

INFLUENCIA DE DISTINTOS SISTEMAS DE MANEJO DE SUELOS EN LA DENSIDAD DE ÁCAROS (ARACHNIDA: ACARI) EDÁFICOS EN AGROECOSISTEMAS DE CÓRDOBA, ARGENTINA.

BEDANO¹ JC, CANTU¹ MP, ME DOUCET²

¹ Departamento de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto. Ruta Nacional 36, Km. 601, X 5804 BYA Río Cuarto, Córdoba, Argentina. e-mail: jbedano@exa.unrc.edu.ar

² Centro de Zoología Aplicada, Universidad Nacional de Córdoba. C.C. 122 - CP 5000. Córdoba, Argentina

Recibido 19 de febrero de 2004, aceptado 12 de septiembre de 2004

INFLUENCE OF DIFFERENT SOIL MANAGEMENT SYSTEMS ON SOIL MITES (ARACHNIDA: ACARI) DENSITY IN AGROECOSYSTEMS OF CORDOBA, ARGENTINA.

The aim of this work was to evaluate the influence of soil management on soil mite densities in agroecosystems of La Colacha basin (Córdoba, Argentina). Soil Acari community in four systems with different soil disturbance degree was studied. Soil samples were taken bimonthly, from August 1999 to June 2000, in an undisturbed natural system (NA), in a beef cattle production system (GA), in a rotational plot (MI) and in a conventional tillage crop production system (AG). Six samples by system were taken in each sampling date for mite extraction. Additionally, two composite soil samples were taken at random in each system to evaluate chemical, physical, and physicochemical soil properties. Differences in soil moisture, temperature and organic matter content were observed between the two more intensively managed systems and the others. In one sampling date, mite density response agreed in part with the expected pattern of lower density in intensive managed systems: NA and CA plots showed the highest values, followed by MI and AG, but differences only were statistically significant between NA and CA with MI. In two months, the highest density was found in the GA plot and in other two months, GA showed higher density than NA and MI. Although not definitive proof of the hypothesis, these data are consistent with the suggestions of others that intensive management systems tend to reduce soil mites density. However, the diminution of soil mites density as a result of intensive soil management could not be verified in all samplings. Some authors suggested that the effect of tillage on mites is different for different taxa. This can be the explanation of the variable response of overall Acari density to soil cultivation practices showed in this work.

Key words: Acaros - Suelo - Córdoba - Sistemas productivos - Agroecosistemas

INTRODUCCION

En el suroeste de la provincia de Córdoba (Argentina), la intensa actividad agrícola, (principalmente maíz, girasol y soja), asociada al uso cada vez más creciente de fertilizantes y agroquímicos y a las prácticas mecánicas inapropiadas, han llevado rápidamente a situaciones límites de degradación física, química y biológica del suelo (Cantú 1998). El manejo del suelo afecta a las poblaciones de organismos edáficos, alterando la calidad y cantidad de restos vegetales que se incorporan, e influenciando el microhábitat edáfico en términos de sus características físicas, químicas y fisicoquímicas (Bardgett, Cook 1998). Baker (1998) señala que las variables de manejo que

influyen fuertemente las propiedades del suelo en agroecosistemas son el tipo de labranza, la rotación de cultivos, el tratamiento de los residuos de los cultivos y la aplicación de pesticidas. Bardgett y Cook (1998) agregan la aplicación de fertilizantes y el pastoreo por parte del ganado.

