



GOBIERNO DE CHILE
INIA - LA PLATINA



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Lombrices de Tierra
como
Agentes Mejoradores
de las
Propiedades Físicas
del Suelo en
Huertos Frutales



Autores:

Gabriel Sellés van Sch.

Raúl Ferreyra E.

Rodrigo Ahumada B.

Mónica Santelices S.

Jorge García - Huidobro P.

Rafael Ruiz Sch.

BOLETÍN INIA N° 140



GOBIERNO DE CHILE
INIA - LA PLATINA



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

**Lombrices de Tierra
como Agentes Mejoradores
de las Propiedades
Físicas del Suelo en
Huertos Frutales**



Autores:

Gabriel Selles van Sch.

Raúl Ferreyra E.

Rodrigo Ahumada B.

Mónica Santelices S.

Jorge García - Huidobro P.

Rafael Ruiz Sch.

INIA - La Platina

Santiago de Chile, 2006

ISSN 0717 - 4829

BOLETÍN INIA - Nº 140

La presente publicación entrega los principales resultados obtenidos en el marco del proyecto "Estudio de la Lombrices de Tierra como Agentes Mejoradores de las Propiedades Físicas del Suelo en Huertos Frutales Orgánicos y Convencionales", desarrollado entre los años 2002 y 2005, con el apoyo financiero de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

Autores:

Gabriel Selles van Sch.

Ingeniero Agrónomo Dr. INIA – La Platina.

Raúl Ferreyra E.

Ingeniero Agrónomo M.Sc. INIA – La Cruz.

Rodrigo Ahumada B.

Ingeniero Agrónomo INIA La Platina.

Mónica Santelices S.

Lic. en Biología – Consultor Privado.

Jorge García-Huidobro P. de A.

Ingeniero Agrónomo Ph.D. INIA – La Platina.

Rafael Ruiz Sch.

Ingeniero Agrónomo Dr. INIA – La Platina.

Directora Responsable:

Paulina Sepúlveda R.

Directora Regional INIA - La Platina.

Boletín INIA Nº 140

Cita bibliográfica correcta:

Selles, van Sch., G.; Ferreyra E., R.; Ahumada B., R.; Santelices S., M.; García Huidobro, P de A, J.; Ruiz Sch., R. 2006. Lombrices de Tierra como Agentes Mejoradores de las Propiedades Físicas del Suelo en Huertos Frutales. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA Nº 140. 92 p.

© 2006, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, Centro Regional de Investigación La Platina, Santa Rosa 11610, La Pintana, Teléfono (56-2) 7575100, Fax: (56-2) 5417667, Casilla 439, Correo 3, Santiago de Chile.

ISSN 0717-4829

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y los autores.

Corrección de Textos: Marisol González Y.

Diseño y Diagramación: Jorge Berríos V.

Impresión: Imprenta Salesianos S.A.

Cantidad de ejemplares: 500

Santiago, Chile, 2006.

TABLA DE CONTENIDOS

	Pag.
1 Introducción _____	5
2 Lombrices de Tierra: Categorías Ecológicas y su Rol en el Suelo _____	9
2.1 Generalidades _____	9
2.2 Clasificación Ecológica _____	10
2.3 Distribución de Lombrices de Tierra en Algunas Áreas de Chile _____	13
2.4 Acción de las Lombrices de Tierra en el Suelo _____	18
Propiedades Físicas _____	19
Propiedades Químicas _____	20
Propiedades Biológicas _____	22
2.5 Mecanismos para Favorecer la Presencia de Lombrices en el Suelo _____	23
3 Situación de las Poblaciones de Lombrices y de Las Propiedades Físicas de los Suelos en Huertos de la Zona Central de Chile _____	27
3.1 Poblaciones de Lombrices _____	27
3.2 Propiedades Físicas _____	33
Densidad Aparente _____	34
Macroporosidad _____	36
Estabilidad de Agregados _____	37
Velocidad de Infiltración _____	39
3.3 Disponibilidad de Nutrientes en el Suelo _____	40
3.4 Conclusiones _____	41

4	Inoculación de Lombrices Anécicas (<i>Lumbricus friendi</i>) en Huertos Bajo Manejo Orgánico y Convencional _____	43
4.1	Inoculación de Lombrices _____ Evolución de las Poblaciones de Lombrices _____	45 47
4.2	Propiedades Físicas de Los Suelos ____ Densidad Aparente _____ Macroporosidad _____ Velocidad de Infiltración _____	51 51 54 56
4.3	Evolución del Peso de Poda y del Desarrollo Radicular _____	57
4.4	Conclusiones _____	59
5	Guía para la Identificación de Lombrices más Frecuentes en la Zona Central de Chile _____	61
6	Métodos de Extracción de Lombrices de Tierra y Crianza Artificial de Lombrices Anécicas _____	73
7	Síntesis y Aplicaciones _____	83
8	Bibliografía _____	87

INTRODUCCIÓN

Gracias a las notables condiciones de clima y suelo que encontraron diversos frutales en Chile, sumado al aislamiento geográfico, que dificultó la introducción de plagas y enfermedades, la fruticultura tuvo una notable expansión en nuestro país a partir del siglo XVII. Las primeras exportaciones de fruta se realizaron, desde el Valle de Aconcagua, en el año 1921 y, a partir de la década de los años 40 se iniciaron las plantaciones comerciales de frutales en las Regiones V y Metropolitana, convirtiendo a algunas especies en verdaderos monocultivos hasta el día de hoy. En la actualidad la fruticultura es una de las actividades agropecuarias más rentables y generadoras de mano de obra del país, ocupando una superficie total del orden de las 234.500 hás., de las cuales el 58% se concentra en las Regiones V, VI y Metropolitana.

En estas regiones, el manejo de los huertos frutales se ha caracterizado por el uso excesivo de maquinaria agrícola, control químico de malezas, quema de residuos de poda y escasa incorporación de materia orgánica al suelo. Estas prácticas han llevado a producir problemas de compactación del suelo que en el largo plazo disminuyen la sustentabilidad del sistema agropecuario. Los problemas de compactación de suelo no son ajenos a los huertos orgánicos, que se ven sujetos al paso constante de maquinaria agrícola para realizar labores tales como aplicaciones de compost y control de malezas, entre otras.

La compactación afecta directamente la estructura del suelo, destruyendo principalmente los macroporos, que constituyen el espacio donde ocurre el movimiento del agua y del aire. Esto afecta el crecimiento y desarrollo radicular, pues existe una disminución de la actividad biológica alrededor de las raíces, debido a un insuficiente aporte de oxígeno y a un aumento de los niveles de dióxido de carbono. Adicionalmente, la compactación aumenta la densidad aparente del suelo y por ende su resistencia mecánica, disminuyendo el crecimiento de las raíces y dificultando las labores de riego.

Para solucionar el problema que acarrea la compactación, se puede señalar las labores mecánicas y biológicas. La primera alternativa implica el subsolado de suelo, con el uso de maquinaria de alta potencia para la ruptura de las capas compactadas, proceso que debe ser repetido cada cierto tiempo, debido a la recompactación, producto del laboreo de los terrenos. La alternativa biológica implica el uso de cubiertas vegetales y de materia orgánica, que favorece la estructuración del suelo y la acción de su fauna. Dentro de esta fauna, en los ecosistemas naturales y poco degradados, las lombrices de tierra constituyen el 50 al 60% del total de los organismos vivos. Los efectos beneficiosos de las lombrices incluyen un incremento de la disponibilidad de nutrientes y cambios en la estructura del suelo. Esto último a través de la capacidad de realizar galerías, lo que incrementa el tamaño de poros, favoreciendo la infiltración del agua, la aireación y la estimulación del desarrollo de las raíces de las plantas.

En Chile, en el campo de la agronomía a lo menos, no existe estudios sobre el efecto positivo que pudiera tener el accionar de las lombrices de tierra, sobre las propiedades físicas del suelo y la respuesta de los cultivos. En consecuencia, frente a los desafíos que presenta la sustentabilidad de los sistemas productivos frutales en el largo plazo, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), llevaron a cabo un estudio de carácter preliminar, con el objetivo de: a) identificar las principales especies de lombrices de tierra presentes en el país, que pudieran ser beneficiosas para la actividad agrícola, b) caracterizar aquellas especies que se encuentran presentes en los huertos, tanto orgánicos como convencionales, de la zona central de Chile, y c) evaluar el efecto de la inoculación artificial de lombrices de tierra sobre las propiedades físicas de los suelos dedicados a la producción frutal.

En este boletín se presenta los principales resultados obtenidos en este trabajo de investigación realizado entre los años 2002 y 2005.

LOMBRICES DE TIERRA: CATEGORÍAS ECOLÓGICAS Y SU ROL EN EL SUELO

2.1 GENERALIDADES

Las lombrices de tierra pertenecen al Filum de los Anélidos, (Anello = anillo) y a la clase Oligoquetos. (Oligochaeta, oligo = poco, chaeta = quetas), es decir, se trata de animales cuyo cuerpo está externamente dividido en anillos (también llamados metámeros o segmentos) a lo largo del cuerpo, y por surcos intersegmentales que coinciden con la posición de los septos o tabiques que dividen el cuerpo. Internamente, cada segmento tiene organización y anatomía semejantes, en los cuales los órganos se repiten regularmente (Barnes, 1974) (figuras 1 y 2).

Convencionalmente, para efectos de identificación taxonómica de las especies, los segmentos son numerados desde la región anterior a la posterior (1, 2, 3) y los surcos intersegmentales, por los números de los segmentos que tiene a cada lado, por ejemplo: 2/3, 11/12, etc. (la parte segmentada del cuerpo siempre está limitada al tronco). Cada segmento está provisto de cerdas o quetas insertas aisladamente en la pared cutánea que pueden estar dispuestas en diferentes formas (figura 2). La cabeza de la lombriz se ubicada en el extremo anterior, está representada por el prostomio, que contiene el cerebro y la boca. La parte terminal del cuerpo es el pigidio que lleva el ano (figura 1).

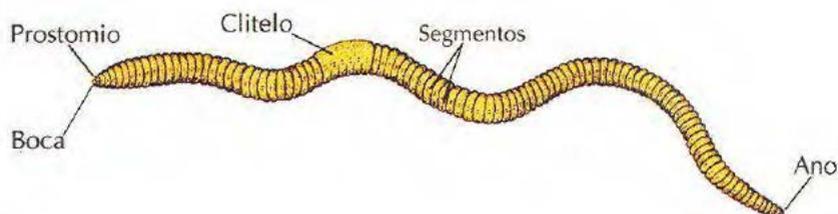


Figura 1. Representación esquemática de una lombriz de tierra. Señala boca, prostomio, clitelo, segmentos y ano.

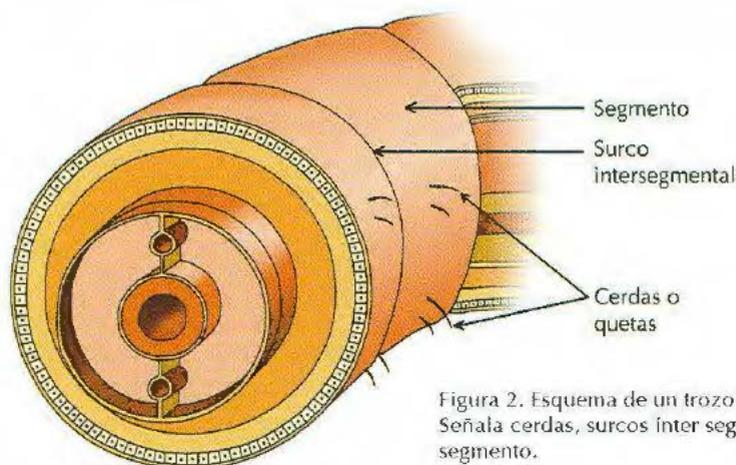


Figura 2. Esquema de un trozo de lombriz. Señala cerdas, surcos intersegmentales y segmento.

Las lombrices son organismos saprófitos, cuya alimentación se basa en los restos orgánicos del suelo, hojas muertas, vegetales en descomposición, heces y animales muertos, etc. Casi todas son hermafroditas insuficientes con fecundación cruzada, debido a que el proceso reproductivo se efectúa entre dos individuos con intercambio de espermios. Las lombrices de tierra constituyen la mayor proporción de la biomasa de la fauna que habita en los suelos, y las poblaciones pueden variar desde menos de 10 individuos por metro cuadrado hasta más de 2.000 individuos por metro cuadrado, lo cual en términos de biomasa significa variaciones entre 1-2 g/m² hasta más de 300 g/m² (Lee y Pankhurst, 1992).

2.2 CLASIFICACIÓN ECOLÓGICA

Existe un gran número de especies de lombrices. Sin embargo, desde el punto de vista funcional, éstas pueden ser agrupadas en categorías ecológicas (Bouché, 1972). Esta división en categorías ecológicas constituye una aproximación agronómica, que da cuenta de la actividad de estos organismos.

De acuerdo a su función y su distribución vertical en el suelo, se pueden clasificar en tres categorías principales: **epigeas**, **endogeas** y **anécicas**.

Las lombrices **epigeas**, viven permanentemente asociadas a acumulaciones de materia orgánica sobre la superficie del suelo, lo que las expone a situaciones permanentes del clima y depredadores. Por ello, han tenido que desarrollar una serie de adaptaciones morfológicas y fisiológicas para asegurar su supervivencia: la coloración es normalmente roja, roja vinosa o rosada (adaptación a la cama de materia orgánica), movilidad permanente (adaptación para escapar de los depredadores), alta tasa de fertilidad para asegurar su descendencia, etc. (Bouché, 1984).

Este grupo de lombrices es cultivada en cautiverio en forma intensiva con el objeto de reciclar desechos orgánicos biodegradables de distinto origen, obteniendo, como producto, un abono natural, el humus. Como ejemplo de lombrices epigeas se puede mencionar: *Eisenia fetida*, *E. fetida andrei*, *Lumbricus rubellus* (Foto 1).



Foto 1. Ejemplar de *Eisenia fetida fetida*, perteneciente a la categoría ecológica de las epigeas.

La segunda categoría ecológica corresponde a las lombrices **endogeas**. Éstas viven de manera permanente en el sustrato mineral-orgánico del suelo, hasta unos 40 cm. de profundidad. El alimento lo obtienen ya sea de raíces muertas (rizofagia), o de materias orgánicas más o menos integradas al sustrato (geofagia), de residuos enterrados por las anécticas o materiales transportados por el agua de lluvia que al filtrarse arrastra gran cantidad de partículas orgánicas. Las lombrices del tipo endogeas construyen galerías generalmente horizontales, a excepción de las pequeñas formas que viven entre raíces muertas. Es un grupo bastante heterogéneo, de talla pequeña a mediana y carecen de pigmentación cutánea.

*El nombre correcto es *Eisenia fetida*, el nombre incorrecto *Eisenia fetida*. Esta nominación la comenzó a emplear Terry en 1939 y fue rectificada por Bouché en 1972, quien devolvió al autor de la descripción de la especie, Savigny, 1826 la denominación dada por él, es decir *E. fetida*.

Aquellas que viven en el horizonte más superficial del suelo son las que consumen y mezclan mayor cantidad de materia orgánica. Las que habitan en zonas un poco más profundas (40 cm), son capaces de prosperar en suelos más pobres, compactados y poco aireados. Las lombrices endogeas, mientras mayor sea la profundidad en la que habitan, son menos sensibles a factores climáticos externos y menos expuestas a depredadores. Durante épocas de sequía se enrollan en forma de ovillos y se mantienen en letargo.

Dentro del grupo de las endogeas se encuentra: *Allolobophora chlorotica* y *Allolobophora caliginosa*, esta última, una de las especies del horizonte superficial del suelo más activas y útiles con fines agrícolas, por su acción homogenizadora, al mezclar el sustrato orgánico con el mineral del suelo (Bouché, 1985) (Foto 2).



Foto 2. Ejemplar de *Allolobophora caliginosa*, perteneciente a la categoría ecológica de las endogeas.

Las lombrices **anécicas**, constituyen la tercera categoría ecológica. Se trata de lombrices de talla relativamente grande, robustas, de coloración café rojizo, pardo o negras, a veces con visos tomasoladas. Estas lombrices construyen galerías verticales, las que en algunos casos pueden llegar hasta más de un metro de profundidad. Las anécicas toman los restos orgánicos desde la superficie del suelo, los que arrastran dentro de las galerías y los ingieren en su interior después que hongos y bacterias han provocado su descomposición.

Las lombrices anécicas desarrollan una actividad importante en el mejoramiento de las propiedades físicas de los suelos, las galerías favorecen el proceso de aireación e infiltración del agua, además mejoran e incrementan los contenidos de materia orgánica en las estratas más profundas del suelo. Su presencia se puede detectar por la apari-

ción de pequeños montículos de tierra (turrículos), que se puede observar sobre el suelo (Bouché, 1985.). Ejemplo de esta categoría ecológica la constituyen *Lumbricus terrestris*, *Lumbricus friendi*, *Nicotitlus nocturnus* (Foto 3).



Foto 3. Ejemplar de *Lumbricus friendi*, perteneciente a la categoría ecológica de las anécidas.

2.3 DISTRIBUCIÓN DE LOMBRICES DE TIERRA EN ALGUNAS ÁREAS DE CHILE

Durante la ejecución del proyecto, se realizó una prospección en diferentes zonas geográficas del país para identificar las principales especies de lombrices presentes en algunos ecosistemas naturales de Chile. Las prospecciones se realizaron en las Regiones V (comunas de Los Andes, Huelmo, Quillota y Casablanca), VI Región (comunas de San Vicente de Tagua Tagua, Chimbarongo, Placilla, Santa Cruz, Rengo, y Litueche), VIII Región (comunas de Chillán, San Pedro de La Paz, Concepción y Penco), en la X Región (comunas de Osorno, Puerto Montt y Calbuco) y en la Región XIII (comunas de La Pintana, Buin y Melipilla).

Se identificó un total de 36 tipos diferentes, de las cuales 17 fueron identificadas a nivel de especie. La mayoría pertenece a la categoría ecológica de las endogeas (63%), un 20 % correspondió a la categoría ecológica de las epigeas y un 17% a la categoría de las anécidas.

En el **cuadro 1**, se presenta las diferentes especies identificadas, indicando su respectiva categoría ecológica. La distribución geográfica de estas especies se presenta en el plano de la **figura 3**.

Cuadro 1. Especies de lombrices identificadas en las regiones V, VI, VIII, X y XIII, de acuerdo a su categoría ecológica.

Especies	Familia	Categoría Ecológica
• <i>Dendrobaena octaedra</i> (Savigny, 1826)	Lumbricidae	Epigea
• <i>Dendrobaena rubida f. tenuis</i> (Eisen, 1874)	"	Epigea
• <i>Eisenia fetida fetida</i> (Savigny, 1826)	"	Epigea
• <i>Eisenia fetida andrei</i> , nov. Subsp.	"	Epigea
• <i>Pheretima</i> sp. (Kimberg, 1867)	Megascolecidae	Epigea
• <i>Lumbricus rubellus rubellus</i> (Hoffmeister, 1843)	Lumbricidae	Epigea
• <i>Dendrobaena</i> sp. (Eisen, 1874, sensu Pop, 1941)	"	Epigea
• <i>Octolasion cyaneum</i> (Savigni, 1826)	"	Endogea
• <i>Octolasion lacteum</i> (Oerley 1885)	"	Endogea
• <i>Allolobophora caliginosa</i> (Savigny, 1826)	"	Endogea
• <i>Allolobophora rosea</i> (Savigny, 1826)	"	Endogea
• <i>Allolobophora chlorotica</i> (Savigny, 1826)	"	Endogea
• <i>Allolobophora miniscula</i> (Rosa)	"	Endogea
• <i>Chilota chilensis</i> (Beddard, 1895)	Acanthodrilidae	Endogea
• <i>Chilota putablensis</i> (Beddard, 1896)	"	Endogea
• <i>Allolobophora</i> sp. 2 (Eisen, 1874)	Lumbricidae	Endogea
• <i>Allolobophora</i> sp. 3 (Eisen, 1874)	"	Endogea

Continuación Cuadro 1.

