

Efectos de la Contaminación Atmosférica Procedente de las Emisiones de la Central Térmica de CERCS (Catalunya, Noreste España) sobre la Biodiversidad de Artrópodos*

*Effects of Atmospheric Pollution from a Coal-fired Plant Emissions in CERCS
(Catalonia, Northeast Spain) on Arthropod Biodiversity*

Jose M^a Salgado, Santiago Llacuna***, Assumpta Górriz***,
Miquel Borrás***, Jacint Nadal*****

RESUMEN

Se ha comparado la abundancia y diversidad de artrópodos entre la zona de Ceres, donde existe una central térmica, y una zona control en St. Jaume de Frontanyà. Ambas zonas de estudio poseen climatología, relieve y vegetación similares. Las capturas se realizaron durante un año, de Marzo 1995 a Febrero 1996, y los especímenes capturados fueron clasificados taxonómicamente. Los resultados demuestran que el número total de especímenes capturados en la zona contaminada es 1.7 veces mayor que en la zona control. Esta mayor proporción se da especialmente en los órdenes Coleoptera, Orthoptera, Julida, Opilionida e Isopoda mientras que el orden Collembola fue el representante más abundante en St. Jaume de Frontanyà. No obstante, el número de capturas varía según la época del año, de manera que la abundancia de especies es significativamente mayor en Ceres sólo en verano, y en el área control en invierno. Atendiendo al régimen alimentario se demuestra que existen diferencias significativas entre ambas zonas en la distribución estacional de los artrópodos predadores que, en total, representan el 83.3% de las capturas en Ceres y el 61.8% en St. Jaume de Frontanyà.

Palabras clave: central térmica, biodiversidad, artrópodos

ABSTRACT

The abundance and diversity of arthropods collected in Ceres, where there is a coal-fired power plant, and a control area in St. Jaume de Frontanyà were compared. The two zones studied are similar in relief, vegetation and climatology. For one year, from March 1995 to February 1996, trapped animals were collected, and taxonomic determination was performed. Results showed that number of collected arthropods were 1.7 fold higher in the polluted area than in St. Jaume de Frontanyà with a special presence of the orders of Coleoptera, Orthoptera, Julida, Opilionida and Isopoda, while Collembola was the most represented order in the non-polluted zone. Nevertheless, the abundance was significantly higher in Ceres only in summer, and in St. Jaume de Frontanyà in winter. According to their diet statistical differences between arthropod predators seasonal distribution in both zones were reported. As a whole, predators represented a 83.3% of captures in Ceres, and a 61.8% in St. Jaume de Frontanyà.

Keywords: coal-fired power plant, biodiversity, arthropods

* Enviado para el Volumen No. 47 de la RSMHN, dedicado al Dr. Eucario López-Ochoterena

** Departamento de Biología Animal (Zoología), Facultad de Biología, Universidad de León, España.

*** Departament de Biologia Animal (Vertebrats), Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, España.

Introducción

Los avances tecnológicos han llevado aparejados una serie de inconvenientes que conducen a la disminución de la diversidad biológica. Diversidad, que excepto en los periodos de extinción, aumentaba progresivamente. Sin embargo, en la actualidad, la velocidad de extinción es superior a cualquiera de las extinciones habidas y carga principalmente sobre las especies endémicas, ecológicamente estenoicas y con una baja tasa de renovación poblacional.

La pérdida actual de diversidad puede analizarse desde diversos puntos de vista, genético, poblacional e incluso específico. No deja de ser importante la pérdida de razas y variedades, sean silvestres o domésticas, pero la pérdida de las especies consideradas éstas como los sillares de los ecosistemas conduce a una simplificación de los mismos cuyas consecuencias son imprevisibles. Considerada la diversidad genética como el lugar en el que la Naturaleza hace sus experimentos evolutivos y en el que se crean los nuevos organismos, mejor adaptados a unas nuevas condiciones, un cierto empobrecimiento puede poner en peligro esta capacidad de innovación, de creación, de adaptación.

