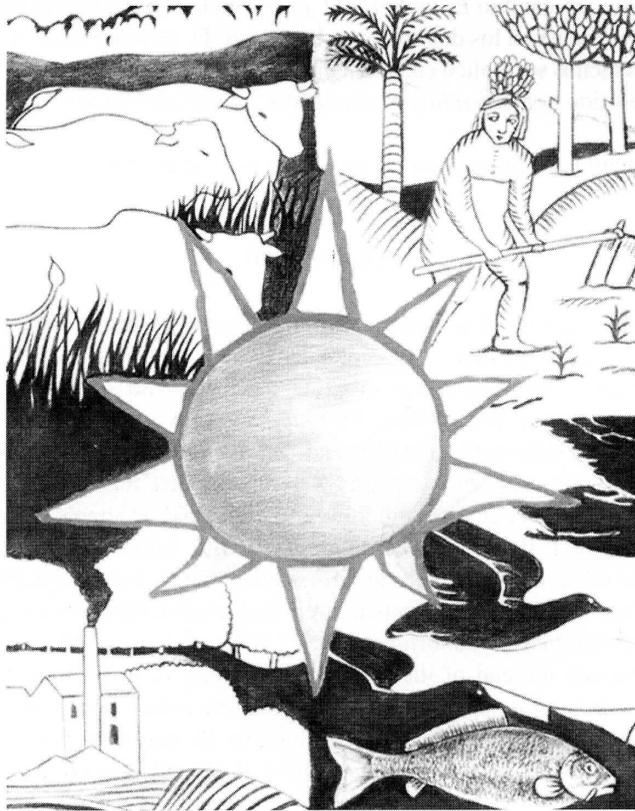


**ECOLOGIA POBLACIONAL DE LUMBRICIDOS SILVESTRES
(LUMBRICIDAE OLIGOCHAETA) EN DOS TIPOS DE
SUSTRATOS EN EL SUR DE CHILE**

Population ecology of wild earthworms (Lumbricidae Oligochaeta),
in two substrates in southern Chile

*Andrés Muñoz-Pedreros, Cinthia Poblete,
Eugenio Ruiz & Claudia Gil*



Centro de Estudios Agrarios y Ambientales CEA, Casilla 164,
Valdivia, Chile. Correo electrónico: cea@ceachile.cl

RESUMEN

En el contexto del establecimiento de una granja integral, que incorpora la lombricultura como una de sus unidades productivas y como una contribución al conocimiento ecológico de los lumbrídeos silvestres en este trabajo se identificaron seis especies de lumbrídeos silvestres no endémicos de Chile: *Dendrobaena subrubicunda* (Savigny, 1826), *Dendrobaena veneta*, forma típica (Rosa, 1886), *Eisenia fetida* (Savigny, 1826), *Eisenia andrei* (Bouché, 1972), *Lumbricus rubellus*, (Hoffmeister, 1845) y *Octolacion cyaneum* (Savigny, 1826). Se construyeron cuatro lechos de 3 x 1 x 0,3 m dotados de riego por aspersión y divididos en dos secciones: una preparada con alimento en base a materia vegetal y otra preparada con desecho orgánico animal y vegetal, estabilizado por 30 días con fermentación. Ambos lechos se colonizaron con 1.000 individuos por m². Se establecieron parámetros poblacionales (densidad y abundancia relativa) y preferencias de sustratos. Se registró pH, humedad del sustrato, temperatura del suelo, temperatura ambiental y humedad relativa del aire. Permanecieron en los lechos de cultivo tres especies: *D. subrubicunda*, *E. fetida* y *L. rubellus*. *D. veneta* forma típica, colonizó los lechos de cultivo hacia el final del estudio, en cambio *E. andrei* y *O. cyaneum* los abandonaron rápidamente. La mayor densidad y abundancia relativa en los dos sustratos la alcanzó *D. subrubicunda*. La densidad general de lumbrídeos, en ambos lechos se duplicó cada seis meses. La densidad es mayor en el sustrato animal. El sustrato vegetal es preferido por *E. fetida* y el animal por *D. subrubicunda* y *L. rubellus*.

Palabras clave: lombricultura, ecología poblacional, sistemas integrados.