Especies	Familia	Categoría Ecológica
• <i>Allolobophora</i> sp. 4 (Eisen, 1874)	"	Endogea
• <i>Allolobophora</i> sp. 5 (Eisen, 1874)	"	Endogea
• <i>Allolobophora</i> sp. 6 (Eisen, 1874)	"	Endogea
• <i>Yagansia</i> sp. (Michaelsen 1900)	Acanthodrilidae	Endogea
• <i>Lumbricidae</i> (Linné, 1774)	Lumbricidae	Endogea
• <i>Acanthodrilidae</i> sp1 (Michaelsen, 1900)	Acanthodrilidae	Endogea
• <i>Acanthodrilidae</i> sp2 (Michaelsen, 1900)	"	Endogea
• <i>Acanthodrilidae</i> sp3 (Michaelsen, 1900)	"	Endogea
• <i>Acanthodrilidae</i> sp4 (Michaelsen, 1900)	"	Endogea
• <i>Acanthodrilidae</i> sp5 (Michaelsen, 1900)	"	Endogea
• <i>Acanthodrilidae</i> sp6 (Michaelsen, 1900)	"	Endogea
• <i>Acanthodrilidae</i> sp7 (Michaelsen, 1900)	"	Endogea
• <i>Acanthodrilidae</i> sp8 (Michaelsen, 1900)	"	Endogea
• <i>Lumbricus terrestris</i> (Linné, 1758)	Lumbricidae	Anécica
• <i>Lumbricus friendi</i> (Cogneti, 1904)	"	Anécica
• <i>Nicodrilus nocturnus cistercianeus</i> (Evans, 1946)	"	Anécica
• <i>Chilota platei</i> (Michaelsen 1900)	Acanthodrilidae	Anécica
• <i>Nicodrilus</i> sp. nov. gen.	Lumbricidae	Anécica
• <i>Acanthodrilus</i> sp. (E. Perr. em. Mich.)	Acanthodrilidae	Anécica

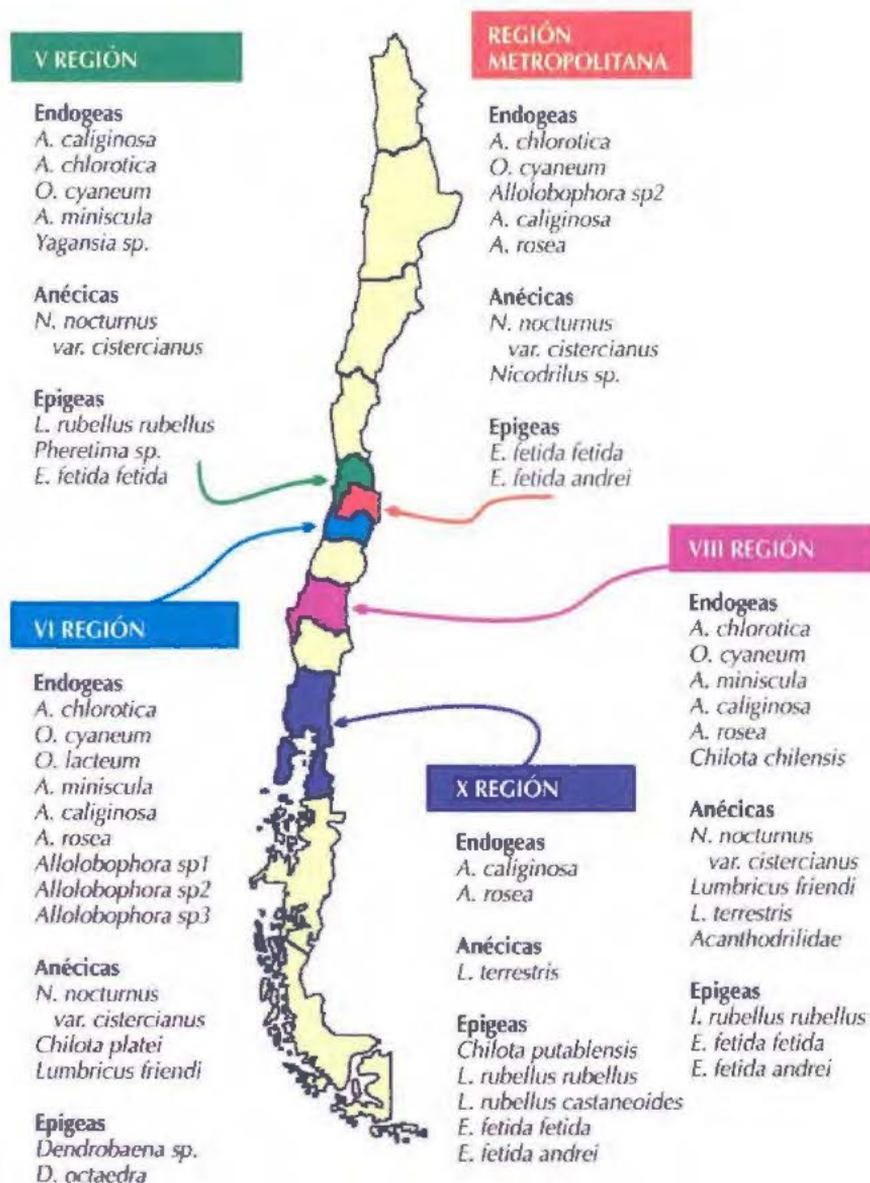


Figura 3. Distribución de los diferentes géneros y especies de lombrices en las Regiones prospectadas.

Lumbricus terrestris es señalada como la especie anécica más recomendable para el trabajo de suelos (Raw, 1962; Curry, 1988; Werner, 1996). Sin embargo, esta especie fue encontrada sólo en la VIII y X Regiones. Otra especie anécica que puede ser utilizada para fines agrícolas es *Lumbricus friendi*. Esta especie es frecuente y numéricamente bien representada entre las Regiones VI y VIII. Tiene características y hábitos muy semejantes a *Lumbricus terrestris*. Las diferencias entre ambas especies se dan esencialmente en las estructuras genitales externas. *Lumbricus friendi* tiene una mayor capacidad de reproducción que *Lumbricus terrestris*, lo cual la hace una especie interesante para ser utilizada con fines de mejoramiento de suelos agrícolas. Otro carácter diferenciador es el tamaño ligeramente más pequeño de *L. friendi*. Desde el punto de vista de los hábitos, *L. terrestris* vive en ambientes de pH ente 6 a 7. Sin embargo, se puede adaptar a valores de pH entre 4 a 5, por que es relativamente ácido tolerante. *L. friendi* es sindicada como una especie acidófila-neutrófila, es decir, puede vivir en suelos con pH de 3,8 a 7 (Bouché, 1972), lo que permitiría desarrollarse en una amplia gama de suelos.

Nicodrilus nocturnus cistercianeus corresponde a otra especie de hábitos anécicos. Sin embargo, es una lombriz que si bien tiene una talla relativamente grande, la profundidad de sus galerías no supera los 50 cm.

Finalmente en la VI Región, en el sector de Hidango (comuna de Litueche), se identificó la presencia de la especie anécica *Chilota platei* (foto4), esta especie corresponde a una lombriz de gran tamaño. Estudios realizados en laboratorio para lograr la reproducción de esta especie, con miras a utilizarla para fines agrícolas, fueron infructuosos. Es probable que *Chilota platei*, exija requerimientos de clima, suelo, alimentación u otros factores muy especiales, debido a que sólo se encontró en una localidad determinada.



Foto 4. Ejemplar de *Chilota platei* de 26 cm de longitud.

La mayor parte de las especies identificadas corresponden a la familia Lumbricidae, sin duda considerada la más importante en términos de beneficio para el hombre. Esta familia de lombrices es de origen europeo y debido a su facilidad para colonizar nuevos suelos, se encuentra ampliamente distribuida en el mundo, desplazando a las especies endémicas locales. Las especies de la familia Lumbricidae han seguido la expansión de la civilización, colonización y desarrollo del ser humano por todo el mundo (Edwards y Lofty, 1972). De esta forma, las poblaciones de lombrices en áreas de cultivo están constituidas principalmente por Lumbricidae. El predominio de Lumbricidae también se observó en las diferentes regiones estudiadas (figura 3). Las especies endémicas locales son muy pocas. Estas últimas se encuentran representadas por la familia Acanthodrilae. Están presentes las especies: *Chilota chilensis*, *Chilota putablensis*, *Chilota platei*, dos especies identificadas a nivel de género, *Yagancia* sp. y *Acanthodrilus* sp., y ocho especies de baja frecuencia y pequeña talla no identificadas.

2.4 ACCIÓN DE LAS LOMBRICES DE TIERRA EN EL SUELO

Darwin, en 1881, sostenía que las lombrices de tierra eran las principales trabajadoras de los suelos. Al respecto sostiene “Es dudoso pensar que existan animales que hayan jugado un rol tan importante en la historia del mundo como estas modestas criaturas”. Dos siglos después, Lavelle (2000), las define como las ingenieras del suelo por su capacidad para construir galerías y remover grandes volúmenes de suelo.

El suelo debe ser considerado un organismo vivo y, en la medida que aumenta la presencia de insectos y lombrices, las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo serán más propicias para el cultivo de las plantas. Las lombrices forman una parte integral del suelo y en su interacción con otros organismos son, en parte responsables de la vida en un suelo. La intervención del hombre a través de las prácticas de manejo, puede inducir a un aumento en las poblaciones de lombrices, y por lo tanto, contribuir a la sostenibilidad de la agricultura. Sin embargo, el excesivo uso de agroquímicos conducirá inevitablemente al deterioro del recurso.

La acción de las lombrices está estrechamente vinculada a la fertilidad del suelo y se refleja en su efecto sobre su estructura, la incorporación y mezcla de los componentes minerales y orgánicos, permitiendo la formación de humus, y finalmente favoreciendo la disponibilidad de algunos nutrientes (López-Hernández *et al.*, 2004). En general, las lombrices actúan sobre todas las propiedades del suelo: (i) físicas, (ii) biológicas y (iii) químicas.

Propiedades Físicas

Las lombrices de tierra, al alimentarse con los residuos de materiales vegetales en descomposición, ingieren además grandes cantidades de suelo. Esta ingesta se traduce en una selección de las partículas, prefiriendo las de menor tamaño. A través de este mecanismo, se ha observado incrementos de partículas finas en las estratas superficiales del suelo (Russel, 1973). En suelos fértiles europeos (Bouché, 1984), las lombrices de tipo anécicas puede alcanzar una biomasa de hasta 5 ton/ha (500 g/m²), convirtiéndose en verdaderos subsoladores biológicos del suelo. Bouché (1984), estima que una tonelada de lombrices anécicas por hectárea (100 g/m²), es capaz de remover 250 toneladas de suelo al año, lo que significa 4.000 a 5.000 Km. de galerías. Por otra parte, este mismo autor indica que en suelos donde la agricultura intensiva ha destruido la población de lombrices (menos de 5 a 100 g/m²), por el uso indiscriminado de pesticidas o maquinaria agrícola, los suelos se ven afectados por fenómenos de degradación y compactación, perdiendo su fertilidad física. Se ha considerado que poblaciones de lombrices menores a 100 ejemplares /m², en los primeros 20cm del suelo, indican que se trata de un sistema biológicamente degradado, lo que repercute negativamente en sus propiedades físicas. (Shepherd, 2000).

Las condiciones físicas de los suelos se ven altamente favorecidas por la actividad de las lombrices de tierra (Edwards y Lofty, 1972; Unger y Kaspar, 1994; Lighthart y Peek, 1997; Werner, 1996; Springett *et al.*, 1992), pues su actividad permite mejorar la estructuración (Edwards y Bate, 1992; Blanchart, 1992), la infiltración del agua, y disminuir la compactación del suelo. Lo anterior debido a la capacidad de las lombrices de realizar galerías, formando poros más grandes y, por ende,

mejorando la aireación (Bouché, 1984). También se ha observado que la actividad de las lombrices de tierra produce un incremento en la estabilidad de los agregados en húmedo, especialmente en las clases de 1 a 10 mm., los que a su vez muestran contenidos de carbono (C) y nitrógeno (N) más elevados (Werner y Bugg, 1990; Kettering, 1997). Esta acción de las lombrices estaría directamente relacionada, por una parte, con sus fecas o crotovinas, las que están constituidas por una mezcla de materiales minerales y residuos orgánicos que se agregan unos a otros a través de mucílago, y por aquellos residuos que la lombriz deja en las paredes de los galerías y túneles por donde se desplaza. Al mejorar la estabilidad de agregados del suelo, se produce una mejora sustancial en el conjunto de las propiedades físicas del suelo, proporcionando además una mayor protección contra la erosión, debido a que aumenta la capacidad de éste de absorber agua.

Tal vez, desde el punto de vista físico, el rol más importante de las lombrices está relacionado con la porosidad, el movimiento del aire, del agua y la capacidad de las raíces para explorar el suelo (Russel, 1973; Shepherd, 2000; Kladivko, 2005). Las lombrices anécicas, al moverse en el suelo van formando túneles y galerías verticales, las que dependiendo de la familia y especie de lombriz pueden llegar hasta 1,5 a 2m de profundidad. Las especies endogeas se mueven principalmente en forma horizontal, en los primeros 0-30 cm. de profundidad. En resumen, la actividad combinada de las tres categorías ecológicas de lombrices (epigeas, endogeas y anécicas), permite mejorar las propiedades físicas de los suelos, lo cual favorece el desarrollo de sistemas radiculares más profundos, los que son capaces de promover un mayor desarrollo de la parte aérea y una alta productividad. Werner (1996) y Chan (2001), señalan que la dinámica poblacional entre diferentes especies de lombrices, especialmente entre endogeas y anécicas, está fuertemente determinada por la labranza del suelo y por la adición de materia orgánica.

Propiedades Químicas:

Las lombrices actúan sobre las propiedades químicas de los suelos a través de dos mecanismos: Al consumir residuos vegetales en descom-

posición mineralizan los nutrientes contenidos en ellos aumentando su disponibilidad. Por otra parte, las lombrices al moverse en el perfil del suelo, transportan minerales hasta mayores profundidades, llevándolos a zonas de mayor concentración de raíces.

Estudios realizados por Raw (1962), en huertos frutales, demostraron que las hojas que se caían de los árboles en invierno, eran rápidamente incorporadas al suelo con la presencia de *Lumbricus terrestris* y la velocidad de ocurrencia de este fenómeno aumentaba al aumentar la cantidad de lombrices presentes. Werner (1996), en un huerto orgánico de California, determinó que la incorporación al suelo de hojas caídas en la superficie aumentaban desde menos de 28% al 79% con la presencia de *Lumbricus terrestris*. Una situación similar fue observada por Ramet *et al* (2000), en un huerto de nogales, también en California, donde la inoculación de *Lumbricus terrestris* incrementó la incorporación de abono verde al suelo. Sin embargo, se observó que la actividad de las lombrices es mayor en primavera que en verano.

En consecuencia, la acción de las lombrices mejora la fertilidad química de los suelos, debido a que participan activamente en el ciclo del nitrógeno, y sus deyecciones incrementan fuertemente las bacterias fijadoras de este elemento. En el caso del nitrógeno, la actividad de las lombrices aumenta la mineralización y reducen la inmovilización (Lachnitch y Hendrix, 200; Potthoff *et al.*, 2001). Por otra parte, las lombrices son ricas en compuestos fosforados inorgánicos solubles en agua (Edwards y Lofty 1972, Péres *et al.*, 1998 y Alfaro *et al.*, 1997), por lo que la actividad de las lombrices de tierra aumenta la biodisponibilidad de fósforo, potasio, calcio y magnesio (Edwards y Lofty, 1972).

Las fecas de lombrices pueden tener, en promedio, hasta el doble de potasio y concentraciones máximas de hasta 4.5 mayores que el suelo circundante. En el **cuadro 2**, se indica los contenidos de nutrientes en las fecas de lombriz comparados con los del suelo de donde fueron obtenidos (Russel, 1973).

Cuadro 2. Características químicas de las fecas de lombriz comparadas con las del suelo de origen (Connecticut).

Característica	Suelo arable 0-15 cm.	Feca de lombriz
pH	6.4	7.0
Nitrógeno Nítrico (ppm)	4.7	21.9
Nitrógeno Total	0.24	0.35
Carbono Total (%)	3.35	5.17
Relación Carbono Nitrógeno	13.8	14.7
Fósforo disponible (ppm)	9	67
Potasio de intercambio (ppm)	32	358
Magnesio de intercambio (ppm)	162	492
Calcio de intercambio (ppm)	1990	2790

Fuente: Adaptado de Russel (1973).

Estos antecedentes indican la gran capacidad que tienen las lombrices para concentrar los nutrientes contenidos en la materia vegetal en descomposición, acelerando de esta forma, el suministro de ellos para los cultivos.

Propiedades Biológicas:

La actividad de las lombrices en el suelo favorece el aumento de la biomasa del suelo, y por lo tanto, la vida de éste, a través de la proliferación de microorganismos que se alimentan directamente de la mucoproteínas que liberan las lombrices. Las lombrices al usar el detritus orgánico como alimento, aceleran su degradación biológica (Curry y Byrne, 1992). Por otra parte, en la dieta de las lombrices se encuentran microorganismos y nemátodos patógenos, contribuyendo de esta manera a mejorar la calidad sanitaria del suelo.

Las lombrices también pueden promover la salud de las plantas al dispersar microorganismos benéficos en el suelo. Trabajos realizados por Raw (1962), en manzanos, muestran una disminución de enfermedades como la venturia, dado que las lombrices anécicas hacen desaparecer rápidamente las hojas de la superficie del suelo, introduciéndolo

las a las galerías, lo cual elimina la posibilidad de difusión de los inóculos de la enfermedad.

Adicionalmente, se ha encontrado que las poblaciones de bacterias fijadoras del nitrógeno (*Azotobacter*), se incrementan fuertemente en el humus de lombriz, lo cual ayuda a incrementar la proporción de nitrógeno disponible para las plantas, por que aproximadamente el 50% de este tipo de organismos se ubica en las paredes de las galerías construidas por las lombrices (Alfaro *et al.*, 1997). Sin embargo, existe una menor concentración de actinomicetes que de *azotobacter* y pueden constituir una forma de diseminación de esporas de algunos hongos en el suelo (Edwards y Lofty, 1972). La actividad de las lombrices de tierra puede incrementar la actividad de los hongos y bacterias del suelo, especialmente en estratas subsuperficiales (Lachnicht y Hendrix, 2001).

2.5 MECANISMOS PARA FAVORECER LA PRESENCIA DE LOMBRICES EN EL SUELO

Las lombrices como todo organismo vivo están estrechamente vinculadas al medio ambiente donde se desarrollan. Para crecer y multiplicarse requieren de humedad, temperaturas adecuadas y alimentación. Toda acción que conlleva alterar estas condiciones, se traduce en disminuciones importantes del número de organismos en el suelo. Los factores más relevantes en la agricultura que pueden afectar el medio son la labranza y el uso de agroquímicos y las características de la materia orgánica.

La labranza actúa directamente sobre el sustrato donde se desarrollan las lombrices. Aquellas prácticas de labranza que menos interfieran con ella favorecerán el desarrollo de altas poblaciones, situación que esta íntimamente relacionada con la rotación de cultivos. En general, los monocultivos tienden a presentar poblaciones menores que aquellas rotaciones o pasturas permanentes. En el **cuadro 3**, se indica poblaciones de lombrices para algunos sistemas de manejo del suelo (franco arcillo limoso) cerca de West Lafayette, Indiana, USA. (Kladivko, 2005).

Cuadro 3. Poblaciones de lombrices para diferentes condiciones de cultivo y manejo.

Sistema de cultivo	Manejo	Lombrices/m ²
Monocultivo especies anuales	Arado	10 -60
Monocultivo especies anuales	Cero Labranza	20 -140
Pasto Azul-Trébol	Cultivo de entre hilera	400
Praderas de lecherías	Guano	340 -1300

Fuente: (Adaptado de Kladivko, 2005).

