercia en todos los casos (Figura 9).

Para el caso de P2, el primer eje de coordenadas fue definido por las fechas Oct´12, Dic´12 y Abr´13 que acumularon 95% de las contribuciones absolutas, siendo los grupos de artrópodos que aportaron los Dípteros, Coleópteros, Formícidos y Colémbolos (94%). El segundo eje de coordenadas se definió por las fechas Feb ´13 y May´13 (64%) y los grupos Ácaros, Dípteros, larvas de Coleópteros, Formícidos e Himenópteros (83%).

En el caso de P1 la primera coordenada fue determinada por las fechas Oct´12 (67%) y los grupos Formícidos y Colémbolos (89%), mientras que May ´13, Ago´13 y Ácaros + Dípteros representaron el 80 y 90%, respectivamente para fechas y grupos de artrópodos, en la contribución absoluta al segundo eje de coordenadas.

Asimismo, los grupos Formícidos, Homópteros, Isópodos, Arañas y Grillos fueron coincidentes en ambos sitios para las fechas de evaluación Octubre y Diciembre, en tanto que Colémbolos aportó a las fechas de descanso del cultivo (Junio y Abril). La fecha Mayo tuvo una inercia definida por los Ácaros. Es posible que esto último se relacione con sus hábitos detritívoros y su mayor abundancia a la presencia en el campo de restos vegetales, particularmente de cebolla, así como a la ausencia de actividades que modifiquen, en este momento, las condiciones del suelo. Finalmente, el grupo Opiliones, si bien ausente en P1, denota gran importancia su aparición en P2, en momento de descanso, evidenciando a pesar de su escasa presencia para este sitio un manejo más sostenible, además de sugerir la necesidad de profundizar el estudio a fin de definir su aporte como indicador de manejo local, asimilable a lo sugerido en la bibliografía (Bragagnolo y col 2008)