Existen muchas publicaciones que tratan de las posibles causas de la disminución de la diversidad biológica, pero quizá el camino que dé más luz en esta problemática sea el estudio de los organismos como prospectores del medio e integradores de información. Esta es la línea de investigación seguida por nosotros en los últimos años, concretándonos en una problemática, el efecto de la contaminación atmosférica sobre reptiles, aves y pequeños mamíferos, en una zona contaminada por las emisiones de SO₂, NO_x y metales procedentes de la Central Térmica de Cercs (Catalunya, España) y otras zonas consideradas libres de contaminación y tomadas como controles, principalmente, St.Jaume de Frontanyà (también en Catalunya). De todas estas zonas se tienen datos de los niveles de contaminación química, por lo que puede establecerse un paralelismo entre el estado biológico de los organismos y el nivel de contaminación. Estos estudios los hemos realizado tanto con animales salvajes capturados como de laboratorio estabulados *in situ* lo que permite un más ajustado conocimiento de las condiciones ambientales.

En publicaciones previas hemos determinado en aves y pequeños mamíferos el impacto de una atmósfera contaminada por las emisiones gaseosas de la central térmica de Cercs, cuya composición era conocida, sobre el aparato respiratorio (Llacuna *et al.*, 1993; Górriz *et al.*, 1994) y hemos analizado los parámetros hematológicos y plasmáticos (Llacuna *et al.*, 1996; Górriz *et al.*, 1996). En dichos estudios se ha podido comprobar que la inhalación de estos gases produce entre otras alteraciones, descamación del epitelio traqueal, incremento de la secreción de mucus, así como variaciones de diversos parámetros hematológicos como respuesta a la exposición de los gases contaminantes. También se ha analizado en aves (Llacuna *et al.*, 1995) la acumulación de metales y se ha comprobado el efecto de esta atmósfera sobre la diversidad poblacional (Llacuna *et al.* 1993), observándose que igualando el esfuerzo de captura los índices de diversidad de Margalef y Menhinick son más elevados en la zona no contaminada. Ciertas especies aumentaron mucho sus efectivos en la zona contaminada, mientras que otras disminuyen el de sus especímenes en la misma. No se encontraron pues especies de aves que puedan ser utilizadas como indicadoras de contaminación.

Los resultados hasta aquí expuestos, nos indujeron a valorar el impacto de la contaminación, utilizando la misma área control y contaminada, sobre la diversidad de artrópodos, por ser estos organismos muy abundantes y su captura en buen número fácil. Los resultados iniciales obtenidos fueron expuestos en el Congreso de EUROTOX celebrado en Alicante en Septiembre de 1996. Aquí se presentan en su conjunto debidamente analizados.

Material y Métodos

Áreas de estudio

Los estudios de biodiversidad de artrópodos se llevaron a cabo durante un año desde Marzo de 1995 hasta Febrero de 1996 en dos zonas previamente escogidas: una zona en Cercs (Catalunya, N.E. de España) que denominamos contaminada por estar bajo la influencia de los gases y partículas que emite la central térmica de Cercs, situada a 1000 m de altitud, que comprende una área de aproximadamente 4 Km² y situada al noreste de la fuente de

contaminación, dirección en que habitualmente soplan los vientos; y la otra zona en St. Jaume de Frontanyà (Catalunya, N.E. de España) que denominamos no contaminada, situada a 1.070 m de altitud, a 25 Km de la zona contaminada en dirección este, y que también comprende una área de 4 Km². Ambas zonas poseen una climatología semejante de tipo continental moderado con inviernos bastante fríos y veranos suaves. La distribución de lluvias anuales presenta dos máximos, en Mayo y Agosto, y dos mínimos, en Enero y Julio. Asimismo, la vegetación es también parecida en ambas zonas y está formada por asociaciones boscosas de pinos, encinos, robles, zarzamoras, entre otras, alternadas con prados naturales.

Captura de especies

Para la captura de artrópodos se procedió a colocar, en ambas zonas de estudio y siguiendo un transecto preestablecido, ocho trampas de caída de cristal en las que se depositó una solución de cerveza y formol diluido al 1%. Cuatro de las trampas se situaron en agujeros realizados directamente sobre la superficie del suelo y las restantes cuatro colgadas en las primeras ramas de pinos.