La aplicación de materia orgánica, de abonos verdes y el uso de cubiertas vegetales, favorece la presencia y el desarrollo de lombrices. Este material vegetal es indispensable para otorgar el alimento que las lombrices necesitan. A modo de ejemplo, algunos estudios señalan que *Lumbricus terrestris* puede llegar a consumir entre 84 mg/g de peso fresco y 15 mg/g de peso fresco. Ramert *et al.*, (2000) y Peres *et al.* (1998), reportan que aplicaciones de materia orgánica al suelo, en viñas francesas, no sólo incrementaron la biomasa de lombrices, sino también su diversidad. Bukerfield y Webster (1996), estudiaron el uso de mulch de paja y cubiertas vegetales en viñas en el sur de Australia. Los resultados indicaron que el uso de mulch orgánico aumentó en un 34% la humedad del suelo, en un 46% la producción de uva y, en un 155% la densidad de lombrices, en relación a un suelo manejado normalmente sin aplicación de este elemento. Por otro lado, Hofman (1993), señala que el uso cubiertas vegetales mixtas (mezcla de varias especies) en viñas francesas, incrementó la población de lombrices en un 75% comparado con el uso de cubiertas simples.

Es necesario tener presente que, el desarrollo y crecimiento de las lombrices de tierra se ve afectado por el uso de agroquímicos, especialmente insecticidas y fungicidas. Los herbicidas tienden a presentar un bajo efecto tóxico sobre las lombrices, por estar diseñados para actuar sobre la fisiología de las plantas. Sin embargo, su efecto sobre las lombrices es indirecto, pues la acción de los herbicidas disminuye el alimento de las lombrices, al eliminar las malezas y disminuir los aportes de materia orgánica. En términos generales, tanto los insecticidas como los fungicidas son tóxicos para las lombrices, y la magnitud del efecto

depende del ingrediente activo del producto, de la dosis, del tipo de lombriz que se trate y de las condiciones ambientales imperantes. El efecto de estos productos puede matar directamente las lombrices. Además, también pueden tener efectos subletales, afectando su comportamiento alimenticio y su tasa de reproducción.

En resumen para favorecer la población de lombrices se debe buscar compatibilizar las siguientes acciones:

- Aumentar la materia orgánica del suelo, ya sea a través de la adición de guanos o el uso de cultivos cuya relación C/N sea baja (Alfalfa, trébol, arvejilla, porotos, entre otros).
- Disminuir la labranza en frutales y viñas, e incorporar la siembra de cultivos entre hilera (cubiertas vegetales) con relaciones C/N bajas.
- Usar mulch orgánicos para favorecer la mantención de la humedad superficial del suelo y entregar alimentación a las lombrices.
- Evitar el uso de productos que puedan ser dañinos para las lombrices, como algunos insecticidas y especialmente fungicidas basados en cobre.
- Evitar el uso de fertilizantes de reacción ácida, especialmente en suelos de pH menores a 6,5.

SITUACIÓN DE LAS POBLACIONES DE LOMBRICES Y DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS EN HUERTOS DE LA ZONA CENTRAL DE CHILE

En el capítulo anterior, se ha presentado el rol que juegan las lombrices de tierra en la agricultura. Para la zona central de Chile no existe información respecto de las principales especies de lombrices presentes, su biomasa y su relación con las propiedades físicas del suelo. Por tal razón, se procedió a realizar un estudio de casos, en huertos bajo sistemas de producción convencional y bajo sistemas producción orgánica, que involucró las Regiones V, Metropolitana y Sexta.

Se seleccionó un total de 9 localidades, y en cada localidad se escogió dos huertos, uno bajo manejo convencional y otro bajo manejo orgánico. Las principales características de cada localidad se presentan en el **cuadro 4**.

En cada uno de los predios, salvo en la localidad de Los Andes 2, se determinó las principales especies de lombrices presentes y su biomasa (g/m^2). Además, en todos los predios se midió algunas propiedades físicas, tales como densidad aparente, porosidad total, macroporosidad, estabilidad de agregados y velocidad de infiltración básica. En los diferentes predios se midió también nitrógeno, fósforo y potasio disponibles.

3.1 POBLACIONES DE LOMBRICES

Para evaluar las poblaciones de lombrices de tierra, en cada huerto se utilizó el método combinado (formol – tamizaje) descrito por Bouché y Aliaga, (1986). Una abreviación de este método se presenta en el capítulo 6. La determinación de las poblaciones de lombrices se realizó sólo en los meses invernales (julio a septiembre), período en el cual las lombrices tienen su mayor actividad.

Cuadro 4. Ubicación (localidad), precipitaciones (pp), textura superficial de suelo, cultivo, pH, y materia orgánica (M.O%) del horizonte superficial (0-20 cm), en los diferentes huertos estudiados.

Localidad	pp (mm/año)	Textura Superficial	Sistema de producción		Años Manejo		pH		Mat. Orgánica	
			Org.*	Conv.**	Orgánico	Org.*	Conv.**	Org.*	Conv.**	
Los Andes (V Región)	270	Franco	Uva de Mesa	Uva de Mesa	10	7,2	7,1	10,0	3,5	
Los Andes 2 (V Región)	270	Franco	Ciruelos	Duraznos	9	6,4	6,9	6,8	3,3	
Casablanca (V Región)	419	Franco arenoso	Uva de vino	Uva de vino	3	7,0	7,2	4,0	1,9	
Los Lingues (VI Región)	753	Franco arcilloso limoso	Manzanos	Perales	4	6,3	6,2	3,9	4,8	
San Vicente de Tagua-Tagua (VI Región)	709	Franco arcilloso	Uva de Mesa	Uva de Mesa	4	7,0	7,1	5,3	3,7	
Santa Cruz (VI Región)	696	Franco arcilloso limoso	Ciruelos	Ciruelos	3	6,7	5,93	3,96	5,1	
Placilla (VI Región)	709	Franco arcilloso	Manzanos	Manzanos	6	6,7	6,4	4,5	2,4	
Chimbarongo (VI Región)	753	Franco	Manzanos	Manzanos	5	6,3	6,5	4,7	2,4	
Alto Jahuel (XIII Región)	419	Franco	Uva de vino	Uva de vino	3	8,36	8,4	2,4	1,6	

*O= Huerto con manejo orgánico; **C= Huerto con manejo convencional; Materia Orgánica

En la **figura 4**, se presenta la biomasa total de lombrices medida en cada uno de los huertos (orgánico y convencional), en las diferentes localidades estudiadas. La mayor biomasa de lombrices la presentó el predio orgánico de la localidad de Los Andes, (68 g/m^2). En cambio, la menor biomasa la presentó el huerto convencional de la localidad de Alto Jahuel ($1,04 \text{ g/m}^2$). Existieron diferencias significativas entre las poblaciones de lombrices de los huertos orgánicos y convencionales en las localidades de Los Andes, Casa Blanca, Santa Cruz y Placilla.

Existió una correlación positiva entre el porcentaje de materia orgánica que presenta el suelo y la biomasa de lombrices (**figura 5**).

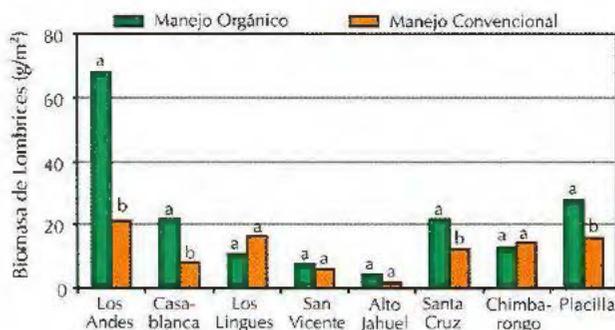


Figura 4. Biomasa total de lombrices de tierra (g/m^2) por localidad, en huertos orgánicos y convencionales.

(Barras de una misma localidad, con diferente letra indica que existe diferencias estadísticas significativas).

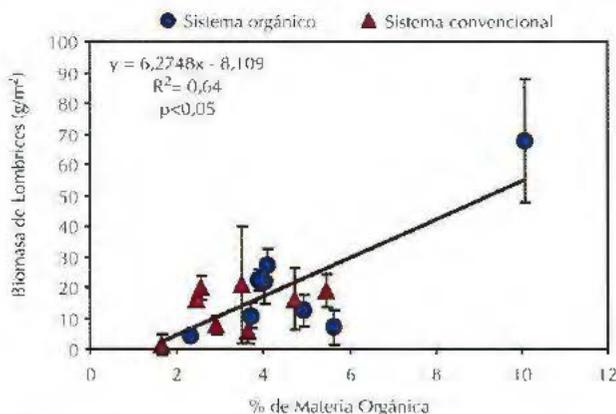


Figura 5. Relación entre el porcentaje de materia orgánica del suelo (%) y la biomasa de lombrices (g/m^2).

Por otra parte, en el caso de los huertos orgánicos el tiempo transcurrido desde que el huerto inició su manejo orgánico parece ser importante en el incremento de la población de lombrices, como se puede apreciar en la figura 6.

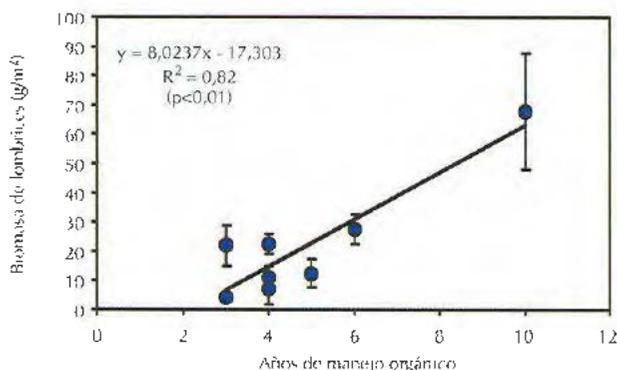


Figura 6. Relación entre la biomasa de lombrices de los huertos orgánicos (g/m^2) y el tiempo transcurrido desde el inicio del manejo orgánico.

Los huertos orgánicos provienen de la transformación de huertos convencionales, por lo tanto el aumento de las poblaciones de lombrices, en estos huertos, responde a efectos acumulativos beneficiosos del manejo orgánico, como es el uso de cubierta vegetal, las aplicaciones de compost y de guano, además del no utilizar agroquímicos. La cantidad de materia orgánica presente en el suelo es determinante para estimular el desarrollo de poblaciones de lombrices, debido a que ésta es la base de su alimentación (Tisdall, 1978).

Werner (1996), encontró que las poblaciones de lombrices aumentaban en un huerto orgánico, respecto de uno convencional, sólo a partir del tercer año de iniciada la transición. Mader *et al.* (2002) encontraron que después de 21 años de manejo orgánico, este sistema productivo presentaba entre 1,3 a 3,2 veces más lombrices que los sistemas de cultivo convencionales. Por otra parte, estudios realizados en Nueva Zelanda, indican que después de 6 a 9 años de praderas, la biomasa de lombrices alcanza a $160 \text{ g}/\text{m}^2$. En cambio, después de 6 a 9 años de labranza, la población es solo de $40 \text{ gr}/\text{m}^2$ (Fraser *et al.*, 1996). En consecuencia, además de la materia orgánica, la labranza de suelo también es un factor importante para lograr el desarrollo de las lombrices.

Los valores de biomasa de lombrices encontrados en este trabajo, variaron entre 68 g/m² y 1 g/m². En praderas australianas se ha encontrado biomasa de lombrices que varían entre 8 a 22 g/m². En cambio, en suelos forestales, la biomasa varía entre 0,3 y 8 g/m² (Abbott, 1985). En California (Werner, 1996), se ha medido biomasas de entre 2 a 15 g/m² en huertos convencionales y entre 3 a 40 g/m² en condiciones orgánicas, este último valor a tres años después de iniciada la transición.

La biomasa de lombrices cuantificada en los huertos de la zona central de Chile, no difiere grandemente de las biomasas cuantificadas en huertos frutales de características similares, como es el caso de California. Para Werner (1996), la escasez de lombrices en los huertos de California se puede atribuir a la falta de alimento (falta de cubiertas vegetales y de uso de materia orgánica), y a las escasas precipitaciones invernales, por ser éste el período de mayor actividad de las lombrices. Otra causa se puede atribuir al desecamiento superficial del suelo en los sistemas de riego superficial, dado que la baja frecuencia de riego, podría limitar el desarrollo de las lombrices (Tisdall, 1978). Por ello, el uso de mulch sobre la hilera puede ser una práctica positiva para estimular el desarrollo de lombrices, porque ayuda a conservar la humedad superficial del suelo y proporciona alimentación a las lombrices.

En cuanto a las especies de lombrices presentes en los diferentes huertos estudiados, todas ellas corresponden a especies exóticas de origen europeo. En los 16 huertos, se pudo encontrar un total de 17 tipos de lombrices diferentes, de éstas 10 se identificaron a nivel de especies, 3 a nivel de género y 1 a nivel de familia. Dos tipos no pudieron ser identificados. Las diferentes especies identificadas en cada localidad y sistema de cultivo se presentan en el **cuadro 5**.

En términos generales, considerando la biomasa de lombrices de los 16 huertos en conjunto, la categoría ecológica predominante es la de las Endogeas, con un 77% de la biomasa del total de lombrices. Un 19 % de la biomasa total corresponde a la categoría de las anécicas y sólo un 5% corresponde a epigeas. No existió diferencias en la distribución de categorías ecológicas según sistema productivo (orgánico y convencional).

Cuadro 5. Especies de lombrices identificadas y biomasa (gr/m²) en las diferentes localidades y predios estudiados.

Especie	Los Andes		Casablanca		Los Lingues		San Vicente		Alto Jahuel		Santa Cruz		Chimbarongo		Placilla	
	O*	C**	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C
ANÉCICAS																
<i>Lumbricus terrestris</i>																
<i>Lumbricus friendi</i>											0,5	6,6		5,6		
<i>Nicodrilus nocturnus</i>		8,1	13,1	1,4		0,3					4,2	4,9	1,9	0,2		
ENDOGEAS																
<i>Octolaceum cyaneum</i>					4,1	1,7										
<i>Octolaceum lacteum</i>													0,6	1,9	1,2	0,2
<i>Allolobophora chlorotica</i>	18,1	10			0,8	7,4		2,1				0,7	0,8	1,2	18,8	3,5
<i>A. minuscula</i>					2,4	1,1		0,1			1,9	2,1	0,7		0,9	1,9
<i>A. rosea</i>																0,7
<i>A. calliginosus</i>	48,9		8,7	0,5			2,6	0,3		0,3	6,7	2,1	1,7	4,6		0,2
<i>Allolobophora sp</i>	0	0	0	0	0	0	2,5	0,7	1,91	0,1	4,7	0,4	4,3	2,4	1,8	1,8
<i>Acanthodrilidae sp</i>	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0
Otras Especies	0	0,4		5,2	1,7	0,4	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0
EPÍGEAS																
<i>Dendrobaena octaedra</i>																0,1
<i>Dendrobaena</i>											1					0,8
<i>Nicodrilus Sp</i>														0,1	1,3	0,8
<i>Lumbricidae</i>														2,1		
No Identificada													0,5	0,1	3,7	1,1
TOTAL	67,0	18,5	21,8	7,1	9,0	10,9	5,6	3,5	1,9	0,5	19,1	16,9	10,5	18,2	27,7	11,1

*O = Huerto con manejo orgánico; **C = Huerto con manejo convencional.

Dentro de las especies Endogeas predomina el género de las *Allolobophora* (57% de la biomasa de las Endogeas). Dentro de este género, las especies dominantes son *Allolobophora caliginosa*, *Allolobophora chlorotica* y *Allolobophora miniscula*.

Dentro de la categoría anécicas se identificó dos especies, *Nicodrilus nocturnus var. cistercianus* y, *Lumbricus friendi*.

Nicodrilus nocturnus var. cistercianus, se encontró en 5 de las ocho localidades consideradas en estudio, en 5 huertos con manejo convencional y en 4 huertos orgánicos. Específicamente, se encontró en la localidad de Los Andes (convencional), Casablanca (orgánico y convencional), Los Lingues (convencional), Santa Cruz y Chimbarongo (ambas situaciones de manejo). *Lumbricus friendi*, se encuentra sólo en dos de las ocho localidades consideradas en el estudio y en 3 de los predios muestreados. Específicamente, se encontró en la localidad de Santa Cruz (ambas situaciones de manejo) y en Chimbarongo (sólo en el huerto convencional). La presencia de *Lumbricus friendi* en estas dos localidades, podría estar asociada a las mayores precipitaciones invernales y a un pH de suelo ligeramente más ácido que el resto de las localidades (cuadro 4). En ningún predio muestreado se detectó la presencia de *Lumbricus terrestris*.

Finalmente, se encontró individuos de la categoría epigea en las localidades de Chimbarongo y Placilla, pudiéndose identificar sólo una especie, *Dendrobaena octaedra*.

Estos resultados son comparables a los obtenidos en Australia, (Abbott, 1985; Baker *et al.*, 1999), y en California (Werner, 1996), en el sentido que las especies de mayor abundancia de lombrices en terrenos cultivados corresponde a especies del tipo Endogeas, especialmente *A. caliginosa* y *A. chlorotica*.

3.2 PROPIEDADES FÍSICAS

A continuación se presenta los resultados de algunas propiedades físicas (densidad aparente, macroporosidad, estabilidad de agregados y velocidad de infiltración) evaluadas en los diferentes huertos (orgánicos y convencionales).

Densidad aparente

La densidad aparente fue medida *in situ* a dos profundidades; entre 0 y 20 cm. y entre 20 y 40 cm, utilizando el método del cilindro.

Los valores de densidad aparente (D_a) se presentan en la **figura 7** (A y B). A nivel superficial (0-20 cm, figura 7 A), en los huertos bajo manejo orgánico la D_a varió entre 0,87 g/cc en la localidad de Los Andes y 1,34 g/cc en la localidad de Los Lingues. En los huertos bajo manejo convencional, para la misma profundidad, la D_a varía entre los 1,23 g/cc, en la localidad de Casablanca y 1,43 g/cc el la localidad de Los Andes. Diferencias significativas entre manejo orgánico y convencional se encontró en Los huertos de Los Andes (10 y 9 años de manejo orgánico), San Vicente (4 años de manejo orgánico), Santa Cruz (3 años de manejo orgánico), Chimbarongo (cinco años de manejo orgánico) y Placilla (6 años de manejo orgánico).

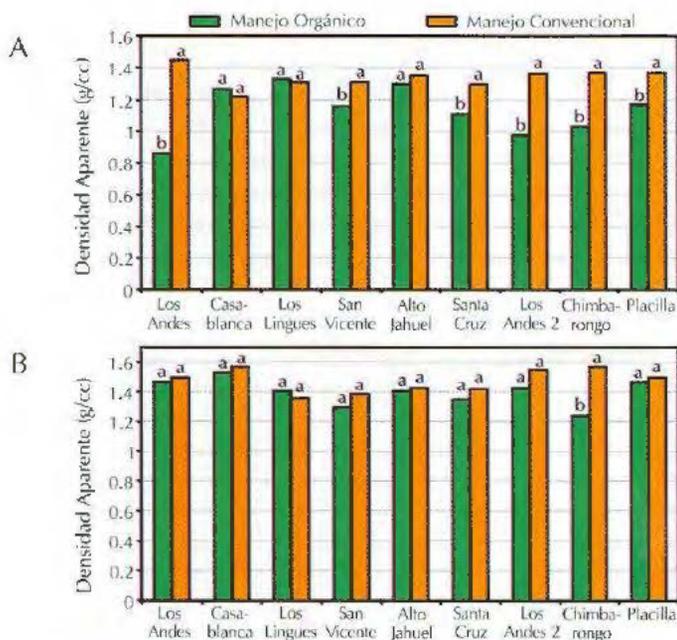


Figura 7. Valores de densidad aparente (D_a g/cc) en las 9 localidades.

A) profundidad 0 – 20 cm. B) profundidad 20 – 40 cm.

(Barras de la misma localidad con diferente letra indica que existe diferencias estadísticas significativas).

Los menores valores de D_a que presenta el predio orgánico de Los Andes podría deberse a la mayor cantidad de materia orgánica y a las mayores poblaciones de lombrices que presenta este huerto respecto del huerto convencional. Los valores de D_a entre 0-20 cm de profundidad que se midieron en este huerto orgánico, fueron sistemáticamente inferiores a los medidos en el huerto convencional de la misma localidad (figura 8), y además presentó una mejor agregación del suelo en superficie (foto 5). Esta fotografía muestra una diferencia notoria entre ambos suelos; existe una mayor agregación, el color es más oscuro y el tamaño de los agregados es mayor en el suelo proveniente del huerto orgánico. Estas características indican que bajo un manejo orgánico, la acción de las lombrices favorece la incorporación de la materia orgánica (MO) (color) y la agregación aumenta, probablemente debido a los mucílagos producidos por ellas y en general al procesamiento de la MO en el suelo.

