

EL PLURICULTIVO Y LA PRESENCIA DE MÁRGENES MANTIENEN LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA EN LOS AGROSISTEMAS

FRANCISCO PEDRO ABÓS*

RESUMEN

La diversidad biológica del agrosistema varía según las técnicas de cultivo utilizadas.

Se compara la diversidad ecológica entre paisajes del agrosistema con distintos grados de intervención agraria en la comarca del Somontano de Barbastro (sierras Marginales del Prepirineo Aragonés), utilizando como bioindicador la estructura faunística de las comunidades de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea & Hesperioidea).

Se analiza la influencia que el índice de parcelación y el nivel de gestión agraria ejercen sobre las comunidades de estos insectos, así como la acción positiva de la presencia de márgenes, llegando a la conclusión que una superficie del 3-9 % de la cultivada dejada en islas sin cultivar o en márgenes con vegetación espontánea condiciona el mantenimiento de una diversidad biológica adecuada.

El pluricultivo mantiene mayor diversidad biológica que el monocultivo y el paisaje en mosaico con diversificación de cultivos entre el ecosistema natural tiene capacidad de albergar una diversidad biológica elevada.

Palabras clave: Agrosistema. Pluricultivo. Márgenes. Diversidad Biológica. Mariposas. Lepidoptera. Somontano. Prepirineo.

SUMMARY

The multiculative system and the field margins, maintains the biological diversity in agrosystems.

The agrosystem diversity changes with the different agrarian practices.

The ecological diversity between agrosystem landscapes with different agrarian practices in Barbastro-Somontano district (Prepyrenean Aragonese range) is compared, using the faunistic structure of butterfly communities (Lepidoptera: Papilionoidea & Hesperioidea) as indicator.

*Laboratorio de Anatomía Animal. Universidad de Vigo

Recibido: 17.12.2001

Aceptado: 24.04.2002

The influence of the level of land division, agrarian management intensity and abundance of margins is analyzed. It is concluded that a surface 3-9 % of the cultivated field left in uncultivated islands or in margins with spontaneous vegetation collaborates to keep a suitable biological diversity. The multiculture system maintains more biological diversity than the monoculture system; the landscape patches with a diversity of crops in a mosaic with the natural ecosystem, maintains a high biological diversity.

Key words: Agrosystem. Multiculative. Field Margins. Biological Diversity. Butterflies. Lepidoptera. Somontano. Prepyrenean.

INTRODUCCIÓN

La agraria es una de las actividades humanas con mayor incidencia en los ecosistemas naturales; las prácticas agrarias tradicionales han contribuido a la organización de ciertos paisajes ambientalmente valiosos, donde alternan campos cultivados y ecosistemas naturales que han permanecido diversificados por la constante actividad antrópica; sin embargo esa misma actividad cuando es aplicada de forma intensiva en espacio y tiempo, puede disminuir la diversidad biológica del sistema.

Para la estimación de la diversidad biológica se ha elegido como indicador la taxocenosis Papilionoidea & Hesperioidea (insecta: Lepidoptera) por su vinculación al mundo vegetal, propuesta frecuentemente como tal (BROWN 1991; KREMEN 1992; LUFF y WOIWOD 1995; BLAIR y LAUNER 1997; OOSTERMEIJER y SWAAY 1998) por su fácil identificación y por su bien conocida biología (HOLL 1996), siendo uno de los grupos taxonómicos más utilizados como indicador de diversidad (THOMAS, C.D. 1991; BECCALONI y GASTON 1995) y como buen indicador de perturbaciones sobre el paisaje (WOOD y GILLMAN 1998) y de los cambios generales que se producen en praderas y pastos seminaturales (RIBERA y FORSTER 1997). Estos insectos son particularmente sensibles a algunos cambios medioambientales, respondiendo más rápidamente que las plantas a cambios en la estructura y en el microclima de sus hábitats (McLEAN *et al.* 1995) y a las alteraciones de los biotopos (GEIGER *et al.* 1987).

La distribución de las especies de mariposas está relacionada directamente con la riqueza en especies de plantas (ERHARDT 1985; GILBERT 1989; MURPHY y WILCOX 1986 en HOLL 1996) y con la cubierta vegetal (VIEJO y SANCHEZ CUMPLIDO 1982; HOLL 1996; THOMAS y MALLORIE 1985).

Estudios recientes sobre ecología de las mariposas en tierras cultivadas hacen alusión principalmente al impacto que el manejo de distintos sistemas de cultivo ejercen sobre su abundancia (DOVER 1988; 1991; 1996; DOVER *et al.* 1990), a la restauración de márgenes cultivadas o al movimiento de mariposas entre bloques de hábitats y a lo largo de hábitats parecidos (DOVER 1990; 1991; DOVER *et al.* 1992) demostrando los beneficios que reportan las márgenes como fuentes de néctar, alimento de las larvas y corredores en la dispersión de los individuos (DOVER y BOATMAN 1994). La diversidad se ve reducida cuando se produce sustitución de las teselas de cultivos diversos por unidades más extensas de monocultivo (VIEJO 1990).

La intensificación de la agricultura dando lugar a grandes extensiones de monocultivo, ha relegado la vegetación espontánea a pequeñas islas entre los campos de cultivo y a pequeños remanentes dispersos y ocasionales (GREENSLADE 1992; FRY y ROBSON 1994), empobreciendo el hábitat en riqueza en mariposas (DOVER y BOATMAN 1994; SPARKS y PARISH 1995) reduciéndolo a unas pocas especies móviles y adaptables (THOMAS 1995; FEBER *et al.* 1996) con descenso de otras muchas (KAABER y

NIELSON 1988; VAN SWAAY 1990; FEBER *et al.* 1996).

