

## EL MONITOREO DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS COLEÓPTEROS SCARABAEOIDEA COPRÓFAGOS (COLEOPTERA: SCARABAEOIDEA): PROPUESTA PRELIMINAR

Rossana Agoglietta<sup>1</sup>, Michele Rossini<sup>2</sup> & Mario Zunino<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Dipartimento di Scienze dell'Uomo, dell'Ambiente e della Natura – sezione biodiversità e conservazione della natura, Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo", via Maggetti, 22 61029 Urbino (PU) – Italia. – rossana.agoglietta@uniurb.it (R.A.) – mario.zunino@uniurb.it (M.Z.)

<sup>2</sup> via Brigata Maiella, 67 – 61100 Pesaro (PU) – Italia – michelerossini\_1983@libero.it

**Resumen:** Se estudia la biodiversidad estacional en una comunidad de coleópteros Scarabaeoidea degradadores de una pradera pastoreada por caballos, ubicada cerca de Pergola (provincia de Pesaro-Urbino, Italia centro-oriental), y muestreada por medio de colectas periódicas realizadas entre el 7 de Febrero y el 12 de Noviembre de 2008. Se colectaron un total de 425 individuos repartidos en 27 especies. Las muestras han sido analizadas tanto de acuerdo a su secuencia temporal, como en base a distintas subdivisiones estacionales. En ningún caso se detectó una diversidad estacional significativa. Sin embargo cinco especies, *Geotrupes spiniger* (Marsham), *Bubas bison* (Linnaeus), *Onthophagus taurus* (Schreber), *Melinopterus prodromus* (Brahm) y *Melinopterus consputus* (Creutzer), exhibieron fenologías netamente separadas que permitieron proponer estas especies como adecuadas para el monitoreo de los efectos del cambio climático.

**Palabras clave:** Coleoptera, Scarabaeoidea, diversidad estacional, cambio climático, fenología.

### Climate change monitoring and dung beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea): a preliminary proposal

**Abstract:** Seasonal biodiversity has been studied in a dung beetle community from pastureland grazed by horses located near Pergola (Pesaro-Urbino province, central-eastern Italy), based on sampling carried out between 7 February and 12 November 2008. A total of 425 individuals from 27 species were collected. The samples have been analyzed according to their temporal sequence, and also based on different seasonal subdivisions. No significant seasonal diversity changes were found. Nevertheless, five species, namely *Geotrupes spiniger* (Marsham), *Bubas bison* (Linnaeus), *Onthophagus taurus* (Schreber), *Melinopterus prodromus* (Brahm) and *Melinopterus consputus* (Creutzer), showed distinctly separated seasonal phenologies which led us to propose them as suitable for climate change monitoring.

**Key words:** Coleoptera, Scarabaeoidea, seasonal diversity, climatic change, phenology.

## Introducción

El impacto de los cambios climáticos sobre las comunidades de seres vivos, es uno de los temas de mayor actualidad en la ecología contemporánea, y más, en la ciencia de la biodiversidad. Los trabajos que se le han dedicado han experimentado un incremento exponencial durante los últimos años (Parmesan, 2006). Un aspecto previo clave para determinar el posible efecto de los cambios climáticos futuros sobre la distribución de un grupo de organismos, consiste en conocer la respuesta ante las variaciones climáticas que estos experimentan actualmente. Esta cuestión puede estudiarse examinando la respuesta de las especies y las comunidades ante gradientes climáticos regionales como las variaciones a lo largo de un gradiente altitudinal cuando no existen limitantes de dispersión que impidan la colonización de nuevos territorios (Wilson *et al.*, 2007; Forister *et al.*, 2010; Finn *et al.*, 1998) o los cambios locales generados por las variaciones estacionales (Parmesan, 2007). De este modo, grupos o especies con una escasa tolerancia climática pero, a la vez, capaces de reaccionar rápidamente ante los cambios climáticos serían los más adecuados para examinar los efectos de los cambios climáticos globales (Stork & Samways, 1995). Utilizando datos locales de una comunidad de Escarabeidos coprófagos, examinamos en este trabajo el efecto de la variación estacional en la temperatura y precipitación para estimar si estas especies podrían actuar como indicadores de cambios climáticos globales.

Algunos trabajos recientes han mostrado que durante las últimas décadas los cambios climáticos experimentados han conllevado cambios en la biología de varias especies animales que han significado modificaciones en su fenología (Bradshaw & Holzapfel, 2006, 2008; Tobin *et al.*, 2008). Sin embargo, el valor indicador de las especies podría variar según su distribución actual. En un trabajo reciente, Deutsch *et al.* (2008) comparan la variación del *fitness* con el cambio climático de especies de insectos terrestres de áreas templadas (Inglaterra) con otras tropicales (Benin), demostrando que las especies que habitan la región templada son ecológicamente más tolerantes, viviendo en la actualidad por debajo de su óptimo térmico fisiológico. De este modo, las especies que actualmente habitan bajo condiciones templadas serían menos adecuadas a la hora de examinar los cambios espaciales y temporales debidos al cambio climático.