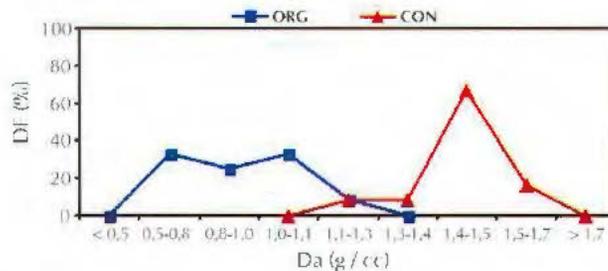


Figura 8. Distribución de frecuencia (DF, (%)) de los valores de densidad aparente (D_a g/cc) en el huerto orgánico y convencional de la localidad de Los Andes.



Foto 5. Grado de agregación de las partículas de suelo superficial en el huerto orgánico (izquierda) y en el huerto convencional (derecha), en la localidad de Los Andes. (profundidad 0-20 cm).

Al realizar una correlación entre los valores de D_a , medidos en superficie, y la cantidad de lombrices presentes, se puede observar que existe un efecto positivo de las lombrices sobre este parámetro, ya que la D_a tiende a disminuir al aumentar la biomasa de lombrices, (figura 9).

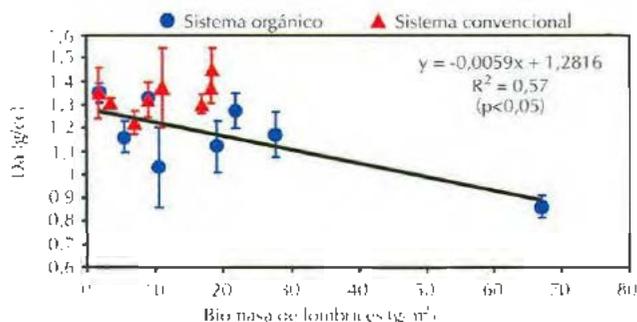


Figura 9. Relación entre la biomasa de lombrices (g/m^2) y la densidad aparente de suelo (D_a g/cc) en los primeros 20 cm de profundidad en los huertos analizados.

Sin embargo, bajo los 20 cm de profundidad (figura 7 b), no se manifestó ninguna diferencia en los valores de D_a entre los huertos orgánicos y convencionales. Los valores de D_a entre 20 y 40 cm fueron superiores a los medidas en la estrata superficial. Los efectos de las lombrices y materia orgánica, o ambos combinados, sólo se manifiestan en la estrata superior del suelo. Esta situación concuerda con el hecho que la mayor biomasa de lombrices corresponde a especies Endogeas, que habitan las capas superficiales del suelo, sin desarrollar galerías verticales. Por otra parte, los valores de D_a medidos entre 20 a 40 cm, en todos los huertos, indican un grado de compactación relativamente importante, que puede estar afectando el desarrollo de las raíces y la productividad de los cultivos (Unger y Kaspar, 1994).

Macroporosidad

La macroporosidad del suelo, en los diferentes huertos, se presenta en la figura 10 (A y B). La macroporosidad corresponde al espacio con aire del suelo cuando éste se encuentra a capacidad de campo.

En los primeros 20 cm de suelo la macroporosidad en los huertos orgánicos varió entre 13,5% y 38,6 %. En los huertos bajo manejo convencional, estos valores varían entre 10,5%, y 27%. En cambio, en la

estrata más profunda (20-40 cm), los valores de macroporosidad varían entre 7% y 20% en los huertos con manejo orgánico y, entre 7% y 17% en los huertos con manejo convencional. Estos valores de macroporosidad indican que, a esta profundidad, las condiciones de aireación del sistema radicular de todos los huertos estudiados presentan limitaciones, independiente del tipo de manejo. Para un adecuado desarrollo de raíces, en la mayor parte de las especies frutales, los valores de macroporosidad deben ser superiores a un 15% (Unger y Kaspar 1994). En el caso de uva de mesa, un óptimo desarrollo de raíces se logra con valores incluso superiores a 20% (Ruiz *et al.*, 2005).

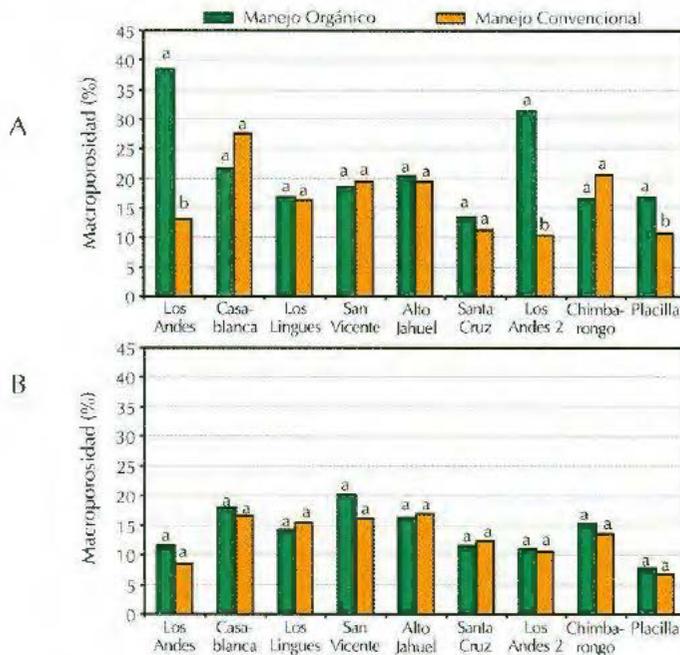


Figura 10. Valores de Macroporosidad (%) en las nueve localidades A) profundidad 0 – 20 cm. B) profundidad 20 – 40 cm. (Barras de la misma localidad con diferente letra indica que existe diferencias estadísticas significativas).

Estabilidad de agregados

El tercer parámetro evaluado corresponde a la estabilidad de agregados (figura 11). La estabilidad de agregados está relacionada con la respuesta que tendrá el suelo frente a la acción mecánica del agua de

lluvia o de riego. Al provocar la desintegración de la parte superior del suelo, disminuye la infiltración, por aumento del sellamiento y disminución de la porosidad superficial. La estabilidad de agregados se evaluó mediante el Índice de Henin. Mientras menor sea el valor del índice, más estable son los agregados.

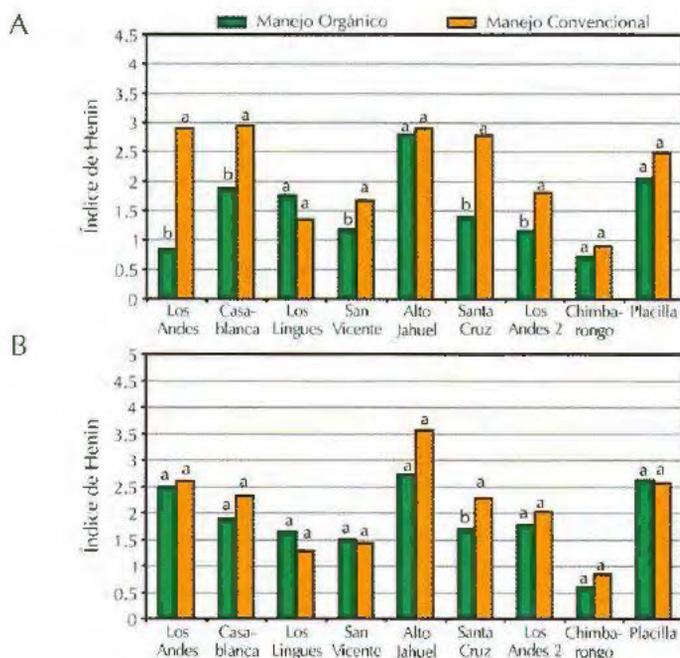


Figura 11. Estabilidad de los agregados del suelo (Índice de Henin) en las 9 localidades estudiadas. A) 0 a 20 cm de profundidad. B) 20 a 40 cm de profundidad. (Barras de la misma localidad con diferente letra indica que existe diferencias estadísticas significativas).

La mayor estabilidad de agregados en el suelo superficial se presentó en los huertos orgánicos de Los Andes, Casablanca y San Vicente. En términos generales, en los primeros 20 cm de suelo, los agregados tendieron a ser más estables en los huertos con mayor contenido de materia orgánica (figura 12).

En la estrata más profunda no existió diferencias entre los dos tipos de manejo, en ninguna localidad.

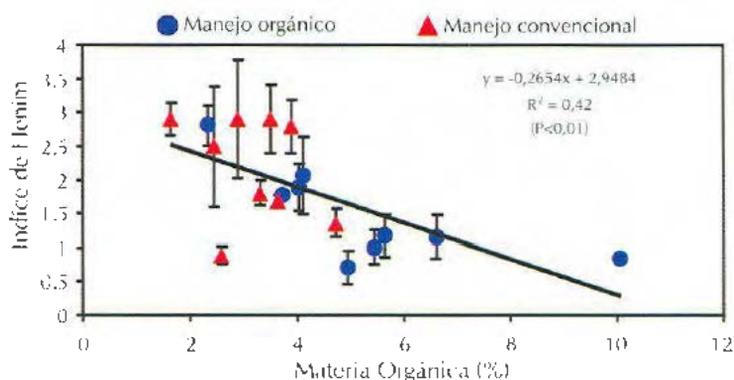


Figura 12. Relación entre el Índice de Henin y en porcentaje de materia orgánica (M.O%) en los primeros 20 cm de suelo.

Velocidad de infiltración

La última propiedad física evaluada corresponde a la velocidad de infiltración básica del suelo (VI, mm/hr). En la **figura 13**, se muestra los valores promedio de VI para 8 localidades en las que se midió este parámetro.

En términos generales, en las diferentes localidades los huertos bajo manejo orgánico tendieron a presentar una VI más alta que los con manejo convencional. La diferencia más notoria se dio entre los predios convencionales y orgánicos de la localidad de Los Andes. Como ya se ha señalado, estos últimos presentaron la mayor cantidad de materia orgánica y también la mayor biomasa de lombrices.

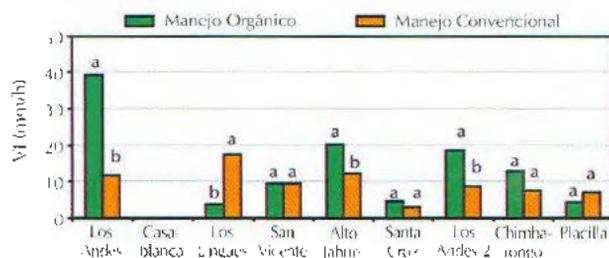


Figura 13. Velocidad de infiltración básica (VI mm/h) en 8 de las localidades.

Barra de la misma localidad con diferente letra indica que existe diferentes estadísticas significativas.

3.3 DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES EN EL SUELO

En la **figura 14** se presenta los niveles de nitrógeno (mg/kg) en los primeros 20 cm de suelo, para las 9 localidades. Tres de los huertos orgánicos presentan los mayores niveles de N, ambos huertos orgánicos de Los Andes, y el huerto de Chimbarongo. Los mayores valores de nitrógeno los presentó el huerto orgánico de Los Andes, alcanzando los 176 mg/kg, siendo muy superior al predio con manejo convencional (15,66 mg/kg) en la misma localidad, y muy superior al límite superior de referencia, estimado en 60 mg/kg.

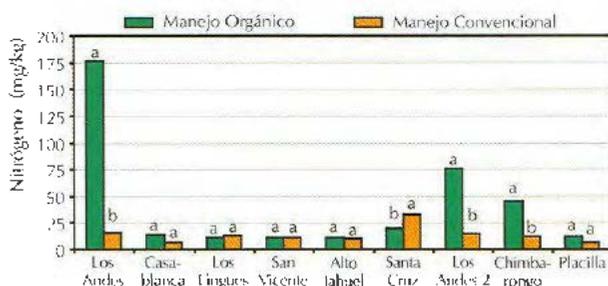


Figura 14. Disponibilidad de Nitrógeno (mg/kg), entre 0 y 20 cm de suelo, en 9 localidades y dos situaciones de manejo (orgánico y convencional). (Barras de la misma localidad con diferente letra indica que existe diferencias estadísticas significativas).

Similares resultados se obtuvo al medir los contenidos de fósforo disponible (**figura 15**).

Por último, al analizar los valores de potasio (**figura 16**), no se observa una situación muy clara entre los dos tipos de manejo. El huerto orgánico de la localidad de Chimbarongo presenta mayor nivel de Potasio, seguido de los huertos orgánicos de Los Andes y de Placilla.

Algunos estudios señalan (Pashanasi *et al.*, 1992) que existe una estrecha relación entre la biomasa de lombrices y la fertilidad de los suelos. Por otra parte, la utilización de compost, especialmente en los huertos orgánicos, posee un efecto positivo sobre la fertilidad de los suelos, a través de la incorporación de ácidos fúlvicos y húmicos (Fließbach, *et al.*, 2000), lo que se puede reflejar en las mejores condiciones nutricionales que presentaron los huertos orgánicos más antiguos.

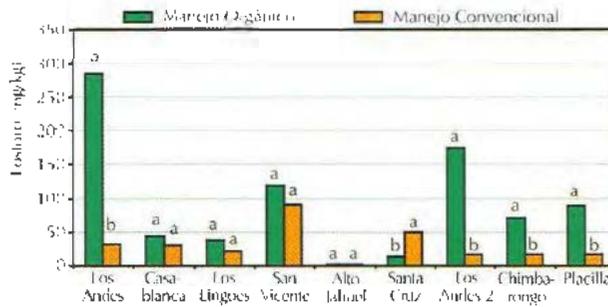


Figura 15. Disponibilidad de Lóstron (mg/kg), entre 0 y 20 cm, en 9 localidades, y dos situaciones de manejo (orgánico y convencional). (Barras de la misma localidad con diferente letra indica que existe diferencias estadísticas significativas).

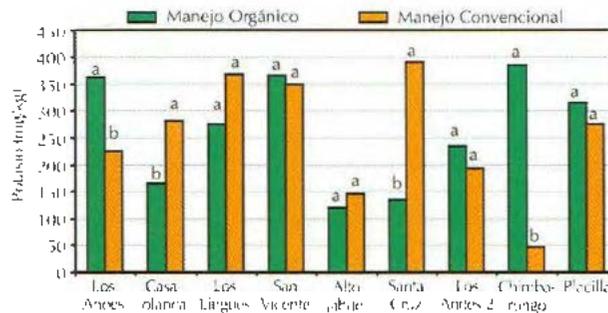


Figura 16. Disponibilidad de Potasio (mg/kg), entre 0 y 20 cm, en 9 localidades, y dos situaciones de manejo (orgánico y convencional). (Barras de la misma localidad con diferente letra indica que existe diferencias estadísticas significativas).

3.4. CONCLUSIONES

De acuerdo a este estudio de casos se puede concluir que:

1. Las poblaciones de lombrices presentes en los huertos estudiados en la zona central de Chile son en general bajas, predominando la categoría ecológica de las Endogeas, en particular *A. caliginosa*, y *A. chlorotica*.
2. Las poblaciones de lombrices tienden a ser mayores en los huertos bajo manejo orgánico, a pesar de provenir de huertos convencionales. Este aumento está estrechamente asociado al incremento de materia orgánica.

3. La presencia de lombrices, fundamentalmente endogeas tendió a mejorar las propiedades físicas del suelo, en particular en los primeros 20 cm. Esto se manifestó en una disminución de la densidad aparente, y un aumento de macroporosidad, entre otras.
4. Todos los huertos presentaron una alta densidad aparente y baja macroporosidad entre los 20 y 40 cm de profundidad, no existiendo ninguna diferencia entre los huertos orgánicos y convencionales, debido a que las lombrices endogeas presentes no exploran profundidades mayores a los 20 cm.

INOCULACIÓN DE LOMBRICES ANÉCICAS (*Lumbricus friendi*) EN HUERTOS BAJO MANEJO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL

En el capítulo 3, se indica que la mayor parte de las lombrices presentes en los huertos estudiados en la zona central de Chile, corresponden a especies endogeas, las cuales se desarrollan en los primeros 20 a 30 cm del suelo. Se observó también que las mayores poblaciones se encuentran en huertos con alto contenido de materia orgánica y que sólo se mejoran las propiedades físicas del suelo en los primeros 20 cm. de profundidad, no observándose cambios a profundidades mayores. Los valores de densidad aparente bajo los 20 cm, se mantuvieron altos y cercanos a los valores definidos como críticos para el desarrollo de raíces (Unger y Kaspar, 1994), lo que refleja problemas de compactación de suelos.

Tradicionalmente, los problemas de compactación, en huertos frutales, han sido abordados mediante el subsolado de suelos, ya sea antes de la plantación, utilizando tractores de gran potencia, tipo D 9, o bien una vez que la plantación ya se ha realizado, subsolando entre las hileras de plantas (**foto 6**). Sin embargo, debido al tránsito de la maquinaria y otras prácticas de manejo, los suelos se vuelven a compactar al cabo de algunos años (**figura 17**).

Lo anterior hace necesario incluir dentro de las prácticas de manejo de suelo, aquellas que permitan asegurar la sustentabilidad del recurso en el largo plazo, que sean compatibles con el medio ambiente, que favorezcan la diversidad biológica de éste y finalmente se adecuen a las exigencias de desarrollar una agricultura más limpia y altamente productiva.

Por tal razón se establecieron ensayos de campo en dos condiciones de manejo, orgánico y convencional, en los cuales se inocularon lombrices anécicas, para, por una parte, evaluar la capacidad de reproducción de estas lombrices en diferentes condiciones de manejo y, por



Foto 6.
Subsolado de suelo previo a la plantación utilizando un tractor Caterpillar D9 (arriba).
Subsolado de suelos en un parrón establecido, utilizando un tractor a orugas (derecha).

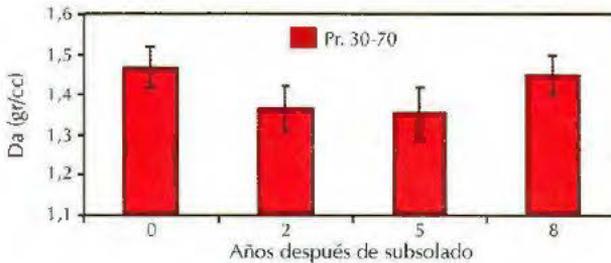


Figura 17. Evolución de la densidad aparente del suelo de un huerto de vides de mesa a los 2, 5 y 8 años después de haber sido subsolado (año 0), con un Caterpillar D9, previo a la plantación. Valle de Aconcagua.

otra parte, cuantificar el posible efecto de la inoculación artificial de este tipo de lombrices sobre las propiedades físicas del suelo. Como ya se ha señalado, las lombrices anécicas son capaces de realizar galerías verticales en profundidad. En los mismos huertos se mantuvo sectores testigos, sin inoculación de lombrices.

Del estudio de casos, presentado en el capítulo anterior, se seleccionó un huerto orgánico y uno convencional en la localidad de los Andes,

ambos con uva de mesa de exportación y suelo de textura franca. El huerto orgánico tiene 10 años con este tipo de manejo, con variedad Thompson Seedless. El huerto convencional corresponde a una plantación de 15 años, bajo manejo convencional, con variedad Red Globe.

4.1 INOCULACIÓN DE LOMBRICES

Como se indicó en el capítulo 2, se identificó cuatro especies de lombrices anécicas en diferentes zonas del país: *Nicolodrillus nocturnus* var. *cistercianus*, *Lumbricus friendi*, *Lumbricus terrestris* y *Chilota platei*. Los estudios realizados en laboratorio indicaron que la especie *Lumbricus friendi* es la de mayor capacidad de reproducción, por lo que se seleccionó para ser inoculada.

En agosto del año 2002, tanto en el huerto orgánico como en el convencional, se estableció dos tratamientos, con tres repeticiones: uno con inoculación (C/I) de lombrices anécicas (*Lumbricus friendi*) y otro sin inoculación (S/I).