La presencia de márgenes y yermos libres de aplicación de pesticidas tiene gran importancia para las poblaciones de lepidópteros y para la diversidad biológica de los agrosistemas (DOVER 1989; 1990; 1991; DOVER y BOATMAN 1994; DOVER *et al.* 1990; 1992; DAVIS *et al.* 1991; MUNGUIRA y THOMAS 1992; FEBER *et al.* 1994; DAILY y EHRlich 1995), suponiendo una oportunidad sustancial para la conservación de muchas formas de vida, incluyendo las mariposas y otros artrópodos (DENNIS y FRY 1992; BOATMAN y SOTHERTON 1988; FRANK 1996; LAGERLÖF y WALLIN 1988 en BANASZAK 1992), pudiendo usarse como "índice de calidad ambiental" (FRY 1994).

La estrategia óptima para salvaguardar la riqueza en especies de mariposas es mantener un mosaico de hábitats que incluya áreas sin perturbaciones y otras con niveles bajos de perturbación (WOOD y GILLMAN 1998).

Las márgenes y linderos de los campos son frecuentemente el único hábitat adecuado en un terreno de cultivo tanto forestal como agrícola para el establecimiento de especies salvajes. Se pretende determinar y cuantificar la incidencia

que la intensidad de la gestión agraria ejerce sobre las comunidades de mariposas, indicadores de la diversidad biológica en el agrosistema y la importancia que sobre ésta ejercen el pluricultivo, la parcelación y la presencia de márgenes e islas de terreno yermo entre campos de cultivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación de la investigación

La investigación se desarrolla en la comarca geográfica del Somontano de Barbastro (Comunidad de Aragón), situada en el piedemonte de las sierras Marginales, al sur de las Sierras Exteriores Prepirenaicas (figura 1). Coordenadas: 41° 55' a 42° 20' latitud norte. 0° 20' longitud este a 0° 10' longitud oeste.

Territorio geomorfológicamente muy variado, con orografía accidentada en la mitad norte. En la mitad sur abundan las tierras llanas y elevadas, "sasos", sobre sustrato de conglomerados de gravas y fondos de valle plano, ricos en arcillas y limos.

Clima mediterráneo continentalizado, con estación estival cálida y seca (CREUS-NOVAU 1983; CARNICER 1994) con gradiente más acu-

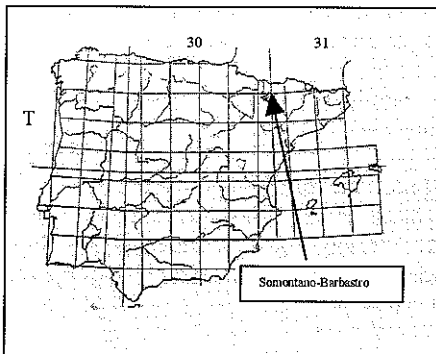
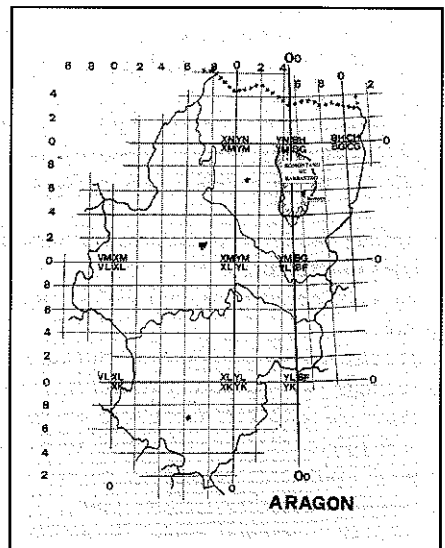


Fig. 1. Localización geográfica de la investigación (comarca Somontano de Barbastro)

Fig. 1. Geographic research location (Somontano Barbastro district).



sado de norte a sur; déficit hídrico en un período corto a fines del invierno y otro más largo de junio a septiembre. La pluviometría media de 668 mm en el norte y 633 mm en el oeste, disminuye a 431 mm en el sur y 500 en el este.

La actuación agraria en la comarca varía desde gestión tradicional y ligera en el norte a intensiva en el centro y sur. El 45,9 % de la superficie corresponde a tierras labradas, de las cuales el 27,9 % es de regadío localizado en la mitad sur; el 42,4 % corresponde a terreno forestal, la mayor parte situado en la mitad norte.

Los cultivos herbáceos ocupan el 74,7 % de las tierras labradas en secano y el 95,7 % en regadío, los leñosos el resto, almendro, vid, olivo en secano y frutal de pepita, hueso y viñedo en regadío (DIPUTACIÓN GENERAL DE ARAGÓN 1994; 1997).

El agrosistema investigado se encuadra en el Dominio de *Quercetum rotundifoliae* Br-Bl & O. de Bolòs 1956 (1957), definiéndose dos subcomarcas agrarias tanto por su situación geográfica como por el uso y la gestión:

- Subcomarca norte. Alto grado de parcelación; los cultivos se localizan sobre terrenos procedentes de roturaciones del carrascal y/o quejigar; el grado de tecnificación es bajo o medio, conformando en general un paisaje en mosaico de islas cultivadas entre el ecosistema carrascal de *Quercus ilex ballota* (Desf.) Samp. o el quejigar de *Quercus faginea* Lam.
- Subcomarca sur. Gestión agraria intensa con grandes superficies continuas de monocultivo, tanto en secano como en regadío.

Caracterización de los paisajes o formaciones vegetales muestreados

Se han considerado los siguientes amplios entornos:

1. **Agroecosistema:** Campos de cultivo entre áreas más extensas de matorral o bosque aclarado de carrascal/quejigar (norte comarcal). Se diferencian: **islas de pluricultivo** con sistema tradicional de cultivo, gestión agraria escasa o moderada, alta parcelación y numerosas márgenes, e **islas de monoculti-**

vo mayoritariamente de cereal, con gestión agraria más intensa y parcelas grandes con eliminación de márgenes.

2. **Agrosistema:** Campos de cultivo con gestión agraria más o menos intensiva, en cuyo entorno se ha eliminado en gran parte la vegetación espontánea (centro y sur comarcal). Se diferencian: **Pluricultivo de secano y de regadío**, sobre parcelas menores de 2 has, con abundantes márgenes, caminos, acequias en el regadío y barbecho en el secano; gestión agraria media o alta en secano y alta o muy alta en regadío; **Monocultivo**, gestión agraria intensa con grandes parcelas en las que quedan como únicas zonas para la vegetación espontánea las muy escasas márgenes o bordes de caminos.

