

# TAXOCENOTIC AND BIOECENOTIC ANALYSIS OVER TIME OF EDAPHIC MESOFAUNA IN ORGANIC *Vaccinium* sp. PLANTATIONS SOUTHERN CENTRAL CHILE

## ANÁLISIS TEMPORAL DE LA TAXOCENOSIS Y BIOECENOSIS DE LA MESOFAUNA EDÁFICA EN PLANTACIONES DE *Vaccinium* sp. CON MANEJO ORGÁNICO EN EL CENTRO-SUR DE CHILE

Santiago F. Peredo-P.<sup>1,2\*</sup>, Claudia P. Barrera-S.<sup>1</sup>, Esperanza Parada-Z.<sup>3</sup>, Marcela Vega-C.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Agroecología y Medio Ambiente, <sup>2</sup>Departamento de Gestión Agraria. Facultad Tecnológica. Universidad de Santiago de Chile. Ecuador Núm. 3769. Estación Central, Santiago-Chile (santiago.peredo@usach.cl). <sup>3</sup>Escuela de Ciencias Ambientales. Facultad de Recursos Naturales. Universidad Católica de Temuco-Chile.

### ABSTRACT

Soil functioning is determined by the diversity of organisms inhabiting the soil and their role in the edaphic ecosystem, and the variety of forms and functions of the roots of the plants where they live. Invertebrates are an integral part of soil and are important in determining the suitability of the soil for the sustainable production of healthy crops or trees. In Chile there are no studies on edaphic mesofauna in plantations subjected for a longer period to certified organic management. The aim of the present study was to analyze the taxocenotic and biocenotic similarities over time of taxa of edaphic mesofauna in a cranberry plantation (*Vaccinium* sp.) subjected to organic management practices in farms in Southern Central Chile (37° 28' S). In July 2006 two farms were chosen: 1) with one year under certified organic management as a transition organic plantation (OM1) and 2) under six years of certified organic management (OM6); both with similar climate and edaphic features. Each farm was divided in four quadrants, each one with 2500 m<sup>2</sup>. In each quadrant, was extracted at random one sample with six replicas (188.5 cm<sup>3</sup> each), 24 replicas on each plantation. Samples were processed in the laboratory using the Berlesse-Tullgren system for the extraction of mesofauna and the subsequent counting and identification of specimens. To analyze changes over time in the structure of the edaphic mesofauna community, in July 2007 sampling was repeated in OM1 and OM6 plantations under organic management (OM2 and OM7). The richness, abundance of taxa and density (nm<sup>-2</sup>) per plot were evaluated, as well as the diversity (H') and

### RESUMEN

El funcionamiento del suelo está determinado por la diversidad de organismos que lo habitan y su función en el ecosistema edáfico, y por la variedad de formas y funciones de las raíces de las plantas en las que viven. Los invertebrados son parte integral del suelo e importantes para la determinación de la idoneidad del suelo para la producción sostenible y saludable de cultivos. En Chile, no hay estudios sobre mesofauna edáfica presentes en plantaciones sometidas durante un largo período a manejo orgánico certificado. El objetivo del presente estudio fue analizar las similitudes taxocenóticas y biocenóticas, a través del tiempo, de los taxa mesofaunísticos edáficos en una plantación de arándanos (*Vaccinium* sp.), sometidos a prácticas de manejo orgánico en predios de la zona centro sur de Chile (37° 28' S). En julio de 2006 se seleccionaron dos predios: 1) una con un año bajo manejo orgánico certificado, considerada como una plantación en transición orgánica (OM1) y 2) otra con seis años de manejo orgánico certificado (OM6), ambas bajo condiciones edafoclimáticas similares. Cada predio se dividió en cuatro cuadrantes, cada uno de 2500 m<sup>2</sup>. En cada cuadrante se extrajo una muestra al azar con seis réplicas (188.5 cm<sup>3</sup> cada una), 24 réplicas en cada plantación. Las muestras fueron procesadas en el laboratorio utilizando el sistema de Berlesse-Tullgren para la extracción de mesofauna y después se contaron e identificaron los especímenes. Para analizar los cambios en el tiempo en la estructura de la comunidad de mesofauna edáfica, en julio de 2007 se repitió el muestreo en las plantaciones OM1 y OM6 bajo manejo orgánico (OM2 y OM7). La riqueza, abundancia de taxa y densidad (nm<sup>-2</sup>) por parcela fueron evaluadas, así como la diversidad (H') y homogeneidad (J') de taxa de mesofauna en cada plantación (OM1, OM2, OM6 y OM7). La diversidad  $\alpha$  y dominancia se calcularon usando el índice

\* Author for correspondence ♦ Autor responsable.

Received: January, 2011. Approved: February, 2012.

Published as ARTICLE in *Agrociencia* 46: 163-173. 2012.

evenness ( $J'$ ) of the mesofauna taxa in each plantation (OM1, OM2, OM6 and OM7). The  $\alpha$  diversity and dominance were calculated using the Shannon ( $H'$ ) Index and the Evenness (Equity) Index ( $J'$ ). In addition,  $\beta$  diversity was determined to establish the taxocenotic and biocenotic similarities using the Bray Curtis Index estimated with the Biodiversity Pro software. Significant differences between diversity ( $H'$ ) values were determined with Student's t test ( $p \leq 0.05$ ). There was a high taxocenotic similarity on time in the edaphic community structure of *Vaccinium* sp. organic plantations. Fourteen taxa form edaphic mesofauna taxocenosis, being Acaridida, Oribatida and Entomobryomorpha the most abundant. There were differences ( $p \leq 0.05$ ) between the diversity ( $H'$ ) of mesofauna taxa in organic plantations with one year of transition to organic management (OM1) respect to OM2, OM6 and OM7. The communities of edaphic mesofauna in the organic plantations of *Vaccinium* sp. were stabilized two years after conversion from conventional to organic management.

**Key words:** edaphic mesofauna, organic farming, cranberries, mediterranean climate, Chile.

## INTRODUCTION

Agroecology as scientific discipline establishes in their principles the provision of optimal edaphic conditions by organic matter management and improving soil biology and nutrient recycling, among others (Gliessman, 1998; Altieri, 1999; Altieri and Nicholls, 2000). The application of such principles assumes a sustainable management of productive systems based upon agrobiodiversity through the agroecosystem design determined by the peasants, according to their wishes and requirements (Dumaresq *et al.*, 2010). To accomplish those purposes, it is essential the utilization of specific parameters that guide studies such as soil organism diversity among others (Gliessman, 2001). In this sense, it is important to promote practices that increase soil organism diversity such as reduced use of synthetic fertilizers (Altieri and Rogé, 2010). These biodiversity friendly management options are characteristics of most organic farming operations and they are not ubiquitous or unique.

