

# Impacto de dos productos botánicos bioinsecticidas (azadiractina y rotenona) sobre la artropofauna capturada con trampas de suelo en el tomate en Ica, Perú

Impact of two bioinsecticide botanical products (azadirachtin and rotenone) on the arthropofauna captured by pitfall traps on tomatoes in Ica, Peru

JOSÉ ALBERTO IANNAcone OLIVER<sup>1</sup>, IMELDA MONTORO ZAMORA<sup>2</sup>

Revista Colombiana de Entomología 28 (2): 191-198 (2002)

**Resumen.** Se evaluó el impacto de dos bioinsecticidas botánicos: azadiractina (*Azadirachta indica* "Árbol del Nim") y rotenona (*Lonchocarpus utilis* "Barbasco") sobre la macrofauna y mesofauna de suelo, incluyendo a los enemigos naturales de plagas en el cultivo de tomate en el valle de Ica, en comparación con plaguicidas convencionales utilizados alternadamente por el agricultor, durante las diferentes etapas fenológicas del cultivo de tomate. El período de estudio fue de junio a septiembre de 1997. Se empleó un área experimental de 1.200 m<sup>2</sup>. El diseño experimental utilizado fue un DBCR, con tres repeticiones. Los cinco tratamientos fueron: azadiractina (dos dosis), rotenona (dos dosis) y plaguicidas químicos convencionales (testigo). Se colocaron seis trampas de suelo "pit fall traps" por cada dosis, las que se recogieron en promedio cada quince días. Se capturaron durante todas las fases fenológicas del cultivo de tomate 3742 individuos, correspondientes a 10 taxa, 9 pertenecientes a la clase Insecta y una a la clase Arácnida. Se identificaron 29 familias. Coleoptera presentó el mayor número de familias, con ocho, luego Hemiptera, Hymenoptera y Lepidoptera con cuatro y Collembola, Dermaptera y Thysanoptera con una familia cada uno. El 71% fue de vida aérea y el 29% de suelo, existiendo una proporción mayor de predadores (45%), luego fitófagos (29%), detritívoros (16%) y finalmente parasitoides (10%). Las dosis con azadiractina presentaron los índices mayores de diversidad de Shannon total y de controladores biológicos a nivel de familia en comparación con el manejo químico del agricultor. No se observaron diferencias entre la azadiractina, rotenona y el testigo, al analizar la abundancia de la artropofauna a nivel de todas las familias de los órdenes de artrópodos, de gremios alimentarios, hábitat y tamaño medio. Se observaron diferencias entre la azadiractina y el testigo al analizar la abundancia de todas las familias en conjunto, excluyendo a tres de ellas, Tenebrionidae, Cixiidae y Gelechiidae, y entre las abundancias evaluadas a nivel de orden, excluyendo a Coleoptera. El número de riegos y el tiempo de exposición de la trampa de suelo no fueron factores que influyeron significativamente en la diversidad de la artropofauna encontrada en los tratamientos con azadiractina, rotenona y el testigo convencional. El índice de diversidad de Shannon fue el parámetro que permitió detectar diferencias significativas entre los tratamientos.

**Palabras clave:** Nim. *Azadirachta*. *Lonchocarpus*. *Lycopersicum*. Mesofauna.

**Summary.** The impact of two botanical bioinsecticides (azadirachtin [*Azadirachta indica* "Neem tree"] and rotenone [*Lonchocarpus utilis* "Barbasco"]) was evaluated on the soil macrofauna and mesofauna. The study involved natural enemies on tomato crop in Ica valley, against conventional chemical pesticides used alternatively by the farmer, during the different phenological phases of tomato culture. The present work was carried out between June and September 1997. The experimental area was 1.200 m<sup>2</sup>. The experimental design used was a CRDB, with three replicates. The five treatments were: azadirachtin (two doses), rotenone (two doses) and chemical pesticides, used in rotation by the farmer. Six pitfall traps were evaluated by each dose and recollected every 15 days on average. We caught 3742 specimens during all the phenological phases of tomato crop, belonging to 10 taxa, 9 were from class Insecta and only one was for Arachnida. Twenty nine families were identified among them. Coleoptera showed the highest number of families with eight, then Hemiptera, Hymenoptera and Lepidoptera with four families. The lowest number was shown by Collembola, Dermaptera and Thysanoptera with one family each. Seventy one percent were areal and 29% terrestrial. The highest ratio were predators (45%), phytophagous (29%), decomposers (16%) and finally parasitoids (10%). The doses of azadirachtin showed the highest index of diversity of Shannon and of biological control at family level in comparison with the farmer chemical management. We did not observe differences between azadirachtin and rotenone when the abundance of the arthropofauna at family and order level, trophic guild and average length were analyzed. We found differences between azadirachtin and chemical pesticides when all families were analyzed in total, excluding three of them (Tenebrionidae, Cixiidae and Gelechiidae), and among the abundance evaluated at order level, excluding Coleoptera. The number of watering and the time of exposure of the soil traps did not significantly influence the diversity of the arthropofauna found on azadirachtin, rotenone and conventional chemical. The index of biodiversity of Shannon was the parameter that permitted detection of significantly differences among treatments.

**Key words:** Neem. *Azadirachta*. *Lonchocarpus*. *Lycopersicum*. Mesofauna.

<sup>1</sup> Autor para correspondencia: Biólogo. Magister en Entomología. Investigador del Laboratorio de Ecofisiología. Área de Biodiversidad Animal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Universidad Nacional Federico Villarreal, Calle San Marcos 383, Pueblo Libre, Lima, Perú. E-mail: joselorena@terra.com.pe

<sup>2</sup> Bióloga. Asistente de Investigación. Investigadora del Laboratorio de Ecofisiología. Área de Biodiversidad Animal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Universidad Nacional Federico Villarreal.

## Introducción

El tomate *Lycopersicon esculentum* Mill es uno de los cultivos más importantes en el Perú y también es uno de los que presenta mayores problemas fitosanitarios en la costa (Vergara 1998). Este problema es generado por el excesivo uso de agroquímicos, produciéndose un incremento de nuevas plagas que años atrás no eran de importancia económica y por la eliminación de gran parte del control natural que se ejerce en todo campo agrícola (Reyes 1998). El cultivo del tomate es afectado por diversos problemas de sanidad vegetal, entre los cuales los causados por insectos constituyen factores seriamente limitantes en la producción de esta solanácea. Las plagas entomológicas más importantes en el Perú son: *Tuta absoluta* Meyrick, *Prodiplosis longifila* Gagné, *Spodoptera eridania* Cram; y en menor medida *Liriomyza huidobrensis* Blanchard, *Poliphagotarsonemus latus* Banks, *Heliothis virescens* Fabricius, *Myzus persicae* Sulker y *Bemisia tabaci* Geen (Delgado 1995; CATIE 1990).

