
VARIACIÓN TEMPORAL EN LA DIVERSIDAD Y COMPOSICIÓN DE UNA COMUNIDAD COPRÓFILA DEL EUROMEDITERRÁNEO (COLEOPTERA: SCARABAEOIDEA)

Rossana Agogliatta, Claudia E. Moreno, Michele Rossini, Mattia Tonelli y Mario Zunino

RESUMEN

A pesar del interés creciente que tiene entender la variabilidad de la biodiversidad a largo plazo, especialmente de cara a cambios ambientales drásticos, es muy difícil contar con datos confiables provenientes de muestreos comparables. La pregunta central de este trabajo es: ¿cómo han cambiado la riqueza, abundancia, diversidad y composición de especies de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeoidea) en dos comunidades del centro de Italia, en un lapso de ocho años? El primer periodo de muestreo se realizó entre 2001 y 2002, y el segundo periodo durante 2010. Los muestreos registraron

un total de 4793 individuos pertenecientes a 39 especies de escarabeidos. En una de las comunidades fue excepcionalmente alto el número de individuos registrados durante el primer periodo. Tanto la riqueza como la diversidad de especies disminuyeron del primer al segundo periodo, y la tasa de reemplazo en la composición de especies alcanzó el 37%. Estos resultados constituyen el primer registro de cambios a largo plazo para este grupo biológico en la región Euromediterránea, y podrían constituir una base para el monitoreo de las comunidades ante los cambios ambientales en el tiempo.

Introducción

Los cambios en la diversidad de especies de una localidad entre distintos momentos en el tiempo han sido un tema de gran interés en ecología. La dinámica temporal, la diversidad y el reemplazo de especies en las comunidades ecológicas se han relacionado con fenómenos tales como la variabilidad ambiental, la tolerancia y amplitud del nicho de las especies, el aislamiento espacial, así como las tasas de extinción y colonización, entre otros (Shurin, 2007). Para las comunidades coprófilas de escarabajos en la selva húmeda tropical de la Estación Biológica La Selva, Costa Rica, Escobar *et al.* (2008) reportan cambios drásticos a través del tiempo, a pesar de una aparente estabilidad en el uso de suelo. Di-

chos cambios en la diversidad y composición se han atribuido a los cambios climáticos que han sido documentados al interior de esta reserva, así como al aislamiento de la misma, resultante de la pérdida de hábitat en las zonas aledañas (Escobar *et al.*, 2008). Sin embargo, para otras regiones biogeográficas no se cuenta con información confiable para evaluar los cambios temporales de las comunidades de escarabajos coprófagos a largo plazo, especialmente en zonas donde el uso de suelo se mantiene relativamente sin cambios.

El presente trabajo documenta los cambios temporales en comunidades locales de coleópteros Scarabaeoidea degradadores en un ambiente típico del mediterráneo europeo. Particularmente, el estudio se realizó en una locali-

dad ubicada en el sector centro-septentrional de la región 'Le Marche' (Italia centro-oriental). La elección del lugar de muestreo se debe a que para tal sitio se dispone de datos previos fiables, levantados de acuerdo con metodologías estándar y repetibles, en dos periodos temporales con un lapso de ocho años entre ellos.

El grupo taxonómico utilizado es uno de los grupos de la mesofauna terrestre que mejor corresponden a las características que se requieren para los análisis de biodiversidad. De hecho, su estructura taxonómica es bastante bien conocida, al menos en lo que se refiere a la fauna del Euromediterráneo, para cuyo estudio se dispone de una extensa literatura sistemática y faunística, también de nivel monográfico (Ba-

raud, 1977, 1985, 1992; Janssens, 1950; Britton, 1956; Mikšić, 1956, 1970; Panin, 1957; Tesař, 1957; Paulian, 1959; Balthasar, 1963; Iablokov-Khnzorian, 1967; Stebnicka, 1976; Paulian y Baraud, 1982; Zunino, 1984; Lumaret, 1990; Holland *et al.*, 1998; Dellacasa, 2003; Kabakov, 2006), así como de importantes obras de síntesis en campo ecológico y etológico (Halfpeter y Matthews, 1966; Halfpeter y Edmonds, 1982; Hanski y Cambefort, 1991). Cabe subrayar que el programa Diversitas (IUBS; Unesco, 1992) incluye a los Scarabaeoidea degradadores entre los grupos clave para inventariar y monitorear la biodiversidad (Halfpeter y Favila, 1993; Halfpeter, 1994; Spector, 2006).