La inoculación se realizó, en el año de inicio, en forma manual, aplicando un equivalente a 54 lombrices adultas por metro cuadrado de suelo (100 a 120 g/m²) sobre la banda de plantación, las que se incorporaron en hoyos de 15 cm de profundidad.

Dada la gran cantidad de lombrices requeridas con fines del ensayo (un total de 18 kg. en cada tipo de huerto), éstas fueron colectadas en la zona de Chillán (Sector de Cato) y Concepción (Sector de Michaigne, San Pedro de la Paz), en donde *Lumbricus friendi* se encuentra en abundancia, y trasladadas, en cajas de plumavit, al predio donde fueron inoculadas.

En ambos huertos (orgánico y convencional), todo el sector del ensayo, con y sin inoculación, se cubrió con un mulch de paja y guano sobre la banda de plantación. En el huerto convencional se sembró además una cubierta vegetal de avena (foto 7), en una dosis de 150 kg/ha, la cual, a inicios de octubre, fue cortada y utilizada como mulch sobre la hilera de plantación, para asegurar la alimentación de las lombrices. Este procedimiento se repitió todos los años de experimenta-

ción. En el caso del huerto orgánico, éste presentó una cubierta vegetal permanente, consistente en malezas, mantenidas a baja altura mediante cortes periódicos, se utilizó este material como mulch sobre la hilera, por lo cual no se requirió de siembra de cubierta vegetal.

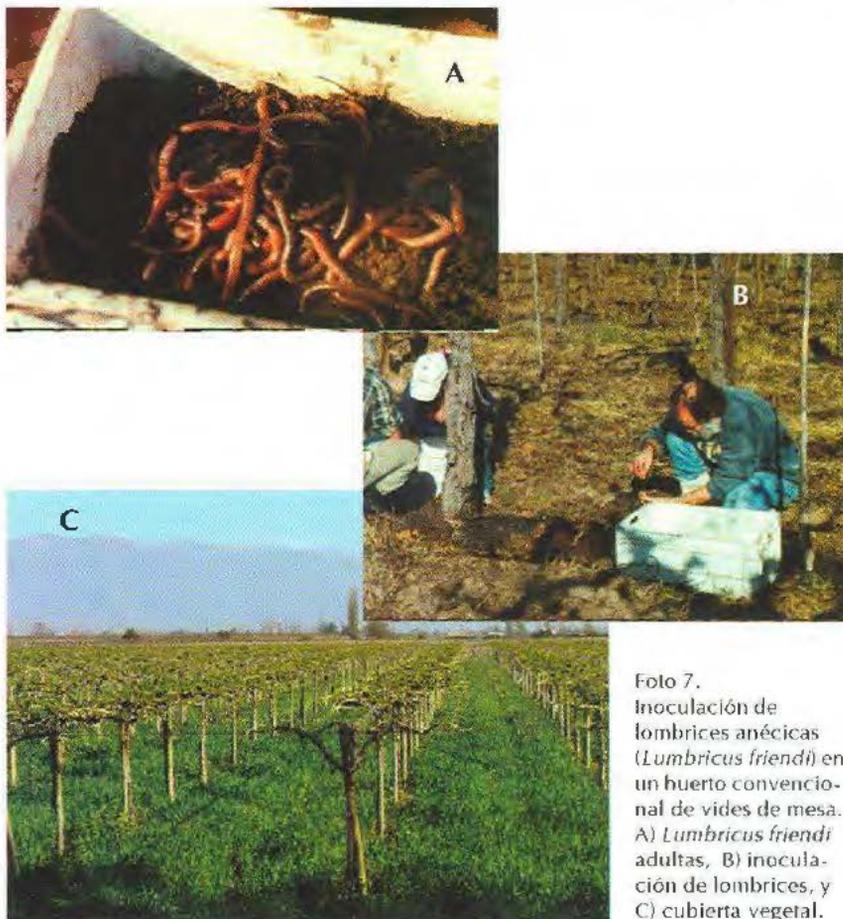


Foto 7.
Inoculación de lombrices anécticas (*Lumbricus friendi*) en un huerto convencional de vides de mesa. A) *Lumbricus friendi* adultas, B) inoculación de lombrices, y C) cubierta vegetal.

A fines de invierno - inicios de primavera de los años 2003, 2004 y 2005, se evaluó las poblaciones de lombrices presentes, utilizando la técnica de formol - tamizaje propuesta por Bouché (1986) (Capítulo 6). Adicionalmente, se evaluó las propiedades físicas del suelo entre las que desatacan la densidad aparente, macroporosidad, y velocidad de infiltración.

Evolución de las poblaciones de lombrices

En cada año se determinó la biomasa total de lombrices anécicas y endogeas. Adicionalmente, para analizar la dinámica de la población de las lombrices anécicas, se determinó el porcentaje de individuos adultos e inmaduros presentes.

La evolución de la población de lombrices en los sectores inoculados y no inoculados del huerto orgánico se presenta en la **figura 18**.

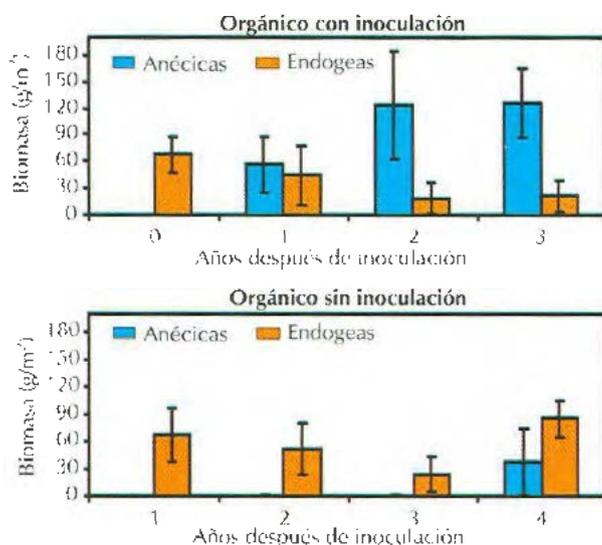


Figura 18. Evolución de las poblaciones de lombrices anécicas y endogeas (g/m²) en el huerto orgánico.

Al año 0, año de inoculación, no existían lombrices anécicas, de ninguna especie, solamente se encontró lombrices endogeas (67 g/m² en promedio en ambos sectores), principalmente *A. chlorotica* y *A. caliginosa*. Un año después de la inoculación (año 1), aparecen las lombrices anécicas, principalmente *Lumbricus friendi*, alcanzó un promedio de 57,3 g/m². Sin embargo, en los años siguientes, la biomasa de lombrices anécicas aumentó a 124 g/m² dos años después de la inoculación y a 127 g/m², tres años después de la inoculación (figura 18). Incluso en el tercer año, se detectó la presencia de lombrices anécicas en el sector no inoculado (38 g/m², figura 18), lo que indica-

ría que existió un desplazamiento de individuos de a lo menos 11 m, que es la distancia entre los sectores inoculados y no inoculados. De acuerdo a la literatura (Mather y Christensen, 1998), las lombrices anécicas son capaces de desplazarse hasta unos 19 m durante una noche, por lo que es posible, que la colonización de terreno pueda expandirse hasta varios metros del lugar donde fueron inoculadas. Respecto de las lombrices endogeas, éstas tendieron a disminuir en el sector inoculado y a mantenerse en el sector no inoculado (figura 18).

En la **figura 19**, se presenta la dinámica poblacional de las lombrices anécicas en el sector inoculado. Un año después de la inoculación, prácticamente el 95 % de la biomasa de lombrices anécicas corresponde a estados juveniles, lo que indica que existió reproducción y desarrollo de una nueva generación de individuos. Al segundo año, el 30% de la biomasa correspondió a individuos adultos y un 70% a estados inmaduros (juveniles y púberes). Finalmente al tercer año, el 47% de la biomasa correspondió a adultos y el 53% a estados inmaduros. Lo anterior indica que, en las condiciones del huerto orgánico, las lombrices han podido reproducirse y estabilizarse, e incluso desplazarse a sectores que no fueron inoculados.

La evolución de la biomasa de lombrices anécicas en los sectores inoculados y no inoculados del huerto convencional, se presenta en la **figura 20**.

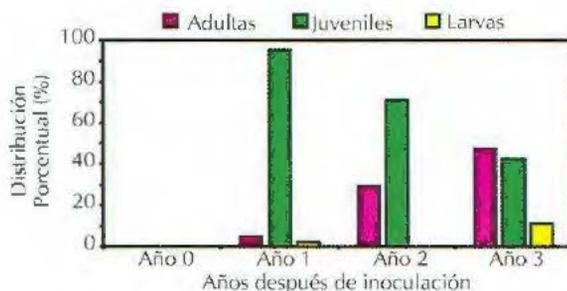


Figura 19. Distribución porcentual de la biomasa de lombrices anécicas por estados de desarrollo: Adultos, juveniles y larvas (Huerto orgánico).

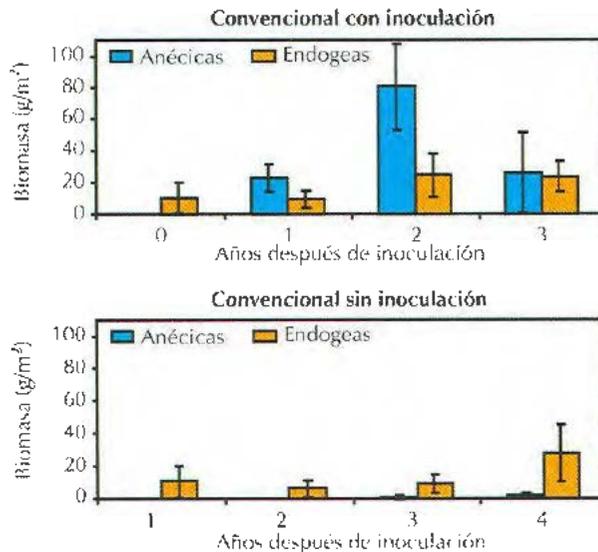


Figura 20. Evolución de las poblaciones de lombrices anéxicas y endógeas (g/m²) en huerto convencional.

En el caso del huerto convencional, un año después de la inoculación de lombrices anéxicas (figura 20), la población media evaluada fue de 23 g/m². Dos años después, la biomasa aumentó a 80 g/m². Sin embargo, al tercer año de realizada la inoculación, nuevamente se evaluó 26 g/m². Por otra parte, la población de lombrices endógeas alcanzó a 24 g/m² en el último año de evaluación.

En el caso del sector no inoculado, las lombrices endógeas aumentaron en relación a los años anteriores, llegando a 28 g/m² al tercer año (figura 20). El aumento de las poblaciones endógeas, responde a las aplicaciones de guano y mulch de paja realizados cada año, además del aporte realizado por las cubiertas vegetales invernales, que una vez cortadas se distribuyeron sobre la hilera. Esto mejoró las condiciones para el desarrollo de las lombrices, al disponer de buenas condiciones microambientales y de alimentación.

Algunos individuos de *Lumbricus friendi*, al tercer año (figura 20), lograron colonizar el sector sin inocular. Sin embargo, la biomasa fue muy pequeña (1,9 g/m²).

La dinámica de la población presentada en el sector inoculado del huerto convencional se presenta en la **figura 21**.

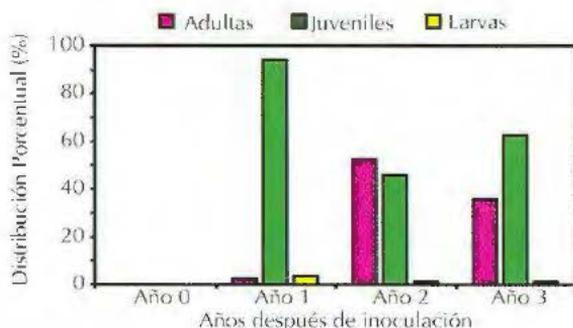


Figura 21. Distribución porcentual de la biomasa de lombrices anécicas por estados de desarrollo: Adultos, juveniles y larvas (Huerto convencional).

Un año después de la inoculación, el 98% de la población de lombrices anécicas corresponde a estados inmaduros (juveniles y larvas). Es decir, durante este período, las lombrices inoculadas fueron capaces de reproducirse y establecer una nueva generación. Al segundo año, prácticamente se observa un 50% de estados adulto y 50% de estados inmaduros. Al tercer año, el 40% de la población corresponde a adultos y un 60% a estados inmaduros, especialmente juveniles. O sea, en el huerto convencional inoculado con *Lumbricus friendi*, y al cual se le agregó sustratos orgánicos, también existió una capacidad de adaptación al medio, presentando una distribución de la población similar a la observada en el huerto orgánico inoculado. Sin embargo la biomasa fue menor en el huerto convencional.

La diferente respuesta observada entre ambos sistemas de manejo, se puede explicar, por una parte, por la mayor cantidad de alimento disponible para las lombrices en el huerto orgánico, ya que éste se mantenía con una cubierta vegetal permanente y al no uso de pesticidas. En el huerto convencional, en cambio, se aplicó guano y mulch de paja, además, se mantuvo una cubierta vegetal de avena en invierno, la cual era cortada a inicios de octubre y utilizada como mulch sobre la hilera de plantación. De acuerdo a antecedentes de la literatura, una lombriz anécica adulta, para poder crecer y desarrollarse adecuada-

mente consume entre 84 mg. y 15 mg. de alimento por g de peso fresco (Ramet *et al.*, 2000), por lo cual, la disponibilidad de alimento es relevante para el incremento de las poblaciones de lombrices.

Los resultados observados en el huerto convencional indican que realizando algunas adecuaciones sencillas en este sistema de manejo, tales como mayor aporte de materia orgánica, a través del uso de guano, y cubiertas vegetales, que se utilicen como mulch, es posible el desarrollo de lombrices del tipo anécicas, a partir de inoculaciones artificiales. Al respecto, Bukerfield y Webster (1996) y Tisdall (1978), en Australia, y Peres *et al.* (1998), en Francia, han encontrado que el aumento de la materia orgánica en el suelo incrementa tanto la biomasa como la diversidad de lombrices.

4.2 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS

Las lombrices anécicas son capaces de generar galerías verticales en el suelo. En los sectores inoculados, se observó galerías de *Lumbricus friendi* hasta 80 cm de profundidad, y, en algunos casos, estas galerías fueron colonizadas por raíces (**foto 8**). Con el objetivo de cuantificar los posibles efectos de la actividad de las lombrices sobre las propiedades físicas del suelo, anualmente se realizó determinaciones de densidad aparente, macroporosidad y velocidad de infiltración.

Densidad aparente

La densidad aparente tendió a disminuir en los sectores inoculados en las diferentes profundidades evaluadas (0-20, 20-60 y 60-100 cm). Esta disminución fue más notoria en el huerto convencional que en el huerto orgánico. La **figura 22** presenta la evolución relativa de la densidad aparente del sector inoculado, respecto del testigo sin inoculación (Da inoculado/ Da no inoculado), en el huerto convencional. A partir del segundo año, se aprecia una ligera reducción de la Da en las estratas 0-20 y 20-60 cm (entre 4 a 6% respecto del testigo). A los tres años de realizada la inoculación, la densidad aparente, en las diferentes estratas de suelo, ha disminuido entre un 5 a 7% del valor presentado por el testigo sin inocular.



Foto 8.

Lumbricus friendi construyendo una galería a 80 cm de profundidad (izquierda).
Galería, en la cual se encuentra creciendo una raíz de vid (derecha).

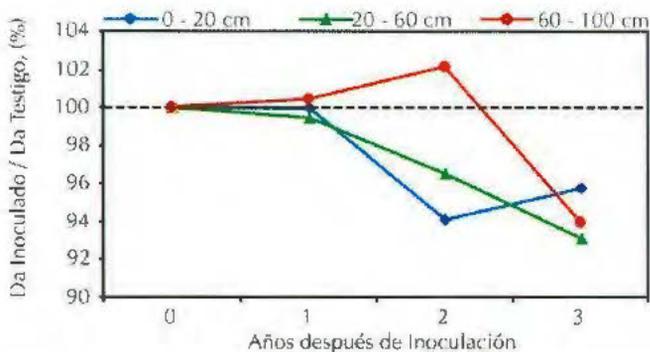


Figura 22. Variación relativa de la densidad aparente del sector inoculado, respecto del testigo sin inocular (Da Inoculado/Da Testigo, %) a diferentes profundidades (0-20; 20-60 y 60-100 cm). Huerto Convencional.

Los valores absolutos de densidad aparente del suelo, en el sector inoculado y sin inocular del huerto convencional, medidos al tercer año después de realizada la inoculación (año 2005), se presenta en la **figura 23**. Al hacer un análisis estadístico de estos valores se encontró que, en las estratas 20-60 y 60-100, la densidad aparente era diferente entre ambos tratamientos, con un 80% de intervalo de confianza, lo que se ha considerado adecuado para este tipo de variable. Probablemente el tiempo transcurrido, no ha sido suficiente para lograr diferencias mayores entre los sectores con lombrices anécicas y los sectores no inoculados. Curry y Cotton (1983), hacen referencia a una serie de experiencias en la cuales se ha utilizado lombrices de tierra para mejorar las propiedades físicas de los suelos, y señalan que resultados positivos se logran en plazos variables de 3 a 5 años, desde que se establecen las poblaciones de lombrices.

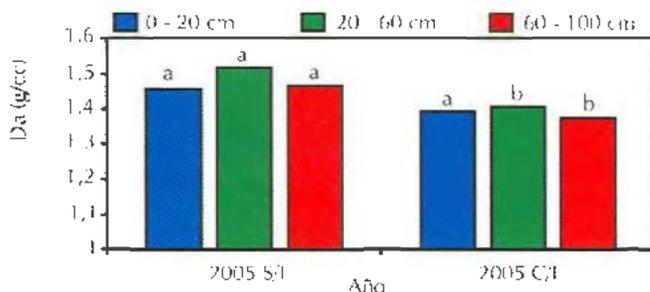


Figura 23. Valores de densidad aparente (D_a g/cc), medidos a diferentes profundidades (0-20, 20-60 y 60-100 cm) en el sector testigo (sin inoculación, S/I) y en el sector inoculado (C/I), tres años después de realizada la inoculación. Huerto convencional. Barras de igual profundidad y color por diferente tierra en los distintos años indican que hay diferencias estadísticas con un intervalo de confianza 80%.

A diferencia de lo observado en el huerto convencional, en el huerto orgánico (**figura 24**), la disminución de la densidad aparente del sector inoculado fue menos pronunciada, probablemente por que las condiciones fueron mejores inicialmente. A nivel superficial, la reducción de D_a fue de 7% al tercer año. En cambio, en las estratas más profundas (20 a 60 y 60-100 cm), ésta fue de solo 3% en promedio. Como ya se ha señalado, probablemente, el tiempo transcurrido no fue suficiente para que se manifestaran diferencias más marcadas del efecto positivo de las lombrices.

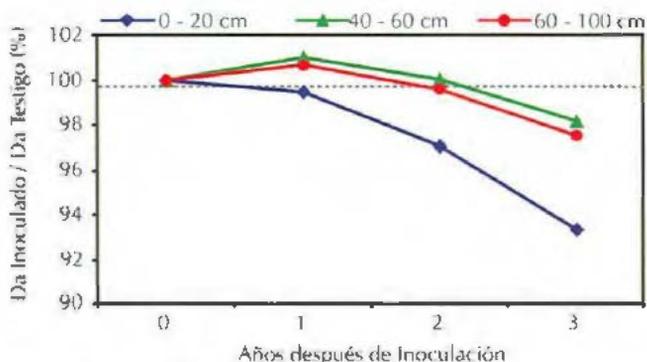


Figura 24. Variación relativa de la densidad aparente del sector inoculado, respecto del testigo sin inocular (D_a Inoculado/ D_a Testigo, %) a diferentes profundidades (0-20; 20-60 y 60-100 cm). Huerto Orgánico.