Los productos naturales nim y rotenona son insecticidas botánicos, que no son persistentes en el ambiente ni presentan una toxicidad aguda para animales y el hombre en comparación con los plaguicidas químicos convencionales (Sabillón y Bustamante 1996; Iannacone y Murrugarra 2000).

El nim, cuyo principal ingrediente es la azadiractina es extraído del árbol de nim (*Azadirachta indica* A Juss), que pertenece a la familia Meliaceae. No produce mortalidad rápida en la plaga, sino tiene un efecto inhibitorio de la alimentación y del desarrollo de muchas larvas. Además reduce la fecundidad y la fertilidad del adulto. La azadiractina tiene una estructura parecida a la hormona de los insectos que controla el proceso de la muda y actúa como bloqueador de la verdadera hormona. La rotenona es un insecticida orgánico, natural y biodegradable, extraída de plantas leguminosas tropicales, de los géneros *Lonchocarpus* y *Derris*. Actúa por contacto e ingestión sobre el sistema nervioso de los insectos, impidiendo el desarrollo e inhibiendo la respiración celular y causa finalmente, parálisis y muerte (por inhibición de la acetilcolinesterasa) (Reyes 1998).

Hendrix *et al.* (1990) sostienen que la fauna del suelo está compuesta por un gran número de organismos que permanecen parte o la totalidad de su ciclo de vida en el mismo. La mayoría de estos organismos participan directamente o indirectamente en la descomposición y mineralización de los restos vegetales. Las clasificaciones de la fauna de suelo se realizan de manera arbitraria. Según Porta *et al.* (1994), los organismos del suelo suelen agruparse atendiendo a unos límites un tanto arbitrarios en: macrofauna (>6000µ), mayormente vertebrados, que viven total o parcialmente en el suelo; mesofauna (200 a 6000µ), principalmente pequeños invertebrados, tales como artrópodos, anélidos, nemátodos y moluscos; los microorganismos (<200µ) formado por la microfauna: protozoos y algunos nemátodos, y la microflora: actinomicetes,

algunos hongos y algas. Sin embargo, según la clasificación de Hendrix *et al.* (1990) la fauna del suelo se divide en: macroartrópodos que son mayores a las 2000µ y microartrópodos, cuyos tamaños están comprendidos entre las 100µ y 2000µ. Por otro lado, Aguilar (1992) cita la división de la fauna de suelo en función al tamaño como sigue a continuación: macrofauna >10 4300µ, mesofauna 1600µ a 10 4300µ y microfauna 20µ a 1600µ.

En México, Rincón (1995) evaluó la diversidad, abundancia y fluctuación poblacional de artrópodos edáficos asociados al maíz, bajo tres intensidades de labranza, donde esbozó en una primera aproximación que la estructura de la comunidad edáfica está compuesta en un 65% por estados inmaduros de coleópteros. En este estudio se reflejó la pobreza de especies características en la estructura de la comunidad de un agroecosistema.

En el Perú, en el Valle de Cañete-Lima, Rondón (1996) realizó un estudio de artrópodos de suelo en cuatro variedades de camote, siendo el carábido *Pterostichus* sp. y una especie de Dermáptera no determinada, los predadores más abundantes. Del mismo modo, Velapatiño (1997) evaluó en los campos agrícolas de La Molina, Lima, Perú, los artrópodos presentes en el suelo, donde registró escarabajos de la familia Carabidae como *Pterostichus* sp., *Notiobia* sp., *Calleida* sp. y Staphylinidae; así como adultos y ninfas de dermáptera y arañas de diversas familias.

Sin embargo, Velapatiño (1996) sostiene que la fauna benéfica existente en los suelos agrícolas en el Perú no es bien conocida en la gran mayoría de cultivos. Diversas prácticas culturales o la aplicación de insecticidas afectan la incidencia de estos insectos en el suelo, especialmente sobre los predadores (Braman *et al.* 2000). Además existen numerosos autores que han observado el efecto de diversos grupos de insecticidas sobre la fauna predatora del suelo, y entre ellos, los carábidos han recibido primordial atención (Gray y Coats 1983; Vans *et al.* 1984).

Las trampas de caída son métodos de censo indirectos y baratos que se emplean principalmente para especies que caminan sobre la superficie del suelo. Son consideradas de muestreo "automático", también son llamadas "pit fall traps" o trampas Barber. Estas trampas emplean un recipiente ubicado en el suelo, donde muchos artrópodos asociados a la superficie del suelo caen dentro de la trampa y están incapacitados de escapar (Medri y Lopes 2001). Wang *et al.* (2001) muestran que las trampas tipo pitfall son buenos estimadores de la riqueza de especies en diferentes ambiente ecológicos, permitiendo determinar la artropofauna asociada al suelo en un cultivo agrícola o en un ambiente natural (Iannacone *et al.* 2000).

En este contexto, se llevó a cabo esta investigación en el valle de Ica, Perú, donde se determinó la composición faunística a nivel de orden y familia de los artrópodos capturados con trampas de suelo, en especial de los controladores biológicos bajo el

efecto del impacto de la azadiractina, de la rotenona y del tratamiento alternado con plaguicidas químicos convencionales durante todas las etapas fenológicas del cultivo de tomate, mediante la determinación de la abundancia y diversidad de los diferentes taxa presentes.

## Materiales y Métodos

**Campo experimental.** Se localizó una altitud de 375 msnm en el Fundo Tajahuana, valle de Ica, Distrito de Santiago (35° 39' LS; 22° 42' LW). El fundo estuvo bajo el asesoramiento de ICATOM, empresa dedicada a la exportación industrial de pasta de tomate. Desde hace 20 años en el fundo se ha cultivado principalmente algodón y en los últimos años los cultivos principales han sido papa y tomate.