Las preguntas particulares formuladas en este trabajo

PALABRAS CLAVE / Diversidad Alfa / Escarabajos Coprófagos / Italia / Reemplazo de Especies / Riqueza de Especies /

Recibido: 22/08/2011. Aceptado: 22/11/2011.

Rossana Agogliatta. Doctora en Ciencias Ambientales y Becaria posdoctoral, Università degli studi di Urbino "Carlo Bo" (Uniuurb), Italia. Dirección: Departamento de Ciencias de la Tierra, de la Vida y del Medio Ambiente, Universidad de Urbino, Campus Científico "E.

Mattei", Loc. Crocicchia, 16129 Urbino, Italia. e-mail: rossana.agogliatta@uniurb.it

Claudia E. Moreno. Doctora en Ciencias en Ecología y Manejo de Recursos Naturales, Instituto de Ecología, A.C., México. Profesora-Investigadora, Universidad Autónoma del Estado

de Hidalgo, México. e-mail: cmoreno@uaeh.edu.mx

Michele Rossini. Licenciado en Ciencias, Biodiversidad y Conservación Animal, Università degli Studi di Torino, Italia. e-mail: michelerosini_1983@libero.it

Mattia Tonelli. Pasante de Licenciatura en Ciencias, Uniuurb,

Italia. e-mail: palmipedone85@yahoo.it

Mario Zunino. Doctor en Ciencias Biológicas, Università degli Studi di Torino, Italia. Profesor, Uniuurb, Italia. e-mail: mario.zunino@uniurb.it

TEMPORAL VARIATION IN THE DIVERSITY AND COMPOSITION OF A COPROPHYLOUS COMMUNITY OF THE EUROMEDITERRANEAN REGION (COLEOPTERA: SCARABAEOIDEA)

Rossana Agoglitta, Claudia E. Moreno, Michele Rossini, Mattia Tonelli and Mario Zunino

SUMMARY

Despite the increasing interest to understand the long term variability in biodiversity, especially in the face of drastic environmental changes, it is very difficult to have reliable data from comparative samplings. The core question of this paper is: how do dung beetle (Coleoptera: Scarabaeoidea) species richness, abundance, diversity and composition change, in two communities of central Italy over an eight year lag? The first sampling period was carried out between 2001 and 2002, and the second period over 2010. Samples recorded a total of

4793 individuals belonging to 39 dung beetles. The number of individuals was exceptionally high in one of the communities during the first sampling period. Both species richness and diversity decreased from the first to the second sampling period, and the rate of species turnover reached 37%. These results represent the first record of long term changes for this group in the Euromediterranean region, and could be used as a baseline for monitoring ecological communities in view of the environmental changes through time.

VARIAÇÃO TEMPORAL NA DIVERSIDADE E COMPOSIÇÃO DE UMA COMUNIDADE COPRÓFILA DO EUROMEDITERRÂNEO (COLEOPTERA: SCARABAEOIDEA)

Rossana Agoglitta, Claudia E. Moreno, Michele Rossini, Mattia Tonelli e Mario Zunino

RESUMO

Apesar do interesse crescente em entender a variabilidade da biodiversidade em longo prazo, especialmente de cara a mudanças ambientais drásticas, é muito difícil contar com dados confiáveis provenientes de amostragens comparáveis. A pergunta central deste trabalho é: como tem mudado a riqueza, abundância, diversidade e composição de espécies de besouros coprófagos (Coleoptera: Scarabaeoidea) em duas comunidades do centro da Itália, em um lapso de oito anos? O primeiro período de amostragem foi realizado entre 2001 e 2002, e o segundo período durante 2010. As amostragens registra-

ram um total de 4.793 indivíduos pertencentes a 39 espécies de Scarabaeidae. Em uma das comunidades foi excepcionalmente alto o número de indivíduos registrados durante o primeiro período. Tanto a riqueza como a diversidade de espécies diminuíram do primeiro para o segundo período, e a taxa de substituição na composição de espécies chegou a 37%. Estes resultados constituem o primeiro registro de mudanças no longo prazo para este grupo biológico na região Euromediterrânea, e poderiam constituir uma base para o acompanhamento das comunidades ante as mudanças ambientais no tempo.

son: 1) ¿cómo varía la riqueza y diversidad de escarabajos coprófagos en dos períodos de tiempo separados por ocho años, en dos comunidades locales del centro de Italia? y 2) ¿cuál es la tasa de reemplazo en la composición de especies entre períodos de muestreo y entre comunidades, considerando tanto datos de presencia-ausencia como datos de la abundancia relativa de las especies? Estos cambios temporales en la riqueza, diversidad y composición de especies podrían indicar la influencia de distintos procesos en la estructuración de las comunidades de Scarabaeoidea en la región Euromediterránea, y constituir una línea de base para el monitoreo de las comunidades en función de los cambios en el tiempo.