Existen evidencias que señalan la influencia negativa del cultivo sobre la densidad de ácaros edáficos (Edwards, Lofty 1969; Wallwork 1976; Shaddy, Butcher 1977; Petersen, Luxton 1982; Norton, Sillman 1985; Sanyal 1990; Hulsmann, Wolters 1998; Adejuyigbe *et al.* 1999). A mediados del siglo XX, Franz (1942) observó una drástica disminución de la fauna del suelo en campos cultivados en comparación con suelos no

cultivados, y su consecuencia en la fertilidad del suelo. Esto es en parte debido a que en suelos sin labranza la broza provee un recurso alimentario rápidamente disponible, modera los efectos de las temperaturas extremas y reduce la pérdida de humedad del suelo. Bajo sistemas de manejo convencionales, el número de microartrópodos decrece como resultado de la destrucción del horizonte superficial, la exposición a la desecación, la modificación del hábitat y la dificultad de acceso a los recursos alimentarios por disrupción de la cubierta de broza (Hulsmann, Wolters 1998; Neave, Fox 1998; Fox *et al.* 1999). Sin embargo, se conoce que los diferentes taxones pertenecientes al orden Acari presentan diferencias en cuanto a los rasgos de historia de vida de las especies. Por tanto, los distintos grupos de ácaros parecieran responder de diferente manera a las perturbaciones relacionadas al cultivo (Beckmann 1988; Skubala 1995; Wardle 1995; Hulsmann, Wolters 1998; Kladivko 2001). Behan-Pelletier (1999) ha señalado que ciertos grupos pueden ser beneficiados por las prácticas agrícolas, como por ejemplo los ácaros de los subórdenes Astigmata y Prostigmata.

Diversas investigaciones han demostrado que el número de ácaros es mayor en suelos con escasas o ninguna práctica de labranza en comparación con la utilización de sistemas de cultivo tradicionales (Hendrix *et al.* 1986; Andrén *et al.* 1988; Heisler *et al.* 1998; Neave, Fox 1998). No obstante, Bardgett y Cook (1998) señalan que la evidencia disponible

apunta a que la diversidad y la densidad de la fauna en suelos naturales es menor que en agroecosistemas de baja entrada de energía y materia. Siepel (1996) señala que la densidad de la mesofauna en sitios con manejos con baja incorporación de insumos y energía es aproximadamente el doble que en sitios con alto.

En cuanto a los ambientes naturales, Elliott *et al.* (1988) y Sanyal (1990) sugieren que allí la densidad de la mesofauna es máxima, y se reduce a medida que se incrementa la entrada de energía y materia al sistema. Un factor que aporta confusión acerca de la predictibilidad de los cambios en las poblaciones de ácaros producidos por la actividad agrícola, es que están muy pobremente investigados los ambientes naturales o seminaturales adyacentes a los campos agrícolas (Behan-Pelletier 1999).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de los diferentes sistemas de manejo del suelo en la densidad total de ácaros edáficos. La hipótesis de trabajo fue que los sistemas con manejo agrícola intensivo producen una disminución de la densidad total de ácaros edáficos con respecto a ambientes naturales y sistemas de manejo menos intensivos.

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se realizó en suelos Hapludoles Típicos franco gruesos, mixtos y térmicos (Cantú 1998), de la cuenca del arroyo La Colacha, departamento Río Cuarto, Córdoba, Ar-

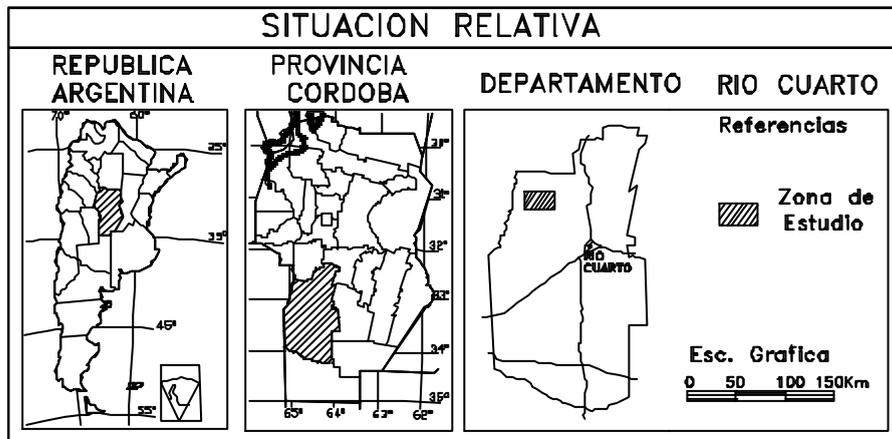


Figura 1.- Ubicación del área de estudio. Cuenca del arroyo La Colacha, provincia de Córdoba, Argentina.