Las características físico químicas del suelo han sido señaladas por Iannacone y Montoro (1999). La temperatura y la humedad relativa media mensual se obtuvieron de la Estación de Ocucaje (14° 21' LS, 75° 40' LW) que se encuentra a una altitud de 300 msnm, en el departamento de Ica, Provincia de Ica, Distrito de Ocucaje del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Los datos presentados son del mes de mayo a octubre de 1997:

Mes	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sept.	Oct.
Temperatura (°C)	20,6	19,0	19,2	19,4	20,7	20,8
Humedad (%)	73	74	76	75	75	71

**Área experimental.** El área experimental constó de 1.200 m<sup>2</sup>, dividida en tres parcelas. Cada parcela presentó las dimensiones siguientes: Largo: 25 m. Ancho: 16 m. Área: 400 m<sup>2</sup>. Cada parcela se subdividió en seis subparcelas, las cuales tuvieron las dimensiones siguientes: Largo: 8 m. Ancho: 8 m. Área: 64 m<sup>2</sup>. Con 7 surcos. Los surcos se encontraron distanciados por 1 m. La siembra se realizó por el método mecánico y la semilla sembrada fue el híbrido Heinz 3302, con un tratamiento fungicida preventivo (Metribuzin). Se utilizaron 360g de semilla ha<sup>-1</sup>, con un distanciamiento promedio planta por planta de 12-15 cm.

**Trampeo de campo.** Los muestreos de campo se llevaron a cabo durante los meses de julio a septiembre de 1997. Se colocaron 36 trampas "pit fall" o caída a ras de suelo, ubicándose dos trampas en el surco medio de cada subparcela. Cada tratamiento estuvo conformado por tres subparcelas. Se utilizaron recipientes plásticos de alrededor de 7 cm de diámetro x 10 cm de alto, conteniendo 150 ml de solución de formol al 10% (90 partes de agua y 10 de formol), más unos pocos gramos de detergente (Iannacone y Murrugarra 2000). El recogimiento de los individuos se efectuó tamizando el contenido de cada trampa con cedazo fino de 500 µ de diámetro de abertura y luego se depositó en frascos conteniendo alcohol al 70% etiquetados con los datos de campo necesarios para su posterior conteo.

**Muestreos realizados.** Se realizaron seis evaluaciones con las características siguientes:

Número de evaluación	Estado fenológico	Tiempo de días del cultivo	Tiempo de exposición de la trampa	Número de riegos
1	Plántula	16	11	2
2	Plántula	21	5	0
3	Desarrollo vegetativo	35	14	1
4	Floración	65	14	3
5	Floración	86	21	2
6	Fructificación	98	12	2

**Análisis de laboratorio.** El análisis en el laboratorio se llevó a cabo por frasco colectado; los individuos se separaron e identificaron con ayuda del microscopio binocular de 25 X, según el tamaño de los individuos. Los datos obtenidos se anotaron en una hoja de evaluación en la cual se registraba el número de individuos por orden y familia. Para la identificación de los taxa se recurrió a las claves taxonómicas de Borror *et al.* (1981). Además se recurrió para muchos de los grupos a taxónomos especialistas. Para el montaje de microartrópodos se utilizó la técnica de Stroyan (1961) extraído de Valencia y Cárdenas (1973). Para Colémbola se realizó el montaje en el líquido de Hoyer. Para la clasificación de la fauna de suelo se usó a Porta *et al.* (1994). Las especies se catalogaron a nivel de familia por gremios alimentarios en fitófagas, detritívoras, predadoras y parasitoides, según el comportamiento mayoritario del taxón. Además se les dividió por su preferencia en hábitat en aéreo y de suelo, así como por su tamaño promedio (mm), mesofauna (< 6 mm) y macrofauna (> 6 mm) (Iannacone *et al.* 2001).

**Diseño experimental.** Se trabajó con un Diseño de Bloques Completamente Randomizado (DBCR), con tres repeticiones. Los tratamientos aplicados fueron cinco: (1) rotenona 640 mg IA L<sup>-1</sup>, (2) rotenona 960 mg IA L<sup>-1</sup>, (3) azadiractina 16 mg IA L<sup>-1</sup> (4) azadiractina 28 mg IA L<sup>-1</sup> y (5) testigo con aplicación alternada de siete plaguicidas químicos convencionales: cimoxanil - propineb 5600 mg IA L<sup>-1</sup> (fungicida), clorfuazuron 625 mg IA L<sup>-1</sup> (insecticida), clorpirifos 80 mg IA L<sup>-1</sup> (insecticida), cartap 1000 mg IA L<sup>-1</sup> (insecticida), lufenuron 750 mg IA L<sup>-1</sup> (insecticida), metribuzin 700 mg IA L<sup>-1</sup> (herbicida) y profenofos 1500 mg IA L<sup>-1</sup> (insecticida).

Se aplicó el producto BB<sub>3</sub>® (SERFI S.A. Perú), que permitió una mayor adherencia del producto aplicado a la planta y el ajustamiento del pH de la solución cercano a 5,0. Se realizaron cinco aplicaciones para los tratamientos botánicos y siete para los químicos convencionales. Se regularon los tiempos de aplicación según las infestaciones o primeros estadios de la plaga. Se presentaron ataques fuertes de *T. absoluta*, del gusano defoliador de hojas y perforador de frutos *S. eridania*, de *B. tabaci* y

de la mosca minadora *L. huidobrensis*. El calendario de las actividades agrícolas realizadas en el cultivo de tomate del 29 de mayo al 30 de octubre de 1997, en el fundo Tajahuana, Ica, ha sido señalado por Iannacone y Montoro (1999). La figura 1 indica un diagrama esquemático de las aplicaciones de los bioinsecticidas y de los químicos convencionales en el cultivo de tomate.