Materiales y métodos

Área de estudio y muestreos de escarabajos

El área de estudio forma parte del Municipio de Isola del Piano, Provincia de Pesaro y Urbino, y se localiza en el sistema de colinas y serranías de los pre-Apeninos, a una altitud de 550msnm. Se ubicaron dos estaciones de muestreo, Ca' Battistelli y Ca' Cecilia, orientados hacia el SE y NO, respectivamente, separadas por una barranca, alejadas una de otra por ~1km en línea recta. Ambas estaciones incluyen parcelas de pasto, utilizadas por ganado vacuno y en ocasiones ovejas, zonas con bosque de tala y zonas con matorral con prevalencia de retama. Cabe subrayar que en el período entre los dos mues-

treos (2001-2010) no hubo ningún cambio en el uso antrópico del suelo y del territorio.

Los muestreos se efectuaron en dos períodos, el primero de ellos entre octubre 2001 y octubre 2002 (Alunni, 2002; Tiberi, 2002; Agoglitta *et al.*, 2010), y el segundo entre marzo y diciembre de 2010 (Rossini, 2011), utilizando trampas de caída con cebo: recipientes cilíndricos en plástico rígido de 28cm de profundidad y 28cm de diámetro, enterrados, en parte rellenos con suelo del lugar y cebados con 1-1,5 litros de excremento vacuno fresco. Las trampas se colocaron cada 15 días, quedando en función durante 24h. Para cada estación se colocaron tres trampas, una en cada formación vegetal (pastizal, bosque de tala y matorral) en los vérti-

ces de un triángulo con lados entre 100 y 150m. El mismo protocolo y los mismos puntos de muestreo se repitieron en ambos períodos. La metodología adoptada permite una comparación rigurosa de los datos obtenidos, en términos tanto espaciales como temporales (Hanski y Cambefort, 1991). El material colectado fue identificado de acuerdo con Baraud (1992) para los Scarabaeidae y Geotrupidae, y según Dellacasa y Dellacasa (2006) para los Aphodiinae. El material se conserva en el laboratorio del último autor.

Análisis de datos

En total se consideraron 14 fechas de muestras para el período 2001-2002, y 15 muestras para el 2010, tanto en Ca' Battistelli y Ca' Ceci-

lia. Para cada una de las dos estaciones y en cada uno de los dos períodos (cuatro comunidades en total) se construyó una curva de rarefacción utilizando el programa PAST (Hammer *et al.*, 2007), que permite comparar números de especies acumuladas en distintas comunidades cuando el tamaño de las muestras es diferente, calculando el número de especies esperadas en cada una de ellas conforme aumenta el número de individuos. Con estas curvas es posible comparar la riqueza de especies acumulada entre comunidades estandarizando a un mismo tamaño de muestra (el número de individuos de la comunidad con menor abundancia).

La diversidad α se evaluó mediante el número de especies efectivas en las comunidades, utilizando la diversidad 'verdadera' de orden 1 (Jost, 2006). La diversidad verdadera corresponde a la diversidad virtual de una comunidad integrada por S especies representadas todas por el mismo número de individuos (especies efectivas); es decir, igualmente repartidas en la muestra (Jost, 2006, 2007; Jost *et al.*, 2010; Toumisto, 2010a, b; Veech y Crist, 2010a, b; Moreno *et al.*, 2011). Para calcularla hemos aplicado la ecuación

$${}^1D = \exp\left(-\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i\right) = \exp(H')$$

donde p_i : abundancia relativa de la especie i en la comunidad, y H' : valor del índice de entropía de Shannon (Jost, 2006).