Soil functioning is determined by the diversity of organisms and their role in the edaphic ecosystem, and the variety of forms and functions of the roots of the plants where they live. Invertebrates are an

de Shannon ( $H'$ ) y el Índice de Homogeneidad (Equitatividad) ( $J'$ ). Además, la diversidad  $\beta$  se determinó para establecer las similitudes taxocenóticas y biocenóticas usando el índice de Bray Curtis con el software Biodiversity Pro. Las diferencias significativas entre los valores de la diversidad ( $H'$ ) se determinaron con la prueba t de Student ( $p \leq 0.05$ ). Hubo una gran similitud taxocenótica en el tiempo en la estructura de la comunidad edáfica de las plantaciones orgánicas de *Vaccinium* sp. Catorce taxa conforman la taxocenosis edáfica de la mesofauna, siendo Acaridida, Oribatida y Entomobryomorpha los más abundantes. Hubo diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre la diversidad ( $H'$ ) de taxa de mesofauna en las plantaciones orgánicas con un año de transición hacia el manejo orgánico (OM1) respecto a OM2, OM6 y OM7. Las comunidades de mesofauna edáfica en las plantaciones orgánicas de *Vaccinium* sp. se estabilizaron dos años después de la conversión de manejo convencional a orgánico.

**Palabras clave:** mesofauna edáfica, agricultura orgánica, arándanos, clima mediterráneo, Chile.

## INTRODUCCIÓN

La agroecología, como disciplina científica, establece entre sus principios el establecimiento de óptimas condiciones edáficas a partir del manejo de la materia orgánica y el mejoramiento de la biología del suelo y el reciclaje de nutrientes, entre otros (Gliessman, 1998; Altieri, 1999; Altieri y Nicholls, 2000). La aplicación de estos principios supone un manejo sostenible de los sistemas productivos, basados en la agrobiodiversidad a través del diseño de agroecosistemas determinado por los agricultores, de acuerdo con sus deseos y necesidades (Dumaresq *et al.*, 2010). Para lograr estos objetivos es esencial usar parámetros específicos que orienten los estudios agroecológicos, como la diversidad de organismos del suelo, entre otros (Gliessman, 2001). Así, es importante promover prácticas que aumenten la diversidad de organismos del suelo, como la reducción del uso de fertilizantes sintéticos (Altieri y Rogé, 2010). Estas opciones de manejo amigables con la biodiversidad son características de la mayoría de las prácticas agrícolas ecológicas y no son ubicuas ni únicas.

El funcionamiento del suelo está determinado por la diversidad de organismos y su función en el ecosistema edáfico, y por la variedad de formas y funciones de las raíces de las plantas donde viven. Los invertebrados son una parte integral del suelo y son

integral part of soil and are important in determining the suitability of the soil for the sustainable production of healthy crops or plantations (Stork and Eggleton, 1992). Studies on edaphic ecosystems have concentrated on exploring edaphic diversity and the factors regulating the distribution and abundance of species, and whether diversity changes affect the functioning of the ecosystem (André *et al.*, 2002). According to André *et al.* (2001) there were several publications outlining soil organism diversity in the 1970s, including the recognition of the enigma of high species diversity associated with apparent trophic overlap. This overlap (redundancy) would determine that the absence of certain species would not affect general soil functions, such as the cycling of nutrients and the mineralization of carbon (Groffman and Bohlen, 1999; Cragg and Bardgett, 2001; Hunt and Wall, 2002).

Although progress has been made in the knowledge of certain edaphic ecosystems, due to their significance in plant growth and as a tool for sustainable agriculture, the great bottle-neck is the difficulty of achieving significant levels in taxonomic resolution (André *et al.*, 2001). This means that progress in knowledge of the structure and functioning of the edaphic ecosystem has been oriented towards studies based on the determination of the presence and abundance of taxa of functional groups (Hooper *et al.*, 2002). In this respect, the functional role of soil-inhabiting animals in driving ecosystem processes has been reviewed by Griffiths and Bardgett (1997), Cole and Bardgett (2002) and Mikola *et al.* (2002). Taxa richness of edaphic mesofauna is similar in *Vaccinium* sp. plantations with conventional and organic management, whereas abundance of each taxon individually is different between both types of management (Peredo *et al.*, 2009).

In Chile there are no studies on edaphic mesofauna in plantations subjected for a long period to organic management. In the context explained above, the question that oriented the present study was: are there temporal variations in the edaphic mesofauna communities resident in *Vaccinium* sp. plantation fertilized with compost? Thus, the aim of the present study was to evaluate the effect over time of organic certified management practices on the taxocenotic and biocenosis of edaphic mesofauna in a *Vaccinium* sp. plantation in Southern Central Chile.

importantes para determinar la idoneidad del suelo para la producción sostenible de cultivos y plantaciones saludables (Stork y Eggleton, 1992). Los estudios sobre los ecosistemas edáficos se han concentrado en explorar la diversidad edáfica y los factores que regulan la distribución y abundancia de las especies, y si los cambios de la diversidad afectan el funcionamiento del ecosistema (André *et al.*, 2002). Según André *et al.* (2001), en la década de 1970 hubo varias publicaciones sobre la diversidad de organismos del suelo, incluyendo el reconocimiento del enigma de la alta diversidad de especies asociadas con la aparente superposición trófica. Esta superposición (redundancia) determinaría que la ausencia de ciertas especies no afectaría las funciones generales del suelo, como el ciclo de los nutrientes y la mineralización de carbono (Groffman y Bohlen, 1999; Cragg y Bardgett, 2001; Hunt y Wall, 2002).

Aunque se ha avanzado en el conocimiento de ciertos ecosistemas edáficos, debido a su importancia en el crecimiento de las plantas y como una herramienta para la agricultura sostenible, el gran cuello de botella es la dificultad para alcanzar niveles significativos en la resolución taxonómica (André *et al.*, 2001). Esto significa que el progreso en el conocimiento de la estructura y el funcionamiento del ecosistema edáfico está orientado hacia estudios basados en la determinación de la presencia y abundancia de los taxa de los grupos funcionales (Hooper *et al.*, 2002). En este sentido, el rol funcional de los animales que habitan en el suelo en la conducción de procesos ecosistémicos fue revisado por Griffiths y Bardgett (1997), Cole y Bardgett (2002) y Mikola *et al.* (2002). La riqueza de taxa de la mesofauna edáfica es similar en plantaciones de *Vaccinium* sp. con manejo convencional y orgánico, mientras que la abundancia de cada taxón es diferente entre ambos tipos de manejo (Peredo *et al.*, 2009).