**Diseño estadístico.** La unidad experimental fue de seis trampas para cada uno de los cinco tratamientos. Mediante la prueba no paramétrica de diseño en bloques completamente aleatorizado de Friedman y el coeficiente de concordancia de Kendall, se analizaron los datos por tratamiento. Se analizó la abundancia (%), el Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') de artrópodos usando los taxa a nivel de orden y de familia, a nivel de gremios alimentarios,

hábitat preferido y tamaño promedio de los individuos (Iannacone *et al.* 2000). Para la abundancia (%) por taxa (orden y familia) por muestreo y tratamiento, se empleó la siguiente fórmula:

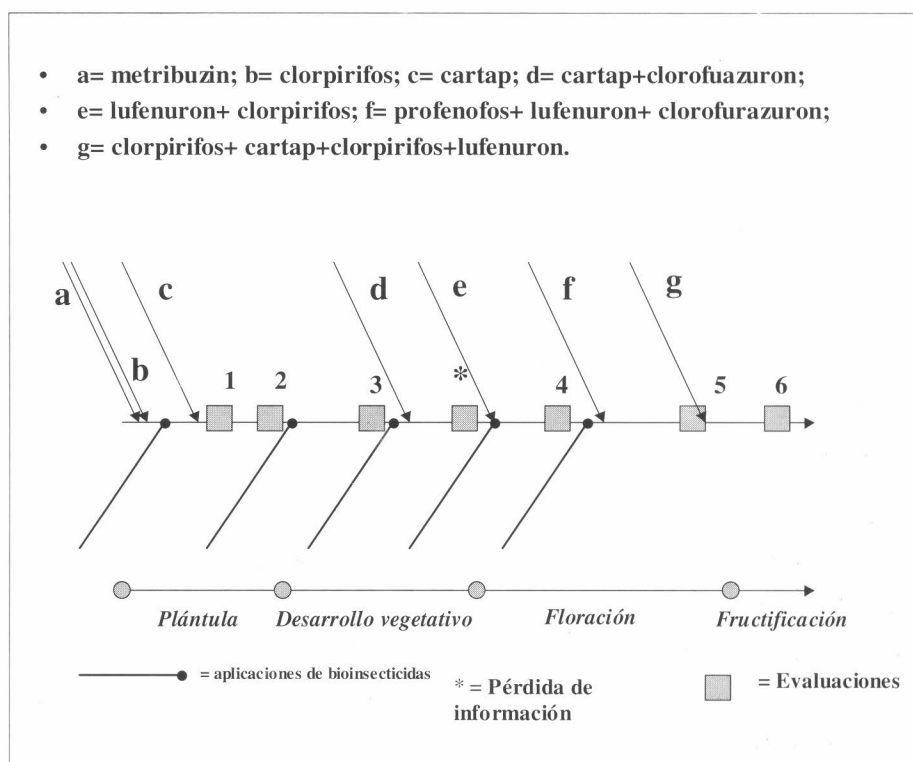
$$\% \text{ Abundancia} = n N^{-1} 100$$

n = Número de individuos de cada morfotaxa.  
N = Número total de individuos de todos los taxa.

Para la abundancia total se consideró la suma de los especímenes colectados por órdenes y familias en los seis muestreos. De los resultados significativos de la prueba de Friedman se empleó la prueba a posteriori de Tukey. Se usó el coeficiente de correlación de Pearson para determinar la relación lineal entre el número de familias y las abundancias a nivel de orden de la estructura comunitaria encontrada. Además, se empleó este mismo coeficiente para determinar si existía relación lineal entre los índices de diversidad de cada tratamiento, número de riegos y tiempo de exposición de la trampa de suelo (Zar 1996). El nivel de significancia utilizado fue de α=0,05. Se usó el paquete estadístico SPSS versión 7,5 en español, para el cálculo de los estadísticos descriptivos e inferenciales.

### Resultados y Discusión

**Composición faunística de la artropofauna capturada en trampas de suelo en el cultivo de tomate, Ica, Perú.** En los seis muestreos realizados, se capturaron 3742 individuos, correspondientes a 10 taxa, de las cuales 9 pertenecieron a la Cla-



**Figura 1.** Diagrama de aplicaciones de los bioinsecticidas (inferior a la flecha horizontal) y del testigo (superior a la flecha horizontal) en el cultivo de tomate, Ica, Perú.

**Tabla 1.** Artropofauna capturada en trampas de suelo en el cultivo de tomate, Ica, Perú.

TAXA	FAMILIAS	Gremio Alimentario	Hábitat predominante	Tamaño promedio	azadiractina	azadiractina	rotenona	rotenona	Testigo	Total
					16 mg IA L-1	28 mg IA L-1	640 mg IA L-1	960 mg IA L-1		
ARANEAE	Anyphaenidae	Predador	Suelo	macrofauna	105**	80	46	92	46	369
	Theridiidae	Predador	Aéreo	macrofauna	2	3	7	5	0	17
COLEOPTERA	Carabidae	Predador	Suelo	macrofauna	164	146	318	187	319	1134
	Coccinellidae	Predador	Aéreo	macrofauna	0	2	1	1	0	4
	Elateridae	Fitófago	Aéreo	macrofauna	2	2	2	12	1	19
	Histeridae	Predador	Suelo	microfauna	39	40	27	50	33	189
	Nitidulidae	Detritívoro	Aéreo	microfauna	77	3	5	2	8	95
	Scarabaeidae	Fitófago	Aéreo	macrofauna	7	12	1	1	6	27
	Staphylinidae	Predador	Suelo	microfauna	24	27	15	16	21	103
	Tenebrionidae	Detritívoro	Suelo	macrofauna	6	5	3	9	10	33
	COLLEMBOLA	Entomobryidae	Detritívoro	Suelo	microfauna	140	107	115	59	82
DERMAPTERA	Labiduridae	Predador	Suelo	macrofauna	5	0	0	1	0	6
DIPTERA	Dolichopodidae	Predador	Aéreo	macrofauna	0	2	0	5	2	9
	Phoridae	Detritívoro	Aéreo	microfauna	79	76	97	86	47	385
	Sciaridae	Predador	Aéreo	microfauna	3	2	11	1	11	28
HEMIPTERA	Anthocoridae	Predador	Aéreo	microfauna	9	21	23	7	6	66
	Nabidae	Predador	Aéreo	macrofauna	1	0	3	1	0	5
	Berytidae	Predador	Aéreo	macrofauna	4	5	0	1	1	10
	Pentatomidae	Predador	Aéreo	macrofauna	3	0	0	0	1	4
HOMOPTERA	Cicadellidae	Fitófago	Aéreo	microfauna	80	80	106	62	56	384
	Cixiidae	Fitófago	Aéreo	microfauna	3	2	0	1	9	15
HYMENOPTERA	Braconidae	Parasitoide	Aéreo	macrofauna	29	6	1	3	1	40
	Chalcidoidea	Parasitoide	Aéreo	microfauna	12	16	5	10	10	53
	Formicidae	Detritívoro	Suelo	macrofauna	41	20	22	30	3	116
	Scoliidae	Predador	Aéreo	macrofauna	0	1	4	0	1	6
LEPIDOPTERA	Gelechiidae	Fitófago	Aéreo	macrofauna	3	7	5	14	9	38
	Noctuidae	Fitófago	Aéreo	macrofauna	2	0	1	1	0	4
	Pyralidae	Fitófago	Aéreo	macrofauna	0	2	5	2	0	9
THYSANOPTERA	Larvas eruciformes	Fitófago	Suelo	macrofauna	10	12	11	7	5	45
	Thripidae	Fitófago	Aéreo	microfauna	4	9	4	1	5	23
	<b>TOTAL</b>				854	690	838	667	693	3742

\* Las larvas se consideraron en conjunto como una familia para el procesamiento de los datos.