Bimensualmente durante un año, los animales fueron recogidos y clasificados. La determinación taxonómica de las especies se llevó a cabo haciendo hincapié en las diferencias entre régimen alimentario y siguiendo un patrón de distribución estacional.

Análisis de la composición atmosférica

Los análisis de contaminación atmosférica de gases (SO₂, NO, NO₂ y NO_x) en la zona contaminada fueron suministrados por la compañía eléctrica FECSA y se muestran en la tabla 1. Los análisis de composición atmosférica en la zona no contaminada fueron realizados y aportados por la Generalitat de Catalunya (Conselleria de Medi Ambient). Los análisis mostraron que la contaminación era inapreciable y que los niveles de SO₂ y NO_x bajos (<22,0 µg/m³ y 7,0 µg/m³).

Índice de diversidad aplicado

Para el estudio de diversidad y abundancia de las especies de artrópodos capturados se ha aplicado el índice de diversidad de Menhinick D_{Mn} (Magurran, 1989), que se define como:

$$D_{Mn} = S/\sqrt{N}$$

S= número de especies capturadas

N= número total de individuos sumando todos los de las "S" especies

Análisis estadísticos

Para comparar el número total de capturas en cada estación se utilizó el test de Wilcoxon para datos apareados.

Para comparar la distribución estacional de predadores en la zona contaminada y en la zona no contaminada se utilizó el test de Ji-cuadrado.

Tabla 1. Análisis de los niveles de contaminación en Cercs desde marzo de 1995 hasta febrero de 1996. Los valores se expresan en µg/m³ y representan la media (más desviación estándar) de 1200-1300 medidas. La elevada desviación estándar es debida a los picos de contaminación que se producen en determinados días. Obsérvese el máximo alcanzado en Julio.

Mes	SO ₂	NO	NO ₂	NO _x
Marzo	66± 304	6± 29	13± 16	21± 54
Abril	60± 109	5± 12	14± 17	21± 34
Mayo	83± 147	15± 121	30± 185	53± 371
Junio	54± 85	2± 6	8± 11	11± 18
Julio	142± 177	6± 16	15± 18	23± 37
Agosto	43± 72	1± 9	3± 7	5± 16
Septiembre	44± 92	1± 4	3± 5	4± 8
Octubre	8± 8	0± 0	1± 2	1± 2
Noviembre	69± 169	2± 14	8± 14	11± 29
Diciembre	81± 173	1± 11	8± 12	11± 24
Enero	ND	ND	ND	ND
Febrero	34± 88	0± 2	6± 10	6± 11

Resultados

El número de especímenes de cada una de las familias capturadas en cada zona se refleja en la tabla 2. Los distintos órdenes representados en ambas áreas y el número total de especímenes capturados se muestran en la figura 1.

La determinación taxonómica y el inventario de los animales capturados demuestran que el número total de especímenes capturados fue 1.7 veces mayor en el área de Cercs. Sin embargo, si comparamos el número de capturas según su distribución estacional, se observa que es mayor en el área contaminada durante primavera y verano ($p=0.0195$), mientras que en el área control hay mayor número de especímenes en otoño e invierno y la abundancia es significativamente mayor en invierno ($p=0.0020$) (tabla 3).

Las Familias Carabidae (Coleoptera), Formicidae (Himenoptera), Gryllidae (Orthoptera), Cylindrojulidae (Julida), Lycosidae (Araneida) and Phalangidae (Opilionida) son las más abundantes en la zona contaminada, mientras que las Familias

Staphylinidae (Coleoptera), Muscidae (Diptera), Forficulidae (Dermaptera) y, especialmente, el Orden Collembola presentan poblaciones mayores en el área control.

La Familia Carcinophoridae (Dermaptera), con 40 especímenes capturados, fue exclusivamente hallada en Cercs; mientras que la Familia Dermestidae (Coleoptera), con 51 especímenes capturados, fue sólo encontrada en St. Jaume de Frontanyà.

El índice de diversidad de Menhinick dió un valor de 1.04 para la zona contaminada y de 1.46 para la zona control.