En Chile no hay estudios sobre mesofauna edáfica en plantaciones sometidas durante un largo período a manejo orgánico. En el contexto ya descrito, la pregunta que orientó el estudio fue: ¿hay variaciones temporales en las comunidades de mesofauna edáfica residentes en plantaciones de *Vaccinium* sp., fertilizadas con compost? Así, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto que tienen, en el tiempo, las prácticas de manejo orgánico certificadas sobre la taxocenosis y biocenosis de la mesofauna edáfica, en plantaciones de *Vaccinium* sp., en la zona centro-sur de Chile.

## MATERIALS AND METHODS

### Study area

This study was carried out in a plantation (600 ha) located 15 km west of Los Angeles city, Bío Bío Region, Chile. The main crop consists of berries on approximately 200 ha, of which around 40 % correspond to plantations of cranberries (*Vaccinium* sp.). The climate is Mediterranean, with a Santa Rosa agro-climate (Del Pozo and Del Canto, 1999). The mean annual precipitation is 1303 mm, the majority concentrated between March and August. The maximum average temperature of the hottest month (January) is 29 °C and the minimum average temperature of the coldest month (July) is 5 °C. The soils originated from volcanic ash deposited recently on an unrelated substrate, which is compacted but not cemented and permits slow permeation. The soils are very deep, well drained, with high humidity retention (Tosso, 1985); the textures are medium, predominantly silt loam, well structured at the surface, and abundant porosity associated with good rooting throughout the soil base. The permeability is moderate with slow surface run-off (CIREN, CORFO, 1999).

Organic management utilizes compost as inputs allowed by International Certification Norms (IFOAM-EC, 2007; USDA-NOP, 2007).

### Sampling design

In July 2006, two farms of cranberry plantation were chosen, one with one year under organic management certified as a transition organic plantation (OM1) and a second one under six years of certified organic management (OM6). The OM1 was considered as a transition organic plantation, since it had previously been conventionally managed. Each farm was divided in four quadrants (2500 m<sup>2</sup>). In each quadrant was extracted one random sample with six replicas of 188.5 cm<sup>3</sup> each, and 24 replicas on each plantation. The extraction of soil samples was done with a corer to a depth of 15 cm (*sensu* Neher and Barbercheck, 1999). The samples were mounted during 7 d using a modified Berlesse-Tullgren system (Lara *et al.*, 1986) to ensure the extraction of the edaphic organisms. The organisms were collected in 75 % alcohol and the specimens obtained were studied under a stereo microscope, counted and identified taxonomically at the level of order and sub-order.

To evaluate and compare the communities of edaphic mesofauna over time, in July 2007, sampling was repeated in the one and six year plantation (OM2 and OM7).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Area de estudio

Este estudio se realizó en una plantación (600 ha) a 15 km al oeste de la ciudad de Los Ángeles, Región del Biobío, Chile. La cosecha principal se compone de frutos de berris en aproximadamente 200 ha, de las cuales alrededor de 40 % corresponde a plantaciones de arándanos (*Vaccinium* sp.). El clima es de tipo mediterráneo, con un clima agrícola Santa Rosa. (Del Pozo y Del Canto, 1999). La precipitación media anual es 1303 mm, concentrada de marzo a agosto. La temperatura máxima media del mes más cálido (enero) es 29 °C y la temperatura mínima media del mes más frío (julio) es 5 °C. Los suelos se formaron a partir de ceniza volcánica depositada recientemente sobre un sustrato no relacionado, que se compacta, pero no se cementa y permite una permeabilidad lenta. Los suelos son muy profundos, bien drenados, con una alta retención de humedad (Tosso, 1985); las texturas son medianas, con predominio franco limoso, bien estructuradas en la superficie, y abundante porosidad asociada con un buen enraizamiento en toda la base del suelo. La permeabilidad es moderada, con escorrentía lenta en la superficie (CIREN-CORFO, 1999).

El manejo orgánico utiliza el compost como insumo permitido por las Normas de Certificación Internacional (IFOAM-CE, 2007; USDA-NOP, 2007).

### Diseño del muestreo

En julio de 2006 se seleccionaron dos predios de plantaciones de arándano; una con un año bajo manejo orgánico certificado como plantación orgánica de transición (OM1), y una segunda con seis años de manejo orgánico certificado (OM6). La OM1 fue considerada como una plantación orgánica de transición, ya que antes se manejo convencionalmente. Cada predio se dividió en cuatro cuadrantes (2500 m<sup>2</sup>). En cada cuadrante se extrajo una muestra aleatoria con seis réplicas de 188.5 cm<sup>3</sup> cada una, y 24 réplicas de cada plantación. La extracción de muestras del suelo se realizó con un muestreador (barreno) a una profundidad de 15 cm (*sensu* Neher y Barbercheck, 1999). Las muestras fueron montadas durante 7 d usando una versión modificada del sistema Berlesse-Tullgren (Lara *et al.*, 1986) para asegurar la extracción de los organismos edáficos. Los organismos se recolectaron en 75 % de alcohol y los especímenes obtenidos fueron estudiados con un microscopio estéreo, y contados e identificados taxonómicamente a nivel de orden y sub-orden.

Para evaluar y comparar las comunidades de la mesofauna edáfica, en julio de 2007, se repitió el muestreo en la plantación de un año y en la de seis (OM2 y OM7).

**Data analysis**

The richness, abundance and density ( $\text{nm}^{-2}$ ) of taxa per ha were determined in the 24 replicas, as well as the diversity and evenness indexes of the mesofauna community in each plantation (OM1, OM2, OM6 and OM7) (Doles *et al.*, 2001). The  $\alpha$  diversity and dominance were calculated using the Shannon ( $H'$ ) Index (Cox, 1968) and the Evenness Index ( $J'$ ) (Krebs, 1985). In addition,  $\beta$  diversity was determined to establish the taxocenotic and biocenotic similarities using the Bray Curtis Index estimated with the Biodiversity Pro software. To evaluate significant differences between the values of the diversity indices obtained in each plantation Student's  $t$  test ( $p \leq 0.05$ ) was applied (Zar, 1999).