\*\* Se ha considerado para el análisis la abundancia total en las seis evaluaciones.

se Insecta y uno a la Clase Arachnida. El orden Coleoptera presentó el mayor número de especímenes capturados con 1606 individuos (43%), seguido de Collembola con 503 individuos (13%), Diptera con 422 individuos (11%), Homoptera con 399 individuos (11%), Araneae con 386 individuos (10%) y otros taxa con 426 individuos (12%) (Tabla 1).

Numerosos estudios señalan que Coleoptera, Collembola y Diptera son órdenes que por lo general muestran mayor número de individuos capturados utilizando trampas de caída (Solervicens *et al.* 1991; Fagua 1996); esto debido a que los dos primeros órdenes presentan familias que desarrollan todo o gran parte de su ciclo de vida y actividad en el suelo (Borror *et al.* 1981). Pero, la presencia de Diptera en una proporción significativa resulta ser algo muy controversial, debido a que los dípteros en estado adulto por su gran capacidad de vuelo desarrollan su actividad diurna en la parte aérea de las plantas. Sin embargo, Solervicens *et al.* (1991) atribuyen el hecho de la alta incidencia de dípteros en trampas de suelo, a la existencia de microdípteros. Cárdenas y Bach (1990) han mostrado que Diptera presenta abundancia alta de especímenes en la fauna del suelo.

De los 10 taxa, se han identificado 29 familias. Entre los taxa con mayor riqueza de familia se tiene la secuencia siguiente en orden decreciente al número: Coleoptera > Hymenoptera = Hemiptera > Lepidoptera = Diptera > Araneae = Homoptera > Collembola = Dermoptera = Thysanoptera. Entre las familias que presentan mayor número de individuos se tienen a Carabidae (Coleoptera), seguido de Entomobryidae (Collembola), Phoridae (Diptera), Cicadellidae (Homoptera) y Anyphaenidae (Araneae) (Tabla 1).

Los Carabidae son escarabajos predadores de suelo, muy rápidos y voraces, de importancia como controladores biológicos en un programa de manejo integrado de plagas (Galli y Rampazzo 1996). Entomobryidae se caracteriza por presentar poblaciones numerosas en zonas húmedas, debido a los riegos periódicos realizados en el cultivo de tomate y a la presencia de restos vegetales en descomposición (Hendrix y Parmelee 1985; Iannacone y Montoro 1999). Phoridae se encuentran comúnmente en muchos hábitats, pero se presentan en abundancia mayor en lugares donde existen restos vegetales y animales (Borror *et al.* 1981). Cicadellidae es un grupo muy bien representado en este estudio. Un análisis de la riqueza de esta familia indicó las siete especies siguientes: *Icaia gnathention* Linnavouri, *Bergallia arica* Linnavouri, *Exitianus* sp. prob. *atratus* Linnavouri, *Exitianus* sp. nr. *spinus* Zanol, *Hortensia similis* (Walker), *Amplicephalis maculellus* (Osborn), *Emposca* sp. (Lozada y Iannacone en preparación). Pérez y Redolfi (1998) muestran que las poblaciones de arañas en el cultivo de camote, y entre ellas, Anyphaenidae, son afectadas por la acción de los insecticidas aplicados, causando bajas en su número poblacional.

La división de la artropofauna en gremios alimentarios mostró la secuencia siguiente en orden ascendente: predadores (45%) > fitófagos (29%) > detritívoros (16%) > parasitoides (10%). La división por su preferencia a hábitat fue: 71% de vida aérea y 29% del suelo. Con relación al tamaño promedio de las familias colectadas: 36,66% fueron < 6 mm y 63,33% fueron > 6 mm (Tabla 1).

**Familias y órdenes de artrópodos capturados con trampas de suelo en cinco tratamientos aplicados en cultivo de tomate, Ica, Perú.** El análisis estadístico de Friedman con todas las familias mostró que no existieron diferencias significativas en el número de individuos por familias entre los dos tratamientos con azadiractina, los dos con rotenona y el testigo (Tabla 2). El mismo comportamiento se observó al excluir sólo a los Carabidae (por ser la familia más numerosa) o al evaluar sólo a los predadores y parasitoides, detritívoros y fitófagos. Braman *et al.* (2000) señalan que las poblaciones de Carabidae no son reducidas por diversas estrategias de manejo agronómico y por los plaguicidas. Opuestamente, Kunkel *et al.* (2001) indican que el carábido *Harpalus pennsylvanicus* DeGeer es afectado letalmente por los plaguicidas bendiocarb, halofenozide y imidacloprid en los ecosistemas agrícolas. Cuando se analizaron a los artrópodos aéreos y de suelo, a las familias de los órdenes más numerosos, o al analizarse por el tamaño promedio, tampoco se encontraron diferencias entre los tratamientos. Sin embargo, se observaron diferencias significativas entre la azadiractina y el testigo con relación al número de individuos si se excluye de las 30 familias analizadas (se incluye a las larvas eruciformes como un taxón) a los Tenebrionidae, Cixiidae y Gelechiidae (Tabla 2). Al realizar el análisis

entre los cinco tratamientos a nivel de orden se nota que no existen diferencias significativas según la prueba de Friedman (Tabla 3); sin embargo, si se excluye el orden Coleoptera, el más numeroso, existen diferencias entre el testigo y la azadiractina a 16 mg IA L<sup>-1</sup>. De los resultados obtenidos en los cinco tratamientos, se puede observar que son los tratamientos con dosificaciones más bajas de azadiractina los que muestran número mayor de individuos por cada taxa de artrópodos capturados. Sin embargo, el orden Coleoptera presentó el número mayor de individuos en el tratamiento testigo (Tablas 1 y 3). Además se aprecia numéricamente que los tratamientos con ambos bioinsecticidas a concentraciones más bajas mostraron las cantidades mayores de individuos (Tabla 3). Se observa una relación lineal significativa entre el número de familias por orden y el número de individuos (Tabla 3).