Macroporosidad

La disminución de la densidad aparente presentada en el huerto convencional se reflejó también en un aumento de la macroporosidad respecto del testigo sin inocular. En la **figura 25**, se muestra la evolución relativa de la macroporosidad del sector inoculado (MPCI), respecto de la macroporosidad del sector sin inocular (MPSI). Los principales cambios a nivel de la macroporosidad se produjeron en las dos primeras estratas de suelo (0-20 y 20-60 cm), con un incremento del orden de 30%. En la estrata más profunda, el incremento fue de un 10%, al cabo de los tres años de evaluación.

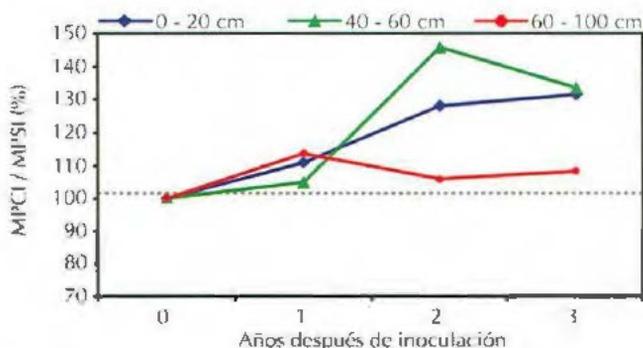


Figura 25. Variación relativa de la macroporosidad del sector inoculado, respecto del testigo sin inocular (MPCI/MPSI, %) a diferentes profundidades (0-20; 20-60 y 60-100 cm). Huerto Convencional (MPCI, macroporosidad con inoculación; MPSI, macroporosidad sector sin inoculación).

En la **figura 26**, se presenta los valores de macroporosidad medidos a las tres años de realizada la inoculación en las diferentes estratas del huerto convencional.

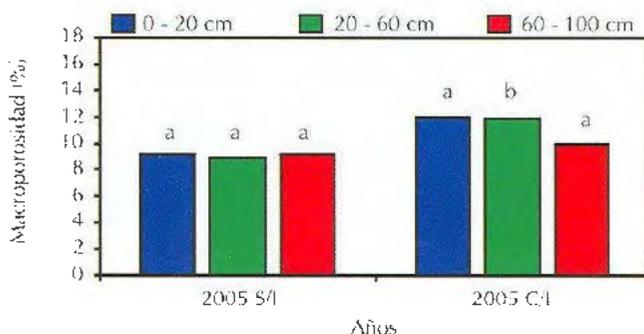


Figura 26. Huerto convencional. Valores macro porosidad (%) medidos a diferentes profundidades en el sector testigo (sin inoculación, SI) y en el sector inoculado (CI), tres años después de realizada la inoculación. (Barras de igual profundidad, unidas por diferente letra en los distintos años indica que existen diferencias estadísticas con un intervalo de confianza 80%).

En el sector testigo, donde no se inoculó lombrices anécicas, la macroporosidad en todas las estratas presentó valores cercanos al 9%; en cambio en el sector inoculado, la macroporosidad aumentó a valores cercanos al 12% en las dos primeras estratas y al 10% en la estrata más profunda. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas con un intervalo de confianza de 80%. En el caso del huerto orgánico, se observó menores incrementos de macroporosidad.

Los resultados observados en el huerto convencional permiten tener una visión optimista sobre los cambios que se pueden lograr en la macroporosidad de los suelos al inocular lombrices anécicas, lo que mejoraría las condiciones de aireación del sistema radicular de las plantas. Tisdall (1978), observó en huertos de durazneros, en el valle de Goulburn, Australia, que los suelos que tenían mayores poblaciones de lombrices presentaban una mejor estructuración y una mayor macroporosidad que los suelos con bajas poblaciones de lombrices. Sin embargo, los cambios en las propiedades físicas de los suelos, por efecto de las lombrices, se producen en el mediano y largo plazo (Curry y Cotton 1983).

Velocidad de infiltración

La velocidad de infiltración del suelo, medida sobre la banda de plantación, aumentó al inocularse éstos con lombrices anécicas. Tanto en el huerto convencional como en el huerto orgánico, la velocidad de infiltración aumentó en el transcurso de los años, siendo siempre más elevada en el sector inoculado (**figura 27**). En el huerto convencional, la velocidad de infiltración fue significativamente mayor en el sector inoculado, en los dos últimos años de medición.

La mayor infiltración del sector inoculado se debe a que las lombrices anécicas salen a comer en superficie, generando galerías, que permiten el paso preferencial de agua (**foto 9**). Resultados similares a los presentados han sido encontrados por Tisdall (1978) y por Adnan *et al.* (s/á).

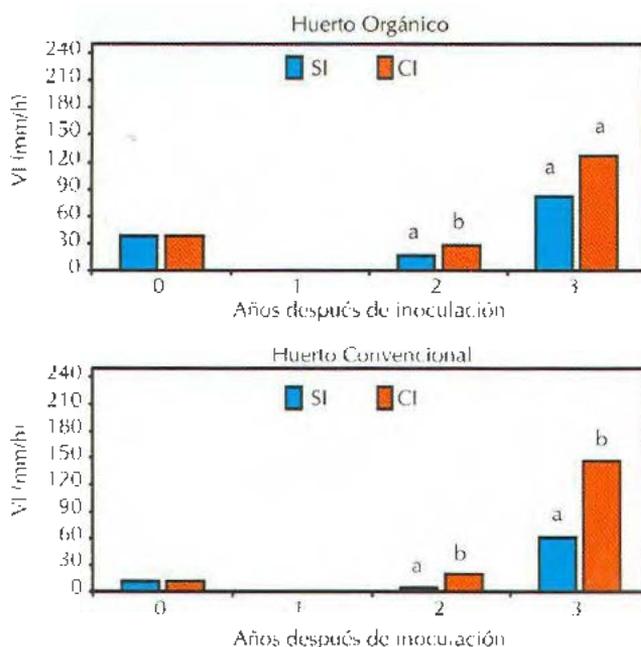
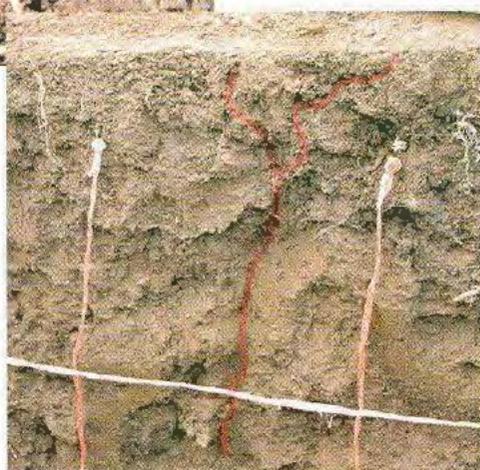


Figura 27. Evolución de la velocidad de infiltración básica (VI mm/h) en el huerto orgánico (superior) y en el huerto convencional, con (CI) y sin (SI) inoculación de lombrices anécicas. Barras de igual precintitud unidas por diferente letra en los distintos años indica que hay diferencias estadísticas significativas.



Foto 9.
Lumbricus friendi,
alimentándose de residuos
en la superficie del suelo
(arriba).
Galería realizada por
Lumbricus friendi (resaltada
en rojo), que permite una
rápida infiltración del agua
en el suelo (derecha).
Huerto convencional.



4.3 EVOLUCIÓN DEL PESO DE PODA Y DEL DESARROLLO RADICULAR

Algunos estudios muestran que la presencia de lombrices de tierra favorece el desarrollo aéreo y de las raíces de las plantas (Logsdon y Linden, 1992). Van Rhee (1977), encontró en estudios de largo plazo, realizados en huertos de manzanos, que la densidad de raíces finas (<0,5 mm), aumentaba considerablemente luego de tres años de ser inoculados con lombrices endógenas y anéxicas (*Allolobophora caliginosa* y *Lumbricus terrestris*) respecto de suelos no inoculados. La

diferencia entre el desarrollo de raíces de ambos sectores aumentaba con los años, en la medida que por acción de las lombrices, mejoraba la estructuración y aireación del suelo.

En este trabajo, anualmente, se llevó un control de peso de poda por planta (Kg/planta), del calibre de bayas a la cosecha (mm) y de la densidad de raíces (número de raíces por m² de suelo) (**foto 10**).



Foto 10. Calicata y marco metálico utilizados para determinar la densidad de raíces finas (número de raíces/m² de suelo).

En la **figura 28**, se presenta la evolución relativa de los diferentes parámetros medidos, peso de poda, densidad de raíces, y calibre de bayas (mm), del sector inoculado, respecto del sector sin inocular (CI/SI%), en el huerto convencional.

En el caso del huerto convencional, al cabo de tres años, el peso promedio del material de poda de las plantas del sector inoculado fue 14% superior al de las plantas del sector no inoculado. En el mismo período, la densidad de raíces del sector inoculado fue, en promedio, 33% mayor que en el sector no inoculado, pero las diferencias no fueron significativas estadísticamente. No se observó diferencias en el calibre de bayas.

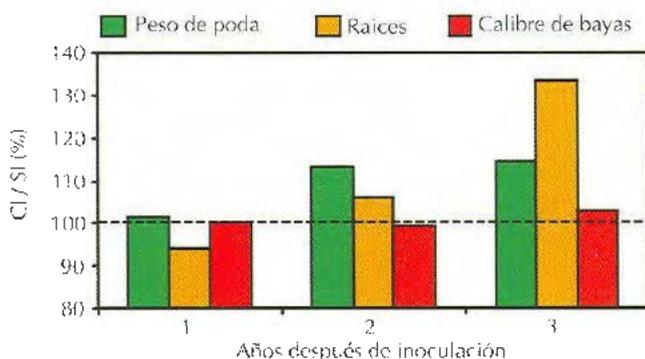


Figura 28. Evolución relativa (C/SI %) del peso de poda, de la densidad de raíces y del calibre de bayas a la cosecha, del sector inoculado (C), respecto del testigo sin inocular (SI). Huerto Convencional.

En el huerto orgánico no se observó diferencia en el peso de poda ni en el calibre de las bayas entre el sector inoculado y el no inoculado. Sin embargo, el número de raíces por m^2 de suelo fue 53% mayor en el sector inoculado.

Los resultados observados, permiten tener una visión optimista respecto del efecto positivo que tendría la inoculación de lombrices anécicas sobre las propiedades físicas del suelo y sobre el desarrollo de las plantas, y permiten avizorar que los cambios se comenzarían a producir en un mediano plazo, de alrededor de tres años después de inocular.

4.4 CONCLUSIONES

Del presente trabajo, se puede obtener las siguientes conclusiones:

1. Tanto en el huerto orgánico como en el huerto convencional se logró establecer y reproducir lombrices del tipo anécicas (*Lumbricus friendi*), inoculadas artificialmente.
2. En un huerto manejado en forma convencional, las aplicaciones de guano, más el uso de cubiertas vegetales invernales, que en la primavera se corta y se distribuye sobre la hilera de plantación en forma de mulch, favorece el desarrollo tanto de lombrices anécicas como endógenas.

3. La densidad aparente del suelo, la macroporosidad y la velocidad de infiltración, se vieron afectadas positivamente por la acción de las lombrices anécicas. Los efectos fueron más claros a partir del tercer año de realizada la inoculación.
4. En el caso del huerto convencional, el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo tiende a favorecer un mayor desarrollo del sistema radicular y aéreo de la plantas de vid, partir del tercer año de realizada la inoculación.

GUÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOMBRICES MÁS FRECUENTES EN LA ZONA CENTRAL DE CHILE

GUÍA GRÁFICA

A continuación se presenta una pauta gráfica, basada en fotografías, para identificar las especies de lombrices más comunes presentes en suelos agrícolas. Ellas fueron introducidas al país con plantas o ganado internado, seguramente, por los primeros colonos europeos.

Además, se adiciona una clave de campo simplificada, que permitirá corroborar la identificación correcta de las especies, si la pauta gráfica no resulta suficiente.

Extracción y selección de las lombrices para su identificación

Para identificar las especies de las lombrices que se encuentran en un predio determinado, se debe cavar un hoyo de 30 a 40 cm de profundidad, ojalá utilizando una pala de gancho o laya, para no dañar a las lombrices, y seleccionar los individuos adultos, que son aquellos que presentan un anillo o montura en su cuerpo. Este anillo o montura recibe el nombre de clitelo, que es un área glandular, que marca la madures sexual de la lombriz.

Las lombrices comúnmente tienen el clitelo en forma de silla de montar y está ubicado a la altura del tercio anterior del cuerpo. Ventralmente presentan un área dilatada y a menudo con protuberancias blanquecinas ubicadas entre la cabeza y el clitelo.

En la **figura 29**, se grafica las principales estructuras de valor taxonómico utilizadas convencionalmente, para la clasificación de lombrices.

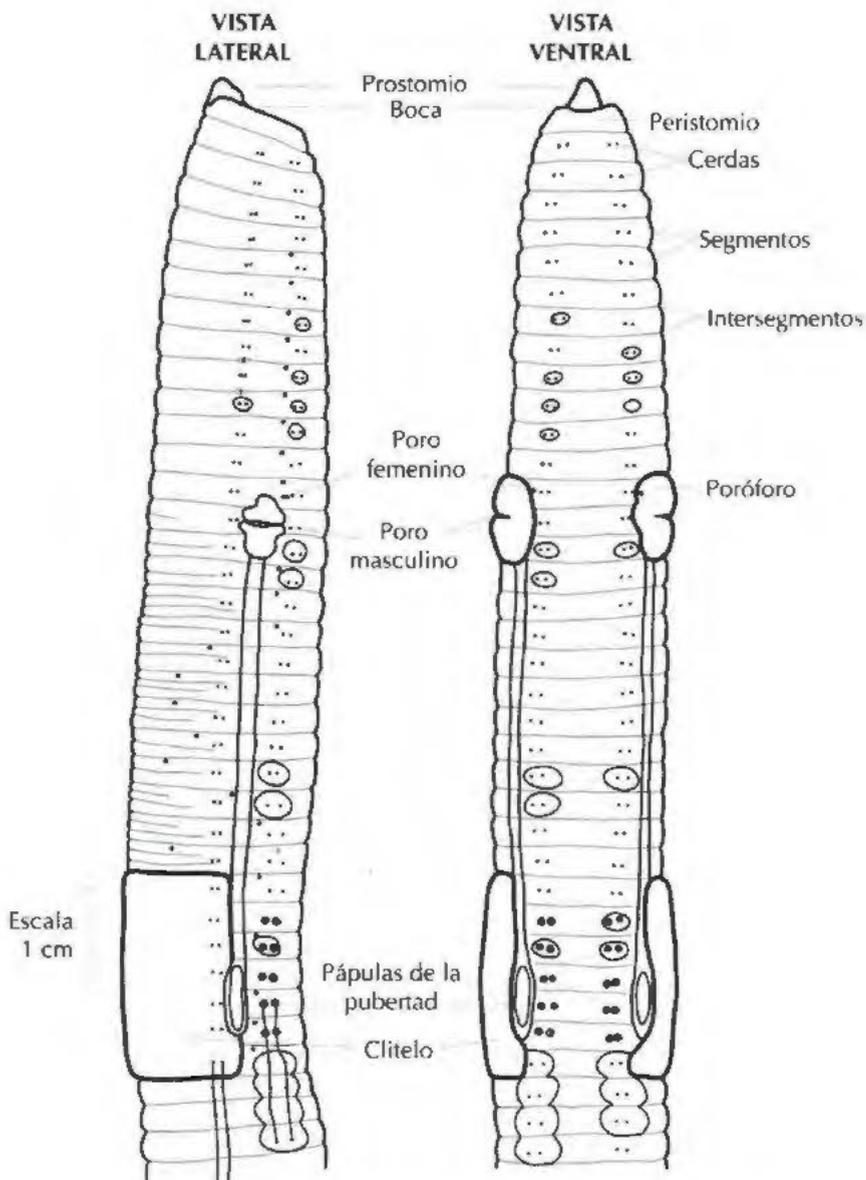


Figura 29. Esquema de los caracteres externos de una lombriz de tierra. (Modificado de Bouché).

A continuación se presenta una breve descripción de las características más importantes de algunas de las especies de lombrices y una foto dorsal y ventral que detalla estas características.

***Eisenia fetida fetida*:** Tiene una coloración rojo violáceo, brillante, cebrada presentando una banda mediana blanquecina en cada segmento. Cuerpo cilíndrico con aplastamiento del clitelo, cuando se la presiona despiden un olor fétido. Miden entre 50 - 130mm de longitud. Se encuentra en acumulaciones de guanos y compost, es utilizada exitosamente en el tratamiento de los residuos biodegradables para producir humus. *E. fetida* es una especie epigea cortical, rara en medios naturales (foto 11).



Foto 11. *E. fetida*. Vista dorsal (arriba); Vista ventral (abajo).

***Eisenia fetida andreii*:** Se diferencia morfológicamente de *Eisenia fetida fetida*, por tener una pigmentación de color rojo vinoso, uniforme y por ser generalmente de mayor talla (50-90mm). Se encuentra en acumulaciones de guano y compost. Existe un interés particular por esta especie por su importante rol en los procesos de humificación de compost y estiércol, es más prolífica que *Eisenia fetida fetida* (foto12).

***Allolobophora caliginosa*:** tienen coloración grisácea, a veces gris-rosoáceo tanto en la región dorsal como la ventral. Sin embargo, este color, puede variar entre el gris, rosa o crema (dependiendo del contenido intestinal). Son de tamaño mediano (50-90 mm). Cuando se con-



Foto 12. *E. fetida andrei*. Vista dorsal (arriba). Vista ventral (abajo).

trae, la región anterior es globosa; no presenta aplastamiento en la cola. Es una especie común en Chile. Entre las lombrices que habitan el perfil superior del suelo, esta especie es la más útil y activa desde un punto de vista agro-ecológico. Se le encuentra prácticamente en todos los habitat, jardines, praderas, particularmente en suelos cultivados en donde reemplaza a la fauna endémica.

Viven preferentemente en medios con pH 6 -7 siendo relativamente ácido tolerantes (foto 13).



Foto 13. *A. caliginosa*. Vista dorsal (arriba). Vista ventral (abajo).

Allolobophora chlorotica: De coloración verde pálido u oscuro, verde amarillento o bien sin pigmentación. A través de la piel, se transparenta el color gris del alimento. Las de coloración verdosas son las más frecuentes en la zona central del país. Cuando se la molesta, se enrolla y exuda un fluido amarillo. Son cilíndricas con un débil aplastamiento en la zona clitelar. Miden entre 50-80mm de longitud. Los suelos óptimos para ellas tienen pH entre 6 y 7, siendo también relativamente ácido-tolerantes (pueden adaptarse a pH entre 4-5). Pertenecen a la categoría de las endogeas (**foto 14**).

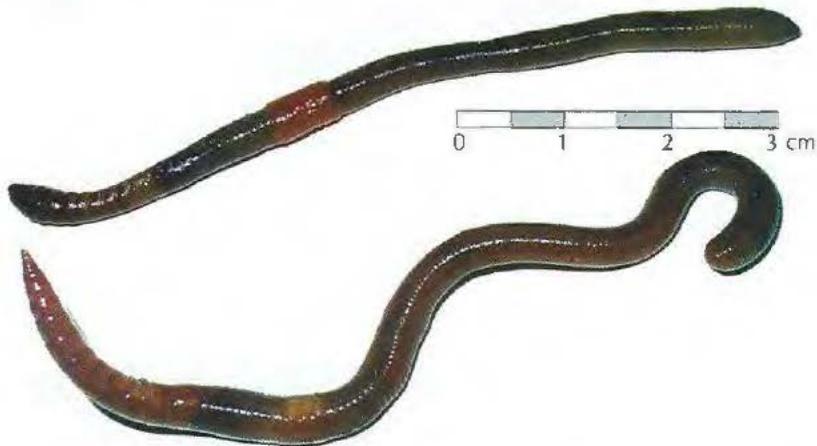


Foto 14. *Allolobophora chlorotica*. Vista dorsal (arriba). Vista ventral (abajo)

Octolacion lacteum: Tiene coloración de aspecto general blanquecino, rosáceo azulado. La piel no tiene pigmentación. El cuerpo es cilíndrico con un débil aplastamiento del clitelo. Miden entre 40 y 160 mm de longitud. Esta especie habita preferentemente en suelos con pH entre 6-7 y no son ácido-tolerantes. Viven en suelos medianamente orgánicos, y húmedos. Pertenecen a la categoría ecológica de las endogeas. No es considerada beneficiosa para la agricultura (**foto 15**).