En el monocultivo se diferencian: **herbáceo de secano** (cereal y barbecho), **herbáceo de regadío** (alfalfa, maíz), **arbóreo de secano** (almendro, viñedo, olivo) y **arbóreo de regadío** (frutal de pepita y hueso).

El denominado **bosque o carrascal aclarado** se utiliza como referente de la diversidad del paisaje más habitual en la comarca y cercano al ecosistema natural

En la elección de los paisajes a muestrear se siguió el criterio de intensidad en la gestión agraria y de dimensionamiento con más de 50 ha de superficie y 250 m de dimensión mínima. En cada paisaje seleccionado se localizaron tres estaciones de muestreo sin diferencias estadísticas significativas, en el oeste, centro y este comarcal.

Metodología aplicada en los muestreos

El objeto de los muestreos han sido los ejemplares de lepidópteros, superfamilias Papilionoidea y Hesperioidea sobre los paisajes antes indicados.

La técnica seguida ha sido la observación visual y en caso necesario captura con manga de entomólogo, estableciéndose por paisaje 3 muestreos mensuales entre los días 15 y 30 de cada mes, de marzo a octubre, con un total de 21 muestreos por paisaje.

Para ajustar las características del muestreo se han planteado ensayos previos, controlando el número de especies y la abundancia de ejemplares de mariposas, determinando así el tipo de muestreo a seguir: Transecto en banda zigzagante de 500 x 10 m por estación, muestreando entre las 9 y 15 hora solar y con una duración aproximada de 40 minutos.

Análisis de datos

Para el análisis estadístico se han utilizado los paquetes informáticos Statgraphics versión 6.0 y SPSS para Windows. A partir de la matriz general de abundancia poblacional, se realizó para cada paisaje un estudio de la varianza aplicando el test de Levene para comprobar la homogeneidad de las varianzas de las variables dependientes.

Para el análisis faunístico se han utilizado los datos de abundancia poblacional en los distintos paisajes aplicando índices de riqueza en especies y modelos de abundancia poblacional. Se han utilizado el número de especies por paisaje, por paisaje y mes y por 100 individuos observados (MARGALEF, 1993). Se ha aplicado también el índice de Margalef (CLIFFORD y STEPHENSON, 1975 en MAGURRAN, 1989).

$$DMg = (S-1) / \ln N$$

S nº especies
N nº total de individuos

Para determinar la diversidad ecológica de los paisajes, se han aplicado:

1. Índices estadísticos de información:

- **Índice de diversidad de Shannon & Vierner (H')** (KREBS, 1985 en MAGURRAN, 1989).- considera que los individuos se muestrean al azar a partir de una población indefinidamente grande (PIELOU, 1975) y asume que todas las especies están representadas en la muestra.

$$H' = - \sum_{i=1}^{i=n} p_i \ln p_i$$

pi proporción del nº de individuos de la especie i sobre el total

- **Índice de Equitabilidad o de Uniformidad (E).** Su valor se sitúa entre 1 (todas las especies son igualmente abundantes) y 0 (ausencia de uniformidad).

$$E = H' / H \max = H' \ln S$$

Hmax es la diversidad máxima que tendría un sistema en el que todas las especies fuesen igualmente abundantes

H' índice de Shannon

S nº especies

2. Índices de Dominancia. Consideran las especies más abundantes:

- **Índice de Simpson (Dsp)** (SIMPSON, 1949). Expresa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar pertenezcan a la misma especie

$$D_{Sp} = \sum_{i=1}^{i=n} p_i^2$$

pi ni/N

ni número de individuos de la especie i

N abundancia total

- **Índice de Berger-Parker (d)** (BERGER y PARKER, 1970). Expresa la importancia proporcional de las especies más abundantes

$$d = N_{max} / N$$

Nmax nº de individuos de la especie más abundante

En ambos índices se adopta el inverso 1/Dsp y 1/d, así el índice aumenta con el incremento de la diversidad.

- **Índice alfa normal logarítmico.** Muy útil en la medición de la diversidad del hábitat (SOUTHWOOD en MAGURRAN, 1989) relacionada con la de los insectos. Depende más de las especies con abundancia intermedia siendo el mejor discriminador según TAYLOR (1978) en MAGURRAN (1989).

Se ha estudiado la correlación entre diversidad según éste último índice y ciertos parámetros como nivel de gestión agraria, índice de parcela-

ción, abundancia de márgenes y presencia o ausencia de riego y de barbechos, a través de muestreos realizados sobre lepidópteros en paisajes con idéntica orientación y climatología y con los siguientes rangos de evaluación, de muy bajo a muy alto para cada uno de los parámetros:

Nivel de gestión agraria
 1 (sin agroquímicos) a 6 (500 unidades fertilizantes totales /ha o > 5 tratamientos pesticidas/año)

Índice de parcelación
 1 (> 10 ha/parcela) a 7 (< 0,5 ha/parcela)

Abundancia de márgenes
 1 (< 100 m margen/ha) a 7 (manto vegetal continuo)

Para comprobar la fiabilidad de estas correlaciones se halló el nivel de significación a través de una regresión múltiple para cada una de ellas.

Se realizaron muestreos específicos dirigidos a comprobar el número de especies presentes en márgenes y en centro de campo en parcelas de monocultivo superiores a 25 ha de superficie.

RESULTADOS

Estructura faunística

Hay mayor número de especies de mariposas y mayor abundancia poblacional en los pluricultivos que en los monocultivos, tanto en seco como en regadío. El análisis de varianza agrupa los paisajes en **pluricultivos-bosque aclarado** con la mayor riqueza faunística y **monocultivos** con la menor, con diferencias significativas entre ambos.