**RESULTS AND DISCUSSION**

The taxa richness recorded in the present study, with their respective abundances and densities, is shown in Table 1. Although the presence/absence

**Análisis de datos**

La riqueza, abundancia y densidad ( $\text{nm}^{-2}$ ) de taxa por hectárea se determinaron en las 24 réplicas, así como los índices de diversidad y homogeneidad de la comunidad de mesofauna en cada plantación (OM1, OM2, OM6 y OM7) (Doles *et al.*, 2001). La diversidad  $\alpha$  y dominancia se calcularon con el índice de Shannon ( $H'$ ) (Cox, 1968) y el índice de homogeneidad ( $J'$ ) (Krebs, 1985). Además, se determinó la diversidad  $\beta$  para establecer las similitudes taxocenóticas y biocenóticas usando el índice de Bray Curtis, calculado con el software Biodiversity Pro. Para evaluar las diferencias significativas entre los valores de los índices de diversidad obtenidos en cada plantación, se aplicó la prueba  $t$  de Student  $t$  ( $p \leq 0.05$ ) (Zar, 1999).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el Cuadro 1 se muestra la riqueza de taxa registrados en el presente estudio, con sus respectivas

**Table 1. Abundance (A), density (D:  $\text{nm}^{-2}$ ) and taxa richness (S) of edaphic mesofaunistic taxa present in organic management *Vaccinium* sp. plantation with one (OM1), two (OM2), six (OM6) and seven (OM7) years of organic management in southern central Chile.**

**Cuadro 1. Abundancia (A), densidad (D:  $\text{nm}^{-2}$ ) y riqueza de taxa (S) de la mesofauna edáfica presentes en plantaciones de *Vaccinium* sp. sometidos a uno (OM1), dos (OM2), seis (OM6) y siete (OM7) años de manejo orgánico en la zona centro-sur de Chile.**

| Taxa             | OM1  |      | OM2  |       | OM6  |      | OM7  |       |
|------------------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|
|                  | A    | D    | A    | D     | A    | D    | A    | D     |
| Oribatida        | 235  | 4700 | 524  | 10900 | 404  | 8100 | 572  | 13000 |
| Gamasida         | 108  | 2150 | 48   | 1000  | 104  | 2100 | 108  | 2450  |
| Uropodina        | 6    | 100  | 18   | 750   | 12   | 250  | 20   | 4950  |
| Prostigmata      | 34   | 700  | 44   | 900   | 33   | 650  | 26   | 600   |
| Tarsonemida      | 179  | 3600 | 61   | 1300  | 95   | 1900 | 87   | 1700  |
| Acaridida (A+L)  | 255  | 5050 | 387  | 8950  | 493  | 8250 | 289  | 6400  |
| Total Acarina    | 817  |      | 1082 |       | 1141 |      | 1102 |       |
| Entomobryomorpha | 114  | 2300 | 102  | 2150  | 69   | 1400 | 122  | 2750  |
| Poduromorpha     | 83   | 1650 | 48   | 1000  | 70   | 1400 | 28   | 600   |
| Symphyleona      | 0    | 0    | 0    | 0     | 0    | 0    | 6    | 100   |
| Total Collembola | 197  |      | 150  |       | 139  |      | 156  |       |
| Diplopoda        | 4    | 350  | 0    | 0     | 2    | 50   | 6    | 150   |
| Quilopoda        | 3    | 50   | 20   | 400   | 1    | 20   | 2    | 45    |
| Diptera (L)      | 20   | 400  | 2    | 40    | 3    | 50   | 22   | 500   |
| Nematoda         | 14   | 280  | 43   | 950   | 9    | 200  | 10   | 200   |
| Total abundance  | 1055 |      | 1297 |       | 1295 |      | 1298 |       |
| S                | 12   |      | 11   |       | 12   |      | 13   |       |

of edaphic mesofauna groups was similar in the four plantations, clear differences were observed in the abundance of each taxon in the different plantations. OM1, plantation with only one year of transition to organic management, recorded the lowest value for the total abundance. OM2, OM6 and OM7 plantations showed high total abundance values, being very similar among them. The most abundant taxa were Acarina and Collembola. Respect to Acarina, Acaridida was the most abundant taxon of edaphic mesofauna in OM1 y OM6, followed by Oribatida; OM2 y OM7 showed a reverse tendency, being Oribatida the most abundant taxa followed by Acaridida. In all plantations, Tarsonemida, Gamasida and Prostigmata y Uropodina showed less abundance. Among the Collembola, Entomobryomorpha was the most abundant, with similar abundance, except in OM6 where it was reduced. Symphypleona was only recorded in the plantations with seven years of organic management (Table 1 and Figure 1). The lowest value for the abundance of Oribatida was recorded in OM1 as might be expected, given

abundancias y densidades. Aunque la presencia/ ausencia de los grupos mesofaunísticos edáficos fue similar en las cuatro plantaciones, se observaron diferencias claras en la abundancia de cada taxón en las diferentes plantaciones. La OM1, plantación con sólo un año de transición hacia manejo orgánico, registró el valor más bajo de la abundancia total. Las plantaciones OM2, OM6 y OM7 mostraron altos valores de abundancia total, siendo muy similares entre ellos. Los taxa más abundantes fueron Acarina y Collembola. Respecto a Acarina, Acaridida fue el taxón más abundante de la mesofauna edáfica en OM1 y OM6, seguido por Oribatida; OM2 y OM7 mostraron una tendencia inversa, al ser Oribatida el taxón más abundante, seguido de Acaridida. En todas las plantaciones, Tarsonemida, Gamasida, Prostigmata y Uropodina mostraron una menor abundancia. Entre los Collembola, Entomobryomorpha fue el más abundante, con una cantidad similar, excepto en OM6, donde se redujo. El taxón Symphypleona sólo se detectó en las plantaciones con siete años de manejo orgánico (OM7) (Cuadro 1 y Figura 1). El