**Diversidad de artrópodos capturados con trampas de suelo en cinco tratamientos aplicados en cultivo de tomate, Ica, Perú.** Los tratamientos que presentaron mayor diversidad a nivel de familias fueron los dos con azadiractina (16 y 28 mg IA L<sup>-1</sup>), los cuales fueron diferentes al testigo, según la prueba de Friedman (Tabla 4). Además, se observó que las dos concentraciones de rotenona no fueron diferentes al testigo. El mismo comportamiento se tiene al analizar la diversidad empleando solo a los predadores y parasitoides (Tabla 5).

La azadiractina es un ingrediente activo de origen botánico que tiene un menor impacto en la artropofauna (Iannacone y Murrugarra 2000). Iannacone y Montoro (1999), al evaluar el efecto de este bioplaguicida sobre el colémbola *Entomo-*

**Tabla 2.** Valores del estadístico no paramétrico de Friedman (X<sup>2</sup>) evaluados a nivel de familia en diversos componentes de la artropofauna de suelo entre los cinco tratamientos en el cultivo de tomate, Perú

Componentes de la Artropofauna	X <sup>2</sup>	N familias	P
Todas las familias	5,62	30	0,22
Todas las familias, excluyendo Carabidae	7,62	29	0,10
Todas las familias, excluyendo Tenebrionidae, Cixiidae y Gelechiidae	9,85	27	0,04
Sólo detritívoros	4,64	5	0,32
Sólo predadores y parasitoides	3,31	16	0,50
Sólo fitófagos	2,74	9	0,60
Sólo aéreos	3,85	21	0,42
Sólo de suelo	5,41	9	0,24
Sólo Coleoptera	2,56	8	0,63
Sólo Hemiptera	2,90	4	0,57
Sólo Hymenoptera	3,57	4	0,46
Sólo Lepidoptera	3,11	4	0,54
Sólo Diptera	1,33	3	0,85
Artropofauna > 6 mm (macrofauna)	4,88	19	0,29
Artropofauna < 6 mm (microfauna)	6,61	11	0,15

X<sup>2</sup> = Valor del Chi-cuadrado de Friedman

P = Probabilidad

**Tabla 3.** Abundancia de familias e individuos de artrópodos capturados con trampas de suelo en el cultivo de tomate, Ica, Perú

Clases	Taxa Órdenes	A1		A2		rotenona1		rotenona2		testigo		Familias		Individuos	
		N*	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Arachnida	Araneae	107	13	83	12	53	6	97	15	46	7	2	6,90	386	10,32
Insecta	Coleoptera	319	37	239	35	372	44	278	42	398	57	8	27,59	1606	42,92
	Collembola	140	16	107	16	115	14	59	9	82	12	1	3,45	503	13,44
	Dermaptera	5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3,45	6	0,16
	Diptera	82	10	80	12	108	13	92	14	60	9	3	10,34	422	11,28
	Hemiptera	17	2	26	4	26	3	9	1	8	1	4	13,79	86	2,29
	Homoptera	83	10	82	12	106	13	63	9	65	9	2	6,90	399	10,66
	Hymenoptera	82	10	43	6	32	4	43	6	15	2	4	13,79	215	5,74
	Lepidoptera	15	2	21	3	22	2	24	4	14	2	3	10,34	96	2,57
	Thysanoptera	4	0	9	1	4	0	1	0	5	1	1	3,45	23	0,62
	<b>TOTAL**</b>	<b>854</b>	<b>23</b>	<b>690</b>	<b>18</b>	<b>838</b>	<b>22</b>	<b>667</b>	<b>18</b>	<b>693</b>	<b>19</b>	<b>29</b>	<b>100</b>	<b>3742</b>	<b>100</b>
<b>Incluyendo Coleoptera</b>		A		A		A		A		A					
<b>No incluyendo Coleoptera</b>		B		AB		AB		AB		A					

A1 = azadiractina 16 mg IA L-1

rotenona1 = 640 mg IA L-1

\* Abundancia por tratamiento

\*\* Abundancia total

A2 = azadiractina 28 mg IA L-1

rotenona2 = 960 mg IA L-1

N= Número

%= Porcentaje

Letras mayúsculas iguales en una misma línea horizontal indican que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos, según el estadístico no paramétrico de Friedman  $X^2 = 7,77$  (Incluyendo Coleoptera),  $P = 0,10$  y el  $X^2 = 10,28$  (No incluyendo Coleoptera),  $P = 0,036$ . Se observa una relación lineal significativa entre N de familias y N de individuos ( $r$  de Pearson = 0,721;  $P = 0,001$ ).

**Tabla 4.** Variación del Índice de diversidad de Shannon- Wiener ( $H'$ ) de artrópodos capturados con trampas de suelo en el cultivo de tomate, Ica, Perú

Fases Fenológicas	azadiractina1	azadiractina2	rotenona1	rotenona2	testigo
Plántula	0,8800	0,9271	0,8502	0,7815	0,9602
Plántula	0,8251	0,9541	0,8113	0,8507	0,7725
Desarrollo vegetativo	0,7083	0,7876	0,679	0,8805	0,6965
Floración	1,02	0,9071	0,9993	0,8655	0,6083
Floración	0,5774	0,5623	0,3102	0,4474	0,3887
Fructificación	0,8598	1,01	0,7216	0,8618	0,6354
Total	0,8123 B	0,8582 B	0,7286 A	0,7812 AB	0,6769 A
Desviación estándar	0,1532	0,1626	0,2334	0,1672	0,1894

azadiractina 1 = 16 mg IA L-1

rotenona1 = 640 mg IA L-1

azadiractina 2 = 28 mg IA L-1

rotenona2 = 960 mg IA L-1

Letras mayúsculas iguales en una misma línea horizontal indican que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos, según el estadístico no paramétrico de Friedman  $X^2 = 9,2$   $P = 0,05$  y el coeficiente de Concordancia de Kendall  $W = 0,383$  y  $P = 0,05$ .