Según los índices analizados (tabla 1), la máxima diversidad se produce en islas de pluricultivo y en bosque aclarado, seguidos de pluricultivos de seco y de regadío con diversidad media; la menor diversidad en monocultivos de regadío y herbáceo de seco.

El paisaje islas de pluricultivo con presencia de áreas boscosas naturales y usos tradicionales del suelo muestra diversidad alta.

La diversidad ecológica disminuye progresivamente del bosque aclarado e islas de pluricultivo a los monocultivos, estableciéndose 3 gru-

Tabla 1. Resumen de la estructura faunística de las poblaciones de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea&Hesperioidae) en los paisajes del ecosistema agrario en el dominio del carrascal. Datos de 24 muestreos (3 por paisaje y mes, de marzo a octubre).

Table 1. Summary of faunistic structure of butterfly populations (Lepidoptera: Papilionoidea&Hesperioidae) in agrarian system landscapes in kermes-oak domain. Data of 24 samplings (3 per landscape and month from march to october).

	S%	N%	S/N	E	Nd	DMg	1/Dsp	H'	1/d	alfa
bosque aclarado	74,3	14,0	6,0	0,82	40,3	8,3	18,9	3,3	6,8	13,5
islas pluricultivo	78,2	14,8	5,9	0,75	42,8	8,7	13,7	3,1	6,0	14,2
islas monocultivo	46,1	8,6	6,0	0,62	25,0	5,5	5,7	2,2	3,4	8,4
pluricultivo seco	62,8	14,3	4,9	0,73	41,4	7,0	10,1	2,8	4,3	10,8
monocultivo herbáceo sec.	25,6	8,4	3,4	0,60	24,3	3,0	4,0	1,8	2,8	4,0
monocultivo arbóreo sec.	38,5	6,8	6,3	0,63	19,8	4,7	5,2	2,1	2,8	7,1
pluricultivo regadío	53,8	16,9	3,6	0,71	48,9	5,8	8,6	2,7	3,9	8,5
monocultivo herbáceo reg.	33,3	9,5	3,9	0,61	27,6	3,8	4,8	2,0	2,7	5,4
monocultivo arbóreo reg.	26,9	6,6	4,6	0,68	19,0	3,3	4,6	2,1	2,3	4,5

S % % sobre el nº total de especies de mariposas
 % in total butterfly species

S/N número de especies por 100 ejemplares muestreados
 Number of species per 100 specimens samplings

Nd media del número de individuos por muestreo
 Average of individuals per sampling

1/Dsp índice de diversidad de Simpson (inverso)
 Index of Simpson diversity (inverted)

1/d índice de diversidad de Berger-Parker (inverso)
 Index of Berger-Parker diversity (inverted)

N % porcentaje sobre el total de ejemplares de mariposas
 % in total butterfly individuals

E uniformidad en la distribución de las especies
 uniformity in species distribution

DMg índice de riqueza en especies de Margalef
 Index of Margalef richness

H' índice de diversidad de Shannon&Viennier
 Index of Shannon&Viennier diversity

alfa índice de diversidad alfa normal logarítmico
 Index of alfa logarithmic diversity

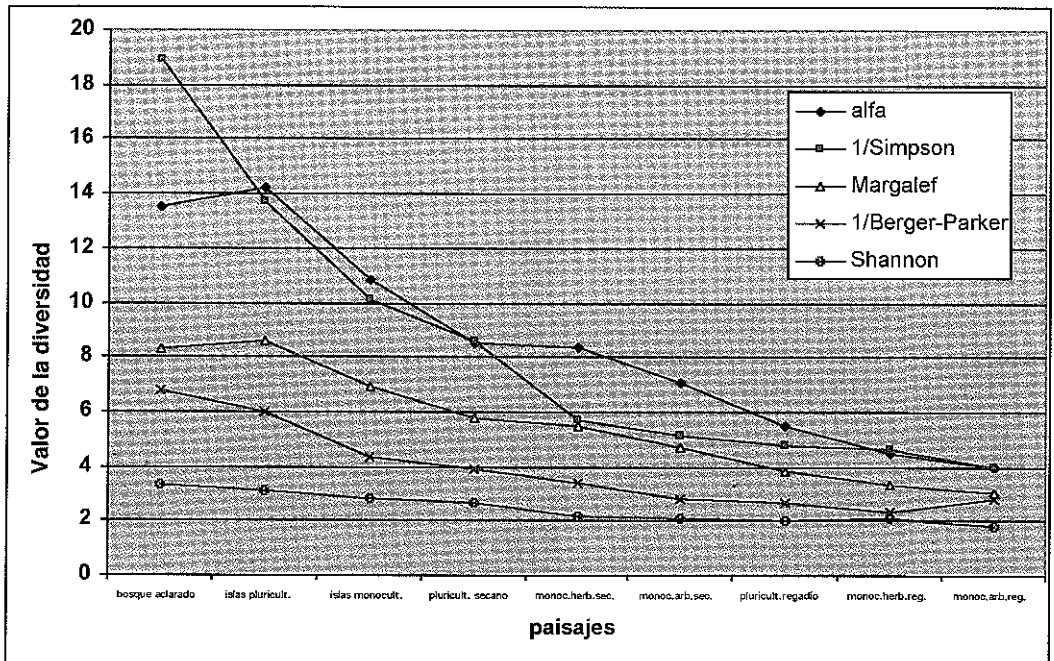


Fig. 2. Progresión de paisajes de más a menos diversidad faunística.

Fig. 2. Progressive relation of landscapes, more to less faunistic diversity

pos de paisajes de mayor a menor diversidad (figura 2):

- Bosque aclarado - islas de pluricultivo (diversidad alta)
- Pluricultivo secano - pluricultivo regadío (diversidad media)
- Monocultivos (diversidad baja)

Correlación entre ciertos parámetros agrarios y diversidad

La presencia de barbechos y la ausencia de riego se han determinado como factores incidentes de forma positiva en la diversidad.