ABSTRACT

In the context of the establishment of an integral farming system, which includes lombriculture as one of its productive units; and as a contribution to the ecological knowledge about wild earthworms, we identified six species of non native wild earthworms in Chile: *Dendrobaena subrubicunda* (Savigny, 1826), *Dendrobaena veneta*, typic form (Rosa, 1886), *Eisenia fetida* (Savigny, 1826), *Eisenia andrei* (Bouché, 1972), *Lumbricus rubellus*, (Hoffmeister, 1845) and *Octolacion cyaneum* (Savigny, 1826). Four beds were built (3 x 1 x 0,3 m) endowed with aspersion watering divided in two areas: one contained vegetal based substratum and the other contained a mixture of animal and vegetable organic wastes, stabilized for 30 days by fermentation. Both beds were colonized with 1.000 individuals per m². Population parameters (density and relative abundance) and substratum preferences were established. PH, substratum humidity, soil temperature, environment temperature y and relative humidity of the air were measured. Three species stayed in the beds: *D. subrubicunda*, *E. fetida* and *L. rubellus*. *D. veneta* classic form, colonized the beds towards the end of the study period, while *E. andrei* and *O. cyaneum* left them rapidly. *D. subrubicunda* had the highest density and relative abundance in both substratum. Overall population density in both beds twice folds every six months. Density is higher in animal substratum. *E. fetida* prefers vegetable substratum and *D. subrubicunda* and *L. rubellus* prefer animal substratum.

Key words: lombriculture, population ecology, integrated systems.

INTRODUCCION

Frente al creciente interés en el ámbito internacional por los conceptos de sustentabilidad en la producción de alimentos y el aprovechamiento integral de los desechos orgánicos, la lombricultura se presenta como una alternativa económica viable al plantearse como componente de un sistema integral de producción predial (Newman 1997, Ostermann 1998, Ovenden et al. 1998, Lavelle 2000).

Los lumbricidos son un grupo reciente y dominante de invertebrados que posee gran capacidad de adaptación a nuevos ambientes. Con el cultivo de ellos, conocido como lombricultura, se obtienen múltiples beneficios antrópicos y ambientales: reciclado de desechos biodegradables de origen animal y vegetal, producción de proteínas de alto valor biológico, enzimas y humus (materia orgánica degradada y estabilizada como coloide, que regula la dinámica de la nutrición vegetal del suelo). El humus de lombriz, además, es un mejorador de las características físico-químicas del suelo por sus altos porcentajes en ácidos húmicos y fúlvicos, posee una alta carga microbiana que restaura su actividad biológica, mejora su estructura proporcionándole una alta capacidad de absorción y retención de nutrientes y es un abono bio-orgánico activo (Bruna 1985, Shi-Wei & Fu-Zhen 1991). Su uso en la horticultura favorece el desarrollo y crecimiento de las semillas y aumenta la productividad de una variedad de cultivos (Buckerfield & Webster 1998, Edwards 1998, Atiyeh et al. 1999, Atiyeh et al. 2000a, Atiyeh et al. 2000b), aunque aún no se conocen con exactitud los mecanismos involucrados en estas interacciones (Görres et al. 1997, Brussaard 1999). En Chile, la lombricultura fue introducida en 1983 implementándose el cultivo del lumbricido doméstico *Eisenia andrei* (Bouche, 1972) (Velásquez & Herrera 1985).

Paredes (1987) documenta para Temuco, Chile la existencia de las siguientes especies

y géneros de lumbricidos silvestres: *Aporrectodea caliginosa* forma típica (Savigny 1826), *Aporrectodea caliginosa* forma trapezoide (Duges 1828), *Allolobophora chlorotica* (Savigny 1826), *Yagancia* sp. y *Dendrobaena* sp. De éstas, *Yagancia* sp. es un taxón endémico. Las especies regionales, por estar adaptadas a las condiciones del medio, pueden tener cualidades ventajosas para su reproducción en cautiverio. Cualquier investigación que contribuya al conocimiento ecológico de los lumbricidos silvestres es de importancia (Bouché 1983), más aún al existir diferentes especies dependiendo de las condiciones del medio (Fraile 1986). Se realizan estos estudios en la perspectiva de crianza para el aprovechamiento de su carne, producción de humus y reciclaje de desechos orgánicos. El Centro de Estudios Agrarios y Ambientales ha estado desarrollando un modelo de granja de producción integral, en el cual la lombricultura juega un importante rol tanto para la alimentación animal (e.g., peces y aves) como para la producción de humus. No está documentada la preferencia alimentaria del sustrato en base a material vegetal versus vegetal/animal. El objetivo de esta investigación es conocer la ecología de tres lumbricidos presentes en el sur de Chile y su preferencia por dos sustratos.