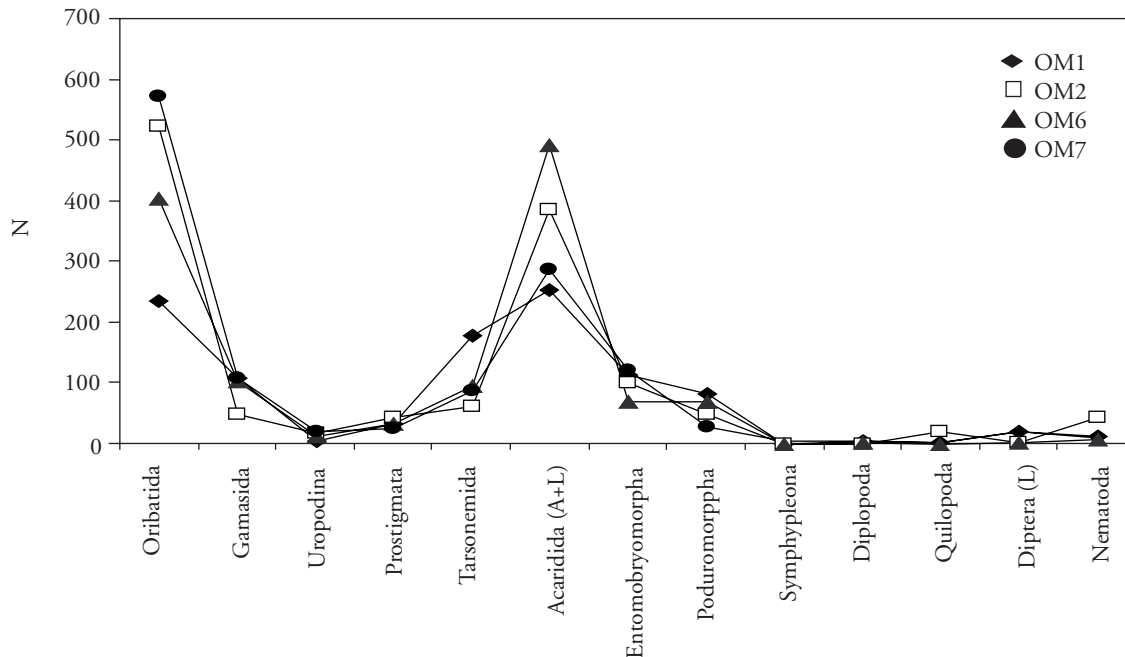


Figure 1. Comparison of abundance values of edaphic mesofaunistic taxa present in organic management *Vaccinium* sp. plantation with one (OM1), two (OM2), six (OM6) and seven (OM7) years of organic management in southern central Chile.

Figura 1. Comparación de los valores de abundancia de taxa de la mesofauna edáfica presente en plantaciones de *Vaccinium* sp. con uno (OM1), dos (OM2), seis (OM6) y siete (OM7) años de manejo orgánico en la zona centro-sur de Chile.

that populations of Oribatidae diminish rapidly when the microhabitat is altered (Behan-Pelletier, 2003). According to Neher and Barbercheck (1999), additions of mineral fertilizer decrease populations of oribatids. If the Oribatidae abundance values between the organic plantations are analyzed, OM1 (with one year of transition to organic management) recorded only 235 individuals in the 25 samples, which increased to almost double the following year (OM2) with annual fluctuations in the plantations with six (OM6) and seven (OM7) years of organic management (Table 1). The above result could be explained given that organic amendments also contain microbes and their respective food resources according to Neher and Barbercheck (1999). Tarsonemida increased considerably in OM1, stabilising at lower abundances in plantations with longer periods of organic treatment. Next in abundance was Gamasida with very similar abundances between the plantations, except for OM2. Among the Collembola, Entomobryomorpha is the most abundant in organic plantations and with similar abundance, except in OM6, where it is reduced. Nematoda registered low abundance throughout the study. The low abundance values recorded in Collembola and Nematoda could be explained by their omnivore and predator condition. According to Stirling (1991) certain Orders of nematodes predators and insect-parasitic nematodes present in the soil may affect population of their prey. Collembolans may also be facultative predators of nematodes (Snider *et al.*, 1990).

The highest values for diversity ( $H'$ ) and homogeneity ( $J'$ ) for each type of *Vaccinium* sp. plantations were recorded in OM1 (Table 2). The differences in the  $H'$  values between OM1 and other *Vaccinium* sp. plantations were significant ( $p \leq 0.05$ ). The similar  $H'$  values ( $p > 0.05$ ) in OM2, OM6 and OM7 in the present study allow to assume that the edaphic mesofauna community stabilises after two years under organic management. According to Peredo *et al.* (2009), there are significant differences between  $H'$  values of edaphic mesofauna in *Vaccinium* sp. conventional plantations and the  $H'$  values of organic plantations.

In field experiments abundance of soil microarthropods (Acarina and Collembolla) increase significantly with the food supply of straw and green manure, but not with farmyard manure (Kautz *et al.*,

valor más bajo de abundancia de Oribatidae se registró en OM1, como se esperaba, dado que las poblaciones de Oribatidae disminuyen rápidamente cuando el microhábitat se altera (Behan-Pelletier, 2003). Según Neher y Barbercheck (1999), la aplicación de fertilizantes minerales reduce las poblaciones de oribatidos. Al analizar los valores de abundancia de los Oribatidae entre las plantaciones orgánicas, OM1 (con un año de transición hacia el manejo orgánico) registró sólo 235 individuos en las 24 muestras, lo que aumentó a casi el doble al año siguiente (OM2), con fluctuaciones anuales en las plantaciones de seis (OM6) y siete (OM7) años de manejo orgánico (Cuadro 1). El resultado anterior podría explicarse considerando que las enmiendas orgánicas también contienen microbios y sus recursos alimenticios respectivos, de acuerdo a Neher y Barbercheck (1999). Tarsonemida aumentó considerablemente en OM1, estabilizándose en cantidades menos abundantes en las plantaciones con períodos más largos de tratamiento (manejo) orgánico. El siguiente en abundancia fue Gamasida con cantidades muy similares entre las plantaciones, a excepción de OM2. Entre los Collembola, Entomobryomorpha es el más abundante en las plantaciones orgánicas, registrándose abundancias similares entre ellas, excepto en OM6, donde se reduce. Nematoda registró una abundancia baja durante todo el estudio. Los valores bajos de abundancia registrados en Collembola y Nematoda podrían atribuirse a su condición de omnívoros y depredadores. Según Stirling (1991), ciertas órdenes de nemátodos depredadores y nemátodos parásitos de insectos presentes

**Table 2. Diversity values ( $H'$  bits), highest diversity ( $H_{max}$  bits) and Evenness ( $J'$ ) present in organic management *Vaccinium* sp. plantation with one (OM1), two (OM2), six (OM6) and seven (OM7) years of organic management in southern central Chile.**

**Cuadro 2. Valores de la diversidad ( $H'$  bits), diversidad máxima (bits  $H_{max}$ ) y homogeneidad ( $J'$ ) presentes en la plantación de *Vaccinium* sp. con manejo orgánico con uno (OM1), dos (OM2), seis (OM6) y siete (OM7) años de manejo orgánico en la zona centro-sur de Chile.**

| Index                          | OM1  | OM2  | OM6  | OM7  |
|--------------------------------|------|------|------|------|
| Shannon $H'$ Log Base 10,      | 0.85 | 0.73 | 0.71 | 0.74 |
| Shannon $H_{max}$ Log Base 10, | 1.08 | 1.04 | 1.08 | 1.11 |
| Evenness ( $J'$ )              | 0.79 | 0.70 | 0.66 | 0.66 |

2006). Nutrient release from a mixture of plant litter and soil increased with increasing microarthropod density but decreased with increasing species richness (Cole *et al.*, 2004). The use of compost in the present study shows that total abundance of mesoedaphic community increases after two years under organic management, compared to OM1 (plantation with only one year of transition to organic management), which recorded the lowest values for the total abundance (Table 1).