La riqueza en especies y la abundancia poblacional de lepidópteros se correlacionan positivamente con el grado de parcelación y con la abundancia de márgenes a un nivel de significación superior al 99% (figura 3). El tamaño de las parcelas es determinante para la conservación de la diversidad biológica, correlacionándose directamente: a mayor índice de parcelación mayor diversidad (figura 3).

La diversidad se incrementa proporcionalmente con la abundancia de márgenes hasta un máximo (figura 4) con un nivel de significación superior al 99,9%.

En cuanto al nivel de gestión agraria, el modelo resultante pone de manifiesto que a niveles bajos o moderados de intensidad de gestión, la diversidad se mantiene elevada, disminuyendo en presencia de una gestión intensa, con un nivel de significación superior al 99,9% (figura 3).

En monocultivos con alta intensificación tanto de secano como de regadío y sobre parcelas de cultivo en continuo en una superficie superior a 25 ha, el número de especies y la población de individuos que pueblan las márgenes es siempre superior a las del centro del campo con diferencias acusadas durante todo el año (figura 5). En nuestro caso, se han controlado 13 especies en el centro del campo frente a 34 en las márgenes en secano semiárido y 9 en el centro del campo frente a 21 en las márgenes en

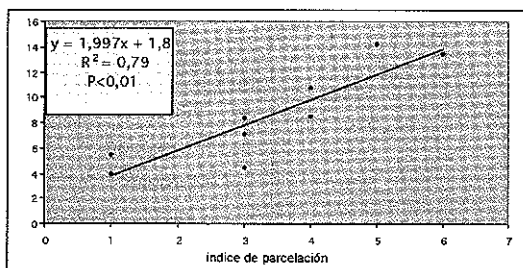


Fig. 3. Correlación entre parámetros agrarios y diversidad (índice alfa normal logarítmico) según las poblaciones de mariposas en los paisajes del agrosistema en el dominio del carrascal. En abscisas rango de evaluación del parámetro.

Fig. 3. Correlation between antropics parameters and diversity (alfa normal logarithmic index) according to butterfly populations in agrosystem landscapes in kermes-oak domain. In abscissas the parameter evaluation rank.

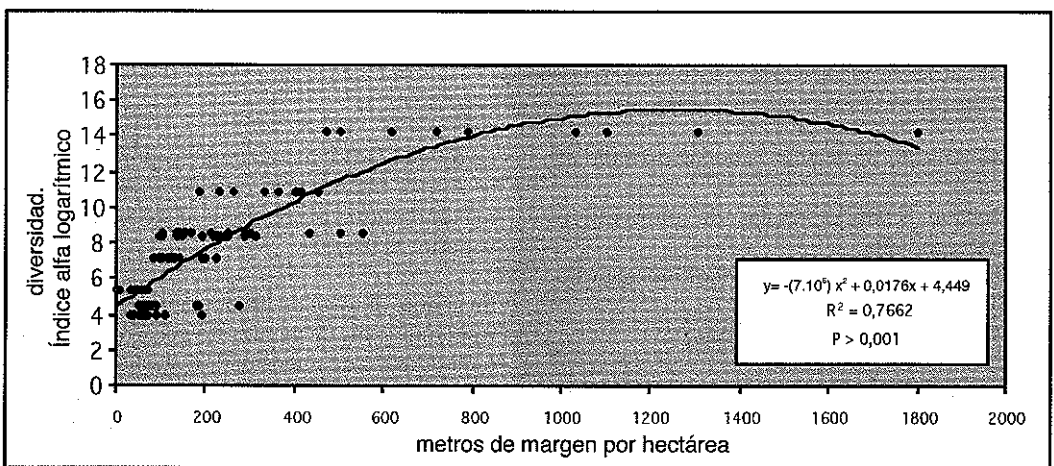
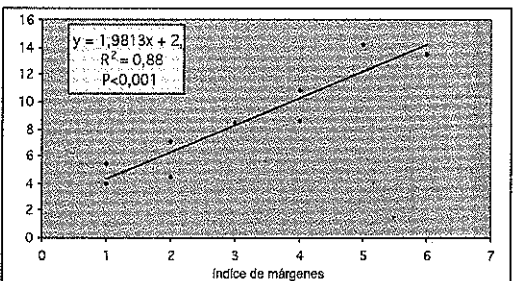
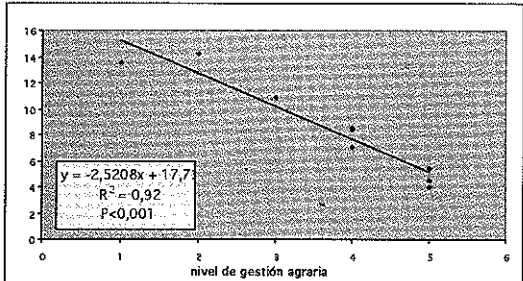


Fig. 4. Correspondencia entre longitud de márgenes (metros lineales/hectárea) y diversidad faunística de mariposas (índice alfa normal logarítmico). Datos de 12 muestreos por paisaje.

Fig. 4. Correlation between margins length (lineal metres/hectare) and faunistic diversity of butterflies (alfa normal logarithmic index). Data of 12 samplings for every landscape.

regadío. Con relación a la abundancia poblacional en seco se han controlado 137 ejemplares en el centro del campo y 344 en las márgenes y en regadío 70 ejemplares en el centro del campo y 236 en las márgenes.

Se ha comprobado una correspondencia entre

poblaciones de mariposas y el número de especies vegetales en los paisajes agrarios investigados. En las márgenes con vegetación espontánea propia del Dominio Vegetal, se observa mayor riqueza en especies de mariposas que en aquellas que solamente contienen especies vegetales arvenses y ruderales (figura 6).