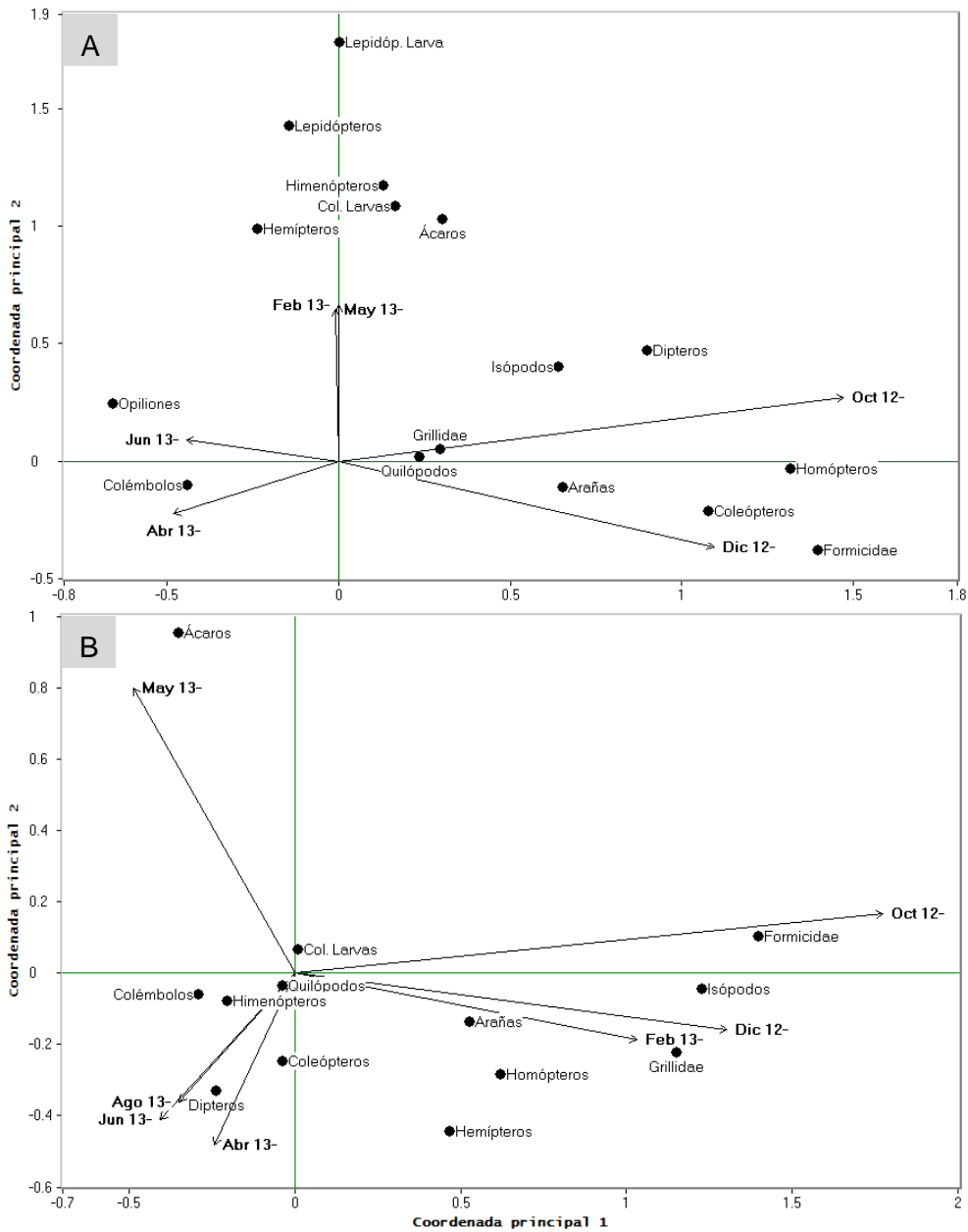


FIGURA 9 Análisis multivariado de correspondencia. Unidades de ejes adimensionales asociadas al grado de relación de los componentes del análisis. Vectores: representación gráfica de las fechas de muestreo, los números 12 y 13 corresponde a los años 2012 y 2013, respectivamente. Puntos: representación gráfica de los grupos de artrópodos. A: P2, $\chi^2=1342,45$ ($p<0,001$), $N=42$. B: P1, $\chi^2=2049,37$ ($p<0,001$), $N=49$.

Efecto de la perturbación del suelo sobre los artrópodos

En la segunda fase del trabajo la cantidad total de artrópodos fue mayor en cultivo que en borde, debido a la marcada presencia de colémbolos. En la Figura 10 a y b, se visualiza la estructura composicional de artrópodos, sin incluir en varios casos a los Colémbolos para facilitar la visualización de diversidad de los diferentes grupos.