En el caso de los Escarabeidos coprófagos, diferentes estudios muestran que estas comunidades experimentan importantes variaciones estacionales en su composición y riqueza (Yasuda, 1984; Wassmer, 1994; Palmer 1995; Andresen, 2005; Errouissi *et al.*, 2009). En este trabajo hemos considerado las comunidades de Coleópteros Scarabaeoidea existentes en la región Euromediterránea. Cabe mencionar que se trata de un grupo, cuyas características hacen que sea especialmente recomendado para el inventario y monitoreo de la biodiversidad, tanto a nivel mundial (Halfpeter & Favila, 1993;

Halfpter, 1994) como en el marco del programa DIVERSITAS (IUBS – SCOPE – UNESCO). En términos generales, la estacionalidad en la fenología de los Scarabaeoidea degradadores en los biomas Mediterráneos está sometida a tres factores limitantes: la disponibilidad de los recursos tróficos, la temperatura ambiental y el régimen de precipitaciones. Según Hanski & Cambefort (1991; ver también Martín Piera, 2000 y literatura ahí reseñada), tanto la temperatura como la pluviosidad, son factores críticos en los climas mediterráneos, en los que el invierno es frío, pero la fracción central del verano es muy seca. Debido a ello, la actividad de estos animales se concentra en dos picos principales durante la primavera y el otoño. Es un hecho conocido, que las zonas mediterráneas se caracterizan por la estacionalidad en sus condiciones climáticas, especialmente evidente si se considera el desarrollo opuesto de temperaturas y precipitaciones. Igualmente conocido es que la combinación temperaturas elevadas – ausencia de precipitaciones, provoca una drástica reducción en las comunidades coprófagas mediterráneas, tanto en el número de especies como el tamaño de sus poblaciones. Las condiciones climáticas invernales en los ambiente mediterráneos no suelen afectar tan severamente a las comunidades coprófagas (Lumaret & Kirk, 1991).

Las variaciones estacionales de la riqueza y diversidad de las comunidades coprófagas en los agro ecosistemas mediterráneos han sido estudiadas recientemente por Zamora *et al.* (2007). Estos autores analizaron la evolución de la diversidad  $\beta$  temporal en el marco de una secuencia de muestreos quincenales realizados entre mayo de 2001 y junio de 2002, llegando a la conclusión de que la notable diversidad  $\beta$  temporal, evidente en las praderas y matorrales, es uno de los principales factores que ayudaría a explicar la gran riqueza de estas comunidades siendo posiblemente consecuencia del proceso histórico de adaptación a condiciones de estrés climático sufrido por estas comunidades. También recientemente Jay-Robert *et al.* (2008) han estudiado las relaciones entre los patrones de comportamiento (dung – dwellers *versus* soil – diggers) y la estacionalidad en el Suroeste de Francia, resaltando que la estacionalidad “constitutes a phylogenetically inherited character”. Aunque con un enfoque distinto, relacionado más bien con los aspectos tróficos, también Carpaneto *et al.* (2005) reportan diferencias estacionales en la estructura taxonómica de las comunidades coprófagas en un área mediterránea.

En un ámbito eco geográfico distinto, el Suroeste de Alemania, Wassmer (1994) comparó mensualmente la estructura y la composición de algunas comunidades coprófagas, integradas por un total de 40 especies de Scarabaeoidea (Geotrupidae, Scarabaeidae, Aphodiidae). De sus análisis se desprende la presencia de importantes cambios estacionales en la estructura de las comunidades, los cuales permiten discriminar dos periodos distintos: febrero – abril, y mayo – septiembre.

En este trabajo hemos intentado contrastar, de forma preliminar, la hipótesis según la cual, en aquellas áreas con fuerte estacionalidad, las características fenológicas de las especies podrían utilizarse para monitorizar el impacto del cambio climático sobre las comunidades de la mesofauna del suelo – tal y como propusieron varios autores para plantas (ver p. ej. Clark & Thompson, 2004; Menzel *et al.*, 2006). Más en detalle, hemos tratado de comprobar si el ciclo climático anual se repercute sensiblemente en la estructura de las

comunidades, provocando una diversidad  $\beta$  estacional, y de ahí, si las comunidades *in toto*, o algunas de sus especies, pueden proponerse como bioindicadores del cambio climático.

## Material y métodos

Se realizó un muestreo anual entre febrero y noviembre de 2008, en una estación de la Región Le Marche (Italia centro-oriental), Municipio Pergola, localidad Montevecchio. El área estudiada es una pradera natural de gramíneas y leguminosas en la cual pasta un pequeño tropel de caballos durante todo el año. La estación se encuentra a una altitud de 520 m s.n.m., con exposición E; desde el punto de vista climático, está ubicada entre la franja costera y las estribaciones orientales de los Apeninos, ocupando un intervalo altimétrico que no rebasa los 400 – 600 m. Desde el punto de vista climático, el régimen pluviométrico es típicamente mediterráneo, con máximos en primavera y otoño y valores mínimos durante los meses de verano. Las temperaturas mínimas se registran en Enero (entre 2 y 4°C) y las máximas ( $\approx 30^\circ\text{C}$ ) aparecen durante los meses de Julio y Agosto (datos según [www.ilmeteo.it/portale/archivio-meteo/Pergola/](http://www.ilmeteo.it/portale/archivio-meteo/Pergola/)). En términos bioclimáticos, el área corresponde al macrobioclima templado, variante submediterránea con termotipo mesotemplado superior y régimen pluviométrico húmedo inferior según la clasificación de Rivas-Martínez adoptada en Gallucci & Urbinati (2009). Durante el periodo de colecta, las temperaturas y precipitaciones fueron las que se reportan en la Tabla I.