As indicated above, there is a high taxocenotic (qualitative) similarity between the groups of edaphic mesofauna recorded among the plantations of cranberries subjected to organic management (Figure 2). The dendrogram shows only one group of taxocenotic similarity which ranges from 95 to 100 %, given that *Symphyleona* was registered only in OM7 and *Diplododa* was absent only in OM2 (Figure 2A, Table 1). However, there are quantitative differences in the biocenosis of the edaphic communities where the dendrogram shows three similar groups separated: at 85 %, which separates the OM2 and OM7 community; at 83 % and 75 % which separate the plantation with one year of transition to organic management (OM1) from others communities (Figure 2B). The great biocenotic similarity between these last three, over 83 %, would be explained by the similar niche conditions generated after the transition year.

The OM1 and OM6 show 100 % of taxocenotic similarity which indicates that in both communities the same taxa are present. But, both communities differ at biocenotic level since the  $H'$  value in OM1 was higher ( $p \leq 0.05$ ) than in OM6. However, total organism abundance is lower in OM1 than OM6. The latter is explained by the higher homogeneity in the abundances of the different taxa present in OM1, showed in the Evenness Index ( $J' = 0.79$ ) respect to OM6 ( $J' = 0.66$ ). Similar values of  $H'$  and  $J'$  in OM2, OM6 and OM7 ( $p > 0.05$ ) would indicate that the communities of edaphic mesofauna in the organic cranberry plantations (*Vaccinium* sp.) stabilize two years after conversion from conventional to organic management.

The importance of soil organisms for plants has been shown in the last century and at present edaphic diversity is considered as a tool for sustainable agriculture. According to Neher (2001), higher diversity values would be expected in plantations

en el suelo pueden afectar la población de sus presas. Los colémbolos también pueden ser depredadores facultativos de nemátodos (Snider *et al.*, 1990).

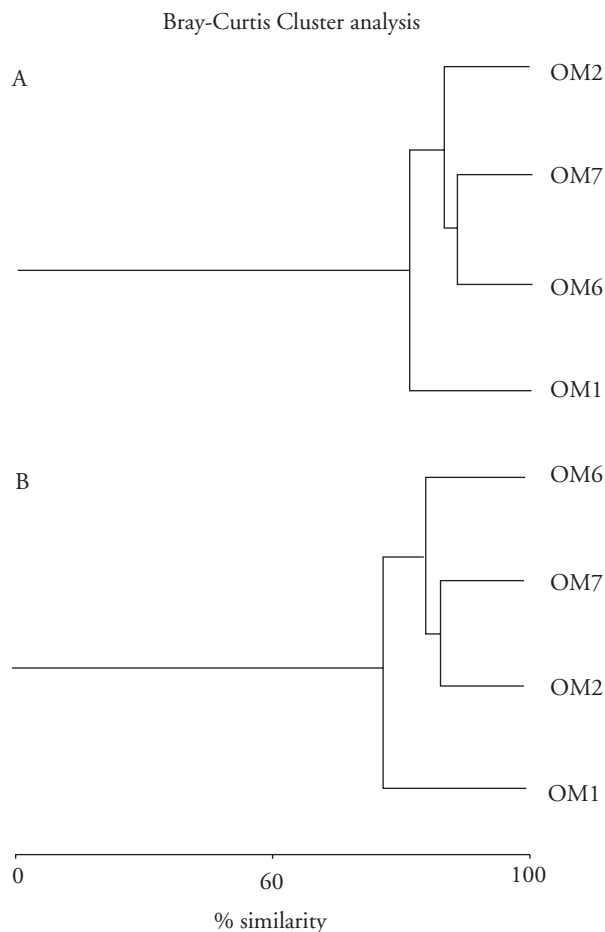
Los valores más altos de diversidad ( $H'$ ) y homogeneidad ( $J'$ ) para cada tipo de plantación de *Vaccinium* sp. se registraron en OM1 (Cuadro 2). Las diferencias en los valores de  $H'$  entre OM1 y otras plantaciones de *Vaccinium* sp. fueron significativas ( $p \leq 0.05$ ). Los valores similares de  $H'$  ( $p > 0.05$ ) en OM2, OM6 y OM7 en el presente estudio permiten suponer que la comunidad de mesofauna edáfica se estabiliza después de dos años bajo manejo orgánico. Según Peredo *et al.* (2009), existen diferencias significativas entre los valores  $H'$  de la mesofauna edáfica en las plantaciones convencionales de *Vaccinium* sp. y los valores  $H'$  de las plantaciones orgánicas.

En experimentos de campo, la abundancia de microartrópodos del suelo (Acarina y Collembolla) aumentó significativamente con la incorporación de paja y abono verde, pero no con el estiércol (Kautz *et al.*, 2006). La liberación de nutrientes a partir de una mezcla de material vegetal y suelo se incrementó al aumentar la densidad de microartrópodos, pero disminuyó con la mayor riqueza de especies (Cole *et al.*, 2004). El uso de compost en el presente estudio reveló que la abundancia total de la comunidad mesoedáfica aumentó después de dos años bajo manejo orgánico, en comparación con OM1 (plantación con sólo un año de transición orgánica), que registró los valores más bajos de la abundancia total (Cuadro 1).

Como se indicó anteriormente, existe una gran similitud taxocenótica (cualitativa) entre los grupos de mesofauna edáfica registrados entre las plantaciones de arándanos sometidos a manejo orgánico (Figura 2). El dendrograma muestra sólo un grupo de similitud taxocenótica, que va desde 95 a 100 %, dado que el *Symphyleona* se registró únicamente en OM7 y el *Diplododa* estuvo ausente sólo en OM2 (Figura 2A, Cuadro 1). Sin embargo, hay diferencias cuantitativas en la biocenosis de las comunidades edáficas donde el dendrograma muestra tres grupos similares separados: a 85 %, que incluye las comunidades OM2 y OM7; uno a 83 % y uno a 75 % que separa la plantación con un año de transición hacia el manejo orgánico (OM1) de las otras comunidades (Figura 2B). La gran similitud biocenótica entre estos tres últimos, de más del 83 %, se explica por las condiciones de nicho similares generadas a partir del año de transición.



with seven years under organic management because a long-term perennial crop is related more closely to an undisturbed site. However, the low diversity values registered in the present study could be explained by the fact that the organic farms used for the study are highly specialized, large-scale and monocultural operations managed with the same input-substitution approach that characterizes conventional agriculture (Altieri and Rogé, 2010). Such farms usually contain low levels of plant, arthropod and microbial biodiversity despite their compliance with organic certification standards (Altieri, 2002).