Los análisis de poblaciones según su régimen alimentario ha sido aplicado a familias con 40 o más especímenes capturados (al menos en una de las zonas) a lo largo del año. La distribución estacional de predadores en cada una de las zonas y el porcentaje del total de especímenes capturados en cada periodo se muestran en la figura 2. La distribución fue significativamente diferente entre ambas zonas ($p<0.0001$). Según los datos analizados los predadores representan en total el 83.3% de las capturas en Cercs y el 61.8% en St. Jaume de Frontanyà.

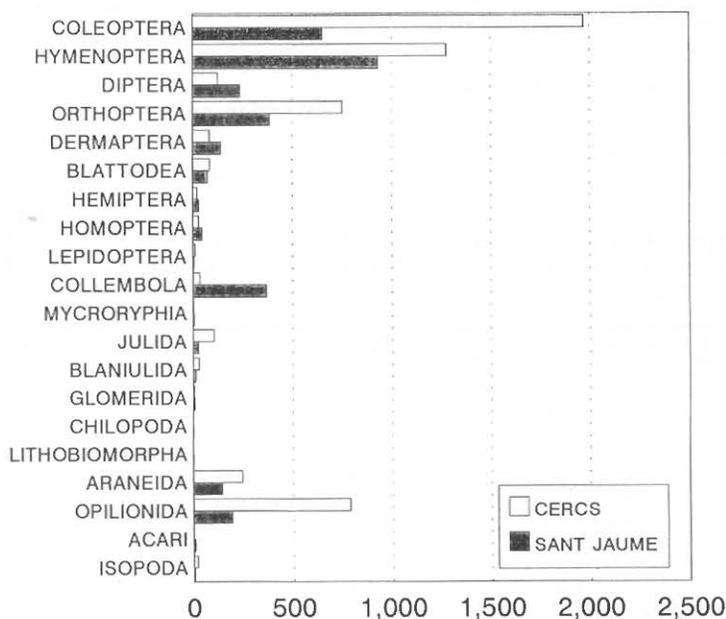


Figura 1. Número total de capturas.

Tabla 2. Número de especímenes capturados en Ceres (C) y St. Jaume de Frontanyà (NC) desde febrero de 1995 hasta marzo de 1996.

Orden	Familia	C	NC	Orden	Familia	C	NC	
Coleoptera	Carabidae	1743	390	Orthoptera	Acrididae	10	12	
	Staphylinidae	64	137		Gryllidae	505	373	
	Elateridae	93	21		Tettigoniidae	6	3	
	Scarabaeidae	8	12	Dermaptera	Forficulidae	43	140	
	Chrysomelidae	3	2		Carcinophoridae	40	0	
	Histeridae	15	2	Blattodea	Ectobiidae	49	30	
	Curculionidae	11	3		Blattellidae	35	43	
	Coccinellidae	7	8	Hemiptera	Lygaeidae	14	24	
	Buprestidae	2	1		Reduviidae	7	1	
	Tenebrionidae	2	1		Nabidae	0	1	
	Cerambycidae	2	0		Coreidae	0	2	
	Cryptophagidae	6	3		Tingidae	0	1	
	Trogidae	10	8		Homoptera	Cicadellidae	4	5
	Dasytidae	2	1		Aphodidae	23	41	
	Ptinidae	1	0	Lepidoptera	Noctuidae	3	3	
	Silphidae	1	0		Tortricidae	0	1	
	Dermestidae	0	51		Geometridae	3	1	
	Hydrophilidae	0	1		Tinaeidae	0	1	
	Cholevidae	0	1	Collembola		34	367	
	Cucujidae	0	1	Microcoryphia		2	6	
Anthicidae	0	5	Julida	Julidae	9	8		
Hymenoptera	Formicidae	1267	916		Cylindrojulidae	95	18	
	Braconidae	3	8	Blaniulida	Blaniulidae	28	12	
	Apidae	2	4	Glomerida	Glomeridae	4	9	
	Ichneumonidae	1	0	Lythobiomorpha		0	2	
	Mutillidae	1	0	Araneida	Atypidae	3	0	
	Pompilidae	1	0		Gnaphosidae	46	30	
	Vespidae	1	1		Pisauridae	3	3	
	Chrysidae	1	0		Agelenidae	19	14	
	Tenthredinidae	0	1		Lycosidae	136	67	
					Theridiidae	6	2	
Diptera	Muscidae	26	60		Clubionidae	4	9	
	Heleomyzidae	26	27		Zoridae	2	2	
	Phoridae	8	16		Salticidae	7	10	
	Tephritidae	4	7		Philodromidae	2	1	
	Trypetidae	2	2		Thomisidae	7	0	
	Conopidae	2	7		Linyphiidae	1	0	
	Tetanoceridae	15	33		Dysderidae	0	3	
	Mycetophilidae	1	11	Opilionida	Phalangidae	792	193	
	Calliphoridae	5	5		Acari	Ixodidae	1	1
	Dolichopodidae	9	2		Trombididae	0	6	
	Cecidomyiidae	5	31	Isopoda	Porcellionidae	11	3	
	Drosophilidae	4	10		Oniscidae	5	0	
	Borboridae	2	2		Philosciidae	3	0	
	Tachinidae	5	3		Armadillidae	0	1	
	Dryomyzidae	2	5					
	Bibionidae	5	2					
	Sciaridae	2	0					
	Opomyzidae	2	0					
	Syrphidae	0	4					
	Empididae	0	1					
	Trichoceridae	0	1					
	Anisopidae	0	1					
	Chloropidae	0	2					
	Ephydriidae	0	4					