La tasa de reemplazo en la composición de especies, tanto entre diferentes años de la misma comunidad, como entre las dos comunidades durante el mismo período de muestreo, se cuantificó como

TABLA I
ABUNDANCIA, RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE LAS ESPECIES DE COLEÓPTEROS SCARABAEOIDEA EN DOS ESTACIONES UBICADAS EN EL CENTRO DE ITALIA, DURANTE DOS PERÍODOS DE MUESTREO SEPARADOS POR OCHO AÑOS

Especie	Ca' Cecilia 2001-2002	Ca' Cecilia 2010	Ca' Battistelli 2001-2002	Ca' Battistelli 2010
<i>Geotrupes spiniger</i> (Marsham, 1802)	2	0	2	0
<i>Sericotrupes niger</i> (Marsham, 1802)	21	7	4	4
<i>Bubas bison</i> (Lineo, 1767)	35	1	8	34
<i>Euoniticellus fulvus</i> (Goeze, 1777)	0	4	6	6
<i>Onthophagus (s. str.) taurus</i> (Schreber, 1759)	20	6	34	49
<i>Onthophagus (P.) coenobita</i> (Herbst, 1783)	239	64	229	22
<i>Onthophagus (P.) fracticornis</i> (Preyssl, 1790)	1174	155	264	278
<i>Onthophagus (P.) grossepunctatus</i> Reitter, 1905	5	13	73	42
<i>Onthophagus (P.) lemur</i> (Fabricius, 1781)	0	29	1	53
<i>Onthophagus (P.) semicornis</i> (Panzer, 1798)	1	0	0	0
<i>Onthophagus (P.) vacca</i> (Lineo, 1767)	8	4	52	9
<i>Acrossus luridus</i> Fabricius, 1775	52	81	76	30
<i>Melinopterus consputus</i> (Creutzer, 1799)	883	5	60	9
<i>Melinopterus prodromus</i> (Brahm, 1790)	15	43	23	31
<i>Melinopterus stolzi</i> (Reitter, 1906)	0	2	1	0
<i>Melinopterus reyi</i> (Reitter, 1892)	0	3	7	0
<i>Agrilinus convexus</i> Erichson, 1848	0	16	3	10
<i>Colobopteris erraticus</i> (Lineo, 1758)	16	8	66	28
<i>Esymus pusillus</i> (Herbst, 1789)	0	12	3	16
<i>Phalacrothothus biguttatus</i> (Germar, 1824)	0	1	0	2
<i>Euorodalus paracoenosus</i> (Balthasar & Hrubant, 1960)	1	2	60	8
<i>Bodilopsis rufa</i> (Moll, 1782)	0	4	1	8
<i>Nimbus johnsoni</i> (Baraud, 1976)	8	63	1	11
<i>Sigorus porcus</i> (Fabricius, 1792)	2	1	1	1
<i>Chilothorax paykulli</i> (Bedel, 1907)	7	1	3	0
<i>Chilothorax lineolatus</i> (Illiger, 1803)	0	0	0	1
<i>Aphodius coniugatus</i> (Panzer, 1795)	1	0	1	0
<i>Aphodius fimetarius</i> (Lineo, 1758)	11	0	3	2
<i>Aphodius foetidus</i> (Herbst, 1783)	4	0	0	0
<i>Calamosternus granarius</i> (Lineo, 1767)	7	0	0	0
<i>Labarrus lividus</i> (Olivier, 1789)	1	0	0	0
<i>Loraphodius suarius</i> (Faldermann, 1835)	96	0	2	0
<i>Phalacrothothus quadrimaculatus</i> (Lineo, 1761)	1	0	0	0
<i>Planolinoides borealis</i> (Gyllenhal, 1827)	1	0	0	0
<i>Otophorus haemorroidalis</i> (Lineo, 1758)	0	0	7	0
<i>Esymus merdarius</i> (Fabricius, 1775)	0	0	1	0
<i>Bodiloides ictericus ghardimaouensis</i> (Balthasar, 1929)	0	0	0	9
<i>Acanthobodilus immundus</i> (Creutzer, 1799)	0	0	0	1
<i>Limarus zenkeri</i> (Germar, 1813)	0	0	0	1
Número total de individuos	2611	525	992	665
Riqueza de especies	25	23	28	25
Diversidad	4,39	9,55	9,61	9,61

$$\left({}^qD_{\beta}-1\right) / (N-1)$$

donde ${}^qD_{\beta}$: diversidad beta entre muestras, y N : número de muestras (Jost, 2007). Esta tasa de reemplazo por muestra se calculó de dos maneras: 1) considerando únicamente la presencia-ausencia de las especies en las muestras, dando un valor de 0 al exponente q de la fórmula; y 2) tomando en cuenta la abundancia relativa de las especies en cada muestra, con un valor de 1 en el exponente q (Jost, 2007).

La tasa de reemplazo por muestra y su error estándar se obtuvieron mediante bootstrap, utilizando 1000 iteraciones, con el paquete Vegetarian de R (R Development Core Team, 2011).