**Figure 2.** Taxocenotic (A) and biocenotic (B) similarity dendrogram of *Vaccinium* sp. organic plantation with one (OM1), two (OM2), six (OM6) and seven (OM7) years of organic management in southern central Chile.

**Figura 2.** Dendrograma de similitudes taxocenóticas (A) y biocenóticas (B) de las plantaciones de *Vaccinium* sp. con uno (OM1), dos (OM2), seis (OM6) y siete (OM7) años de manejo orgánico en la zona centro-sur de Chile.

Hubo 100 % de similitud taxocenótica entre OM1 y OM6, lo que indica que en ambas comunidades los mismos taxa están presentes. Pero ambas comunidades difieren en el nivel biocenótico ya que el valor de  $H'$  en OM1 fue significativamente mayor ( $p \leq 0.05$ ) en OM6. Sin embargo, la abundancia total de individuos fue menor en OM1 que en OM6. Esto último se explica por la mayor homogeneidad en las abundancias de los diferentes taxa presentes en OM1, lo que se revela en el índice de homogeneidad de OM1 ( $J' = 0.79$ ) comparado con el de OM6 ( $J' = 0.66$ ). Valores similares de  $H'$  y  $J'$  en OM2, OM6 y OM7 ( $p > 0.05$ ) indicarían que las comunidades de mesofauna edáfica en las plantaciones orgánicas de arándanos (*Vaccinium* sp.) se estabilizan dos años después de la conversión de manejo convencional a orgánico.

La importancia de los organismos del suelo para las plantas se mostró en el último siglo y a la fecha el manejo de la diversidad edáfica es considerada una práctica fundamental (herramienta) para la agricultura sostenible. De acuerdo con Neher (2001), se esperarían valores más altos de diversidad en las plantaciones con siete años bajo manejo orgánico, porque un cultivo perenne de largo plazo se relaciona más estrechamente con un sitio no alterado. Sin embargo, los bajos valores de diversidad registrados en el presente estudio podrían explicarse por el hecho que los predios orgánicos usados en esta investigación son operaciones de monocultivo de gran escala, altamente especializados, donde se usa un enfoque de sustitución de insumos propia de la agricultura convencional (Altieri y Rogé, 2010). Estos predios, usualmente, contienen bajos niveles de biodiversidad de plantas, artrópodos y microorganismos, a pesar de cumplir con las normas de certificación orgánica (Altieri, 2002).

La disminución de la biodiversidad registrada en este estudio no conduce necesariamente a concluir que el agroecosistema no esté en camino a su estabilidad. Según Neher y Barbercheck (1999), las redes alimentarias (tramas tróficas) cortas que presentan poca omnivoría son más estables que las cadenas alimentarias largas y con mucha omnivoría. La estabilidad puede desarrollarse si aumenta el número de especies, pero no si aumenta la omnivoría (Lawton y Brown, 1993).

Finalmente, los resultados del presente estudio constituyen una primera contribución al conocimiento

The decrease in biodiversity recorded in this study does not necessarily lead to conclude that the agroecosystem is not on the way to its stability. According Neher and Barbercheck (1999), short food webs that exhibit little omnivory are more stable than longer food webs with much omnivory. Stability can develop if numbers of species increase but not if omnivory increases (Lawton and Brown, 1993).

Finally, the results of the present study constitute a first contribution to the knowledge on edaphic mesofauna community dynamics under organic management using compost in Chile. However, it is necessary to point out that results are valid under the established conditions because factors such as quality and composition of fertilizer used (Neher and Barbercheck, 1999) and other macro factors such as soil type, latitude, altitude (Stork and Eggleton, 1992) may condition the structure and functioning of edaphic communities.

### CONCLUSIONS

There is a high taxocenotic and biocenotic similarity on time in the edaphic community structure of *Vaccinium* sp. organic plantations. Fourteen taxa conform edaphic mesofauna taxocenosis, being Acaridida, Oribatida and Entomobryomorpha the most abundant. Significant differences among diversity values of OM1 vs OM2, OM6 and OM7 allow assuming that the communities of edaphic mesofauna in the organic plantations of *Vaccinium* sp. stabilize two years after conversion from conventional to organic management.

### ACKNOWLEDGEMENTS

Santiago F. Peredo P. acknowledges financial support from Dirección de Ciencia y Tecnología (DICYT), Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, Universidad de Santiago de Chile, Santiago, that allowed a stay research at the Agroecology Laboratory, Universidad Nacional de la Plata, Argentina. This research was partially financed by the project "Fund for the Implementation of Research Units 2003" awarded to Esperanza Parada Z., for which the authors thank the Dirección General de Investigación y Postgrado, Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile.

sobre la dinámica de las comunidades de mesofauna edáfica bajo manejo orgánico utilizando compost en Chile. Sin embargo, es necesario señalar que los resultados son válidos en las condiciones establecidas, debido a que factores como la calidad y composición del fertilizante usado (Neher y Barbercheck, 1999) y otros factores macro, tales como el tipo de suelo, la latitud, la altitud (Stork y Eggleton, 1992), pueden condicionar la estructura y funcionamiento de las comunidades edáficas.

### CONCLUSIONES

Hay una gran similitud taxocenótica y biocenótica, en el tiempo, en la estructura de la comunidad edáfica de plantaciones orgánicas de *Vaccinium* sp. Catorce taxones conforman la taxocenosis de mesofauna edáfica, siendo Acaridida, Oribatida y Entomobryomorpha los más abundantes. Las diferencias significativas entre los valores de la diversidad de OM1 vs OM2, OM6 y OM7 permiten suponer que las comunidades de mesofauna edáfica en las plantaciones orgánicas de *Vaccinium* sp. se estabilizan dos años después de la conversión de manejo convencional a orgánico.

—Fin de la versión en Español—

-----\*-----

### LITERATURE CITED

- Altieri, M. A. 1999. Agroecología: Bases Científicas para una Agricultura Sustentable. Nordan Comunidad. Montevideo. 338 p.
- Altieri, M. A. 2002. Agroecology: The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agr. Ecosyst Environ.* 7: 62-75.
- Altieri, M. A., y C. Nicholls. 2000. Agroecología: Teoría y Práctica para una Agricultura Sustentable. PNUD. México. 250 p.
- Altieri, M. A., and P. Rogé. 2010. The ecological role and enhancement of biodiversity in agriculture. *In*: Lockie, S. and D. Carpenter (eds). *Agriculture, Biodiversity and Markets*. Earthscan. London-Washington. pp: 15-32.
- André, H. M., X. Ducarme, J. M. Anderson, D. A. Crossley Jr, H. H. Koehler, M. G. Paoletti, D. E. Walter, and P. Lebrun. 2001. Skilled eyes needed to go studying the richness of the soil. *Nature* 409: 761.