**Tabla I. Temperatura media mensual y valores de las precipitaciones para cada uno de los meses de muestreo en la estación de colecta.**

Mes	T <sup>a</sup> promedio (°C)	Precipitaciones (mm)
Enero	5,7	45,22
Febrero	5,8	31,74
Marzo	7,7	228,85
Abril	11,9	90,69
Mayo	16,8	57,93
Junio	20,9	166,38
Julio	23,8	32,01
Agosto	23,9	53,34
Septiembre	16,9	138,95
Octubre	14,8	31,76
Noviembre	8,8	198,38
Diciembre	4,8	84,84

El muestreo fue efectuado cada tres semanas colocándose dos trampas de caída con cebo, separadas alrededor de 100 m entre sí. Cada trampa consistía en un contenedor cilíndrico de material plástico, de 27 cm de diámetro y profundidad, relleno hasta la mitad con tierra del lugar y con 1 l de estiércol fresco de caballo como cebo. Las trampas se retiraron después de 24 horas. Se efectuaron también colectas manuales directas en cada ocasión, de dos horas de duración, en las cuales se revisó un número fijo (10) de deyecciones de caballo. El material colectado fue identificado de acuerdo a Baraud (1992) para los Scarabaeidae y Geotrupidae, y Dellacasa & Dellacasa (2006) para los Aphodiidae.

Se calculó la diversidad  $\alpha$ , tanto para el total, como para cada muestreo, aplicando el índice de Shannon – Wiener  $H'$ . También se estimaron los porcentajes de diversidad, con respecto a  $H'_{\max}$  (Zunino nota 6 pág. 44 en Moreno, 2006). La biodiversidad  $\beta$  total ha sido calculada en térmi-

Tabla II. Especies capturadas y número de ejemplares de cada una de ellas para los distintos periodos de colecta.

Especie - individuos	Fe 07	Fe 29	Mr 22	Ab 12	Ab 30	My 21	Jn 13	Jl 04	Jl 29	Ag 19	Se 09	Se 30	Oc 22	Nv 12	Total
<i>Geotrupes spiniger</i> <sup>1</sup> Marsham	0	0	0	0	0	0	0	11	11	4	0	4	0	0	30
<i>Sericotrupes niger</i> (Marsham)	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	3	0	0	15
<i>Acanthobodilus immundus</i> (Creutzer)	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	5
<i>Acrossus luridus</i> (Fabricius)	0	0	0	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
<i>Aphodius fimetarius</i> (Linnaeus)	0	1	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	13	7	25
<i>Aphodius foetidus</i> (Herbst)	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	2	5	2	20
<i>Bodilus ictericus ghardimauensis</i> (Laicharting)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5
<i>Calamosternus granarius</i> (Linnaeus)	0	1	3	3	15	13	1	0	1	1	0	1	0	0	39
<i>Chilithorax lineolatus</i> (Illiger)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
<i>Colobopterus erraticus</i> (Linnaeus)	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	5
<i>Coprimorphus scrutator</i> (Herbst)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Esymus merdarius</i> (Fabricius)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Labarrus lividus</i> (Olivier)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
<i>Loraphodius suarius</i> (Faldermann)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	7	0	0	12
<i>Melinopterus consputus</i> (Creutzer)	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	16	55	78
<i>Melinopterus prodromus</i> (Brahm)	0	0	0	20	3	0	0	0	0	0	0	0	2	6	31
<i>Nimbus contaminatus</i> (Herbst)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
<i>Nimbus johnsoni</i> (Baraud)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
<i>Bubas bison</i> (Linnaeus)	2	5	7	4	5	1	0	0	0	0	0	11	6	5	46
<i>Copris lunaris</i> (Linnaeus)	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Euoniticellus fulvus</i> (Goeze)	0	0	0	0	0	1	3	4	2	0	2	0	0	0	12
<i>Onthophagus taurus</i> (Schreber)	0	0	0	0	0	0	10	9	6	1	3	0	0	0	29
<i>Onthophagus fracticornis</i> (Preyssler)	0	2	0	2	1	0	2	1	0	0	0	2	2	0	12
<i>Onthophagus grossepunctatus</i> Reitter	0	0	0	2	0	0	1	2	3	0	0	0	0	0	8
<i>Onthophagus similis</i> (Scriba)	0	4	2	0	0	1	0	3	0	0	0	0	2	0	12
<i>Onthophagus vacca</i> (Linnaeus)	0	0	0	1	7	1	3	0	0	0	0	1	0	0	13
<i>Onthophagus verticicornis</i> (Laicharting)	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2

<sup>1</sup> En un trabajo anterior (Bellucci *et al.*, 2008) reseñamos esta especie como *G. spiniger* Marsham, 1802, resaltando que según Alonso Zarazaga & López Colón (1995) y López Colón (2000), el nombre *G. spiniger* tendría que ser reemplazado por *G. puncticollis* Malinowsky, 1811. Sin embargo, Branco (2004) considera válido el nombre de Marsham.