Resultados

Abundancia y riqueza de especies

Entre las dos comunidades y juntando ambos períodos de muestreo, se registró un total de 4793 individuos pertenecientes

a 39 especies de escarabeidos. El muestreo de 2001-2002 acumuló un total de 3603 individuos pertenecientes a 34 especies, mientras que en el período de 2010 se registraron 1190 individuos de 28 especies.

En ambas comunidades se registró una mayor abundancia durante el período 2001-2002; sin embargo, la mayor diferencia se observó en Ca' Cecilia, donde el muestreo de 2010 capturó únicamente el 20% del número de individuos registrados en 2001-2002, mientras

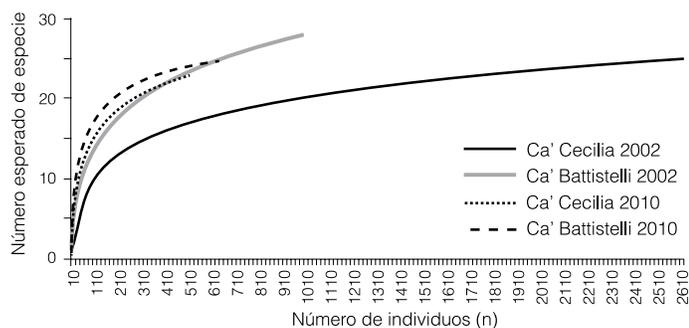


Figura 1. Curvas de rarefacción de especies de coleópteros Scarabaeoidea en dos estaciones de muestreo ubicadas en el centro de Italia, durante dos periodos de muestreo separados por ocho años.

que en Ca' Battistelli el segundo periodo de muestreo registró el 67% de la abundancia registrada durante el primer periodo (Tabla I).

De igual forma, la riqueza de especies total de las comunidades también fue menor en el periodo de muestreo de 2010, disminuyendo de 25 a 23 especies Ca' Cecilia, y de 28 a 25 especies en Ca' Battistelli (Tabla I). Sin embargo, al comparar las comunidades a un tamaño de muestra estandarizado de 525 individuos, el panorama es totalmente diferente. Para la comunidad de Ca' Cecilia el primer periodo de muestreo (2001-2002) resulta con una riqueza de especies significativamente menor (17,2 especies de acuerdo con la curva de rarefacción; Figura 1) que la riqueza de especies registrada en 2010 (23 especies; Figura 1). Por otro lado, en la comunidad de Ca' Battistelli no hay una diferencia significativa en la riqueza registrada en los dos periodos de muestreo (25,18 y 25 especies para 2001-2002 y para 2010, respectivamente) cuando se estandarizan las muestras a un tamaño de 665 individuos (Figura 1).

Diversidad α

Para el periodo de muestreo de 2010 en la estación Ca' Cecilia ocurrió un aumento de la diversidad con respecto a 2001-2002. En el primer periodo de muestreo la diversidad es de apenas 4,39 especies efectivas, mientras que para el segundo periodo la diversidad aumenta a 9,55 especies efectivas (Tabla I). Es decir, en el periodo de 2010 se registró más del doble de la diversidad de escarabaeidos que la registrada en el periodo de 2001-2002 (2,17 veces más diversidad en el segundo periodo de muestreo).

Sorprendentemente, en Ca' Battistelli la diversidad de especies registrada en los dos periodos de muestreo fue exactamente la misma: 9,61 especies efectivas (Tabla I), la cual es muy semejante a la diversidad registrada en Ca' Cecilia durante el periodo de muestreo de 2010. Por lo tanto, en términos sincrónicos, en el primer periodo de muestreo la diversidad de escarabaeidos en comunidad de Ca' Cecilia representa tan solo un 45,74% de la diversidad registrada en Ca' Battistelli, mientras que en el segundo periodo de muestreo la diversi-

dad de ambas comunidades es muy similar.

Para los datos acumulados de las dos comunidades, durante el periodo de muestreo de 2001-2002 la diversidad de escarabajos es de 6,42 especies, mientras que para el periodo de 2010 es de 10,69 especies efectivas; es decir, que sin considerar la ubicación espacial, la diversidad de Scarabaeoidea resultó ser 1,66 veces mayor ocho años después del primer muestreo.