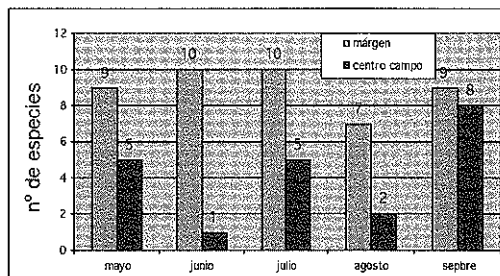
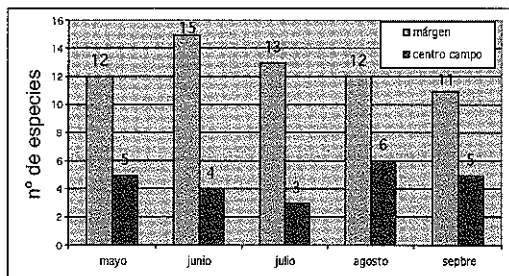


Fig. 5. Número de especies de mariposas por meses, en márgenes y centro de campos de monocultivo herbáceo en parcelas con superficie > 25 ha. Izquierda secano, derecha regadío.

Fig. 5. Number of butterfly species per months, on the margins and on the center of cultivated lands in herbaceous monoculture, plots of > 25 ha. Left unirrigated, right irrigated.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La actividad agraria modifica la composición y estructura faunística de las comunidades de Papilionoidea & Hesperioidea (insecta: Lepidoptera) así como la diversidad biológica del sistema, la cual está correlacionada directamente con el grado de parcelación e inversamente con la intensidad de la gestión.

Puede afirmarse tras nuestra investigación, que la regresión del uso tradicional del suelo y la expansión del monocultivo producen una pérdida de diversidad, que concuerda con lo indicado por ZARATE 1996 y por ATAURI 1996 para situaciones ecológicas distintas.

Bosque aclarado junto con islas de pluricultivo entre el ecosistema forestal son los paisajes que presentan la mayor riqueza en especies y uniformidad en su distribución así como la mayor diversidad ecológica. La mayor diversidad observada en islas de pluricultivo es debida a la influencia del ecosistema natural cercano espacialmente, que las diferencia del paisaje de pluricultivos y a su alta parcelación con abundancia de márgenes que las diferencia de islas de monocultivo.

El pluricultivo presenta una mayor riqueza en especies de mariposas, mayor uniformidad poblacional de las mismas y mayor diversidad biológica que el monocultivo debido a una mayor abundancia de márgenes en el primero,

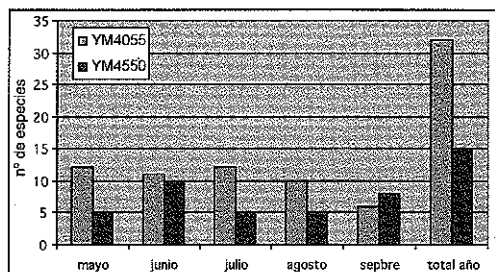


Fig. 6. Número de especies de mariposas presentes en márgenes con vegetación espontánea propia del carrascal (cuadrícula UTM YM4055) y con sólo vegetación arvense y ruderal (cuadrícula YM4550).

Fig. 6. Number of butterfly species on the margins with spontaneous vegetation (YM4055) and on the margins with cultivated vegetation only (YM4550).

principal diferencia entre ambos tipos de paisaje. El secano alberga mayor número de especies y mayor diversidad que el regadío; en secano es más rico el monocultivo arbóreo que el herbáceo.

En regadío se observa una baja riqueza en número de especies de mariposas con altas poblaciones de individuos. A igualdad de parcelación y de abundancia de márgenes, el riego disminuye la diversidad biológica.

La diversidad biológica en el agrosistema aumenta con la superficie dedicada a márgenes de 1,5 m de anchura mínima y sin tratamientos pesticidas (figura 4); con un mínimo por hectárea cultivada de 205 m de dichas márgenes, se mantiene una diversidad aceptable en el agrosistema, lo cual justifica la diversidad relativa-

mente elevada en una agricultura tradicional muy parcelada.

Muy pocas especies de mariposas se observan en el interior de los monocultivos y su movimiento y actividad quedan restringidos fundamentalmente a las márgenes tal como queda reflejado en los muestreos especialmente realizados; esta misma conclusión se indica para otras zonas climáticas por DOVER 1990, por SPARKS y PARISH 1995 y por DENNIS y FRY 1992. En nuestro caso las márgenes soportan más de un 200% de riqueza en especies que el centro de grandes campos de monocultivo. Los ejemplares encontrados en el centro del campo pertenecen a especies colonizadoras que realizan incursiones desde las márgenes donde son residentes o desde otros lugares alejados (migradoras).

Los resultados indicados sobre riqueza de especies presentes en márgenes, concuerdan con lo señalado por FRANK 1996 para artrópodos en general y con DENNIS y FRY 1992 y con PAOLETTI *et al.* 1992 cuando indican que "las márgenes en los cultivos herbáceos son necesarias para mantener una fauna diversa de artrópodos".

El pluricultivo es muy interesante en el agrosistema por mantener la diversidad moderadamente alta. En el ecosistema agrario el máximo de diversidad se encuentra en áreas con perturbaciones medias espaciales y temporales.

Los resultados coinciden con MUNGUIRA y THOMAS 1992 sobre la importancia de las

márgenes y con SOUTHWOOD y WAY 1970 en ALTIERI 1991 sobre la importancia del pluricultivo y la presencia de vegetación espontánea.

La diversidad faunística de las poblaciones de mariposas en un determinado ecosistema agrario se ve favorecida por la cobertura arbustivo-herbácea del terreno, por un alto índice de parcelación, un nivel moderado de gestión agraria, abundancia de márgenes, presencia de barbechos y ausencia de riego.

Un porcentaje del 3 - 9 % de la superficie cultivada, dejado en islas no cultivadas o en márgenes suficientemente anchas y sin tratamientos agroquímicos que permita el establecimiento de vegetación espontánea, es condicionante para el mantenimiento de una diversidad biológica aceptable en el agrosistema; si las márgenes contienen vegetación espontánea, su diversidad es mayor que cuando solamente se trata de vegetación arvense y ruderal.

La abundancia de márgenes está relacionada directamente con el índice de parcelación y los resultados pueden hacerse extensivos a bordes de caminos y vías de comunicación, canales de riego, etc.