Figure 1.- Study area location. Arroyo La Colacha basin, Córdoba province, Argentina.

gentina (64° 39' y 64° 50' O y 32° 54' y 33° 03' S, Figura 1). Los suelos están desarrollados sobre sedimentos eólicos pertenecientes a la Formación Laguna Oscura (Cantú 1992). El clima del área es continental con una temperatura media anual de 16.5 °C y una precipitación media anual de 909 mm. El clima edáfico es Térmico y Udico (Soil Survey Staff 1998).

Se realizaron muestreos en un ambiente natural (NA), sin cultivos desde hace cuarenta años y con cobertura de pastos naturales, un ambiente con un sistema de manejo agrícola intensivo (AG), uno ganadero (GA) y uno mixto (MI) con rotación anual de pasturas para el ganado y cultivo de maíz (*Zea mays*) y girasol (*Helianthus annuus*). Los cuatro ambientes se localizan en un área de aproximadamente 50 km². El NA y AG se sitúan a 1 km de distancia entre sí. El ambiente MI y el GA se ubican a 5 y 10 km de los primeros, respectivamente. La textura de los cuatro suelos es franco arenosa (Cantú 1998).

En cada ambiente se realizaron seis muestreos, en agosto, octubre y diciembre de 1999 y febrero, abril y junio de 2000. Al momento del primer muestreo, el sistema AG presentaba un rastrojo de girasol de la cosecha del mismo año y uno de maíz de la cosecha 1998, ambos cultivos realizados en siembra directa. Hacia fines de 1999, se sembró maíz en labranza vertical (arado cincel con aplicación de rastra de dientes y rolo desterronador) para utilizarlo como alimento para el ganado. Luego del pastoreo, el rastrojo del maíz se trabajó con arado de discos y en abril de 2000 se sembró una pastura de avena (*Avena sativa*) y melilotus (*Melilotus* sp.). Se evidenció en la última etapa la adopción de algunas prácticas de manejo

con labores menos agresivas. Esto se debió a que desde el año 1997 se produjo una marcada disminución en el rendimiento de los cultivos. Pero el uso histórico ha sido netamente agrícola, con un sistema de labranza convencional.

El sistema GA permaneció con un cultivo de alfalfa y restos de pastos naturales durante 5 años. En el ambiente MI se utilizó un sistema de manejo mixto agrícola-ganadero. En agosto de 1999 el suelo se encontraba con un cultivo de maíz, que fue cosechado y el rastrojo fue pastoreado. En octubre del mismo año, se trabajó con cincel, se sembró maíz en labranza vertical y se cosechó en agosto de 2000. En los ambientes AG y MI se realizaron prácticas agrícolas variadas, incluyendo la aplicación de agroquímicos.

En cada fecha de muestreo se tomaron seis muestras de suelo al azar en cada ambiente para la extracción de los ácaros. Se utilizaron cilindros de plástico duro de 10 cm de profundidad y 10 cm de diámetro. Se obtuvieron mediante el extractor de centro de O'Connor modificado, y se procesaron en el embudo de Berlese-Tullgren modificado (Parisi 1979) para extraer los ácaros del suelo. Los especímenes colectados fueron conservados en una solución de alcohol al 70% para su posterior identificación y conteo mediante el uso de lupa binocular y microscopio óptico. Simultáneamente se realizaron muestreos para efectuar una caracterización física, química y fisicoquímica del suelo. Se colectaron dos muestras compuestas por ambiente a la profundidad de 0-10 cm, integradas por cinco submuestras tomadas aleatoriamente y en cada una se valoró el porcentaje de humedad (método de Asencio 1976), el contenido de materia orgánica (CMO) mediante el método de Walkley-Black

Tabla 1.- Resumen de los datos analíticos físicos, químicos y fisicoquímicos del suelo.