Tasa de reemplazo en la composición de especies

Al comparar los dos periodos de muestreo separados por ocho años se observó que en la comunidad de Ca' Cecilia hay una mayor diferenciación en la composición de especies que en la comunidad de Ca' Battistelli, tanto con datos de presencia-ausencia como con datos de abundancia (Tabla II). La alta tasa de reemplazo entre los periodos de muestreo de la comunidad de Ca' Cecilia se debe a que de las 33 especies registradas, solo 15 se encontraron presentes en los dos muestreos (diez especies solo se registraron en 2001-2002, y ocho especies solo se registraron en 2010), y hubo claras diferencias en su abundancia relativa.

Por otro lado, al evaluar los cambios en la composición de especies entre las dos comunidades estudiadas dentro de cada periodo de muestreo, se registró una mayor similitud entre las comunidades durante el muestreo del año 2010 en comparación con el primer periodo de 2001-2002. Esta tendencia se observó tanto con datos de presencia-ausencia como con datos de abundancia, aunque en ambos periodos con los datos de

presencia-ausencia se obtienen valores de reemplazo más altos que la tasa de reemplazo calculada con base en la abundancia relativa (Tabla II).

Discusión

Los patrones de cambio de la biodiversidad a través del tiempo son difíciles de estudiar debido a la falta de datos comparables que provean información confiable de muestreos separados por un lapso de varios años. Para este trabajo se aprovechó la información disponible de una región del centro de Italia y se documenta que, a pesar de que el uso de suelo aparentemente no se ha modificado, en un periodo de ocho años se han detectado cambios en las comunidades de coleópteros Scarabaeoidea. También existe variación espacial entre las estaciones de muestreo, aún dentro del mismo periodo de muestreo.

La baja diversidad de especies registrada en el periodo 2001-2002 de Ca' Cecilia se debe a la clara dominancia de las especies más abundantes: *Onthophagus (P.) fracticornis*, *Melinopterus prodromus* y *O. (P.) coenobita*, que representan el 88% del número total de individuos registrados en esa comunidad (44,96; 33,82 y 9,15% respectivamente), y de dos a cuatro veces más la abundancia total de individuos en la otra comunidad. La dominancia de estas especies determinó también la gran abundancia de esta muestra con respecto a la muestra de la misma estación en el segundo periodo, y con respecto a las dos muestras de la estación de Ca' Battistelli.

En general, la tasa de reemplazo de especies es baja, con un máximo de 37,5%. Los valores más altos se deben a las diferencias en la composición de especies en la estación de Ca' Cecilia en el periodo 2001-2002, ya sea en el reemplazo temporal (con el segundo periodo de la misma estación), o en el reemplazo espacial (con la otra estación de muestreo en el mismo periodo).

En términos puntuales, si el cambio diacrónico en la composición de especies y la reducción

Tabla II
TASA DE REEMPLAZO EN LA COMPOSICIÓN DE ESPECIES DE COLEÓPTEROS SCARABAEOIDEA ENTRE PERIODOS DE MUESTREO DE UNA MISMA COMUNIDAD, Y ENTRE COMUNIDADES DURANTE MOMENTOS SINCRÓNICOS*

	Reemplazo con datos de presencia-ausencia (q=0)	Reemplazo con datos de abundancia (q=1)
Ca' Cecilia 2001-2002 vs Ca' Cecilia 2010	0,3750 (0,0365)	0,3063 (0,0153)
Ca' Battistelli 2001-2002 vs Ca' Battistelli 2010	0,2453 (0,0354)	0,1574 (0,0131)
Ca' Cecilia 2001-2002 vs Ca' Battistelli 2001-2002	0,2830 (0,0358)	0,2090 (0,0116)
Ca' Cecilia 2010 vs Ca' Battistelli 2010	0,1667 (0,0339)	0,1166 (0,0126)

Entre paréntesis el error estándar.

en la riqueza y diversidad de las comunidades estudiadas no son irrelevantes ni casuales, el único factor al que podemos reconducir lo observado son las anomalías climáticas que han involucrado el área investigada, especialmente los veranos de 2003 y 2004, excepcionalmente tórridos y secos, y algunos inviernos con nevadas excepcionales por la gran cantidad y larga permanencia de la capa de nieve. Es posible suponer que tales anomalías sean responsables tanto de la reducción de la abundancia de las poblaciones, como del cambio en la estructura taxonómica de la comunidad.