MATERIALES Y METODOS

El área de estudio se ubicó en el perímetro urbano de la ciudad de Temuco en la IX Región Administrativa de Chile. El clima es mediterráneo perhúmedo, tipo Csb3, (Köppen 1931), templado de verano seco y corta estación de sequía con posibilidades de precipitación los 12 meses del año, las que superan los 1.000 mm/año. El efecto del mar y los vientos del oeste originan un fuerte aumento de las precipitaciones de norte a sur. Abundan las heladas por la penetración del aire frío polar,

el verano es templado a fresco por efecto de la humedad y del mar. El suelo es caracterizado como «trumao» de origen volcánico, estructura granular y textura franca. Con altos niveles de K, Fe y Al; deficiente en Br, Mg, Zn y Mo. El perfil es relativamente profundo, la fracción de arena raramente sobrepasa el 10% y el contenido de arcilla se eleva sobre el 50%. Estos suelos tienen bajo contenido de materia orgánica (Romero & Demanet 1987), su pH promedio es 5,2 y deriva de rocas volcánicas principalmente andesíticas, de drenaje externo rápido o intermedio (Hauser 1969). El área de recolección de lumbrícos silvestres, se caracterizó por la presencia de abundante residuo orgánico vegetal, con un pH de 7,2 y un 70% de humedad, protegida por una arboleda en que predominan *Sambucus nigra* L. (sauco), *Acer pseudoplatanus* L. (arce), *Cupressus* sp. (ciprés) y *Cryptocarya alba* (Mol.) Looser (peumo). Los lumbrícos (adultos y juveniles) fueron colectados manualmente y llevados a 25 m de distancia, donde se habilitaron lechos de cultivo.

Se construyeron cuatro lechos de madera, de 3 x 1 x 0,3 m, dotados de riego por aspersión en forma permanente en períodos deficitarios de agua. Los lumbrícos fueron depositados sobre una capa de sustrato proveniente del área de recolección. Los lechos se dividieron en dos secciones: una con alimento en base a materia vegetal, compuesta por 60% de *Lolium multiflorum* Lam. (ballica), 30% de *Trifolium dubium* Sibth. (trébol enano), 3% de *Plantago major* L. (llantén), 3% de *Taraxacum officinale* Weber (diente de león), 2% de *Daucus carota* L. (zanahoria silvestre) y 2% de *Geranium corecore* Steud. (core-core) con un pH 7,1; la otra sección con desecho orgánico animal (guano de caballo, *Equus caballus* Linneo, 1758, mezclado con materia vegetal en un 10%), con un pH de 7,2. El alimento vegetal y animal se estabilizó por 30 días, mediante fermentación, con abundante agua y dándolo vuelta cada 15 días. Ambos

lechos fueron replicados y se colonizaron con una densidad de 1.000 individuos por m². La alimentación de los lechos se efectuó el primer día de cada mes. Los lumbrícos se mantuvieron en un período de aclimatación de siete meses (marzo a septiembre de 1987), alimentándolos, controlando pH y humedad del sustrato.

En los lechos (con sustratos de origen vegetal y animal) se registraron: a) parámetros poblacionales como densidad específica, entendida como el número de individuos por m². Para esto se realizaron censos mensuales por conteo manual directo de dos de los tres m² de cada lecho, hasta una profundidad de 18 cm; abundancia relativa, calculada a partir de la frecuencia absoluta de cada especie, expresada como porcentaje del total de animales capturados en el tiempo dado; b) preferencias de sustratos: mediante la prueba de «t» de Student se comparó la densidad promedio de ambos sustratos, según metodología descrita en Sokal & Rohlf (1981).

Por otro lado se registró en forma periódica el pH, empleando un pH metro Coleman 28 B, Perkin-Elmer; humedad del sustrato, calculada según diferencia entre peso húmedo y seco (estufa WT-Binder, de un rango de temperatura de 0-250°C, balanza analítica modelo Sartorius); temperatura, registrada con un termómetro VWR 61010-041 (en grados Celsius); temperatura ambiental y humedad relativa del aire.

RESULTADOS

En el área de estudio se registraron seis especies de lumbrícos silvestres: *Dendrobaena subrubicunda* (Savigny, 1826), *Dendrobaena veneta*, forma típica (Rosa, 1886), *Lumbricus rubellus*, (Hoffmeister, 1845), *Octolacion cyaneum* (Savigny, 1826), *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) y *Eisenia andrei* (Bouché, 1972). La sistemática considera a *Eisenia*

fetida como especie diferente a *Eisenia andrei* (veáse Haimi 1990, Stenersen et al. 1992). En la Fig. 1. se presentan antecedentes morfológicos de tres de estas especies.

Densidad

En general se observó, en ambos sustratos, que la densidad presentó un aumento progresivo en el tiempo, registrándose variaciones para cada especie. En el sustrato vegetal *D. subrubicunda* en enero (verano de 1988) y con una temperatura promedio de 14°C y 75% de humedad en el sustrato, registró una densidad inicial de 945 (± 106) ind./m², la que aumentó paulatinamente hasta finales de otoño,

estabilizándose durante el invierno. Posteriormente la densidad disminuyó en el mes de julio a 1.641 (±12) ind./m² a 7°C y 87% de humedad; luego aumentó en forma constante durante el período de primavera, con una máxima hacia fines de esta estación y comienzos del período estival de 2.481 ±195) ind./m². La media anual fue de 1.763 (± 426) ind./m². En este mismo sustrato, *E. fetida*, en enero, presentó una densidad de 46 (± 6) ind./m². Su densidad aumentó en verano, invierno y primavera, registrando su máxima en diciembre (1.510 ± 14 ind./m²). Se estabilizó en otoño con una disminución en el mes de abril (79 ± 1 ind./m² 10°C y 81% de humedad). La media anual fue de 420 (± 527) ind./m² (Tabla 1). *L. rubellus*, en el primer mes, registró una densidad de 89