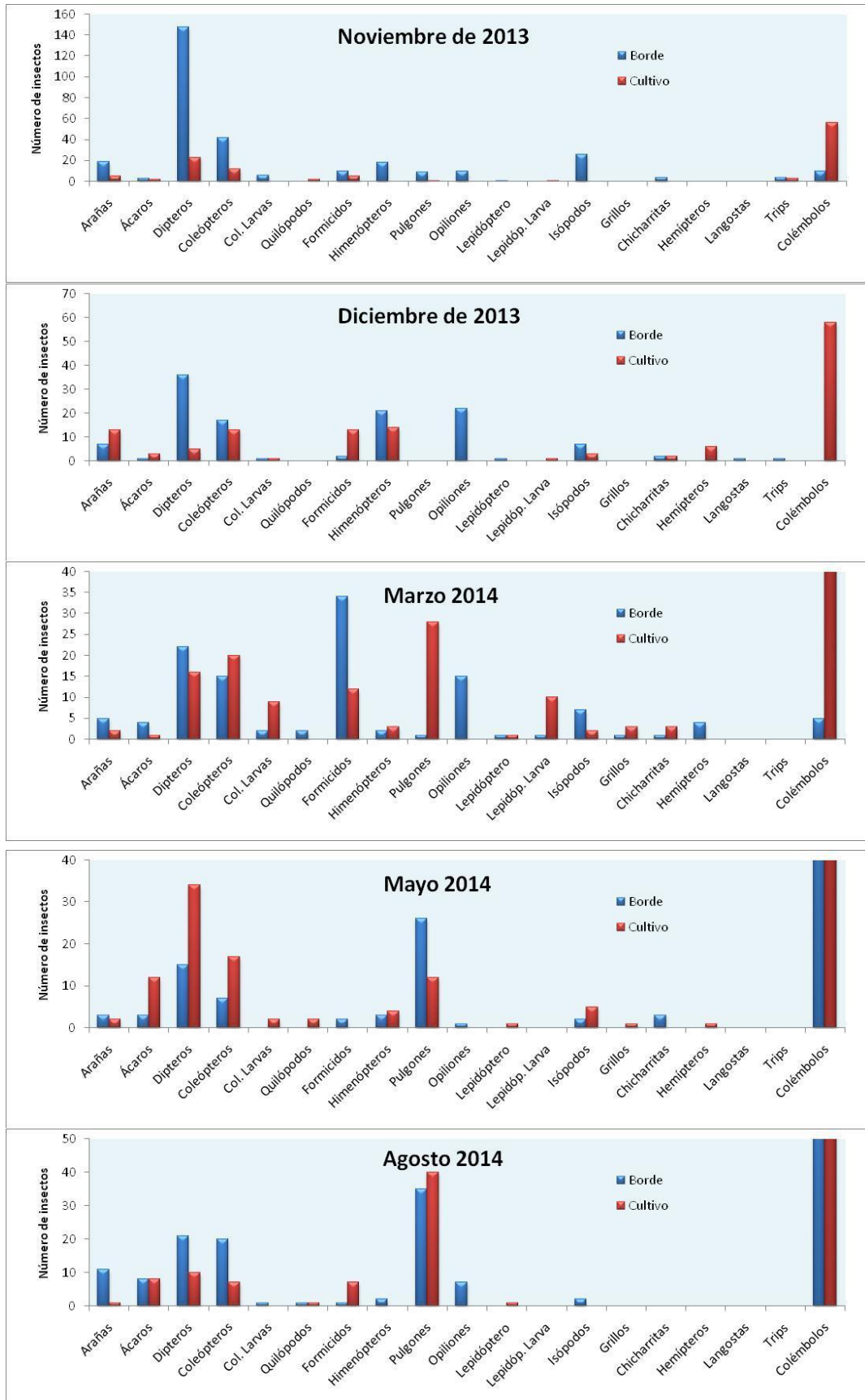


FIGURA 10a Número de artrópodos colectados e identificados durante cada fecha de muestreo para las condiciones de cultivo y borde en el sitio P1.