El paisaje en mosaico con diversificación de cultivos entre el ecosistema natural, favorece las poblaciones de mariposas y tiene capacidad de albergar una elevada diversidad biológica; ésta se ve reducida cuando las teselas de cultivos diversos se sustituyen por parcelas más extensas dedicadas a monocultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M.A. 1991. Increasing biodiversity to improve insect pest management in agroecosystems. En Hawksworth (ed.) Biodiversity of microorganisms and invertebrates: its role in sustainable agriculture. 1991: 37-61. Wallingford, U.K. CAB International.
- ATAURI, J.A. 1996. Efectos ecológicos de los cambios de uso del suelo en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (Vizcaya). Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias.

- BANASZAK, J. 1992. Strategy for conservation of wild bees in an agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 40:179-192. En Paoletti, M.G. & Pimentel, D. (eds) *Biodiversity in agroecosystems. Papers from a symposium on Agroecology and Conservation Issues in Tropical and Temperate Regions*, University of Padova. Padova 1990. Elsevier. Amsterdam.
- BECCALONI, G.W. & GASTON, K.J. 1995. Predicting the species richness of neotropical forest butterflies: Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae) as indicators. *Biological Conservation* 71:77-86.
- BERGER, W.H. & PARKER, F.L., 1970. Diversity of Planktonic Foraminifera in deep sediments. *Science* 168:1345-1347.
- BLAIR, R.B. & LAUNER, A.E. 1997. Butterfly diversity and human use: species assemblages along an urban gradient. *Biological Conservation* 80:113-125.
- BOATMAN, N.D. & SOTHERTON, N.W. 1988. The agronomic consequences and costs of managing field margins for game and wildlife conservation. *Aspects of Applied Biology* 17(1): 47-56.
- BROWN, K.S. 1991. Conservation of neotropical environments: insects as indicators. En Collins N.M. & Thomas J.A. (eds.) *The conservation of insects and their habitats*, pp. 349-404 Academic Press, London.
- CARNICER, J.J. 1994. Evaluación medioambiental del Somontano de Barbastro. Centro de Estudios del Somontano (IEA), 148 págs. Inédito. En biblioteca del Centro de Estudios del Somontano. Barbastro.
- CREUS-NOVAU, J. 1983. El clima en el Alto Aragón continental. Monogr. Instit. Est. Pirenaicos n.º 109. Jaca.
- DAILY, G.C. & EHRlich, P.R. 1995. Preservation of biodiversity in small rainforest patches: evaluations using butterfly trapping. *Biodiversity and Conservation* 4(1): 35-55.
- DAVIS, B.N.K., LAKHANI, K.H. & YATES T.J. 1991. The hazards of insecticides to butterflies of field margins. *Agric. Ecosyst. & Environ.* 36: 151-161
- DENNIS, P. & FRY G.L.A. 1992. Field margins: can they enhance natural enemy population densities and general arthropod diversity on farmland? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 40:95-115. En Paoletti M.G. & Pimentel D. (eds.) *Biodiversity in agroecosystems. Papers from a symposium on Agroecology and Conservation Issues in Tropical and Temperate Regions*. University of Padova. Padova 1990. Elsevier. Amsterdam. pp 95-115.
- DIPUTACIÓN GENERAL DE ARAGÓN 1994. Superficies ocupadas por cultivos. Provincia de Huesca. Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes, Servicio de Estudios y Programas. Año 1994. 279 pp.
- DIPUTACIÓN GENERAL DE ARAGÓN 1997. Anuario Estadístico Agrario de Aragón, 1997. Departamento de Agricultura y Medio Ambiente, Servicio de Planificación y Coordinación, sección de Estadística, 129 pp.
- DOVER, J.W. 1988. Butterflies and game cover. *Annual Review of the game Conservancy for 1987*, 19: 84-87.
- DOVER, J.W. 1989. The use of flowers by butterflies foraging in cereal field margins. *Entomologist's Gazette* 40: 283-291.
- DOVER, J.W. 1990. Butterflies and wildlife corridors: *Annual Review of the Game Conservancy for 1989*, 21: 62-64.
- DOVER, J.W. 1991. The conservation of insects on arable farmland. En Collins N.M. & Thomas J.A. (eds.) *The conservation of insects and their habitats*. Academic Press. London, pp. 293-318.
- DOVER, J.W. 1996. Factors affecting the distribution of satyrid butterflies on arable farmland. *Journal of Applied Ecology* 33: 723-734.
- DOVER, J.W. & BOATMAN, N. 1994. Arable field margins: factor affecting butterfly distribution and abundance. En Boatman N. (ed.) *Field margins: integrating agriculture and conservation*. BCPC UK Proceedings of a symposium held at the University of Warwick, Coventry, 18-20 april 1994 monograph n.º 58: 59-66.