Table 1.- Summary of physical, chemical and physicochemical soil properties.

	NA						GA					
	Ago	Oct	Dic	Feb	Abr	Jun	Ago	Oct	Dic	Feb	Abr	Jun
CMO (%)	3,70	2,38	2,88	4,81	5,58	4,17	3,58	3,23	4,04	2,55	2,97	2,81
pH	6,39	6,26	6,02	5,67	5,82	5,94	6,50	6,94	5,99	6,72	5,87	6,35
Hum (%)	18,92	13,22	16,61	16,17	24,52	27,50	10,08	6,67	15,18	7,90	17,41	15,41
DA (g/cm ³)	1,23	1,23	1,37	1,22	1,34	1,24	1,32	1,31	1,28	1,37	1,43	1,45
T (°C)	9	17	21	20	14	7	12,5	23	20	24	18	8
	MI						AG					
	Ago	Oct	Dic	Feb	Abr	Jun	Ago	Oct	Dic	Feb	Abr	Jun
CMO (%)	2,43	2,19	2,19	1,77	1,63	1,42	2,43	2,77	2,77	1,44	1,83	1,97
pH	6,10	6,17	6,23	6,23	6,10	6,22	6,40	7,09	6,23	6,72	5,87	6,35
Hum (%)	9,10	12,23	15,40	9,82	23,58	18,48	11,32	10,99	17,95	8,91	20,34	13,75
DA (g/cm ³)	1,14	*	*	*	*	*	1,37	1,23	*	1,25	*	*
T (°C)	12	21	21,5	21	14	6	12	23	24	21	14	5

* No se midió.

* Not measured.

modificado (Jackson 1970), el pH (teniendo en cuenta la acidez actual del suelo, por métodos potenciométricos) y la temperatura del suelo (mediante el uso de termómetro de suelo convencional). Adicionalmente se determinó la densidad aparente (DA) del suelo sobre la base de dos muestras por cada ambiente a la profundidad de 0-5 cm (Arshad *et al.* 1996).

Las diferencias en las variables microambientales y biológicas entre los ambientes se calcularon mediante un ANOVA para medidas repetidas en el tiempo por tratarse de mediciones en fechas consecutivas y por tanto dependientes entre sí (Von Ende 1993). Para facilitar la interpretación de las interacciones y el efecto principal, cuando se verificaron interacciones significativas entre las variables ambiente y fecha de muestreo, los datos fueron divididos y re-analizados separadamente para cada nivel de la variable fecha de muestreo (Hamilton 2000; Osler *et al.* 2000).

Para llevar a cabo los análisis estadísticos, las variables numéricas que no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, fueron transformadas mediante la utilización del método de Box-Cox (Sokal, Rohlf 1995). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa InfoStat (Universidad Nacional de Córdoba 2004).

RESULTADOS

Los datos analíticos físicos, químicos y fisicoquímicos de los suelos de cada

ambiente se presentan en la Tabla 1. En lo que respecta al contenido de materia orgánica del suelo, no se verificó una interacción significativa entre sistema y tiempo de muestreo ($p>0.05$) y no se observaron variaciones temporales significativas (efecto tiempo, $p>0.05$). El suelo NA y el GA presentaron el mayor porcentaje de materia orgánica ($p<0.05$). El pH no mostró diferencias significativas entre los cuatro sistemas, ni interacción tiempo-sistema ($p>0.05$).

En el contenido de humedad del suelo se observaron diferencias tiempo-dependientes (interacción significativa entre sistema y tiempo de muestreo, $p<0.001$) entre los sistemas. En agosto de 1999, febrero, abril y junio de 2000, el contenido de humedad del suelo NA superó al del resto de los sistemas ($p<0.05$). En octubre de 1999, NA, AG y MI presentaron valores más altos en esta variable que los observados en el GA ($p<0.05$) pero no hubo diferencias significativas entre los primeros. En diciembre del mismo año, el AG fue el suelo que presentó mayor porcentaje de humedad ($p<0.05$).