nos de porcentaje con la fórmula de Whittaker modificada por Harrison *et al.* (1992), mientras que entre pares de fechas hemos utilizado la fórmula de Whittaker modificada por Magurran (2004). A fin de investigar la posible diversidad  $\beta$  estacional, el periodo de muestreo fue dividido de acuerdo a las cuatro estaciones, a los equinoccios y finalmente, en base a las características propias de la comunidad, utilizando para ello la similitud entre los muestreos puntuales proporcionada por un análisis de agrupamiento (Cluster analysis). Este es un método sencillo y muy intuitivo para representar la diferencia entre muestras (Magurran, 2004). Hemos producido así un dendrograma aplicando el algoritmo de “groupe average” a los valores del índice de disimilitud de Bray-Curtis con datos de presencia – ausencia mediante el programa Primer (Clarke & Gorley, 2006). La significación estadística de las diferencias estacionales ha sido evaluada por medio del software PAST (Hammer *et al.*, 2007). Además, hemos contrastado los valores obtenidos de  $\alpha$  y  $\beta$  con los que se obtuvieron en modelos nulos utilizando el programa PARTITION (Veech & Crist, 2007; Pineda López, 2008). Este programa se utiliza para comprobar si la partición de la diversidad total encontrada en distintos hábitats, paisajes, regiones – o como en nuestro caso, entre fechas de muestreo – difiere significativamente de la esperada por azar (Crist *et al.*, 2003). Para ello utilizamos este programa con un solo nivel de análisis, sin ponderación de las muestras, con 500 permutaciones.

## Resultados y discusión

Los resultados del muestreo se reportan en la Tabla II. En total, se colectaron 425 individuos pertenecientes a 27 especies (dos Geotrupidos, nueve Escarabeidos y 16 Afodidos); la abundancia varió entre uno y 78 ejemplares, según la especie.

Como aparece en la Fig. 1, la riqueza específica varió entre uno (7 febrero 2008) y 10 (13 junio y 30 septiembre 2008), mientras que la abundancia varió entre dos (7 febrero 2008) y 79 individuos (12 noviembre 2008).

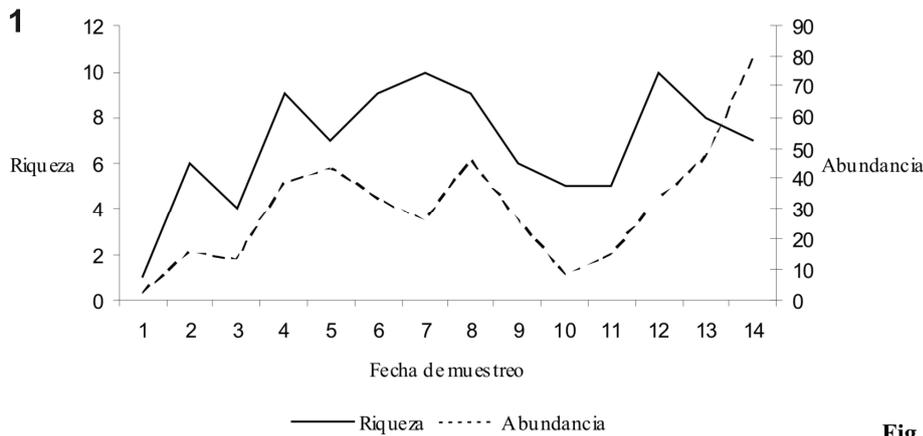
La riqueza específica está significativamente correlacionada con la abundancia ( $R = 0,65$ ;  $p = 0,01$ ), pero no con la temperatura media ( $R = 0,28$ ;  $p = 0,33$ ) ni con las precipitaciones ( $R = 0,32$ ;  $p = 0,27$ ).

La diversidad  $H'$  total resultó ser 2,80, un valor que constituye el 85 % del máximo posible ( $H'_{max} = 3,30$ ). La diversidad de cada muestra varió entre 0 (7 febrero) y 1,96; los porcentajes (Tabla III) varían entre 0 (7 febrero) y 92,6 (9 septiembre).

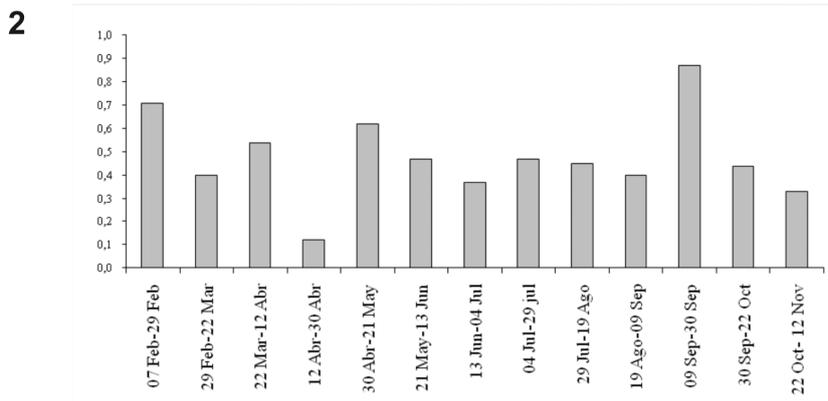
Tabla III. Valores de riqueza específica, Shannon ( $H'$ );  $H'_{max}$  ( $L_n$ , S) y porcentaje de diversidad para las fechas de muestreo.

fecha	especie	$H'$	$H'_{max}$	%
07 Febrero	1	0	0	0
29 Febrero	6	1,63	1,79	90,97
22 Marzo	4	1,16	1,39	83,46
12 Abril	9	1,63	2,20	74,28
30 Abril	7	1,62	1,95	83,41
21 Mayo	9	1,60	2,20	72,96
13 Junio	10	1,96	2,30	85,08
04 Julio	9	1,89	2,20	86,20
29 Julio	6	1,52	1,79	85,00
19 Agosto	5	1,39	1,61	86,12
09 Septiembre	5	1,49	1,61	92,58
30 Septiembre	10	1,93	2,30	83,95
22 Octubre	8	1,71	2,08	82,14
12 Noviembre	7	1,12	1,95	57,40