- DOVER, J.W., CLARKE, S.A. & REW, L. 1992. Habitats and movements patterns of satyrid butterflies on arable farmland. *Entomologist's Gazette* 43: 29-44.
- DOVER, J.W., SOTHERTON, N.W. & GOBBETT, K. 1990. Reduced pesticide inputs on cereal farm margins: the effects on butterfly abundance. *Ecol. Entomol.* 15: 17-24.
- ERHARDT, A. 1985. Diurnal lepidoptera: sensitive indicators of cultivated and abandoned grassland. *Journal of Applied Ecology* 22: 849-861.
- FEBER, R.E., SMITH, H. & McDONALD, D.W. 1994. The effects of field margin restoration on the meadow brown butterfly (*Maniola jurtina*). En Boatman N. (ed.) *Field margins: integrating agriculture and conservation*. BCPC UK. Proceeding of a Symposium held at the University of Warwick, Coventry 18-20 april 1994. Monograph n° 58 pp. 295-300.
- FEBER, R.E., SMITH, H. & McDONALD, D.W. 1996. The effects on butterfly abundance of the management of uncropped edges of arable fields. *Journal of Applied Ecology* 33: 1191-1205.
- FRANK, T. 1996. Species diversity and activity densities of epigeic and flower visiting arthropods in sown weed strips and adjacent fields. *Bulletin OILB-SROP* 19(3): 101-105.
- FRY, G.L.A. 1994. The role of field margins in the landscape. En Boatman N. (ed.) *Field margins: integrating agriculture and conservation*. BCPC UK. Proceeding of a Symposium held at the University of Warwick, Coventry 18-20 april 1994. Monograph n° 58 pp. 31-40.
- FRY, G.L.A. & ROBSON, W.J. 1994. The effects of field margins on butterfly movement. En Boatman N. (ed.) *Field margins: integrating agriculture and conservation*. BCPC UK. Proceeding of a Symposium held at the University of Warwick, Coventry 18-20 april 1994. Monograph n° 58 pp. 111-116.
- GEIGER, W. *et al.* 1987. Les papillons de jour et leurs biotopes. *Ligue Suisse pour la protection de la Nature*. 512 pp.
- GILBERT, L.E. 1989. The biology of butterfly communities. En Vane-Wright R.I. & Ackery P.R. (eds.) *The biology of butterflies* Princeton. University Press, Princeton. pp. 41-54.
- GONZÁLEZ-BERNÁLDEZ, F. 1981. *Ecología y paisaje*. Blume ediciones. 249 pp.
- GREENSLADE, P. 1992. Conserving invertebrate diversity in agricultural, forestry and natural ecosystems in Australia. *Agriculture Ecosystems and Environment* 40:297-312. En Paoletti, M.G. and Pimentel, D. (eds.) *Biodiversity in agroecosystems. Papers from a symposium on Agroecology and Conservation Issues in Tropical and Temperate Regions*. University of Padova. Padova 1990. Elsevier. Amsterdam.
- HOLL, K.D. 1996. The effect of coal surface mine reclamation on diurnal lepidopteran conservation. *Journal of Applied Ecology* 33: 225-236.
- KAABER, S. & NIELSON, O.F. 1988. 30 years changes of the butterfly fauna in an area of Central Jutland, Denmark. *Flora and Fauna* 94: 95-110.
- KREMEN, C. 1992. Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. *Ecol. Appl.* 2: 203-217.
- LUFF, M.L. & WOIWOD, I.P. 1995. Insects as indicators of land-use change: a European perspective, Focusing on Moths and Ground Beetles. En Harrington R. & Stook N.E. (eds.) *Insects in a changing environment*, pp. 339-422. 17 th Symposium of the Royal Entomological Society, 7-10 Sepber 1993. Rothamsted Experimental Station. Harpenden. Academic Press. London. 535 pp.
- MAGURRAN, A., 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Ediciones Vedral. Barcelona. 200 pp.
- MARGALEF, R., 1993. *Teoría de los Sistemas Ecológicos*. 2ª edició. Publicacions Universitat de Barcelona. 290 pp.
- McLEAN, I.F.G., FOWLES, A.P., KERR, A.J., YOUNG, M.R. & YATES, T.J. 1995. Butterflies on nature reserves in Britain. En Pullin, A.S. (ed.) *Ecology and conservation of butterflies*, pp. 67-83. Chapman & Hall. London. 363 pp.
- MUNGUIRA, M.L. & THOMAS, J.A. 1992. Use of road verges by butterfly and burnet populations, and effect of roads on adult dispersal and mortality. *Journal of Applied Ecology* 29: 316-329.

- OOSTERMEIJER, J.G.B. & VAN SWAAY, C.A.M. 1998. The relationship between butterflies and environmental indicator values: a tool for conservation in a changing landscape. *Biological Conservation* 86:271-280.
- PAOLETTI, M.G., PIMENTEL, D., STINNER, B.R. & STINNER, D. 1992. Agroecosystem biodiversity: matching production and conservation biology. En Paoletti M.G. & Pimentel D. (eds.) *Biotic diversity in agroecosystems. Papers from a symposium on Agroecology and Conservation Issues in Tropical and Temperate Regions*. University of Padova. Padova 1990. Elsevier. Amsterdam. pp. 3-23.
- PIELOU, E., 1975. *Ecological Diversity*. Willey. New York.
- RIBERA, I. y FORSTER, G. 1997. El uso de artrópodos como indicadores biológicos. En *Los Artrópodos y el Hombre*, Bol. Sociedad Entomológica Aragonesa 20: 265-276.
- SPARKS, T.H. & PARISH, T. 1995. Factors affecting the abundance of butterflies in field boundaries in Swavesey fens, Cambridgeshire, U.K. *Biological Conservation* 73:221-227.
- SIMPSON, E.H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*. 163:688.
- THOMAS, C.D. 1991. Habitat use and geographic ranges of butterflies from the wet lowlands of Costa Rica. *Biological Conservation* 55:269-281.
- THOMAS, C.D. 1995. Ecology and conservation of butterfly metapopulations in the fragmented British landscape. En Pullin, A.S. (ed.) *Ecology and conservation of butterflies*, pp. 46-63. Chapman & Hall. London. 363 pp.
- THOMAS, C.D. & MALLORIE, H.C. 1985. Rarity, species richness and conservation: butterflies of the Atlas Mountains in Morocco. *Biological Conservation* 33:95-117.
- VAN SWAAY, C.A.M. 1990. An assessment of the changes in butterfly abundance in the Netherlands during the 20th century. *Biological Conservation* 52: 287-302.
- VIEJO, J.L. 1990. La conservación de los insectos. *Quercus* 48:6-12.
- VIEJO, J.L. y SANCHEZ-CUMPLIDO, C. 1982. Patrones de distribución de las mariposas. *SHILAP Revta. lepid.* 10(39):211-215.
- WOOD, B. & GILLMAN M.P. 1998. The effects of disturbance on forest butterflies using two methods of sampling in Trinidad. *Biodiversity and Conservation* 7: 597-612.
- ZARATE, L.A. 1996. Cambios en el paisaje, diversidad espacial y valores ambientales: la sierra norte de Madrid. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Facultad Biología.a