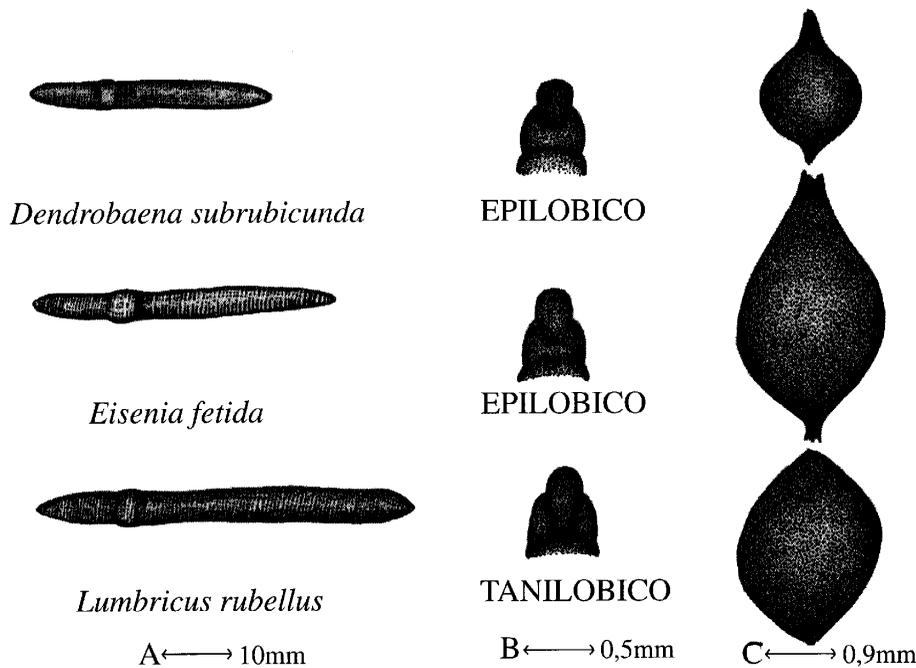


FIGURA. 1: MORFOLOGIA DE TRES LUMBRICIDOS SILVESTRES. TEMUCO, IX REGION DE CHILE. A: cuerpo, B: prostomio, C: ootecas.

Morphology of three wild earthworms. Temuco, IX Región, Chile. A: body, B: prostomium, C: cocoons.

(± 13) ind./m², en el sustrato vegetal, la que tendió a estabilizarse en verano-otoño; incrementándose a mediados de invierno con una máxima densidad promedio en primavera. En diciembre registró una densidad de 760 (± 85) ind./m². La media anual fue de 205 (± 215) ind./m² (Tabla 1).

En el sustrato animal *D. subrubicunda* presentó, en enero, una densidad de 1.175 (± 120) ind./m² a una temperatura de 13°C y 74% de humedad en el sustrato. Su densidad aumentó en verano; se estabilizó en otoño a una temperatura media de 10°C y 82% de humedad. Incrementándose en invierno, y registrando su máxima densidad entre invierno y primavera

2.589 (± 298) ind./m² a 8°C y un 87% de humedad. La media anual fue de 1.947 (± 376) ind./m². *E. fetida* presentó en enero una densidad de 97 (± 11) ind./m². En los meses de verano su densidad aumentó, estabilizándose en otoño e invierno; fluctuó en invierno, para lograr su máxima densidad a finales de esta estación y principios de primavera (484 \pm 132 ind./m² a una temperatura promedio de 8°C y una humedad del 87%). En diciembre la densidad llegó a 399 (± 146) ind./m². La media anual fue de 207 (± 158) ind./m². *L. rubellus*, presentó fluctuaciones marcadas durante las estaciones de otoño e invierno; en enero registró una densidad de 127 (± 11) ind./m² dis-