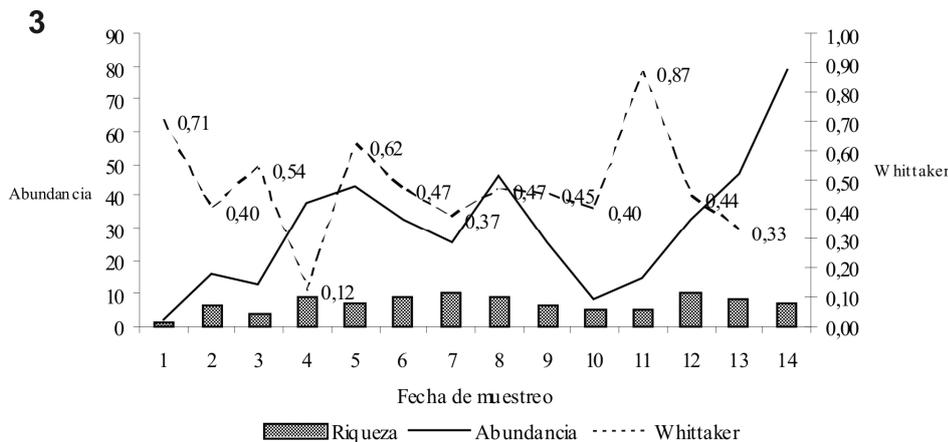
La diversidad  $\beta$  total, 22,6 %, resultó ser muy baja; los valores del índice de Whittaker entre pares de muestras sucesivas (Fig. 2 y 3) varían entre 0,12 (12 abril – 30 abril) y 0,87 (entre 9 septiembre y 30 septiembre). Los únicos valores



**Fig. 1.** riqueza específica y abundancia para las distintas fechas de muestreo (1 = 7 febrero 2008; 14 = 12 noviembre 2008).



**Fig. 2.** Oscilaciones de los valores de beta diversidad (Whittaker) entre pares de colectas sucesivas.



**Fig. 3.** Valores de riqueza específica, abundancia y valores del índice de Whittaker calculado entre fechas de muestreo sucesivas (1 = 07 febrero 2008; 14 = 12 noviembre 2008).

medio altos se obtuvieron entre el 7 y el 29 Febrero (0,71) y entre 9 y el 30 de Septiembre. El primer dato se explica fácilmente al considerar que durante ese periodo se produce la reaparición de las especies tras la diapausa invernal; el segundo corresponde al intervalo entre el último muestreo estival y el primero invernal, de acuerdo a los resultados del análisis, que se resume en el dendrogramma proporcionado por el análisis de agrupamiento (Fig. 4).

El análisis realizado con el programa PARTITION resalta que la diversidad  $\beta$  temporal observada, es baja ( $\beta = 18,72$ ) respecto a la aleatorizada; la proporción de matrices aleatorizadas con valores superiores al observado es 1, de modo que puede descartarse la existencia de un reemplazo estacional significativo.

Separando las muestras de acuerdo a las cuatro estaciones, resultan valores de diversidad  $\beta$  entre estaciones medios o medio bajos que oscilan entre 0,428 y 0,520. Igualmente,

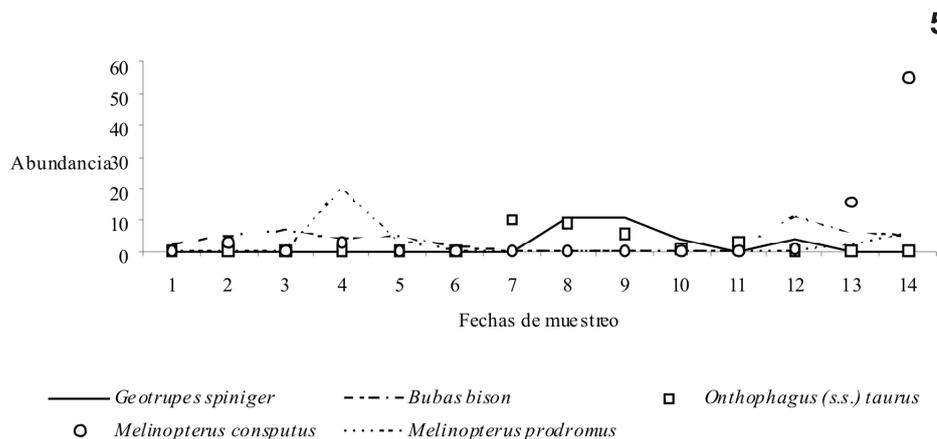
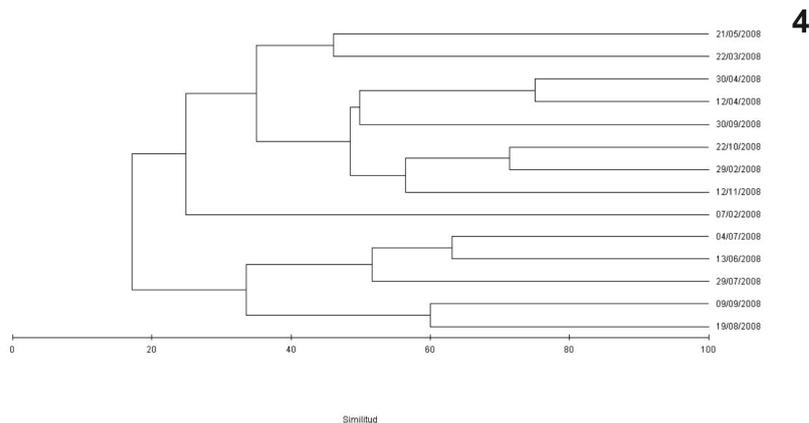
dividiendo las muestras en dos períodos, separados por los equinoccios, la diversidad  $\beta$  resultó ser 0,5.