- André, H. M., X. Ducarme, and P. Lebrun. 2002. Soil biodiversity: myth, reality or conning. *Oikos* 96: 3-24.
- Behan-Pelletier, V. M. 2003. Acari and collembolan biodiversity in Canadian agricultural soils. *Can. J. Soil Sc.* 83: 279-288.
- CIREN, CORFO Chile. 1999. Estudio Agroecológico VIII Región. Tomos I y II. Publicación CIREN N 121. Santiago, Chile. 586 p.
- Cole, L., and R. D. Bardgett. 2002. Soil animals, microbial activities and nutrient cycling. *In: Encyclopedia of Soil Science*, Marcel Dekker Inc. New York. pp: 72-75.
- Cole, L., K. M. Dromph, V. Boaglio, and R. D. Bardgett. 2004. Effect of density and species richness of soil mesofauna on nutrient mineralization and plant growth. *Biol. Fertil. Soil* 39: 337-343.
- Cox, G. W. 1968. *Laboratory Manual General Ecology*. Brown Company Publishers. Iowa. 165 p.
- Cragg, R. G., and R. D. Bardgett. 2001. How changes in soil faunal diversity and composition within a trophic group influence decomposition processes. *Soil Biol. Biochem.* 33: 2073-2081.
- Del Pozo, A., y P. Del Canto. 1999. Áreas agroclimáticas y sistemas productivos en la VII y VIII regiones. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Quilmapu, Chile. 115 p.
- Doles, J. D., R. J. Zimmerman, and J. C. Moore. 2001. Soil microarthropods community structure and dynamics in organic and conventionally managed apple orchards in Western Colorado, USA. *Appl. Soil Ecol.* 18: 83-96.
- Dumaresq, D., D. Carpenter, and S. Lockie. 2010. The human ecology of agrobiodiversity. *In: Lockie, S., and D. Carpenter (eds). Agriculture, Biodiversity and Markets*. Earthscan. London-Washington. pp: 33-46.
- Gliessman, S. R. 1998. Agroecología. Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. LITOCAT. Turrialba, Costa Rica. 359 p.
- Griffiths, B., and R. D. Bardgett. 1997. Interaction between microbial feeding invertebrates and soil organisms. *In: Van Elsas, J. D., E. Wellington, and J. T. Trevors (eds). Modern Soil Microbiology*. Marcell Dekker. pp: 165-182.
- Groffman, P., and P. J. Bohlen. 1999. Soil and sediment biodiversity. *Bioscience* 49: 139-148.
- Hooper, D. U., M. Solan, A. Symstad, S. Díaz, M. O. Gessner, N. Buchmann, V. Degrange, P. Grime, F. Hulot, F. Mermolld-Blodin, J. Roy, E. Spehn, and L. van Peer. 2002. Species diversity, functional diversity and ecosystem functioning. *In: Loreau, M., S. Naeem, and P. Inchausti (eds). Biodiversity and Ecosystem Function. Synthesis and Perspectives*. Oxford Press. pp: 195-208.
- Hunt, H., and D. H. Wall. 2002. Modelling the effects of loss of soil biodiversity on ecosystem function. *Global Change Biol.* 8: 33-50.
- International Federation of Organic Agricultural Movements (IFOAM). 2007. Council Regulation (EC) No 834/2007 organic production. <http://www.organic-europe.net/europe/eu/eu-regulation-on-organic-farming.asp> (Accessed: October 2010).
- Kautz, T., C. López-Fando, and F. Ellmer. 2006. Abundance of biodiversity of soil microarthropods as influenced different types of organic manure in a long-term field experiment in Central Spain. *Appl. Soil Ecol.* 33:278-285.
- Krebs, C. J. 1985. *Ecología. Estudio de la Distribución y Abundancia*. Ed. Harper & Row Latinoamericana. México. 753 p.
- Lara, G., E. Parada, N. Butendieck, and R. Covarrubias. 1986. Efecto de azinphos-etil sobre la densidad de microartrópodos del suelo en praderas de la IX Región (Chile). *Ciencia e Investigación Agraria* 13(2): 81-89.
- Lawson, J. H., and V. K. Brown. 1993. Redundancy in ecosystems. *In: Schulze, E. D., and H. A. Mooney (eds). Biodiversity and Ecosystem Function*. Springer-Verlag, Berlin. pp: 255-270.
- Mikola, J., R. D. Bardgett, and K. Hedlund. 2002. Biodiversity, ecosystem functioning and soil decomposer food web. *In: Loreau, M., S. Naeem, and P. Inchausti (eds). Biodiversity and Ecosystem Functioning: Synthesis and Perspectives*. Oxford University Press. pp: 169-180.
- Neher, D. A. 2001. Nematode communities as ecological indicators of agroecosystem health. *In: Gliessman, S. (ed). Agroecosystem Sustainability. Developing Practical*. CRC Press LLC. pp: 105-120.
- Neher, D. A., and M. E. Barbercheck. 1999. Diversity and function of soil mesofauna. *In: Collins, W. W., and C. O. Qualset (eds). Biodiversity in Agroecosystems*. CRC Press. USA. pp: 27- 48.
- Peredo P., S. F., E. Parada Z., M. Vega C., and C. P. Barrera S. 2009. Edaphic mesofauna community structure in organic and conventional management of cranberry (*Vaccinium* sp.) plantations: An agroecological approach. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 9 (3): 236-244.
- Snider, R. J., R. Snider, and A. J. M. Smucker. 1990. Collenbolan populations and root dynamics in Michigan agroecosystems, *In: Box, Jr., J. E., and L. C. Hammond (eds). Rhizosphere Dynamics*. Westview, Boulder, CO. pp: 169-191.
- Stirling, G. R. 1991. *Biological Control of Plant Parasitic Nematodes*. CAB International, Wallingford, UK. 282 p.
- Stork, N. E., and P. Eggleton. 1992. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *Am. J. Alternative Agric.* 7(1-2): 38-47.
- United States Department of Agriculture (USDA). 2007. National Organic Program (NOP). <http://www.ams.usda.gov/AMSv1.0/NOP> (Accessed: October 2010).
- Tosso, J. 1985. *Suelos volcánicos de Chile*. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. 723 p.
- Zar, F. 1999. *Bioestadistical Analysis*. 4° Ed. Hall-Ed. Upper Saddle River. New Jersey, USA. 663 p.