La densidad aparente del suelo no pudo ser medida en algunas fechas en los sistemas AG y MI debido a que el suelo estaba recientemente laboreado o excesivamente hú-

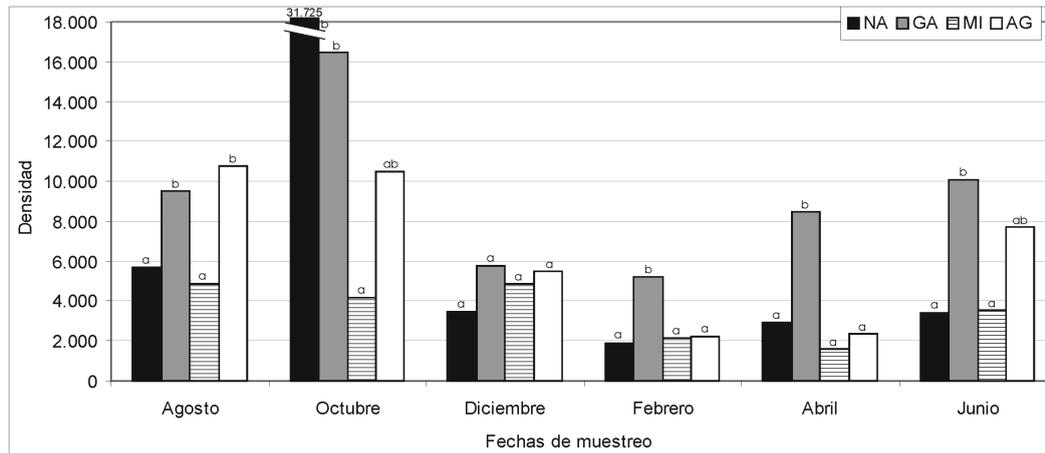


Figura 2.- Densidad (individuos/m²) de ácaros por sistema y fecha de muestreo. Cuenca del arroyo La Colacha, provincia de Córdoba, Argentina. Agosto 1999- junio 2000. NA: ambiente natural, GA: sistema ganadero, MI: sistema mixto, AG: sistema agrícola.

Letras distintas indican diferencias significativas entre sistemas ($p<0.05$).

Figure 2.- Population density (individuals/m²) of Acari by management system and by sampling date. La Colacha basin, Córdoba province, Argentina. August 1999- June 2000. NA: natural system, GA: beef cattle production system, MI: rotational plot, AG: conventional tillage crop production system.

Different letters indicate significant differences among systems ($p<0.05$).

medo. En agosto de 1999, la densidad aparente en los sistemas GA y AG superó al del MI y NA ($p < 0.05$), y en octubre en el GA fue superior a la del NA y AG ($p < 0.05$). En diciembre de 1999, febrero y abril de 2000 no hubo diferencias significativas entre los sistemas ($p > 0.05$). En junio de 2000, la densidad aparente del suelo GA fue superior a la del NA ($p < 0.05$).

Las diferencias en los valores de temperatura del suelo entre los sistemas fueron significativas ($p < 0.05$). El ambiente NA presentó los valores más bajos de temperatura media en el suelo ($p < 0.01$), excepto en junio de 2000 en donde fue superior a la del MI y AG. Este parámetro mostró una marcada variación estacional (efecto tiempo, $p < 0.001$) pero no se verificó interacción entre sistemas y fechas de muestreo ($p > 0.05$).