Lumbricus rubellus: Tienen coloración café rojizo, son brillantes dorsalmente y pálidas en la zona ventral. Tienen la cola aplastada. Cuerpo cilíndrico, clitelo color crema, muy notorio, son de tamaño mediano (50-155 mm). Muy activas. Se distribuyen en suelos preferentemente de pH inferiores a 6, son fuertemente ácido tolerantes (pH inferiores a 3.8), tienen preferencia por suelos húmedos. Esta especie



Foto 15. *Octolacion lacteum*. Vista dorsal (arriba). Vista ventral (abajo).

es considerada de interés por el rol que puede desarrollar en plantaciones de coníferas para la degradación de las acículas. Pertenecen a la categoría de las epigeas (foto 16).



Foto 16. *Lumbricus rubellus*. Vista dorsal (arriba). Vista ventral (abajo).

***Lumbricus friendi*:** Tiene coloración café rojizo, tornasolada, el extremo posterior aplastado formando una punta de lanza cuando se contrae. Cuerpo cilíndrico, de tamaño relativamente grande (90-130 mm) y de contextura robusta, construye galerías verticales y permanentes de hasta más de 80 cm. Se distribuyen en suelos con rangos entre pH 4 a 7. Pertenecen a la categoría ecológica de anécicas. Esta especie es considerada de interés particular en razón de su rol ecológico. Es beneficiosa en agricultura, particularmente en fruticultura, dada su capacidad para realizar galerías (foto 17).

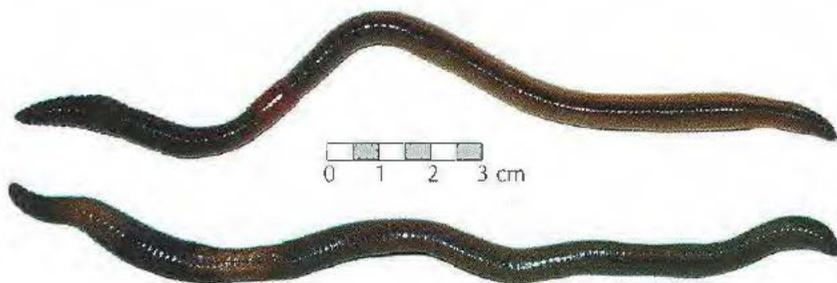


Foto 17. *Lumbricus friendi*. Vista dorsal (arriba). Vista ventral (abajo).

Lumbricus terrestris: Tiene coloración café rojizo, o violeta, tornasolada iridiscentes; cuerpo cilíndrico, con aplastamiento clitelar y sobre todo en el extremo posterior donde forma una punta de lanza cuando se contrae. Contextura robusta, grande y muy parecida a *Lumbricus friendi*, pero de mayor tamaño, 130-300 mm. Construye galerías verticales y permanentes de hasta más de 1,5 metros en algunos casos. Esta especie es beneficiosa en agricultura, particularmente en fruticultura. Sin embargo su presencia es muy ocasional en la zona central del país (foto 18).



Foto 18. *Lumbricus terrestris*. Vista dorsal (arriba). Vista ventral (abajo).

Nicodrilus nocturnus: tiene coloración gris a gris-negruzco, forma corporal subtrapezoidal con aplastamiento caudal, tamaño variable (90-250 mm) pudiendo llegar a ser muy grande y robusta, construye galerías verticales de mediana profundidad. Esta especie presenta variaciones entre sus poblaciones. *Nicodrilus nocturnus var cistercianus*, es

una de ellas. Las diferencias entre ambas especies radica en algunos aspectos de las estructuras del sistema reproductor.

Viven preferentemente en suelos con pH 6-7 pero son fuertemente ácido-tolerantes soportando pH inferiores a 4. Los suelos óptimos para su desarrollo contienen más de 10% carbonatos, y pueden vivir en medios poco orgánicos. Los caracteres morfológicos y ecológicos indican que pertenecen al grupo de las anécicas. Especie bastante común en la zona central y sur del país. Es beneficiosa en agricultura (foto 19).

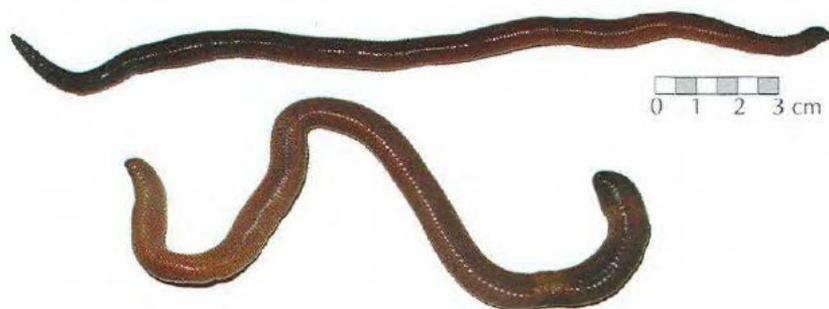


Foto 19. *Nicodrilus nocturnus*. Vista dorsal (arriba). Vista ventral (abajo).

***Chilota platei*:** Tienen coloración caté oscuro o rojizo, cilíndricas de gran tamaño, (160-300 mm) sin aplastamiento caudal. Clitelo completo cercano a la región cefálica, construyen galerías verticales de hasta 100 cm. A diferencia de todas las otras especies indicadas, ésta es una especie endémica. Pertenecen a la categoría ecológica de las anécicas. A juzgar por el número ejemplares de *Ch. platei* presentes en los muestreos realizados, la distribución de esta especie, está circunscrita a un área geográfica restringida, por lo que se supone exige un medio con requerimientos específicos. Se ha observado en la VI Región, en la localidad de Hidango. Se requiere estudios para definir en forma más precisa su rol en el ecosistema y su factibilidad de aplicación en agricultura (foto 20).



Foto 20. *Chilota Platei*

Guía de campo para la identificación de especies

La guía que se presenta a continuación le ayudará a corroborar la correcta identificación de las especies de lombrices en estado adulto, en terreno.

1. ¿La lombriz es de coloración oscura o pálida? (Compruebe observando los segmentos anteriores al clitelo). Las especies oscuras tienen la región ventral (la parte que normalmente está en contacto con el suelo), de coloración más pálida que el dorso. En cambio las especies pálidas o sin pigmentación, tienen ambos lados del mismo color.

Si es de coloración oscura vaya al 2.

Si es de coloración pálida vaya a la 11.

- A. **Lombrices de coloración oscura:** Las lombrices oscuras tienen la región ventral más pálida que la región dorsal.

2. ¿La lombriz es de coloración café rojiza con un viso brillante e iridiscente?

Si es afirmativo vaya a la 5.

Si es negativo vaya a la 3.

3. ¿La lombriz es de coloración rojo brillante y cuando se estira aparecen bandas amarillentas que se hacen más evidentes hacia la cola, y emite un olor fétido cuando la presiona?

Si es afirmativo: *Eisenia fetida fetida*.

Si es negativo: comience nuevamente.

4. ¿La lombriz es de coloración rojiza violeta o vinoso brillante y emite un olor fétido cuando la presiona?

Si es afirmativo: *Eisenia fetida andrei*.

Si es negativo **comience nuevamente.**

5. ¿La lombriz es muy grande (100 a 300 mm), café rojiza, robusta, la cola tiene forma de punta de lanza, aplastada, construye una galería profunda, marcada con una deyección grande de lombriz, en cuyas paredes puede almacenar trozos de hojas o pajitas?

Si es afirmativo: *Lumbricus terrestris*.

Si es negativo, vaya a la 6.

6. ¿La lombriz es grande (90 a 130 mm), café rojiza, robusta, la cola tiene forma de punta de lanza, aplastada, construye una galería profunda, marcada con una deyección medianamente grande?

Si es afirmativo: *Lumbricus friendi*.

Si es negativo, vaya a la 7.

7. ¿La lombriz tiene el dorso de color café rojizo o rojo púrpura, iridiscente, ventralmente pálida y en el extremo anterior no presenta un área glandular, es muy activa, 50-155 mm. de longitud, con aplastamiento caudal?

Si es afirmativo: *Lumbricus rubellus*.

Si es negativo: comience nuevamente.

8. ¿La lombriz es de color gris oscuro, negruzca, no es iridiscente, de gran talla, (90 – 250 mm), en el tercio ventral con un área glandular blanquecina muy evidente, con aplastamiento de la cola?

Si es afirmativo: *Nicodrilus nocturnus*.

Si es negativo: vaya a la 9.

9. ¿La lombriz es de color gris oscura no es iridiscente, de talla mediana (80 – 150 mm), en el tercio ventral con un área glandular blanquecina evidente, con aplastamiento de la cola?

Si es afirmativo: *Nicodrilus nocturnus var. cistercianus*.

Si es negativo: comience nuevamente.

10. ¿La lombriz es de color verde pálido, amarillenta con tonos pardos y se enrolla firmemente cuando es perturbada?

Si es afirmativo: *Allolobophora chlorotica*.

Si es negativo: comience nuevamente.

- B. **Lombrices de coloración pálida:** compruebe que el clitelo (silla de montar) está cerca del tercio anterior del cuerpo, y que en la región ventral, entre la cabeza y el clitelo, existe una zona glandular pareada, pálida y algo hinchada. Las lombrices que carecen de ella, generalmente son especies nativas.

11. ¿La lombriz es de color gris pálida, azulada, talla mediana a grande (60-120 mm) con una mancha amarilla notoria en los últimos 4 segmentos (cola) y con un fino collar amarillo entre la cabeza y el clitelo (no siempre visible)?
Si es afirmativo: *Octolasion cyaneum*.
Si es negativo: vaya a la 12.
12. ¿La lombriz es de coloración blanquecina, gris pálida, los primeros segmentos rosados talla mediana a grande (60-120) con el clitelo anaranjado o rosado, piel de consistencia delicada?
Si es afirmativo: *Octolasion lacteum*.
Si es negativo: comience nuevamente.
13. ¿La lombriz es de color gris con la cabeza rosada y con una sección glandular ventral pálida ubicada entre la cabeza y el clitelo, cuando se contrae el extremo anterior es globoso?
Si es afirmativo: *Allolobophora caliginosa*.
Si es negativo, comience nuevamente.
14. ¿La lombriz es de coloración verde pálida y se enrolla firmemente cuando es perturbada?
Si es afirmativo: *Allolobophora chlorotica*.
Si es negativo, comience nuevamente.

MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE LOMBRICES DE TIERRA Y CRIANZA ARTIFICIAL DE LOMBRICES ANÉCICAS

En suelos que por su manejo o razones ecológicas tienen insuficientes poblaciones de lombrices, éstas se pueden aumentar a través de determinadas prácticas de manejo de suelo, o bien, por la introducción o inoculación deliberada de lombrices de alguna o algunas especies en particular.

La inoculación de lombrices exige la selección de la o las especies más apropiadas, en condiciones físicas y fisiológicas saludables, que aseguren un prolongado período de desarrollo y de sobrevivencia en el suelo.

Las lombrices se pueden coleccionar desde localidades donde se encuentran en abundancia, y trasladarlas a donde requieren ser inoculadas. Otra forma, podría ser la producción o cultivo intensivo de lombrices, como el desarrollado con éxito para aquellas de hábitos epigeos como *Eisenia fetida*, utilizada en la producción de humus.

A continuación se presenta algunos métodos para la extracción de lombrices anécicas y una forma de crianza en forma artificial de estos animales.

Métodos de extracción de lombrices

El mejor período para extraer lombrices va desde fines de otoño, después de las primeras lluvias, hasta inicios de primavera, período en que las lombrices presentan su mayor actividad y gran parte de ellas se encuentra cerca de la superficie del suelo.

Si el objetivo es extraer lombrices epigeas o endogeas, se cava un hoyo de, aproximadamente, unos 25 x 25 cm de lado y 30 cm de profundidad, con una laya o pala de ganchos (para evitar el daño físico de las lombrices), cortando primero la orilla de la muestra o abrien-

do una zanja para aislar el bloque de suelo, para luego ser examinado y extraer las lombrices manualmente.

Si se quiere extraer lombrices anécicas, este sistema no es práctico, por que éstas viven en galerías profundas, y pueden responder a la acción provocada al cavar la tierra trasladándose rápidamente del centro de perturbación. Por otra parte, estas especies, principalmente los ejemplares adultos, pasan parte del año en la profundidad del suelo, por lo cual, el hoyo debe ser profundo para extraerlas mediante excavación.

Por lo tanto, para extraer lombrices anécicas, se debe recurrir a métodos químicos, aplicando soluciones irritantes que obliguen a las lombrices a abandonar sus galerías y salir a la superficie del suelo. Se puede utilizar una solución de formalina diluida, o bien una solución preparada a base de mostaza.

Método de la formalina

Este ha sido el método de uso más corriente para la extracción de lombrices anécicas en el campo. La formalina es un producto tóxico e irritante, por lo cual la preparación de la solución debe ser realizada con cuidado, utilizando guantes y antiparras para proteger los ojos.

El procedimiento es como sigue (**Foto 21**):

- a) Despejar el suelo, retirando las malezas en un área de aproximadamente 1 m².
- b) Preparar en dos baldes, de 10 L cada uno, una solución de formalina, diluyendo 0,25 ml de formalina por cada 10 L de agua. La solución de formalina de uno de los baldes se traslada a una regadera de jardín de igual capacidad. (Esta operación se debe realizar con cuidado para no salpicar y producir daños en la piel del operador).
- c) Con esta solución, se riega la superficie de suelo que fue despejada. La formalina comenzará a infiltrar el suelo, lo que obligará a salir a las lombrices de sus galerías.



Foto 21. Extracción de lombrices anécicas. Limpieza del sector donde se realiza la extracción (superior izquierda). Aplicación de la solución irritante utilizando una regadera (superior derecha). Lombrices en la superficie del suelo (inferior izquierda). Colecta de lombrices con pinzas y enjuague en agua pura (inferior derecha).

- d) Después de 10 minutos, se vuelve a aplicar el segundo balde de formalina diluida, a través de la regadera.
- e) Se prepara nuevamente dos baldes de 10 L de agua, esta vez con una concentración de formalina de 0,5 ml en 10 L de agua.
- f) Una vez transcurridos 10 minutos desde la última aplicación, se realiza otra aplicación, a través de la regadera, con esta nueva so-

lución. De esta forma, se puede extraer las lombrices anécicas que están a mayores profundidades.

- g) Se espera nuevamente 10 minutos y se vuelve a aplicar el otro balde de formalina diluida, (0,5 ml en 10 L), a través de la regadera.
- h) Después de cada aplicación de formalina diluida, hay lombrices anécicas que salen a la superficie. Éstas se colectan, utilizando pinzas, y se enjuagan bien en un balde de agua pura, para limpiarlas de la solución irritante. Luego de lavadas, se depositan en otro recipiente que también contenga agua pura, durante unas dos a tres horas. Finalmente, las lombrices se colocan en cajas de plumavit con una mezcla de suelo para ser trasladadas al sitio de inoculación.

Método de la solución de mostaza

En este caso, el material irritante es polvo de mostaza fuerte, de uso corriente. No es un producto tóxico como la formalina, pero se comporta como un excelente vermífugo, porque provoca una fuerte irritación en la piel de las lombrices.

Como se trata de un material irritante, es necesario tomar precauciones en su preparación utilizando guantes, antiparras y se debe realizar las mezclas en un lugar ventilado.

Se requiere una cantidad de entre 7 a 8 g de mostaza por cada litro de agua. Los volúmenes de agua que se aplican son normalmente equivalentes a los que se utilizan en el método de la formalina.

Unas 4 a 6 horas antes de la extracción de lombrices, se recomienda realizar una pasta concentrada de mostaza, mezclando la cantidad de mostaza requerida en una menor cantidad de agua, de manera de formar una pasta espesa. De esta forma, se extrae una mayor cantidad de sustancia irritante de las semillas de mostaza. Luego, se completa al volumen de agua requerido, se mezcla y se realiza la aplicación mediante una regadera de jardín.

Al igual que en el método de la formalina, las lombrices que se extraen deben ser bien lavadas.

Para más detalles sobre métodos de extracción de lombrices se pueden encontrar en la página web de Agriculture and Agrifood de Canadá, (http://res2.agr.gc.ca/london/faq/worm-ver_e.htm)

Producción de Lombrices

En la actualidad, comercialmente existen disponibles técnicas para la producción de lombrices de hábitos epigeos como *Eisenia fetida*, utilizada en la producción de humus. Esta especie tiene una alta tasa de reproducción y corto ciclo de vida. El ciclo de vida de *Eisenia fetida* se completa entre 30 a 50 días, se aparean diariamente y cada lombriz produce 1 a 2 ootecas por día. Las ootecas eclosionan cada 17 días, con un promedio de 6 a 8 lombrices por ooteca.

Las lombrices anécicas presentan ciclos de vida más lentos que las epigeas. En el **cuadro 6**, se presenta algunas etapas del ciclo de vida de tres especies de lombrices anécicas, reconocidas en las diferentes regiones de Chile, a las que se hace mención en el capítulo 2: *Lumbricus friendi*, *Lumbricus terrestris* y *Nicodrilus nocturnus*. Respecto de *Chilota platei*, es necesario señalar que no se logró su reproducción en las condiciones de laboratorio.

Cuadro 6. Ciclo de vida de *Lumbricus terrestris*, *Lumbricus friendi* y *Nicodrilus nocturnus*, en laboratorio (INIA- La Platina).

Especie	Nº ootecas /mes	Período de incubación (días)	Período de desarrollo adulto (días)	Peso promedio individuo adulto (g)
<i>Lumbricus terrestris</i>	4	83	300	4,32
<i>Lumbricus friendi</i>	10	52	190	4,83
<i>Nicodrilus nocturnus</i>	s/i	75	265	1,88

De estas tres especies presentadas, *Lumbricus terrestris* y *Lumbricus friendi* tiene un mayor tamaño, siendo *Lumbricus friendi* ligeramente más prolífica que *L. terrestris*, *Lumbricus friendi* fue la que se encontró en mayor abundancia en los diferentes localidades muestreadas.

Los estudios para desarrollar cultivos artificiales de especies de hábitos anécicos han sido poco exitosos y sólo recientemente se vislumbra un horizonte más promisorio, principalmente para el cultivo de *Lumbricus terrestris* (Butt et al 1992).

En la literatura no se registra estudios sobre cultivo intensivo de *Lumbricus friendi*. Por eso se llevó a cabo algunas experiencias de reproducción y crianza, en los laboratorios de INIA - La Platina, las que a continuación se ponen a disposición de los interesados.

Esta metodología consistió esencialmente en la producción de ootecas, y su posterior traslado a una unidad de crianza, a partir de la cual se van extrayendo lombrices, para inocular el huerto.

Producción de ootecas

Las lombrices son hermafroditas. Sin embargo, para lograr reproducirse, deben aparearse. La idea de esta metodología es confinar las lombrices adultas en un espacio reducido, de manera de aumentar la probabilidad de apareamiento. Se deben mantener con alimento suficiente humedad y temperatura adecuadas.

Para ello es necesario construir contenedores con marco de madera de 0,25 m de lado, cubierta con malla fina de nylon (0,5 mm), de tal manera de evitar la fuga de las lombrices y mantener una buena ventilación y drenaje. El tipo de caja utilizada en el laboratorio de La Platina se presenta en la **foto 22**.

El número de contenedores dependerá de la cantidad de lombrices que el agricultor necesite producir. En cada contenedor se introduce 4 ejemplares adultos (con clitelo). Cada pareja, produce un promedio de 20 ootecas en un mes.



Foto 22. Cajas para la obtención de ootecas de *L. friedi* (arriba). A la derecha una ooteca de *L. friedi*.

Previo a la colocación de las lombrices en los contenedores (cuatro por cada uno), éstos se llenan con tierra hasta 2/3 de la altura total. La parte superior se rellena con una mezcla de guano seco desmenuzado, de caballo o de vacuno (guano maduro) y heno de alfalfa seco (en partes iguales). El pH del suelo debe ser entre 5,5 y 6, el que se podrá medir con una cinta de papel pH. La cantidad de guano y heno debe ser suficientemente abundante como para mantener una constante alimentación de las lombrices. Antes de colocar las lombrices, se riega bien el suelo y el alimento y se deja drenar. Posteriormente, la humedad del medio debe mantenerse cercana a la capacidad de campo del suelo, por lo cual es necesario revisar permanentemente y aplicar agua con una regadera de jardín. La temperatura adecuada es de 15 a 18° C, por lo cual esta etapa se debe realizar bajo techo.