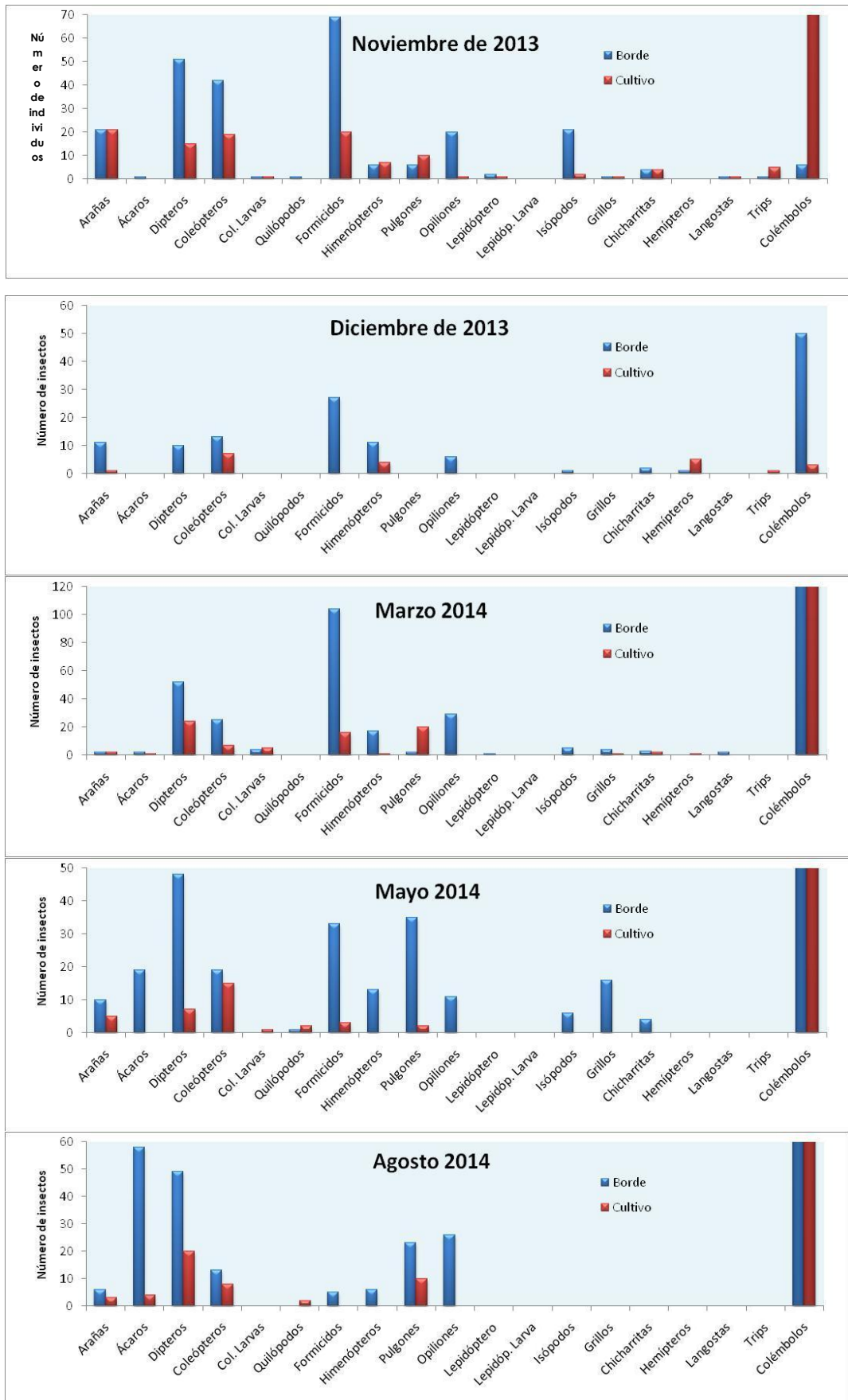


FIGURA 10b Número de artrópodos colectados e identificados durante cada fecha de

muestreo para las condiciones de cultivo y borde en el sitio P2. Para las fechas noviembre de 2013 y marzo, mayo y agosto de 2014, el grupo colémbolos se encuentran fuera de escala).

Si computamos la totalidad de artrópodos en cada condición, sin contar colémbolos, en borde hay tres veces más que en cultivo.

Diversidad y similitud de las comunidades de artrópodos

El análisis de agrupamiento permitió visualizar que en ambos sitios la condición Borde presenta mayor riqueza de artrópodos, posiblemente asociado a un grado menor de disturbio. Paralelamente se observa que en el sitio P2 la riqueza es menor que en P1, lo cual sugiere un grado de agresión ambiental mayor. El tamaño de muestra en el caso Colémbolos fue acotado utilizando la distancia de Gower en el análisis de agrupamiento (Figura 11).