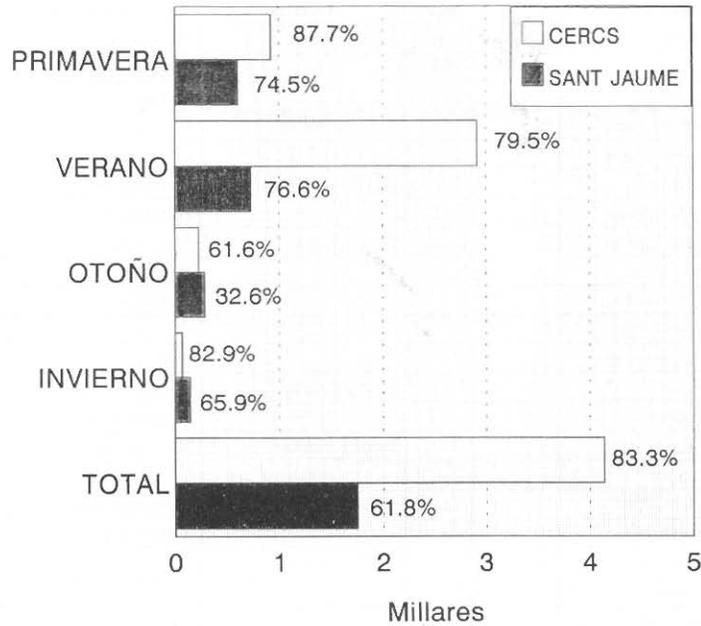


Figura 2. Número de predadores capturados - distribución estacional.

Discusión

Los artrópodos son sensibles a pequeñas diferencias en su ambiente natural, tanto en la composición edáfica como en la microflora, que puede tener alguna influencia en su metabolismo y en los parámetros alimentarios, introduciendo factores determinantes en los análisis comparativos de las poblaciones de las diferentes zonas (Booth y Anderson, 1979; Kozlovskaja y Striganova, 1977; Kaplan y Hartenstein, 1978; Addison y Parkinson,

1978). Muchas de las especies de artrópodos juegan papeles determinantes en la dinámica de los ecosistemas. La diversidad faunística de los artrópodos se refleja en la diversidad del medio ambiente y constituye un barómetro sensible de las condiciones de los bosques. Las talas masivas de árboles así como los efectos de la contaminación pueden dañar la masa forestal y repercutir en las especies de artrópodos que viven en los bosques (Lattin, 1993). Para una inequívoca interpretación de los datos es imprescindible tener en cuenta las fluctuaciones estacionales y las relaciones tróficas (Samiullah, 1990).

Tabla 3. Distribución estacional de las capturas. Se comprueba que existe diferencia estadísticamente significativa comparando especímenes de cada orden según el Test de Wilcoxon para datos apareados.*:p=0.0195; **P=0.0020.

PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO		INVIERNO	
C	NC	C	NC	C	NC	C	NC
1190(21.3%)	934(28.4%)	3871*(69.3%)	1057(32.2%)	424(7.6%)	1023(31.1%)	97(1.7%)	272**(8.3%)

C = zona contaminada (Cercs)

NC= zona no contaminada (St. Jaume de Frontanyà)

A través de los resultados obtenidos hemos constatado un considerable aumento en el número de artrópodos capturados en la zona contaminada durante primavera y verano, a pesar que las poblaciones parecen ser más abundantes en otoño e invierno en el área control. Este pico de productividad puede ser quizá interpretado como efecto de la deposición ácida que además facilitaría la solubilización de sales minerales, actuando como fertilizante para el estrato herbáceo. La combinación de SO_2 y NO_x produce depósitos de nitrógeno y azufre (Society, 1984) con lo que el aumento de estos dos nutrientes esenciales son aprovechados por las plantas (Oelke, 1989) produciendo un incremento del número de insectos fitófagos (Alstad *et al.* 1982; Hain, 1987; Larson, 1989). Cuando las condiciones ambientales ya no son favorables al crecimiento de plantas herbáceas (lo que ocurre en otoño e invierno) los efectos de la precipitación ácida en la zona contaminada actuarían de forma inversa, es decir, disminuyendo el número de animales con respecto al área control. Los estudios llevados a cabo por Arakelian *et al.* (1988) constatan una disminución de la fauna edáfica causada por las emisiones de SO_2 y NO_x .

Frecuentemente, el incremento de productividad se hace a cuenta de los grupos más comunes, resultando de ello una tendencia a reducir la diversidad. Según Lattin (1993) existe relación entre la diversidad de artrópodos y la salud de los bosques. A mayor contaminación se produce un deterioramiento del estado de los bosques lo que se traduce en una menor diversidad. La menor diversidad observada en la zona contaminada concuerda con estudios que constatan que en áreas contaminadas se observan índices de diversidad menores en especímenes de coleópteros (Lesniack, 1980). Un pH ácido podría intervenir en un debilitamiento de las raíces de los árboles siendo éstos entonces más fácilmente atacados por insectos (Berden *et al.*, 1987). En el caso particular de los colémbolos, sin embargo, se ha relacionado la disminución de poblaciones con valores de pH bajos (Melecis, 1985; Vilkkama y Huhta, 1986), lo que no se da en Cercs y sí en St. Jaume de Frontanyà.

Por otra parte, una reducción de la efectividad de predadores vertebrados, por ejemplo pájaros insectívoros como los páridos, debido a cambios de comportamiento derivados de la necesidad de invertir mayor tiempo en vigilancia al producirse

una deficiente cobertura foliar causada por la polución (Van Noorwijk, 1990), puede favorecer la proliferación de artrópodos predadores. Este efecto sería, no obstante, menos conspicuo en otoño e invierno cuando los páridos adoptan un régimen omnívoro (Cramp, 1988).

No deja de ser interesante el haber hallado exclusivamente en Cercs la familia Carcinophoridae (Dermaptera) y exclusivamente en St. Jaume de Frontanyà la familia Dermestidae (Coleoptera).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias a una ayuda de la Conselleria d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya.

Literatura citada

- Addison, J.A., y D. Parkinson, 1978.** Influence of collembolan feeding activities on soil metabolism at a high arctic site. *Oikos*, 30:529-538.
- Alstad, D.N., F.F.Jr. Edmunds y L.H. Weinstein, 1982.** Effects of air pollutants on insect populations. *Amer Rev Entomol*, 27:369-384.
- Arakelian, A.G., L.V. Elizarova y E.G. Akramovskaya, 1988.** On the state of soil fauna of invertebrates in the zone of pollution of surrounding medium. *Biol. Zh. Arm.*, 41:462.
- Berden, M., S. Nilson, A. Rossen y G. Tyler, 1987.** *Soil acidification - extent causes and consequences.* Natural Swedish Environmental Protection Board. Report number 3292.
- Booth, R.G. y J.M. Anderson, 1979.** The influence of fungal food quality on the growth and fecundity of *Folsoma candida* (Collembola: Isotomidae). *Oecologica (Berl.)*, 38:317-323
- Cramp, S., 1988.** *Handbook of the birds of Europe, The Middle East, and North Africa, Vol. II: Hawks to bustards.* Oxford: Oxford University Press.
- Górriz, A., S. Llacuna, M. Durfort y J. Nadal, 1994.** The ciliary tracheal epithelium on passerine birds and small mammals. An ultrastructural study. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 27:137-142.