La abundancia de ácaros por fecha de muestreo y por sistema se indica en la Figura 2. Para la variable densidad total de ácaros se verificó una interacción significativa entre sistema y tiempo de muestreo ($p < 0.05$). Esto indica que las diferencias que se observan entre los sistemas dependen de la fecha de muestreo analizada. La densidad total de ácaros en agosto de 1999 fue significativamente más elevada en los sistemas GA y AG que en el NA y MI ($p > 0.05$) (Figura 2). En octubre de 1999, la densidad de ácaros fue más elevada en los sistemas NA y GA que en el MI y no presentaron diferencias con el AG. En diciembre de 1999 las diferencias calculadas entre los sistemas no fueron estadísticamente significativas ($p > 0.05$). En febrero, abril y junio de 2000, el sistema GA presentó densidades superiores de ácaros que el resto de los sistemas ($p < 0.05$) mientras que en junio, los valores del GA fueron más elevados que los del NA y MI, y el AG presentó valores intermedios ($p < 0.05$) (Figura 2).

DISCUSION

Los tres ambientes manejados por el hombre con propósitos productivos evidencian el impacto de las actividades agrícola-ganaderas en las características físicas, químicas y fisicoquímicas del suelo. El manejo agrícola tradicional (en el sistema AG y el MI) produjo una disminución del contenido de materia orgánica del suelo con respecto al GA y al NA. Estos cambios están ligados al monocultivo prolongado, la implementación de prácticas

agrícolas convencionales y la aplicación de agroquímicos. El pisoteo por parte del ganado en el sistema GA podría ser el causante del aumento en la densidad aparente del suelo, evidente cuando se compara con el NA. Sin embargo, cabe aclarar que el tamaño muestral por ambiente es bajo teniendo en cuenta que dentro de cada uno de ellos pueden existir áreas considerablemente diferentes en cuanto a esta propiedad.

Los cuatro sistemas de manejo difirieron en cuanto al grado de perturbación y disturbios por labores. Además, se observaron diferencias entre los sistemas manejados mas intensivamente y los restantes en cuanto a la humedad, temperatura y CMO del suelo.

Según lo señalado por numerosos autores, se esperaría hallar mayores densidades de ácaros en el ambiente NA, y que los valores decrezcan conforme se incrementa la intensidad de manejo (Sheals 1956; Edwards, Lofty 1969; Wallwork 1976; Petersen, Luxton 1982; Sanyal 1990; Hulsmann, Wolters 1998; Adejuyigbe *et al.* 1999).

Sin embargo, los valores de densidad del presente trabajo no guardan relación con el patrón esperado en todos los muestreos. Solamente en octubre de 1999 la densidad de ácaros fue más elevada en el ambiente NA, seguido por el sistema GA y luego los dos más degradados, aunque las diferencias fueron significativas solo entre el NA y el MI. En febrero, abril y junio de 2000, la densidad de ácaros fue más elevada en el sistema GA que en el resto, excepto en junio de 2000 en donde no mostró diferencias significativas con el ambiente AG. En el muestreo de agosto de 1999, la densidad en el GA y AG fué superior a la del NA y MI. Es probable que el pico de densidad en ese suelo se relacione a que el cultivo de la temporada anterior al muestreo no fue cosechado, posibilitando de esta forma la incorporación al suelo de mayor cantidad de materia orgánica que la habitual, potenciando la acción moderadora de la cubierta vegetal sobre la temperatura y la humedad del suelo. Por tanto, se piensa que estos factores pueden haber influido positivamente en la recuperación de las densidades de algunos grupos de ácaros oportunistas, por ejemplo Astigmatas y Prostigmatas, que a menudo se ven beneficiados por el cultivo (Behan-Pelletier 1999).

Se considera que las diferencias existentes en las respuestas de los diversos taxones de ácaros al manejo del suelo, puestas de manifiesto por otros autores, pueden explicar en parte las respuestas evidenciadas en este trabajo. Por ejemplo, mientras que los ácaros pertenecientes al suborden Oribatida son susceptibles a las prácticas de manejo de los suelos, los de los subórdenes Astigmata y Prostigmata pueden ser muy numerosos en los agroecosistemas ya que sus poblaciones se ven a menudo significativamente incrementadas como resultado de las actividades humanas (Behan-Pelletier 1999). Entonces, en los sistemas agrícolas se produciría un reemplazo de unas especies por otras que, por presentar características de tipo r-estrategas, pueden alcanzar elevadas densidades en ambientes frecuentemente perturbados. Este proceso de reemplazo dificulta la evaluación del impacto de los sistemas productivos en la densidad total de ácaros.