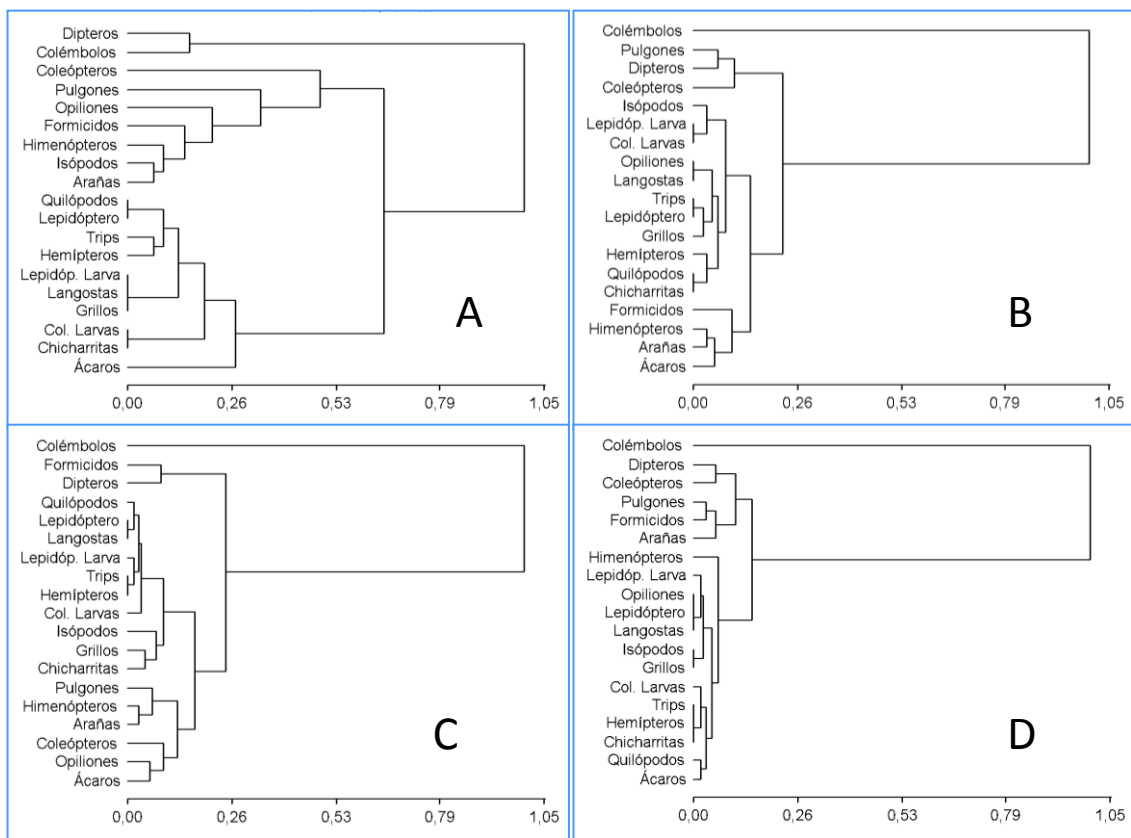


FIGURA 11 Análisis de agrupamiento con ligamento completo y distancia de Gower. $n=5$. Número en recuadro punteado representa la distancia límite de agrupamiento. A,B,C y D corresponden a P1b, P1c, P2b y P2c, respectivamente.

A partir del primer análisis de agrupamiento exploratorio se avanzó buscando objetivizar para cada comunidad el grado de diversidad, y dentro de cada establecimiento el grado de similitud entre las condiciones de disturbio Borde y Cultivo. Así se en la Tabla II se presentan los índices de Shannon - Weaver y el índice de Sorensen..

Comunidad	Índice de Shannon – Weaver	Índice de Sorensen
P1b	8,718	0,609
P1c	2,485	
P2b	2,563	0,946
P2c	1,632	

TABLA II Índices poblacionales de diversidad para cada comunidad y de similitud entre comunidades para cada sitio de relevamiento. $N_{P1}= 3099$, $N_{P2}=8147$. Referencia ver figura 4 a.

Ambos índices, permitieron consolidar lo visualizado en el análisis anterior, marcando un alto grado de diversidad en P1b, a través del índice de Shannon, mientras que el índice de Sorensen permitió visualizar que entre Borde y Cultivo para P1 se comparte el 61 % de esa diversidad. Esta condición marca una buena condición para los espacios sin perturbaciones en el sistema, mientras que las prácticas de manejo disminuyen drásticamente la biodiversidad en el sistema.