**Tabla 5.** Variación del Índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) de artrópodos controladores biológicos capturados con trampas de suelo en el cultivo de tomate, Ica, Perú

Fases Fenológicas	azadiractina1	azadiractina2	rotenona1	rotenona2	testigo
Plántula	0,6067	0,7538	0,6094	0,6420	0,6090
Plántula	0,6005	0,6117	0,3645	0,6547	0,5047
Desarrollo vegetativo	0,5567	0,4642	0,351	0,4142	0,5786
Floración	0,6553	0,6828	0,5945	0,6114	0,4583
Floración	0,4506	0,4452	0,1902	0,2931	0,2541
Fructificación	0,6803	0,6813	0,3578	0,5428	0,3297
Total	0,5917 B	0,6065 B	0,4142 A	0,5428 AB	0,4557 A
Desviación estándar	0,0816	0,1260	0,1615	0,1445	0,1397

azadiractina 1 = 16 mg IA L-1

rotenona1 = 640 mg IA L-1

azadiractina 2 = 28 mg IA L-1

rotenona2 = 960 mg IA L-1

Letras mayúsculas iguales en una misma línea horizontal indican que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos, según el estadístico no paramétrico de Friedman  $X^2 = 11,06$   $P = 0,026$  y el coeficiente de Concordancia de Kendall  $W = 0,461$  y  $P = 0,05$ .

*brya*, mostraron un impacto menor de este producto en comparación con la rotenona y con un manejo alternado de plaguicidas convencionales en el cultivo de tomate. Schmutterer (1990) señala que la azadiractina, principal componente del nim, no tiene actividad tóxica en la fauna benéfica por contacto. Smith y Krischik (2000) muestran que la azadiractina no tiene toxicidad directa en cuatro coccinellidos controladores biológicos.

**Efecto del riego y del tiempo de exposición de la trampa en la diversidad de la artropofauna capturada con trampas de suelo en cinco tratamientos aplicados en cultivo de tomate, Ica, Perú.** La tabla 6 muestra una matriz de correlación entre los índices de Diversidad de Shannon-Wiener para los cinco tratamientos y el número de riegos y el tiempo de exposición de la trampa de suelo durante las diferentes fases fenológicas del cultivo de tomate. Se observa en general que el número de riegos y el tiempo de exposición de la trampa no influyó sobre la diversidad de la artropofauna de suelo (Tabla 6). Además, se muestra que los índices de diversidad de los bioplaguicidas están relacionados linealmente; sin embargo, el testigo no presentó relación lineal significativa según Pearson. Iannacone y Montoro (1999) muestran que los riegos no tuvieron efecto en el incremento de poblaciones de colémbola en el cultivo de tomate.

## Conclusiones

- No se observaron diferencias entre la azadiractina, rotenona y testigo, al analizar la abundancia de la artropofauna a nivel de todos los órdenes y las familias, de gremios alimentarios, hábitat y rango de tamaño.

**Tabla 6.** Matriz de correlación entre los índices de diversidad total de los cinco tratamientos, el número de riegos y el tiempo de exposición de la trampa de suelo en el cultivo de tomate, Ica, Perú

		Correlación de Pearson (r)						
		a1	a2	r1	r2	t	N riegos	tiempo
Probabilidad	a1	-	0,825*	0,955*	0,720	0,507	0,303	0,571
	a2	0,043	-	0,882*	0,846*	0,692	(-)0,087	(-)0,817*
	r1	0,003	0,045	-	0,834*	0,652	0,128	0,664
	r2	0,107	0,034	0,039	-	0,617	(-)0,178	0,720
	t	0,305	0,128	0,161	0,192	-	(-)0,280	(-)0,747
	N riegos tiempo	0,559	0,870	0,808	0,735	0,591	-	0,584
		0,236	0,047	0,150	0,107	0,088	0,223	-

a1= azadiractina 16 mg IA L-1      r1= rotenona 640 mg IA L-1      t= testigo  
 a2= azadiractina 28 mg IA L-1      r2= rotenona 960 mg IA L-1      N= Número  
 \* Valores significativos al 0,05.

• Se notaron diferencias entre la azadiractina y el testigo al analizar las abundancias totales de todas las familias en conjunto, al excluir a tres de ellas, Tenebrionidae, Cixiidae y Gelechiidae, y entre las abundancias evaluadas a nivel de órdenes, excluyendo a Coleoptera.

• El análisis del índice de diversidad de familias mostró diferencias entre la azadiractina y el testigo convencional, tanto al involucrar a todas las familias, como exclusivamente a los artrópodos controladores biológicos (predadores y parasitoides).

• El número de riegos y el tiempo de exposición de la trampa de suelo no fueron factores que influyeron significativamente en la diversidad de la artropofauna encontrada en los tratamientos con azadiractina, rotenona y el testigo convencional.

**Agradecimientos**

Se agradece a la Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos (RAAA) por el financiamiento de esta investigación durante 1997. A Pedro Lozada por la identificación de las especies de Cicadellidae. A los profesionales taxónomos del Programa Nacional de Control Biológico del Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú por su colaboración en la identificación del material entomológico.

**Literatura citada**

AGUILAR, O. 1992. Bases científicas del enfoque agroecológico, control biológico y biología del suelo. Bolivia, Ed. SEMTA-UMSA, 296 p.  
 BORROR, D.; DE LONG, D.; THRIPLHORN, C. 1981. An Introduction to the study of Insects. Saunders College Publishing. Fifth edition, 827 p.  
 BRAMAN, S.K.; LATIMER, J.G.; OETTING, R.D.; McQUEN, R.D.; ECKBERG, T.B.; PRINTER, M. 2000. Management strategy, shade, and landscape composition effects on urban landscape plant quality and arthropod abundance. Journal of Economic Entomology 93: 1464-1472.  
 CÁRDENAS, A.M.; BACH, C. 1990. Fauna de microartrópodos asociada a los cultivos de olivar y girasol en la provincia de Córdoba. Boletín Sanidad Vegetal Plagas (España) 16: 81-90.