La cosecha de ootecas se realiza mensualmente mediante el lavado del suelo con un tamiz de malla de 2 mm, lo que le permitirá retener y separar las ootecas. Para reiniciar la postura, se recambia el suelo, se introduce nuevamente las lombrices progenitoras y el alimento.

Si bien es factible la inoculación o "siembra" directa de ootecas, en un sector del huerto, es más efectivo asegurar su desarrollo en unidades de cultivo intensivo, lo cual permite controlar adecuadamente las condiciones para el desarrollo y crecimiento de las lombrices. Adicionalmente, este sistema permite la mantención de un "stock" de lombrices para futuras inoculaciones en terreno.

Unidad de cultivo intensivo

La unidad de cultivo intensivo consiste en un espacio de terreno, en el cual se puede dar las condiciones óptimas para el desarrollo de las lombrices, en cuanto a alimentación y humedad del suelo. Se requiere una superficie de terreno de 6 m de largo por 1 m de ancho, donde se excava una zanja de 0,5 m de profundidad. La zanja puede ser revestida con una malla de plástico de 0,5 mm, para evitar la fuga de lombrices y la intromisión de otras especies no deseadas. Internamente este sector se divide en sub unidades de 1 m de longitud.

El hoyo que resulta, se rellena con tierra harneada y se aplica agua hasta dejarlo a capacidad de campo. Se siembra una leguminosa, la cual puede ser permanentemente cortada, dejándola como mulch sobre el terreno. Además, en la superficie se aplica una mezcla de guano de caballo o vacuno, que servirá de alimentación a las lombrices. Es necesario preocuparse que no les falte alimento.

Externamente, el sistema se puede proteger con malla tipo rachel, lo que evitará la visita de aves u otros animales y proporcionará un ambiente más estable para las lombrices. Adicionalmente, para controlar y asegurar la humedad, y evitar el riego manual, se puede habilitar un sistema de riego por micro aspersión (**foto 23**).

En estas unidades de cultivo se siembra las ootecas, las que en unos 51 días en promedio, van a eclosionar, para lograr el estado adulto en aproximadamente 180 a 190 días. En esta unidad también se producirá apareamiento de lombrices y postura de nuevas ootecas, lo que significa que habrá un incremento de la población de lombrices por este concepto.

La cosecha de los ejemplares desde la unidad de crianza es conveniente realizarla manualmente, sin utilizar productos irritantes, que dejarían contaminado el lecho de crianza. Por esta razón, la extracción se realiza cavando mediante el uso de una pala de gancho, o una laya, y se va sacando los individuos adultos y juveniles, que serán llevados a terreno para la inoculación.

Es necesario recordar que la reproducción de lombrices anécicas es un proceso lento, por lo cual la inoculación se va realizando paulatinamente en el curso de los años, hasta que en terreno se vaya estableciendo las poblaciones de lombrices. Una vez inoculadas, es necesario mantener en terreno condiciones de manejo que permitan la sobrevivencia y desarrollo de las lombrices.



Foto 23.

Unidad de crianza intensiva, con sistema de riego (arriba).
Vista general de la unidad de crianza intensiva (abajo).

SÍNTESIS Y APLICACIONES

El crecimiento de los cultivos, sean estos anuales o perennes y en particular los árboles frutales, es el resultado de la interacción de la planta con su medio ambiente. Las labores culturales que realiza el hombre, a través de prácticas de manejo agronómico, permiten maximizar el resultado de esta interacción. Sin embargo, no siempre es así, porque existen algunas labores de manejo, especialmente del suelo, que pueden traducirse en un deterioro de éste, que finalmente atentan contra la sostenibilidad de la producción.

El suelo, es el sistema físico donde se desarrollan y crecen las raíces, a través de las cuales las plantas absorben agua y nutrientes e intercambian gases con la atmósfera del suelo. Cualquier impedimento mecánico a la actividad radicular, especialmente la compactación, que reduce el espacio poroso del suelo, limita el crecimiento y desarrollo radicular, lo cual se traduce en reducciones de del crecimiento de la parte aérea de la planta y disminución de la producción.

Tradicionalmente se ha recurrido a la labranza para intervenir el espacio poroso del suelo y en particular al subsolado para resolver la compactación de las estratas más profundas. Sin embargo, al cabo de algunos años, el suelo se vuelve a recompactar, como consecuencia del tráfico de la maquinaria, y de las labores de cosecha, entre otras. De aquí que sea necesario desarrollar un sistema que permita, por una parte, mejorar las propiedades físicas de los suelos y, por otra, mantenerlas en el tiempo, para asegurar el óptimo desarrollo y crecimiento de las raíces.

En este sentido, el suelo debe ser considerado como un organismo vivo, situación que se deriva principalmente de flora y fauna que en él se desarrolla. La transformación de los residuos orgánicos, la agregación de las partículas y su estabilidad, la porosidad y disponibilidad de

nutrientes para los cultivos, es producto de la intensidad de la actividad de los organismos del suelo.

Entre los organismos del suelo, las lombrices han sido reconocidas, desde tiempos antiguos, como sus labradores naturales. Su presencia en el perfil es reflejo de la fertilidad en su concepto más amplio. De aquí que las condiciones que propician su existencia y sus efectos sobre el suelo y la búsqueda de intervenciones que permitan aumentar su población, tendrán como consecuencia la sustentabilidad y sostenibilidad de la producción agrícola en general y de los huertos frutales en particular.

En los huertos analizados en este estudio, tanto bajo manejo convencional como orgánico, no se observó lombrices del tipo anécico; encontrándose sólo la presencia de especies endogeas y, en menor proporción de epigeas. Todos los huertos estudiados tienen en su origen el manejo convencional y más aún, una historia agrícola similar. Por esto, no es aventurado plantear que la agricultura a la cual han sido sometidos, se tradujo en la pérdida de estas especies, comunes en situaciones donde se mantiene una agricultura extensiva. Esta ausencia se ha traducido en un aumento de la compactación, especialmente en las capas más profundas de los huertos estudiados.

Al aumentar los años bajo un manejo orgánico, se potencia la presencia de las lombrices **endogeas**, como consecuencia de un aumento de los tenores de materia orgánica del suelo. Situación que se traduce en claras tendencias a la disminución de la densidad aparente, y por lo tanto de la compactación, y al aumento de la aireación en la estrata más superficial del mismo.

En este contexto, y como consecuencia de los resultados observados en la primera fase del estudio, se deriva que todas las acciones sobre el suelo que mejoren el habitat de las lombrices endogeas, permitirán aumentar su biomasa y por ende sus efectos benéficos en los huertos frutales. Entre estas acciones se pueden nombrar:

- Acciones derivadas a aumentar la materia orgánica del suelo.
 - Uso de guanos y estiércoles.
 - Uso de siembra de cultivos intercalados (de preferencia leguminosas).
 - Mantener un pH en torno a la neutralidad.
 - o Uso de enmiendas.
 - o Fertilizantes de reacción acida o alcalina según el pH del suelo.
 - Mantener una cobertura vegetal permanente o estacional sobre el suelo.
- Acciones destinadas a reducir o eliminar el uso de pesticidas tóxicos.
- Desarrollar un sistema de producción orgánico o integrado.

Debido a la ausencia de lombrices anécicas, las cuales tienen la capacidad de explorar el suelo a mayores profundidades que las especies endogeas, se validaron protocolos necesarios para su colecta, cría e inoculación en el suelo, con el objeto de evaluar su efecto sobre algunas propiedades físicas que normalmente limitan el desarrollo radicular de las plantas.

Los resultados al tercer año después de la inoculación, independiente del sistema de manejo del huerto, indicaron un incremento de la velocidad de infiltración. Este resultado que puede considerarse como una variable integradora, indica un mejoramiento global de las propiedades físicas del suelo, como se pudo apreciar en las tendencias seguidas por la densidad aparente y la macroporosidad del perfil del suelo.

Los efectos en algunas propiedades químicas, tales como la disponibilidad de nutrientes no se evidenciaron pues son procesos de largo plazo, muy difíciles de identificar durante el período del proyecto. Sin embargo, se podría plantear como hipótesis, que una vez logrado el equilibrio de las poblaciones anécicas, los procesos de movimiento y enriquecimiento de nutrientes del suelo podrían acelerarse.

De los resultados de este proyecto se deriva que la inoculación del suelo con lombrices anécicas es una práctica de manejo conveniente

para mejorar las propiedades físicas de éste. Se trata de un proceso lento, que toma tiempo y además se requiere contar con las cantidades importantes de lombrices. En consecuencia, se recomienda la realización de la inoculación como un proceso paulatino, donde la población de lombrices vaya aumentando, por una parte producto de la inoculación, y por otra, por su propia reproducción y colonización del terreno.

Para iniciar el proceso de inoculación, las lombrices anécicas se pueden obtener de zonas del país donde existen en forma natural. Sin embargo, esto puede tener un costo elevado, y por otra parte, puede provocar un desequilibrio de la fauna en el suelo de origen, si se realizan extracciones indiscriminadas. Por lo tanto, es necesario, a partir de ejemplares traídos desde su medio natural, iniciar un proceso de reproducción y crianza artificial de lombrices anécicas, en el propio predio, lo que permitirá ir obteniendo los individuos necesarios para mantener un proceso paulatino de inoculación en el tiempo.

En este documento se presenta formas de extracción de lombrices, se indica un protocolo de cría de este tipo de lombrices y se detalla la forma de inocular el suelo. En este sentido, especial cuidado deberá tenerse en acondicionar los lugares de inoculación con suficiente materia orgánica para proveer de la alimentación y condiciones del medio, que favorezcan el crecimiento y desarrollo de la lombriz y aseguren su permanencia, lo que implica, entre otras cosas, la aplicación de materia orgánica, guano, el uso de cubiertas vegetales y mulch.

Este trabajo es sin duda uno de carácter preliminar en estos temas, quedando muchas preguntas por responder. Sin embargo, se ha demostrado que, a través de técnicas relativamente sencillas es posible favorecer el desarrollo de las lombrices endogeas, inocular un suelo con anécicas y observar sus efectos benéficos en plazos razonables. Al implementar estas técnicas en huertos frutales, se estará favoreciendo la protección del suelo y contribuyendo a la sustentabilidad del sistema productivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Addan, F., R. Aliaga, and M. Bouché M. (s/f). Relations entre le peuplements lombriciens et propriétés physiques de sols méditerranéens. Laboratoire de Zoocologie du Sol INRA/CNRS. (Mecanografiado). 15 p.
- Abott, I. (1985). Distribution of introduced earthworms in the Northern Jarrah Forest of Western Australia. *Aust. J. Soil. Res.* 23: 263-270.
- Alfaro, M, J.C. Dumont y M. Santelices. (1997). Rol de los oligoquetos (lombrices) en el ecosistema pratense. Primera clasificación de la población de la Décima Región de Chile. *Boletín Técnico* 248. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Remehue, Osorno, Chile. 19 p.
- Barnes, R. (1974). *Invertebrate Zoology*. Third Edition. W.B.Saunders Company, Philadelphia. 870 p.
- Baker, G.H., P.J. Carter, and V.J Barrett (1999). Influence of earthworms, *Aporrectodea* spp. (Lumbricidae) on pasture production in south-eastern Australia. *Aust. J. Agric.* 50: 1247-1257.
- Baker, G. H., P.J. Carter, and V.J. Barret. (1999). Survival and biomass of exotic earthworms, *Aporrectodea* spp (Lumbricidae), when introduced to pastures in south-eastern Australia. *Aust. J. Agric. Res.* 50: 1233-1245.
- Blanchart, E. (1992). Restoration by earthworms (Megascolecidae) of the macroaggregate structure of destructed savana soil under field conditions. *Soil. Biol. Biochem.* 24 (12): 1587-1594.
- Bouché M. B. (1972). *Lombriciens de France. Écologie et Systématique*. I.N.R.A., Paris, France. 171 p.

- Bouché, M. B. (1981) Los gusanos de tierra. Mundo Científico 40 (4): 954-63.
- Bouché, M. B. (1984). Les vers de terre. La Recherche 165 (15): 796-804.
- Bouché, M.B. and R.H. Gardner (1984) Earthworms functions. VIII Populatio estimations techniques. Rev. Ecol. Biol. Sol. 21: 37-63.
- Bouché, M.B. and R. Aliaga (1986). L'échantillonnage des lombriciens. La Defense des Vegetaux 24: 30-36.
- Bukerfield, J.C. and K.A.Webster. (1996). Earthworms, mulching, soil moisture and grape yields: earthworm response to soil management practices in vineyards. Australian and New Zealand Wine Industry Journal 11 (1): 47-53.
- Butt, K. R., J. Frederickson, and R.M. Morris (1992). The intensive production of *Lumbricus terrestris* L. for soil amelioration. Soil Biology and biochemistry 24: 1321- 1325.
- Chan, K.Y. (2001). An overview of some tillage impacts on earthworms population abundance and diversity – Implications for functioning in soils. Soil and Tillage Research 57: 179 –191.
- Curry, J.P. (1988). The ecology of earthworm in reclaimed soils and their influence on soil fertility. In: C. A. Edwards and E.F. Nauhauser (eds). Earthworms in waste and environmental management. SPB Academic Publishing. The Hague, The Netherlands. pp. 251-261.
- Curry, J.P. and C.F. Cotton (1983). Earthworms and land reclamation. In: J.E. Satchell, J. E. ed.). Earthworms ecology. Chapman and Hall, London. pp. 215-228.
- Curry, J. P. and D. Byrne (1992). The role of earthworms in straw decomposition and nitrogen turnover in arable land in Ireland. Soil Biol. Biochem. 24: (12) 1409-1412.

- Edwards, C.A. and J.R. Lofty. (1972). *Biology of Earthworms*. Chapman and Hall Ltd. London. 283 p.
- Edwards, C.A. and J.E. Bate. (1992). The use of earthworms in environmental management. *Soil Biol. Biochem.* 24 (12): 1683- 1689.
- Liessbach, A.; Mader, P.; Dubois, D. and Gunst, L. (2000). Organic farming enhances soil fertility and biodiversity. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) and Federal Research Station for Agroecology and Agriculture (FiAL). Agosto N°1: 1-16.
- Fraser, P.M., P.H. Williams and R.J. Haynes. (1996). Earthworms species, population size and biomass under different cropping system across the Canterbury Plains, New Zealand. *Applied Soil Ecology* 3: 49-57.
- Hofmann, U. (1993). Green cover crop management and mechanical weeding in viticulture. 403-406. *In: Maitrise des adventices par voie non chimique, Communications de la Quatrième Conférence Internationale I.F.O.A.M., Dijon, France, 5-9 Juillet 1993. Association Colloque IFOAM Quetigny Cedex, France, 1994.*
- Ketterings, Q.M., J.M. Blair, J.C. Marinissen, and C.A. Edwards (1997). Effects of earthworms on soil aggregate stability and carbon and nitrogen storage in a legume cover crop agroecosystem. *Soil Biol. and Biochem.* 29 (3-4): 401-408.
- Kladivko, E.J. (2005) Earthworms and crop management. Purdue University, Cooperative Extension Service, West Lafayette, Indiana. Disponible en: <http://www.ces.purdue.edu/extmedia/AY/AY-279.html>. Fecha de consulta 16/03/2006
- Lachnicht, S.L. and P.F. Hendric, P.F. (2001). Interaction of the earthworm *Diplocardia mississippiensis* (Megascolecidae) with microbial and nutrient dynamics in a subtropical Spodosol. *Soil Biology & Biochemistry* 33: 1411-1417.

- Lavelle, P. (2000). Ecological challenges for soil science. *Soil Science* 165 (1): 73 –86.
- Lee, K.E and C.E. Pankhurst. (1992). Soil Organisms and sustainable productivity. *Aust. J. Res.* 30: 855-892.
- Ligthart, T.N. and G.J.C. Peek. (1997). Evolution of earthworm burrow system after inoculation of lumbricid earthworms in a pasture in Netherlands. *Soil Biology and Biochemistry* 29 : 453-462
- López-Hernandez, D.; Araujo, Y.; López, A., Hernandez-Valencia, I., y Hernandez, C.; (2004) Changes in soil properties and earthworm populations induced by long term fertilization of a sandy soil in the Venezuelan Amazonia. *Soil Sci.*, 169 (3) 188-194
- Logsdon, S.D. and D.R. Linden. (1992). Interactions of earthworms with soil physical conditions influencing plant growth. *Soil Science* 154: 330-337.
- Lunt, H.A. and G.M. Jackson, (1944). The chemical composition of earthworms cast. *Soil Science* 58: 367 –370.
- Mader, P., A. Fliebbach, D. Dubois, L. Gunst, P. Fried, and U. Niggli. (2002). Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*. 296 (5573):. 1694-1697.
- Mather, J.G and O. Christensen. (1998). Surface movements of earthworms in agricultural land. *Pedobiología* 32:399-40.
- Pashanasi, B; Melendez, G; Szott, L and Lavelle, P. (1992). Effect of inoculation with the endogenic earthworm *posntoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae) on N availability, soil microbial biomass and the growth of three tropical fruit tree seedlings in a pot experiment. *Soil Biol. Biochem.* 24: 1655 – 1659.
- Peres, G., D. Cluzeau, P. Curmi, and V. Hallaire (1998). Earthworm activity and soil structure changes due to organic enrichments in vineyard systems. *Biol. Fertil. Soils* 27 (4):. 417-424.

- Potthoff, M., R.G. Joergensen, and V. Wolters. (2001). Short-term effects of earthworm activity and straw amendment on the microbial C and N turnover in a remoistened arable soil after summer drought. *Soil Biol. and Biochem.* 33 (4-5): 583-591.
- Ramert, B., R.L. Bugg, M.S. Clark, M.R. Werner, R.P. Mc Guinn, D.D. Poufel, and A.M. Berry. (2000). Influence of *Lumbricus terrestris* inoculation on green manure disappearance and decomposer community in walnut orchard. *Soil Biol. Biochem.* 33 (11):1509-1516.
- Ruiz R., G. Selles, y R. Ahumada,. (2005). Aspectos físicos del suelo y calidad de fruta en parronales de uva de mesa. Curso internacional Manejo de riego y suelo en vides para vino y mesa. Santiago, Chile, 26-27 de octubre 2005. pp. 101-114.
- Russel, W.R. (1973). Soil conditions and plant growth. 618 p. 10th ed. Longman London and New York.
- Raw, F. (1962) Studies of earthworm populations in orchards. I. Leaf burial in apple orchards. *Ann. Appl. Biol.*, 50: 389-404.
- Shepherd, G. (2000). Visual soil assessment. Vol 1: Field guide for cropping and pastoral grazing on flat to rolling country. Horizon and Landcare Research. Palmerton. 84 p.
- Spingett, J.A., R.A. Gray, and J.B. Reid. (1992). Effect of introducing earthworms into horticultural lands previously denuded of earthworms. *Soil. Biol. Biochem.* 24 (12): 1615-1622.
- Tisdall, J.M. (1978). Ecology of earthworms in irrigated orchards. *In*: W.W. Emerson, D. Bond and A.R. Dexter (eds.). Modification of soil structure. John Wiley & Sons, Chichester, UK. pp. 297-303.
- Unger, P.W. and T.C. Kaspar. (1994). Soil compaction and root growth. *Agron. J.* 86: 759-766.
- Van Rhee, J.A. (1977). A study of the effect of earthworms on orchard productivity. *Pedobiología* 17:107-114.

Werner, M. R. (1990). Earthworm ecology and sustaining agriculture. Components, (fall) v.1 (4): disponible en:
<http://www.sarep.ucdavis.edu/newsltr/components/v1n4/sa-6.htm>.
Fecha de consulta 8 de Marzo 2006.

Werner, M. R. (1996). Inoculative release of anecic earthworms in California Orchard. Amer J. of Alternative Agriculture. 11 (4): 176-181.