En P2 el alto grado de similitud entre condiciones de Borde y cultivo, además de la marcadamente menor diversidad respecto a P1 sugeriría una condición mayor de degradación, entendiendo que la biodiversidad es una de las primeras pautas para definirlo.

CONCLUSIONES

Es conocido que los sistemas de labranza y aprovechamiento del suelo generan cambios en las comunidades que lo habitan, pero es sumamente importante conocer el modo y la magnitud de esos cambios para poder hacer un buen manejo de las prácticas y conservar los ambientes edáficos con el menor grado de perturbación posible.

La fauna de artrópodos cumple roles importantes en lo que a estructura y composición de los suelos se refiere, así como también intervienen en los ciclos de los nutrientes y forman la base de las cadenas tróficas, por lo que conocer su composición y dinámica contribuye a mantener la sustentabilidad de los sistemas en los que se ve involucrado el suelo como principal escenario.

El muestreo directo sobre el campo nos permitió obtener información fehaciente sobre los artrópodos presentes en los cultivos de cebolla (mayor producción de la zona), su posterior clasificación permitió conocer la riqueza con la que se cuenta y sometidos a análisis estadísticos obtuvimos información muy valiosa en cuanto al dinamismo de las comunidades de artrópodos en relación al cultivo. El hecho de tomar los bordes como punto de comparación evidenció cualidades del sistema que permiten definir una base para futuras investigaciones.

Según los resultados obtenidos durante la investigación se puede concluir que efectivamente, las prácticas de manejo impactan de forma negativa sobre la diversidad de artrópodos, situación evidenciada en el sitio de menor agresión ambiental, en el cual durante el periodo de bulbificación es posible visualizar una gran diferencia entre las condiciones de manejo respecto al resto de las fechas de evaluación. En Cultivo se comprobó una marcada simplificación del sistema, a través de un incremento anormal del número de colémbolos, lo cual podría estar asociado al uso de fertilizantes.

Por otro lado, de los diecinueve (19) grupos de artrópodos muestreados, los opiliones tuvieron un interesante protagonismo ya que solo aparecieron en Cultivo en una ocasión y, por el contrario, tuvieron una marcada presencia en Bordes, lo cual se podría asociar a su alto grado de sensibilidad frente a los disturbios ambientales. En este sentido, sería interesante ampliar las investigaciones sobre este grupo en particular, para poder utilizarlo como indicador del nivel de disturbio en sistemas con características similares a los estudiados en el presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Ayal Y. 2007. Trophic structure and the role of predation in shaping hot desert communities. *Journal of Arid Environments* 68: 171-187.

Barkin, D. 1998 Riqueza, pobreza y desarrollo sustentable. México: Editorial Jus y Centro de Ecología y Desarrollo. 50 páginas.

Bengtsson G & Rundgren S 1984. Ground-living invertebrates in metal-polluted forest soils. *Ambio*, vol.3, 29-33.

Bezic, CR; Sabbatini, MR. & Dall Armellina, AA.2007- 2008. Estatus y conflictos frente al proceso de invasión de yuyo moro (*Acroptilon repens* L.) en el Valle Inferior de Río Negro. *Revista Pilquén*, (sección Agronomía) 8: 1-11.

Bragagnolo C; Nogueira AA, Pinto-da-Rocha R & Pardini R. 2008. Harvestmen in an Atlantic forest fragmented landscape: Evaluating assemblage response to habitat quality and quantity. *Animal Conservation* (14) 389-400.

Brown K S Jr .1997. Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. *Journal of Insects Conservation* 1, 25–42.

CEPEDA P. J (ED). 2008. Los sistemas naturales de la cuenca del río Elqui. (Región de Coquimbo, Chile): Vulnerabilidad y cambio del clima. Ediciones Universidad de la Serena, La Serena Chile. 215-241.

Cerón Rincón, L; Aristizábal Gutiérrez, F. 2012. Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Revista Colombiana de Biotecnología* Vol. XIV No. 1 Julio 2012 285-295.

Dall armellina, AA; Bezic, CR & Bredan, R. 2008. Revisión bibliográfica sobre perspectivas y alcances del uso de dosis reducida de herbicidas en hortalizas.