En términos generales, los resultados sugieren que las comunidades de escarabaeidos en el Euromediterráneo pueden tener cambios estructurales importantes a largo plazo. Si bien el lapso de tiempo analizado en este trabajo no permite evaluar con precisión la influencia directa de la variación ambiental en la zona, sí provee un marco de referencia para iniciar el monitoreo de las comunidades. Para ello, el uso de los coleópteros escarabaeidos representa ventajas considerables porque su bajo costo de muestreo podría permitir plantear programas de seguimiento en el tiempo, a distintas escalas, con un registro simultáneo de los procesos que potencialmente pueden influir en las comunidades. Además, un análisis biogeográfico, que formará el objeto de un próximo trabajo, podría arrojar nueva luz sobre este tema.

AGRADECIMIENTOS

Parte de los análisis de datos y redacción del trabajo se realizó con apoyo del proyecto 84127 del Fondo Sectorial de Ciencia Básica SEP-CO-NACYT (México).

REFERENCIAS

- Agolitta R, Badulato G, Galassi G, Garaffa Botta G, Zunino M (2010) Caratterizzazione di una taxocenosi a coleotteri Scarabaeidae degradatori. Proposte per il monitoraggio degli effetti del cambio climatico tramite l'analisi di un gruppo indicatore (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Mem. Soc. Entomol. It.* 89: 209-227.
- Alunni S (2002) *La Cenosi a Scarabaeoidea Degradatori del Pascolo Bovino in un'Area Collinare dell'Urbinate: Aspetti Funzionali e Biogeografici*. Tesis. Università d'Urbino Carlo Bo. Urbino, Italia. 104 pp.
- Balthasar V (1963) *Monographie der Scarabaeidae und Aphodiidae der Palaearktischen und Orientalischen Region* (Coleoptera Lamellicornia). Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften. Praga, Checoslovaquia. Vol. 1, 391 pp.; vol. 2, 267 pp.; vol. 3, 653 pp.
- Baraud J (1977) Coléoptères Scarabaeoidea, faune de l'Europe occidentale: Belgique, France, Grand-Bretagne, Italie, Péninsule Ibérique. *Nouv. Rev. Ent. VII suppl.* 1-352.
- Baraud J (1985) Coléoptères Scarabaeoidea. *Faune du Nord de l'Afrique du Maroc au Sinai*. Encyclopédie Entomologique. Vol. XLVI. Lechevalier, Paris, Francia. 651 pp.
- Baraud J (1992) Coléoptères Scarabaeoidea d'Europe. *Faune de France. France et Régions Limitrophes*. Vol. 78. Société Linéenne de Lyon. Lyon, Francia, 856 pp.
- Britton EB (1956) *Handbook for Identification of British Insects*. 5. Coleoptera II. Scarabaeoidea. Royal Entomological Society. Londres, RU. 29 pp.
- Dellacasa M (2003) Scarabaeoidea "Laparosticta" di Corsica. *Atti S. T. S. N. Memorie, Ser. B Vol. CX*. 361 pp.
- Dellacasa G, Dellacasa M (2006) Coleoptera Aphodiidae, Aphodiinae. *Fauna d'Italia Vol. XLI Coleoptera Aphodiidae Aphodiinae*. Calderini de Il Sole 24 Ore. Milán. Italia. 484 pp.
- Escobar F, Halfftter G, Solis A, Halfftter V, Navarrete D (2008) Temporal shifts in dung beetle community structure within a protected area of tropical wet forest: a 35-year study and its implications for long-term conservation. *J. Appl. Ecol.* 45: 1584-1592.
- Halfftter G (1994) ¿Qué es la biodiversidad? *Bull. Inst. Catal. Hist. Nat.* 62: 5-14.
- Halfftter G, Edmonds WD (1982) *The nesting behaviour of dung beetles (Scarabaeinae): an ecological and evolutive approach*. Instituto de Ecología. México, D.F., 176 pp.
- Halfftter G, Favila ME (1993) The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analyzing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biol. Int.* 27: 15-21.
- Halfftter G, Matthews E (1966) *The Natural History of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae* (Coleoptera, Scarabaeidae). *Folia Entomol. Mex.* 12-14: 1-312. Reimpreso por Medical Books di G. Cafaro (1999). Palermo, Italia.
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD (2007) *PAST: Palaeontological Statistics*, Ver. 1.73. Available on internet: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>