MES	<i>D. subrubicunda</i>		<i>E. fetida</i>		<i>L. rubellus</i>		<i>D. veneta</i>									
	VEGETAL	ANIMAL	VEGETAL	ANIMAL	VEGETAL	ANIMAL	VEGETAL	ANIMAL								
	\bar{x}	DE \pm	\bar{x}	DE \pm	\bar{x}	DE \pm	\bar{x}	DE \pm								
Enero	945	106	1175	120	46	6	97	11	89	13	127	11	0	0	0	0
Febrero	1180	127	1548	158	56	0	130	18	74	0	112	53	0	0	0	0
Marzo	1709	115	1552	184	115	6	86	11	90	1	86	10	0	0	0	0
Abril	1756	62	2112	124	79	1	72	8	115	7	101	19	0	0	0	0
Mayo	1864	139	1876	105	92	5	80	23	92	5	244	22	0	0	0	0
Junop	1700	3	2086	189	125	37	73	12	129	70	140	11	0	0	0	0
Julio	1641	12	1862	159	120	98	211	59	128	1	76	6	0	0	0	0
Agosto	1707	152	2140	198	377	37	86	66	81	8	149	15	579	64	562	47
Septiembre	1800	34	2589	298	509	9	484	132	151	5	362	51	539	8	184	28
Octubre	1987	11	2199	382	550	2	414	159	214	0	278	37	308	7	518	73
Noviembre	2381	291	2007	746	1458	178	349	112	534	65	562	197	48	60	367	180
Diciembre	2481	196	2214	586	1510	14	399	146	760	85	696	76	505	78	195	60
	$\bar{x} = 1763$		$\bar{x} = 1947$		$\bar{x} = 420$		$\bar{x} = 207$		$\bar{x} = 205$		$\bar{x} = 244$		$\bar{x} = 205$		$\bar{x} = 244$	
	DE $\pm=426$		DE $\pm=376$		DE $\pm=527$		DE $\pm=158$		DE $\pm=216$		DE $\pm=201$		DE $\pm=216$		DE $\pm=201$	

TABLA 1. DENSIDAD DE CUATRO ESPECIES DE LUMBRICIDOS SILVESTRES EN DOS TIPOS DE SUSTRATOS EN TEMUCO, SUR DE CHILE (1988). \bar{x} = promedio, DE = desviación estándar.

Density of four species of earthworms in two types of substratum in Temuco, southern Chile (1988). \bar{x} = average, DE = standar deviation.

minuyendo en verano e incrementándose considerablemente en primavera. La densidad media anual fue de 244 (± 201) ind./m² (Tabla 1).

Considerando la densidad en forma conjunta en ambos lechos, ésta se duplica cada seis meses. Se obtiene un aumento considerable de la densidad durante el período prima-

veral en ambos sustratos, registrándose al término de dicha estación, la densidad máxima de 5.256 (\pm 344) ind./m² en el sustrato vegetal y 3.505 (\pm 866) ind./m² en el sustrato animal. Al comparar la densidad mensual de cada especie entre los dos sustratos se obtienen diferencias significativas entre las medias (gl.=22, $p > 0.001$). *D. subrubicunda* y *L. rubellus* presentan una mayor densidad en el sustrato animal, mientras que en *E. fetida* es más abundante en el sustrato vegetal. *D. veneta* forma típica, colonizó los lechos de cultivo hacia el final del estudio, su densidad mensual se muestra en la Tabla 1.

Abundancia

En el sustrato vegetal *D. subrubicunda* se presentó como la más abundante con una máxima en verano y otoño mientras que *E. fetida* y *L. rubellus* aumentaron su densidad desde fines de invierno y durante la primavera. En el sustrato animal, al igual que en el sustrato vegetal, *D. subrubicunda* en todo el período de estudio se presentó como la más abundante, especialmente en verano y otoño, descendiendo en invierno y primavera en menor grado que en el sustrato vegetal. *E. fetida* registró un aumento en julio y otro en septiembre y manteniéndose durante los meses de primavera para quedar en último lugar de abundancia; mientras que *L. rubellus* presentó una tendencia similar a la del sustrato vegetal (Fig. 2). No se obtuvo información de *E. andrei* y *O. cyaneum* ya que estas especies abandonaron tempranamente los lechos.

DISCUSION

Desde el punto de vista ecológico, las lombrices de tierra manifiestan adaptaciones según las necesidades vitales y limitaciones impuestas por el ambiente; esta es una de las causas

que explican la permanencia de sólo algunas especies en los lechos de cultivo y el abandono de otras especies. *Octolasion cyaneum*, de acuerdo a sus características morfológicas, como carencia de pigmentación cutánea y talla mediana a grande, es una especie endógea (Bouché 1972) y habría abandonado los lechos de cultivo para volver al interior del suelo. Rozen (1988), documenta que los lumbricidos endógeos, por ella estudiados en Europa, (*Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea* y *Octolasion lacteum*) muestran patrones similares en su dinámica poblacional anual, con un máximo de abundancia durante el verano y una fuerte declinación en invierno.