Los resultados obtenidos indican que lo planteado en la hipótesis tiene una validez parcial, puesto que no en todos los meses se pudo verificar una disminución de la densidad de ácaros producto de los sistemas de manejo agrícola intensivos. En dos muestreos el sistema GA superó significativamente a los dos sistemas de mayor intensidad de manejo y en otros tres muestreos el GA superó al MI (en dos de éstos casos el AG presentó menor densidad que el GA pero las diferencias no fueron corroboradas estadísticamente). En ningún muestreo los ambientes cultivados continuamente presentaron mayor densidad de ácaros que el sistema GA y solo en un caso el AG superó al NA.

En todo el año, excepto en octubre de 1999, la densidad en el sistema GA fue mayor que la del NA, probablemente debido a que niveles intermedios de perturbación reducen la probabilidad de exclusión competitiva de algunas especies y así se elevan los valores de densidad, tal como ha sido sugerido por otros autores (Bardgett, Cook 1998). Se considera importante continuar con los muestreos por más tiempo y, de ser posible, analizar la comunidad de ácaros al nivel de suborden o familia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CONICOR,

SECyT (UNRC), y a ELANEM (INCO-ERB3513 PL973261) por los subsidios otorgados y al CONICET por el aporte de la beca, que hicieron posible la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- Adejuyigbe C, Tian G, Adeoye G. 1999. Soil microarthropod populations under natural and planted fallows in southwestern Nigeria. *Agrofor. Syst.* 47: 263-272.
- Andrén O, Paustian K, Roswall T. 1988. Soil biotic interactions in the functioning of agroecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 24: 57-67.
- Arshad MA, Lowery B, Grossman B. 1996. Physical tests for monitoring soil quality. En: Doran JW, Jones AJ (eds.). *Methods for assessing soil quality*. Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ. 49. SSSA, Madison, USA. pp.123-142.
- Asencio A. 1976. Técnicas analíticas para las determinaciones físico-químicas y químicas de muestras de suelo y agua. INTA. Suelos-Tirada interna N° 61. Buenos Aires, pp 55.
- Baker GH. 1998. Recognising and responding to the influences of agriculture and other land-use practices on soil fauna in Australia. *Appl. Soil Ecol.* 9: 303-310.
- Bardgett RD, Cook R. 1998. Functional aspects of soil animal diversity in agricultural grasslands. *Appl. Soil Ecol.* 10: 263-276.
- Beckmann M. 1988. Die entwicklung der Bodenmesofauna eines Ruderal-Ökosystems und ihre Beeinflussung durch Rekultivierung: 1, Oribatiden (Acari: Oribatei). *Pedobiologia* 31: 391-408.
- Behan-Pelletier V. 1999. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74: 411-423.
- Cantú MP. 1992. Provincia de Córdoba. En: Iriondo M. (ed.) *El Holoceno en la Argentina*. CADINQUA 1: 1-16.
- Cantú MP. 1998. Estudio geocientífico para la evaluación ambiental y la ordenación territorial de una cuenca pedemontana. Tesis Doctoral, UNRC. 376 pp.
- Edwards CA, Lofty JR. 1969. The influence of agricultural practice on soil micro-arthropod populations. En: Sheals JG. (ed.). *The Soil Ecosystem. Symp. Publ. 8. Syst. Assoc., London*. pp. 237-247.
- Elliott ET, Hunt HW, Walter DE. 1988. Detrital foodweb interactions in North American grassland ecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 24: 41-56.
- Fox CA, Fonseca EJA, Miller JJ, Tomlin AD. 1999. The influence of row position and selected soil attributes on Acarina and Collembola in no-till