- Hanski I, Cambefort Y (1991) *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press. Princeton, NJ, EEUU. 481 pp.
- Holland A, Thérond J, Dellacasa G (1998) *Aphodiidae du Nord de l'Afrique (Coleoptera Scarabaeoidea)*. Monografie XXI Museo Regionale di Scienze Naturali. Torino, Italia. 280 pp.
- Iablokov-Khnzorian SM (1967) *Fauna Armjanskoy SSR. VI. Scarabaeoidea*. Izvestiya Akademii Nauk Armyanskoy SSR. Ereván, Armenia. 224 pp.
- Janssens A (1950) *Faune de Belgique. Insectes Coléoptères Lamellicornes*. Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique. Bruselas, Bélgica. 411 pp.
- Jost L (2006) Entropy and diversity. *Oikos* 113: 363-375.
- Jost L (2007) Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology* 88: 2427-2439.
- Jost L, DeVries P, Walla T, Greeney H, Chao A, Ricotta C (2010) Partitioning diversity for conservation analysis. *Div. Distrib.* 16: 65-76.
- Kabakov ON (2006) *Plastinčatousye Žuki podsemejsva Scarabaeinae fauny Rossii i sopredel'nykh stran*. T. n. i. KMK. Moscú, Rusia. 374 pp.
- Lumaret JP (1990) *Atlas de Coléoptères Scarabéides Laparosticti de France*. Secrétariat de la Faune et de la Flore. Paris, Francia. 419 pp.
- Mikšič R (1956) *Fauna Insectorum Balcanica. Scarabaeidae. Vol. 6 (1/2)*. Godinjsk Biološkag Instituta Sarajevo. Sarajevo, Yudoslavia. 281 pp.
- Mikšič R (1970) *Katalog der Lamellicornia Jugoslaviens*. Institut za Šumarstvo Sarajevo. Sarajevo, Yudoslavia. 57 pp.
- Moreno CE, Barragán F, Pineda E, Pavón NP (2011) Reanalizando la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Rev. Mex. Biodiv.* 82: 1249-1261.
- Panin S (1957) *Fauna Republicii Populare Romine, Insecta 10 (4), Coleoptera, Scarabaeidae*. Academiei Republicii Populare Romane. Bucarest, Rumania. 315 pp.
- Paulian R (1959) *Coléoptères Scarabéides. Faune de France. Vol. LXIII. 2^a ed.* Lechevalier. Paris, Francia. 298 pp.
- Paulian R, Baraud J (1982) *Faune des Coléoptères de France. II Lucanoidea et Scarabaeoidea*. Lechevalier. Paris, Francia. 477 pp.
- R Development Core Team (2011) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0 www.R-project.org/
- Rossini M (2011) *Biodiversità, Gruppi Indicatori e Cambiamento Climatico. Studio di una Taxocenosi a Coleotteri Scarabaeoidea Degradatori*. Tesis. Universidad de Torino. Italia. 80 pp.
- Shurin JB (2007) How is diversity related to species turnover through time? *Oikos* 116: 957-965.
- Spector S (2006) Scarabaeinae dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae): Scarabaeinae: an invertebrate focal taxon for biodiversity research and conservation. *Coleop. Bull.* 60: 71-83.
- Stebnicka Z (1976) Scarabaeidae laparosticti. In: *Klucze do oznaczania owadów Polski [Keys for identification of Polish insects]. Part XIX (28a): Coleoptera*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Varsovia, Polonia. 139 pp.
- Tesar Z (1957) *Fauna ČSR II. Brouci listorozi - Lamellicornia II*. Nakladatelství ČSAV. Praga, Checoslovaquia. 325 pp.
- Tiberi S (2002) *La Cenosi a Scarabaeoidea Degradatori di un'Area Collinare Seminaturore dell'Urbinate: Aspetti Funzionali e Biogeografici*. Tesis. Università d'Urbino Carlo Bo. Urbino, Italia. 107 pp.
- Toumisto H (2010a) A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Ecography* 33: 2-22.
- Toumisto H (2010b) A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 2. Quantifying beta diversity and related phenomena. *Ecography* 33: 23-45.
- Unesco (1992) *DIVERSITAS, the IUBS-SCOPE-UNESCO Programme on Biological Diversity*. UNESCO. Paris, Francia. 6 pp.
- Veech JA, Crist TO (2010a) Diversity partitioning without statistical independence of alpha and beta. *Ecology* 91: 1964-1969.
- Veech JA, Crist TO (2010b) Toward a unified view of diversity partitioning. *Ecology* 91: 1988-1992.
- Zunino M (1984) Sistemática generica dei Geotrupinae (Coleoptera, Scarabaeoidea): Geotrupidae), filogenesi della famiglia e considerazioni biogeografiche. *Boll. Mus. Regi. Sc. Nat. Torino* 2: 9-162.