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE). 1990. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate. Costa Rica-Turrialba. 122 p.  
 DELGADO, M. 1995. Manejo Integrado de Plagas de Tomate. Libro de Resumen de la XXXVII Convención Nacional de Entomología. Sociedad Entomológica del Perú, p. 45.  
 FAGUA, G. 1996. Comunidad de mariposas y artropofauna asociada con el suelo de tres tipos de vegetación de la Serranía de Taraira (Vaupés, Colombia). Una prueba del uso de mariposas como bioindicadores. Revista Colombiana de Entomología 22 (3): 143-151.  
 GALLI, J.; RAMPAZZO, E. 1996. Enemigos naturales predadores de *Anastrepha* (Diptera, Tephritidae) capturados con trampas de suelo en huertos de *Psidium guajava* L. Boletín Sanidad Vegetal Plagas (España) 22: 297-300.  
 GRAY, M.E.; COATS, S.R. 1983. Effect of an insecticide and herbicide combination on nontarget arthropods in a cain field. Environmental Entomology 12: 1068-1072.  
 HENDRIX, P.E.; PARMELEE, R.W. 1985. Decomposition, nutrient loss and microarthropod densities in herbicide-treated grass litter in a Georgia Piedmont agroecosystem. Soil Biology Biochemical 17: 421-428.  
 HENDRIX, P.E.; CROSSLEY J.M.; BLAIR, J.M.; COLEMAN, D.C. 1990. Soil biota as components of sustainable agroecosystems. En: Sustainable Agricultural Systems. Edwards, C.A. (Ed.). Soil and Water Conservation Society. 246 p.  
 IANNAcone, J.A.; MONTORO, I. 1999. Empleo de poblaciones de colémbolos como bioindicadores del efecto de plaguicidas en el cultivo de tomate en Ica, Perú. Revista Peruana de Entomología 41: 103-110.  
 IANNAcone, J.A.; MURRUGARRA, Y.B. 2000. Efecto en las poblaciones del predador *Metacanthus tenellus* (Heteroptera: Berytidae) por los insecticidas botánicos Rotenona y Neem en el cultivo de tomate en el Perú. Revista Colombiana de Entomología 26: 89-97.  
 IANNAcone, J.A.; ALAYO, M.; JAVIER S.J. 2000. Biodiversidad de la artropofauna del Bosque Zárate, Lima, Perú, empleando tres técnicas de censo. Wiñay Yachay (Perú) 4 (1): 27-46.

IANNAcone, J.A.; ALAYO, M.; ARRASCUE, A.; SÁNCHEZ, J.; ABANTO, M. 2001. Las trampas de luz para evaluaciones rápidas de la biodiversidad de la artropofauna: análisis de tres casos. Wiñay Yachay (Perú) 5 (1): 7-20.  
 KUNKEL, B.A.; HELD, D.W.; POTTER, D.A. 2001. Lethal and sublethal effects of bendiocarb, halofenozide, and imidacloprid on *Harpalus pennsylvanicus* (Coleoptera: Carabidae) following different modes of exposure in turfgrass. Journal of Economic Entomology 94: 60-67.  
 MEDRI, Í. M.; LOPES, J. 2001. Coleoptero fauna em floresta e pastagem no norte do Paraná, Brasil, colectada com armadilha de solo. Revista Brasileira de Zoologia 18 (Supl. 1): 125-134.  
 PÉREZ, D.; REDOLFI, I. 1998. Las arañas (Arachnida: Araneae) como controladores biológicos en camote (*Ipomoea batatas* Lam.) cultivador en la costa central del Perú. Ecología (Perú) 1: 59-64.  
 PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M.; ROQUERO, C. 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 197 p.  
 REYES, M. 1998. Efecto de dos insecticidas botánicos rotenona y neem sobre "Mosca Blanca" (Homoptera: Aleyrodidae) y "Mosca Minadora" (Diptera: Agromyzidae) plagas del cultivo de tomate en Ica 1997. Tesis para optar el Título profesional de Licenciado en Biología. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú. 139 p.  
 RINCÓN, N. 1995. Diversidad, abundancia y fluctuación poblacional de artrópodos edafícolas asociados al maíz de temporal bajo tres intensidades de labranza en Indaparapeo, Mich. Libro de Resumen del XXX Congreso Nacional de Entomología (Memoria). Sociedad Mexicana de Entomología, 186-188 p.  
 RONDÓN, S. 1996. Avance preliminar sobre estudios de artrópodos de suelo en el cultivo de camote en el Valle de Cañete. Libro de Resumen del XXXVIII Convención Nacional de Entomología. Sociedad Entomológica del Perú. p. 27.  
 SABILLÓN, A.; BUSTAMANTE, M. 1996. Plantas con propiedades plaguicidas. Parte I. CEIBA (Honduras) 37: 1-110.  
 SCHMUTTERER, H. 1990. Properties and potencial of natural pesticides from the Neem tree, *Azadirachta indica*. Annual Review of Entomology 35: 271-97.  
 SOLERVICENS, J.; ESTRADA, P.; MÁRQUEZ, M. 1991. Observaciones sobre entomofauna de suelo y follaje en la Reserva Nacional Río Clarillo, Región Metropolitana, Chile. Acta Entomológica Chilena 16: 161-182.  
 VALENCIA, C.; CÁRDENAS, A. 1973. Aíidos (Homóptera: Aphididae) del valle de Ica, sus plantas hospederas y enemigos naturales. Revista Peruana de Entomología 16: 25-29.  
 VANS, A.L.; HOLOPAINEN, J.K.; KOPONEN, M. 1984. Abundance and seasonal occurrence of adult Carabidae (Coleoptera) in cabbage, sugarbeat and timothy fields in southern finland. Zeitschrift fur Angewandte Entomologie 98: 62-73.

- VELAPATIÑO, J. 1996. Algunos lepidópteros del camote y sus enemigos naturales en los valles Cañete y Rímac. *Revista Peruana de Entomología* 39: 111-118.
- VELAPATIÑO, J. 1997. Algunos artrópodos presentes en el suelo del área agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina. *Revista Peruana de Entomología* 40: 89-90.
- VERGARA, R.A. 1998. El control biológico en el control de plagas de importancia económica en hortalizas. En: Nuevos aportes del control biológico en la agricultura sostenible. (Resultados del II Seminario Taller Internacional: Aportes del control biológico en la Agricultura Sostenible y I Congreso Latinoamericano de la sección Región Neotropical de la Organización Internacional de Control Biológico). Lizarra, T.A., Barreto, C.U.; Hollands, J. (Eds.). Red de Acción en alternativas al uso de agroquímicos. Lima-Perú. p. 269-294.
- WANG, C.; STRAZANAC, J.; BUTLER, L. 2001. A comparison of pitfall traps with baits traps for studying leaf litter ant communities. *Journal of Economic Entomology* 94: 761-765.
- ZAR, J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. 3<sup>er</sup>. Ed. Prentice-Hall. Inc. Upper Saddle River. New Jersey. 662 p.

Recibido: Sep. 09 / 2001

Aceptado: Nov. 23 / 2001