En este estudio se registraron dos especie epígeas (sensu Phillipson et al. 1976) como *E. fetida* y *D. subrubicunda*. Estas especies viven sobre la superficie del suelo en medios cambiantes de materia orgánica que constituye su alimento. Esta vida sobre el suelo exige adaptaciones para su supervivencia como la coloración, alta movilidad, talla pequeña, alta fertilidad (Bouché 1983). Rozen (1988) estudió la dinámica poblacional de *Dendrobaena octaedra*, para la cual no estableció patrones claros de fluctuación en los números, observando incrementos en los meses de primavera y verano, sin declinaciones fuertes en invierno. Coincidentemente, no se encontraron en el área de estudio grandes fluctuaciones en los números de *D. subrubicunda* (véase Fig. 2).

Finalmente, se registró sólo una especie «intermedia» como *L. rubellus*. Rozen (1988) estudió esta misma especie en Europa y documenta una declinación en sus números en los meses de invierno, seguido de un sustancial incremento primaveral. En el área de estudio se presenta una situación muy similar (véase Fig. 2).

La fuga de *E. andrei* de los lechos de cultivo podría deberse a causas etológicas, ya que esta especie se caracteriza como «doméstica» (Silva 1985) y quizá es intolerante la coexistencia con otras especies de lumbricidos.

La densidad general de lumbrícidos en ambos lechos se duplica cada seis meses, fluctuando de mes a mes y reflejando cambios en la actividad, reproducción o mortalidad. La mayor densidad y abundancia relativa la pre-

sentó *D. subrubicunda*. En Temuco, la especie más prolífica fue *E. fetida*, ya que en cada uno de sus dos períodos reproductivos anuales produce 215 crías (2,5 individuos en cada una de las 86 ootecas generadas por período

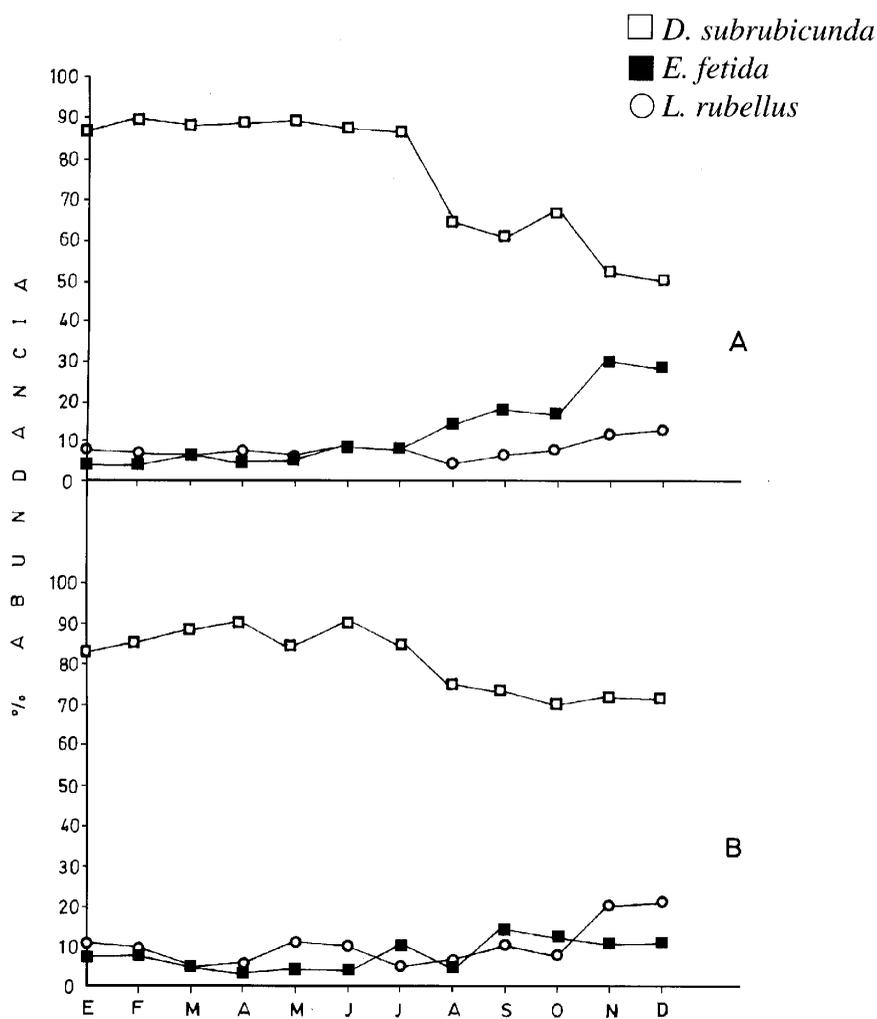


FIGURA 2. ABUNDANCIA DE TRES LUMBRICIDOS SILVESTRES EN SUSTRATO VEGETAL (A) Y SUSTRATO ANIMAL/VEGETAL (B). TEMUCO (SUR DE CHILE).