- Górriz, A., S.Llacuna, M.Riera y J.Nadal, 1996.** Effects of air pollution on hematological and plasma parameters in *Apodemus sylvaticus* and *Mus musculus*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 31:153-158.
- Hain, F.P., 1987.** Interactions of insects, trees and air pollutants. *Tree Physiol.*, 3:93-102.
- Kaplan, O.L. y R. Hartenstein, 1978.** Studies on monooxygenases and dioxygenases in soil macroinvertebrates and bacterial isolates from the gut of the terrestrial isopod *Oniscus asellus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 603:47-50.
- Kozlovskaja, L.S. y B.R. Striganova, 1977.** Food digestion and assimilation in desert woodlice and their relations to the soil microflora. *Ecol. Bull. (Stockholm)*, 25:240-245.
- Larson, S., 1989.** Stressful times for the plant stress-insects performance hypothesis. *Oikos*, 56(2):272-282.
- Lattin, J.K., 1993.** Arthropod diversity and conservation in old-growth Northwest forests. *Amer. Zool.*, 33(6):578-587.
- Lesniack, A., 1980.** Change in the structures of overground communities of the Carabidae, Coleoptera as bioindicators of pollution of forest environments, p.219-221. In: J.S.Paleny (Ed), *Proc. IIIrd Internationale Conference Bioindicators Deteriorationis Regionis*.
- Llacuna, S. A.Górriz, M.Durfort y J.Nadal, 1993.** Effects of air pollution on passerine birds and small mammals. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 24:59-66.
- Llacuna, S. A.Górriz y J.Nadal, 1993.** Study on the diversity of bird populations under conditions of atmospheric pollution from the Cercs coal-fired power plant (Northeast Spain). *Historia Animalium*, 2:117-123.
- Llacuna, S., A.Górriz, C.Sanpera y J.Nadal, 1995.** Metal accumulation in three species of passerine birds (*Emberiza cia*, *Parus major*, and *Turdus merula*) subjected to air pollution from a coal-fired power plant. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 28:298-303.
- Llacuna, S., A.Górriz, M.Riera y J.Nadal, 1996.** Effects of air pollution on hematological parameters in passerine birds. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 31:148-152.
- Magurran, A.E., 1989.** *Diversidad ecológica y su medición*. Ediciones Vedral, Barcelona, 200 p.
- Melecis, U.P., 1985.** *Bioindicational significance of springtails (Collembola) concerning calciferous desert soil pollution in the Betulatum oxalidosum*. Zagrjaznenie Prirodnoisredy Kakjsoderzh Ashechj Pilju Riga: 149-209.
- Oelke, H., 1989.** Effects of acid rain syndrome on bird populations. *Wieders*, 42:109-128.
- Samiullah Y., 1990.** *Biological monitoring of environmental contaminants. Animals London: Global Environment Monitoring System - Monitoring and Assessment Research Center, King's College London, University of London. United Nations Environment Program Marc Report 37.*
- Society, A.F., 1984.** *Acidic deposition and forests*. Position statement of the Society of American Foresters and report of the SAF task force on the effects of acidic deposition on forest ecosystems. Society of American Foresters, Bethesda, 48 p.
- Van Noorwijk, A.J., 1990.** The effects of forest damage on caterpillars and the effect on the breeding biology of the Great Tit, an overview. In: J. Blondel, A.G. Gosler, J.D. Lebreton, R.H. y McCleery (Eds). *Population biology of passerine birds*. Springer Verlag, Berlin.
- Vilkama, P. y V.Huhta, 1986.** Effects of fertilization and pH communities of Collembola in pine forest soil. *Annu. Zool. Fennici*, 23:167-174.