- and conventional continuous corn on a clay loam soil. *Appl. Soil Ecol.* 13: 1-8.
- Franz H. 1942. Untersuchungen über die Bedeutung der Bodentiere für die Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit. *Forschungsdienst, Organ d. dtsh. Landwirtschaftswissenschaft* 13: 320-333.
- Hamilton D.J. 2000. Direct and indirect effects of predation by common eiders and abiotic disturbance in an intertidal community. *Ecol. Monogr.* 70(1): 21-43.
- Heisler C, Rogasik H, Brunotte J, Joschko M. 1998. Conservation tillage and biological activity. *Landbauforsch. Volk.* 48(4): 199-212.
- Hendrix PF, Parmelee RW, Crosseley Jr. DA, Coleman DC, Odum EP, Groffman PM. 1986. Detritus food webs in conventional and no-tillage agroecosystems. *Bioscience* 36: 374-380.
- Hulsmann A, Wolters V. 1998. The effects of different tillage practices on soil mites, with particular reference to Oribatida. *Appl. Soil Ecol.* 9: 327-332.
- Jackson ML. 1970. Análisis químicos de suelos. Ed. Omega, Barcelona. pp. 55.
- Kladivko E. 2001. Tillage systems and soil ecology. *Soil Till. Res.* 61: 61-76.
- Neave P, Fox CA. 1998. Response of soil invertebrates to reduced tillage systems established on a clay loam soil. *Appl. Soil Ecol.* 9: 423-428.
- Norton R, Sillman D. 1985. Impact of oily waste application on the mite community of an arable soil. *Exp. Appl. Acarol.* 1: 287-305.
- Osler G, van Vliet P, Gauchi C, Abbott L. 2000. Changes in free living soil nematode and microarthropod communities under a canola-wheat-lupin rotation in Western Australia. *Austr. J. Soil Res.* 38: 47-59.
- Parisi V. 1979. *Biología y ecología del suelo*. Ed. Blume, Barcelona. pp.170.
- Petersen H, Luxton M. 1982. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. *Oikos* 39(3): 288-388.
- Sanyal AK. 1990. Influence of agricultural practices on the population of soil mites in West Bengal, India. En: Veeresh GK, Rajagopal D, Viraktamath CA. (eds.) *Advances in management and conservation of soil fauna*. Oxford & IBH Publ., India. pp. 333-340.
- Shaddy JH, Butcher JW. 1977. The distribution of some soil arthropods in a manipulated ecosystem. *Great Lakes Entomol.* 10: 131-144.
- Sheals JG. 1956. Soil population studies I. The effect of cultivation and treatment with insecticides. *Bull. Entomol. Res.* 47: 803-822.
- Siepel H. 1996. Biodiversity of soil microarthropods: the filtering of species. *Biodiv. Conserv.* 5: 251-260.
- Skubala P. 1995. Moss mites (Acarina: Oribatida) on industrial dumps of different ages. *Pedobiologia* 39: 170-184.
- Soil Survey Staff. 1998. *Keys to soil taxonomy*. 8th ed. USDA, Natural Resources Conservation Service. U.S. Government Printing Office, Washington DC. pp. 326.
- Sokal RR, Rohlf FJ. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistic in biological research*. 3rd ed. W.H. Freeman and Company, New York, USA. pp. 887.
- Universidad Nacional de Córdoba. *Estadística y Biometría, F.C.A.* 2004. InfoStat. Versión 1.6.
- Von Ende CN. 1993. Repeated-measures analysis: growth and other time-dependent measures. En: Scheiner SM, Gurevitch J. (eds.) *Design and analysis of ecological experiments*. Chapman & Hall, New York. pp. 113-137.
- Wallwork JA. 1976. The distribution and diversity of soil fauna. *Academic Press*, London. pp. 355.
- Wardle DA. 1995. Impacts of disturbance on detritus food webs in agroecosystems of contrasting tillage and weed management practices. *Adv. Ecol. Res.* 26: 105-185.