Abundance of three earthworm species in vegetable substratum (A) and animal/vegetable substratum (B) in Temuco (Southern Chile).

reproductivo). También posee un potencial reproductivo interesante *D. subrubicunda* quien produce 156 crías en cada uno de sus dos períodos reproductivos (1,25 individuos por cada una de las 125 ootecas por período). Finalmente, *L. rubellus* produce 119 crías por período reproductivo (con 1 individuo por cada una de sus 119 ootecas anuales). Para mayores antecedentes reproductivos y ciclos de vida anual véase Muñoz-Pedrerros et al. (1997) y para *E. fetida* a Hernández et al. (1997, 1999). En este sentido se esperaba que la especie más abundante fuera *E. fetida*, lo que podría suponer competencia interespecífica con *D. subrubicunda* que parece tener gran efectividad territorial. Según Edwards & Lofty (1972), en hábitats menos rigurosos la competencia por alimento entre las especies de lumbricidos parece ser normal y su mecanismo homeostático regula la abundancia de las poblaciones que compiten.

En la ex Checoeslovaquia, Zajonic (1971) documenta una densidad media total de 105 ind./m² de lumbricidos en estado silvestre; en bosques ingleses, Phillipson (1978) documenta una densidad media total de 138,2 ind./m² y en bosques de Suecia, Nordstrom & Rundgren (1973) documentan una densidad anual de 67-90 ind./m². En Temuco se obtuvo una densidad media total de 2.587,3 ind./m² en lechos de cultivo con sustrato vegetal. Pese a su estado silvestre, las tres especies estudiadas soportan altas densidades, por lo que pareciera ser el recurso alimento uno de los reguladores poblacionales importantes. Este resultado es coincidente con García et al. (1999) quienes señalan la importancia de la dieta en el crecimiento y en algunos índices reproductivos en individuos de *E. andrei* criados en aislamiento en distintos regímenes dietarios.

En cuanto a la preferencia alimentaria, *E. fetida* prefirió el sustrato vegetal, mientras que las otras dos especies prefirieron el sustrato animal. El sustrato vegetal estuvo compuesto por gramíneas y un porcentaje importante de

Trifolium dubium (trébol enano), mientras que el alimento animal estuvo compuesto de guano de caballo y desechos de gramíneas, por lo tanto, el primero tendría mayor porcentaje proteico por lo que *E. fetida* se inclinaría por un sustrato rico en proteínas al ser una especie eurífera con un amplio rango alimentario (Silva 1985).

Con estos antecedentes proponemos que las especies silvestres estudiadas, al poseer un potencial reproductivo adecuado y soportar densidades altas, constituyen un recurso susceptible de ser cultivado con fines comerciales y/o conservacionistas, incorporadas a un ciclo productivo integral.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al proyecto TSP Granja Demostrativa para Isla del Rey del Centro de Estudios Agrarios y Ambientales y financiado por el Verein für Entwicklung und tourismus P., Zurich, Suiza. También a varios revisores anónimos por sus sugerencias y comentarios.

LITERATURA CITADA

- ATIYEH R M, S SUBLER, C A EDWARDS & J METZGER (1999) Growth of tomato plants in horticultural potting media amended with vermicompost. *Pedobiologia* 43: 1-5.
- ATIYEH R M, J DOMINGUEZ, S SUBLER & C EDWARDS (2000 a) Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia* 44: 709-724.
- ATIYEH R M, S SUBLER, C EDWARDS, G BACHMAN, J METZGER & W SHUSTER (2000 b) Effects of vermicompost and compost on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia* 44: 579-590.
- BOUCHE M (1972) *Lombriciens de France: Ecologie et Sistemátique*. Intitut National de la