Por otra parte, el cluster de similitud estacional (Fig. 4) muestra dos periodos principales: uno que abarca desde 7 de febrero al 12 de noviembre, y otro que comprende las muestras entre 13 de junio y el 9 de septiembre, con un solapamiento parcial que involucra los meses de septiembre a noviembre. La diversidad  $\beta$  entre estos dos grupos resultó todavía más baja (0,35). Para evaluar la significación estadística de esta separación hemos sometido nuestros datos al test “one way ANOSIM”, cuyos resultados demostraron que no hay diferencias significativas entre las dos supuestas estaciones ( $Global-R = 0,57$ ).

El conjunto de los resultados anteriores sugiere que el caso estudiado no presenta una neta biodiversidad  $\beta$  estacional, y por tanto, que la comunidad de coleópteros Scarabaeoidea degradadores como tal, no pueda proponerse para

**Fig. 4.** Dendrograma de similitud para la composición de Coleoptera Scarabaeoidea en las distintas fechas de muestreo basado en el índice de Bray–Curtis aplicado a datos de presencia – ausencia.

**Fig. 5.** fenología y abundancia de las cinco especies representadas en la muestra total por 25 o más individuos (1 = 7 febrero 2008; 14 = 12 noviembre 2008).



la monitorización biológica del cambio climático. Hemos examinado esta cuestión más específicamente en el caso de algunas especies. A fin de evitar los problemas relacionados con la rareza intrínseca (ver Rabinowitz *et al.*, 1986; Halfter & Ezcurra, 1992) hemos limitado nuestro análisis a las especies, representadas por 25 o más individuos, a saber, *Geotrupes spiniger*, *Bubas bison*, *Onthophagus (s.str.) taurus*, *Calamosternus granarius*, *Aphodius fimetarius*, *Melinopterus consputus* y *Melinopterus prodromus*. Entre estas, hemos descartado aquellas que exhibieron fenologías anuales (Fig. 5) descartando tanto *Calamosternus granarius*, como *Aphodius fimetarius*.

La primera de estas especies, a pesar de tener un pico de abundancia entre 30 de abril y 21 de mayo, está presente prácticamente durante todo el año. Por otra parte según Negrobov (2009), en la provincia de Voronezh (Rusia sur oriental) *C. granarius* se comporta como una especie de primavera e inicio verano. En cuanto a *Aphodius fimetarius*, esta especie posee una fenología análoga, si bien el pico de abundancia se extiende entre 22 de octubre y 12 de noviembre; según Negrobov (2009), se trataría de una especie multiestacional.

Según Martín Piera (2000), que recoge una información estacional muy amplia, *Bubas bison* exhibe dos máximos demográficos, uno primaveral y otro otoñal, aunque en condiciones mediterráneo – meridionales concentra sus efectivos durante el otoño y el invierno. Este mismo autor reporta que *Onthophagus taurus*, es una especie termófila con fenología variable excepto durante el invierno. Por otra parte, cabe resaltar que en condiciones geográficas y bioclimáticas distintas, como las del sureste de Rusia (Negrobov, 2009), *G. spi-*

*niger* está activo durante el verano tardío y el otoño; *O. taurus* desde la primavera tardía hasta el otoño; *M. prodromus* es primaveral – otoñal, sin aparecer durante el verano (ni *B. bison*, ni *M. consputus* están representados en la fauna de tal región).

De nuestros análisis se desprende que, en la comunidad estudiada, y a lo largo del periodo considerado, el cambio estacional en la diversidad varía en forma netamente gradual. Lo anterior corresponde al marco general propuesto por Hirao *et al.* (2006). De hecho, los autores japoneses resaltan que la respuesta de las comunidades de coleópteros al cambio estacional, es mucho menos neta que la de los lepidópteros; por ende, la biodiversidad  $\beta$  estacional en estos organismos no podría asumirse como un criterio simple y operativamente factible para la monitorización del impacto del cambio climático sobre los seres vivos. Por otra parte, cabe resaltar que los Scarabaeoidea degradadores, al contrario de lo que ocurre en los lepidópteros, explotan un recurso trófico comparativamente mucho más estable a lo largo del ciclo anual, que la composición florística de la comunidad vegetal (Hirao *et al.*, 2006). Sin embargo, en el caso estudiado, es de resaltar que al menos *Geotrupes spiniger*, *Bubas bison*, *Onthophagus taurus*, *Melinopterus consputus* y *Melinopterus prodromus*, exhibieron fenologías netamente estacionales. Cabe agregar que las características de abundancia, amplia distribución geográfica y facilidad de identificación de tales especies, contribuyen a su utilización en el marco de las investigaciones sobre el cambio climático. Es decir, que pueden ser utilizadas como indicadores sin necesidad de acudir a la gran cantidad de trabajo que implica el estudio de las comunidades *in toto*.

## Agradecimiento

Gonzalo Halffter introdujo al último autor en el universo conceptual del estudio de la biodiversidad; Claudia E. Moreno inició a la primera autora a los criterios y métodos de su análisis; Paolo Delgrande nos otorgó todas las facilidades para realizar el trabajo de campo en la finca de su propiedad. Jorge M. Lobo revisó cuidadosamente el manuscrito y nos proporcionó muy valiosas sugerencias. Igualmente agradecemos a otro revisor, anónimo.