Horticultura Argentina 27 (63): 20-29. Indizada en CAB International y Latindex.

Fernández F. (ed.). 2003. Introducción a las Hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. XXVI 404 páginas.

Gizzi, a; Álvarez Castillo, h; Manetti, p; López, a; Clemente, n & Studdert, g. 2009. Caracterización de la meso y macrofauna edáfica en sistemas de cultivo del sudeste bonaerense. Ci. Suelo (Argentina) 27(1): 1-9.

Greenslade, P. 2007. The potencial of Collembolla to act as indicators of landscape stress in Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture. (47), 424–434.

Greenslade, P. 1992. Conserving invertebrate diversity in agricultural, forestry and natural ecosystems in Australia. Agriculture, Ecosystems and Environment, 40:297-312.

Herrera, F. F., & Cuevas, E. (2011). Artrópodos del suelo como bioindicadores de recuperación de sistemas perturbados. Venesuelos, 11(1-2), 67-78.

Hodkinson ID. 2005. Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. Biological Review 80, pp. 489–513.

Kleine C; Puricelli, C, A. 2001. Comparación de los rendimientos y algunos parametros químicos luego de varios años bajo labranza convencional y siembra directa en el sudoeste de Buenos Aires. Informaciones Agronómicas del Cono Sur N°12, Diciembre 2001.

Lavelle P; Decaëns T; Aubert M; Barot S; Blouin M; Bureau F; Margerie P; Mora P & Rossi JP 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. European Journal of Soil Biology 42 S3–S15

Lietti, M; Gamundi, JC; Montero, G; Molinari A y Bulacio V. 2008 Efecto de dos sistemas de labranza sobre la abundancia de artrópodos que habitan en el suelo

Asociación Argentina de Ecología 18:71-87.

Loureiro S; Soares AMVM; Nogueira AJA. 2005 Terrestrial avoidance behaviour tests as screening tool to assess soil contamination Environmental Pollution 138 121-131.

Martín, Darío M. 2009. Estadísticas Climáticas del Valle de Viedma. Información Técnica N°27, Año 4-N°9. Estación Experimental Agropecuaria Valle Inferior-Convenio Provincia de Río Negro- INTA. Ed. INTA.

McGeoch MA 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. Biological Review 73,181–201.

Paoletti MG & Hassall M 1999 Woodlice (Isopoda: Oniscidea): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators. Agriculture, Ecosystems and Environment 74, 157–165.

Proyecto FAO UTF ARG 017 – “Desarrollo Institucional para la Inversión” - Informe de Diagnóstico de los Principales Valles y Áreas con Potencial Agrícola de la Provincia de Río Negro - DT N°2 Disponibilidad de Recursos y Condiciones Agroclimáticas.

Retho, B; Cédric, G; Inchausti, P. 2008. Modeling spatially explicit population dynamics of *Pterostichus melanarius* H11 (Coleoptera: Carabidae) in response to changes in the composition and configuration of agricultural landscape. Landscape and Urban Planning. 84 (3). 191- 199.

Rodriguez E; Fernandez-Anero ; FJ; Ruiz P; Campos M. 2006. Soil arthropod abundance under conventional and no tillage in a Mediterranean climate. Soil and Tillage Research 85, 229–233.

Sarandón SJ y Flores CC. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. Agroecología 4: 19-28.

Shannon, CE & Weaver, W. 1964. The mathematical theory of communication. The university of Illinois Press . Urbana. 132 páginas.

Symondson, WOC; Sunderland, KD. & Greenstone, M.H.2002 Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annual Review of Entomology*, 47, 561–594.

Thorbek P & Bilde, T. 2004 Reduced numbers of generalist arthropod predators after crop management *Journal of Applied Ecology* 41, 526–538.

Villegas Nigra, HM; Pasamano H; Fretes H y Romera N 2011. Sistemas hortícolas en la provincia de Río Negro (República Argentina). *Revista Pilquen .Sección Agronomía . Año XIII • N° 11, 2011.*