- Recherche Agronomique. An. Zool.-Ecol. Anim. 668 pp.
- BOUCHE M (1983) Los gusanos de tierra. Mundo Científico 4: 956-963.
- BRUNA G (1985) Aspectos económicos y comercialización de la lombricultura. Actas Primera Jornada Nacional de Lombricultura (Santiago de Chile) 1: 51-54.
- BRUSSAARD L (1999) On the mechanisms of interaction between earthworms and plants. Pedobiologia 43: 880-885.
- BUCKERFIELD J & K WEBSTER (1998) Worm-worked waste boosts grape yields: prospects for vermicompost use in vineyards. Australian and New Zealand Wine Industry Journal 13: 73-76.
- EDWARDS C A & J R LOFTY (1972) Biology of earthworms. Chapman & Hall, London. 283 pp.
- EDWARDS C A (1998) The use of earthworms in the breakdown and management of organic wastes. En: Edwards C A (ed) Earthworm Ecology. CRC Press. Boca Ratón, Fl. 327-354.
- FRAILE J (1986) Las lombrices de tierra contribuyen al aprovechamiento de los recursos naturales. Biocenosis 2: 46-50.
- GARCIA M, F MARIÑO & S MATO (1999) Effect of the diet on growth and reproduction of *Eisenia andrei* (Oligochaeta, Lumbricidae) reared in individual cultures. Pedobiologia 43: 267-275.
- GÖRRES J, M SAVIN & J AMADOR (1997) Dynamic of carbon and nitrogen mineralization, microbial mass, and nematode abundance within and outside the burrow walls of anecic earthworms (*Lumbricus terrestris*). Soil Science 162: 666-671.
- HAIMI J (1990) Growth and reproduction of the compost-living earthworms *Eisenia andrei* and *Eisenia fetida*. Rev. Ecol. Biol. Sol. 27(4): 415-421.
- HAUSER A (1969) Carta geológica de las hoyas hidrográficas de los ríos Imperial y Toltén. Instituto de investigaciones de recursos naturales. CORFO (Santiago de Chile). 36 pp.
- HERNANDEZ J, M RINCON & R JIMENEZ (1997) Comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia fetida*) bajo condiciones de clima cálido. Revista Facultad de Agronomía (LUZ) 14: 387-392.
- HERNANDEZ J, N RAMIREZ, B BRACHO & A FARIA (1999) Caracterización del crecimiento de la lombriz roja (*Eisenia* spp.), bajo condiciones de clima cálido. Revista de la Facultad de Agronomía (Maracay) 25: 139-147.
- KÖEPPEN W (1931) Die Klimate der Erde. Grundriss der Klimakunde. Berlin 182 pp.
- LAVELLE P (2000) Ecological challenges for soil science. Soil Science 165: 73-86.
- MUÑOZ -PEDRERROS A, E RUIZ, C POBLETE & M SANTELICES (1997) Aspectos de la biología reproductiva de lumbrícidos silvestres (Oligochaeta: Lumbricidae) en el sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 70: 101-108.
- NEWMAN E I (1997) Phosphorus balance of contrasting farming systems, past and present. Can food production be sustainable?. Journal of Applied Ecology 34: 1334-1347.
- NORDSTROM M S & S RUNDGREN (1973) Associations of lumbricids in southern Sweden. Pedobiologia 13: 301-326.
- OSTERMANN O (1998) The need for management of nature conservation sites designated under Natura 2000. Journal of Applied Ecology 35: 968-973.
- OVENDEN G, A SWASH & D SMALLSHIRE (1998) Agri-environmental schemes and their contribution to the conservation of biodiversity in England. Journal of Applied Ecology 35: 955-960.
- PAREDES D (1987) Identificación de lombrices de tierra en Temuco. Seminario de Título. Facultad de Educación, Universidad de la Frontera, Temuco. 55 pp.
- PHILLIPSON J (1978) Earthworm number, biomass and respiratory metabolism in a beech woodland, Wytham Woods, Oxford. Oecolog. (Berlin) 33: 291-309.
- PHILLIPSON J, R ABEL, J STEEL S & J WOODSELL (1976) Earthworm and the factors governing distribution in an English beechwood. Pedobiologia 16: 258-285.
- ROMERO A & R DEMANET (1987) El secano de los suelos rojo arcilloso. Revista Carillanca 4: 2-5.
- ROZEN A (1988) The annual cycle in population of earthworm (Lumbricidae Oligochaeta) in three types of oak-hornbeam of the Niepolomicka Forest. II Dynamics of population numbers, biomass and age structure. Pedobiologia 31: 169-178.

- SHI-WEI Z & H FU-ZHEN (1991) The nitrogen uptake efficiency from ^{15}N labeled chemical fertilizer in the presence of earthworm manure (cast). En: Veeresh G K, D Rajagopal & CA Viraktamah (eds). *Advances in Management and Conservation of Soil Fauna*. Oxford and IBH Publishing Co. New Delhi, Bombay, 539-542.
- SILVA F (1985) Etología de la lombriz. *Actas Primera Jornada Nacional de Lombricultura (Santiago de Chile) 1*: 11-13.
- SOKAL R & F ROHLF (1981) *Biometry*. Segunda edición, Freeman & Company, San Francisco, California. 859 pp.
- STENERSEN J, E BREKKE & F ENGELSTAD (1992) Earthworms for toxicity testing: species differences in response towards cholinesterase inhibiting insecticides. *Soil Biol. Biochem.* 24(12): 1295-1307.
- VELASQUEZ L & C HERRERA (1985) Producción de proteínas, humus y otros productos a partir del anélido *Eisenia foetida*. *Revista Alimentos (Santiago de Chile) 10*: 40-41.
- ZAJONIC I (1971) La distribution quantitative des lombrices (Lumbricidae, Oligochaeta) dans les grands types mondiaux d'écosystem forestries. En: Duvigneaud P (ed). *Productivity of forest ecosystems*. UNESCO, Paris. 453-462.