## Bibliografía

- ALONSO-ZARAZAGA, M.A. & J.I. LÓPEZ-CÓLON 1995. Designación de neotipo y sustitución de un nombre específico homónimo en género *Geotrupes* Latreille (Coleoptera, Geotrupidae). *Graellsia*, **50**: 177.
- ANDRESEN, E. 2005. Effects of Seaton and vegetation type on community organization of dung Beetles in a tropical dry forest. *Biotropica*, **37**: 291-300.
- BARAUD, J. 1992. *Coléoptères Scarabaeoidea d'Europe*. Fauna de France. France et Régions Limitrophes. Vol.78, Société Linnéenne Lyon, 856 págs.
- BELLUCCI, S., E. BARBERO, R. AGOGLITTA & M. ZUNINO 2008. Il popolamento a Scarabeidi degradatori delle Marche. I. Catalogo sistematico e corologico (Coleoptera Scarabaeoidea). *Memorie Società Entomologica Italiana*, **87**: 117-155.
- BRADSHAW, W.E. & C.M. HOLZAPFEL 2006. Evolutionary response to rapid climate change. *Science*, **312**: 1477-1478.
- BRADSHAW, W.E. & C.M. HOLZAPFEL 2008. Evolutionary response to rapid climate change: it's seasonal timing that matter. *Molecular Ecology*, **17**: 157-166.
- BRANCO, T. 2004. *Scarabaeus spiniger* Marsham, 1802 (currently *Geotrupes spiniger*), a valid name (Coleoptera, Geotrupidae). *Nouvelle Revue Entomologie (n.s.)*, **21**(1): 37-41.
- CARPANETO, G. M., A. MAZZIOTTA & E. PIATTELLA 2005. Changes on food resources and conservation of scarab beetles: from sheep to dog dung in a green urban area of Rome (Coleoptera, Scarabaeoidea). *Biological Conservation*, **123**: 547- 556.
- CLARK, M. & R. THOMPSON 2004. Botanical records reveal changing season in a warmer world. *Australian Science*, **25**(9): 37-39.
- CLARKE, K.R. & R.N. GORLEY 2006. *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E, Plymouth.
- CRIST, T.O., J.A. VEECH, J.C. GERING & K.S. SUMMERVILLE 2003. Partitioning species diversity across landscapes and regions: a hierarchical analysis of  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\gamma$  diversity. *The American Naturalist*, **162**(6): 734-743.
- DELLACASA, G. & M. DELLACASA 2006. *Coleoptera Aphodiidae, Aphodiinae*. Fauna d'Italia. Vol.XLI. Calderini edizioni, págs. 484.
- DEUTSCH, C.A., J.J. TEWKSBURY, B.H. RAYMOND, S.S. SHELDON, K.G. CAMERON, D.C. HAAK & P.R. MARTIN 2008. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America*, **105**(18): 6668-6672.
- ERROUSSI, F., I. LABIDI & S. NOUIRA 2009.— Seasonal occurrence and local coexistence within scarabid dung beetle guilds (Coleoptera: Scarabaeoidea) in Tunisian pasture. *European Journal of Entomology*, **106**(1): 85-94.
- FINN, J.A., GITTINGS, T. & P.S. GILLER 1998. Aphodius dung beetle assemblage stability at different spatial and temporal scales. *Applied Soil Ecology*, **10**: 27-36.
- FORISTER, M.L., MCCALL, A.C., SANDERS, N.J., FORDYCE, J.A., THORNE, J.H., O'BRIEN, J., WAETJEN, D.P. & M. SHAPIRO 2010. Compounded effects of climate change and habitat alteration shift of Butterfly diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **107**: 2088-2092.
- GALLUCCI, V. & C. URBINATI 2009. Dinamismo di accrescimento e sensitività climatica dell'abete bianco (*Abies alba* Mill.) nel S.I.C. Alpe della Luna – Bocca Trabaria (PU). *Forest@*, **6**(1): 85-99.
- HALFFTER, G. 1994. ¿ Qué es la biodiversidad?. *Butlletí Institutió Catalana Historia Natural*, **62**: 5-14.
- HALFFTER, G. & E. EZCURRA 1992. ¿ Qué es la biodiversidad?. En *La Diversidad Biológica de Iberoamérica I*. Volumen Especial, Acta Zoologica Mexicana, nueva serie: 3-24 Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, México
- HALFFTER, G. & M.E. FAVILA 1993. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analyzing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biology International*, **27**: 15-21.
- HAMMER, O., D.A.T. HARPER & P.D. RYAN 2007. *PAST: Palaeontological Statistics*, ver. 1.93. Disponible en: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>.
- HANSKI, I. & Y. CAMBEFORT 1991. Resource partitioning. En: Hanski I & Y. Cambefort, Eds. *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press, Princeton, U.S. Chapter **18**: 330-349.
- HARRISON, S., S.J. ROSS & J.H. LAWTON 1992. Beta diversity on geographic gradients in Britain. *Journal of Animal Ecology*, **61**: 151-158.
- HIRAO, T., M. MURAKAMI, H. KOGI, A. KASHIZAKI, Y. HIRAI, S. TANABE, N. INARI, H. YOROZUYA & M.J. TODA 2006. International Biodiversity Observation Year in Western – Pacific and Asian Regions (DIWPA – IBOY): a case report on species rarity and spatio - temporal variability of species composition in Lepidoptera and Coleoptera communities from a temperate forest of northern Japan. *Ecological Research*, **21**(6): 811-818.
- JAY-ROBERT, P., F. ERROUSSI & J.P. LUMARET 2008. Temporal coexistence of dung-dweller and soil-digger dung beetles (Coleoptera, Scarabaeoidea) in contrasting Mediterranean habitats. *Bulletin Entomological Research*, **98**: 303-316.
- LÓPEZ-COLÓN, J.I. 2000. Coleoptera Geotrupidae. En: Martín Piera F. & López-Colón J.I., 2000. *Coleoptera Scarabaeoidea I*. Fauna Ibérica. Museo Nacional de Ciencias Naturales Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid. Vol. 14:107-183.
- LUMARET, J.P. & A.A. KIRK 1991. South Temperate Dung Beetles. Chapter 6. En: Hanski I & Y. Cambefort, Eds. *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press, Princeton, U.S. Chapter 6: 97-115.
- MAGURRAN, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, Oxford, U.K., págs 256.
- MARTÍN PIERA, F. 2000. Coleoptera Scarabaeidae. En: Martín Piera F. & López-Colón J.I., 2000. *Coleoptera Scarabaeoidea I*. Fauna Ibérica Museo Nacional de Ciencias Naturales Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid. Vol. 14:207-514.
- MENZEL, A., T.H. SPARKS, N. ESTRELLA, E. KOCH, A. AASA, R. AHAS, K. ALM-KÜBLER, P. BISSOLLI, O. BRASLAVSKÁ, A. BRIEDE, F.M. CHMIELEWSKI, Z. CREPINSEK, Y. CURNEZ, A. DAHL, C. DEFILA, A. DONNELLY, Y. FILELLA, K. JATCZAK, F. MÂGE, A. MESTRE, Ø. NORDLI, J. PEÑUELAS, P. PIRINEN, V. REMIŠOVÁ, H. SCHEIFINGER, M. STRIZ, A. SUSNIK, A.J.H. VANVLIET, F.-E. WIELGOLASKI, S. ZACH & A. ZUST 2006. European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology*, **12**: 1969-1976.
- MORENO, C. E. 2006. La vita e i suoi numeri (M. Zunino, Ed.). *Metodi di misura della biodiversità*. Bonanno ed., 96 pp.
- NEGROBOV, S.O. 2009. Seasonal dynamics of Scarab Beetles (Coleoptera, Lamellicornia) in Voronezh Province. *Entomological Review*, **89**(1): 113-115.
- PALMER, M. 1995. Testing for seasonal displacement in a dung beetle Guild. *Ecography*, **18**: 173-177.
- PARMESAN, C. 2006. Ecological and evolutionary response to recent climate change. *Annual Review Ecology, Evolution, Systematics*, **37**: 637-669.

- PARMESAN, C. 2007. Influence of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. *Global Change Biology*, **13**: 1860-1872.
- PINEDA LÓPEZ, R. 2008. *Diversidad y conservación de aves acuáticas en una zona semiárida del centro de México*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Alicante: 256 pp.
- RABINOWITZ, D., S. CAIRNS & T. DILLON 1986. Seven forms of rarity and their frequency in *The flora of the British Isles*. *Conservation Biology: the science of scarcity and diversity* (Ed. M.E. Soulé): 182-204, Sinauer, Sunderland, Massachusetts.
- STORK, N.E. & M.J. SAMWAYS 1995. Inventorying and monitoring. Chapter 7, pp. 453-543. In: Heywood, V.H.; Watson, R.T. (Executive editor and chair) *Global Biodiversity Assessment*. United Nations Environment Program, Cambridge University Press, Cambridge.
- TOBIN, P.C., S. NAGARKATTI, G. LOEB & M.C. SAUNDERS 2008. Historical and projected interactions between climate change and insects voltinism in a multivoltine species. *Global Change Biology*, **14**: 1-7.
- UNESCO. 1992. *Diversitas – the IUBS – SCOPE – UNESCO Programme on biological diversity an information leaflet*. UNESCO, Paris, 6 pp.
- VEECH J.A. & T.O. CRIST 2007. *PARTITION Software for the additive partitioning of species diversity, version 2.0*. Disponible en: <http://www.users.muohio.edu/cristto/partition.htm>.
- WASSMER, T. 1994. Seasonality of coprophagous beetles in the Kaiserstuhl area near Freiburg (SW – Germany) including the winter months. *Acta Oecologica*, **15**(5): 607-631.
- WILSON, R.J., GUTIÉRREZ, D., GUTIÉRREZ, J. & V.J. MONTSERRAT 2007. An elevational shift in Butterfly species richness and composition accompanying recent climate change. *Global Change Biology*, **13**: 1873-1887.
- YASUDA H., 1984. Seasonal changes in the numbers and species of Scarabaeid dung beetles in the middle part of Japan. *Jap. J. App. Entomol. Zool.*, **28**: 217-222.
- [www.ilmeteo.it/portale/archivio-meteo/Pergola/](http://www.ilmeteo.it/portale/archivio-meteo/Pergola/)
- ZAMORA, J., J.R. VERDÚ & E. GALANTE 2007. Species richness in Mediterranean agroecosystems: Spatial and temporal analysis for biodiversity conservation. *Biological Conservation*, **134**: 113-121.