

## Paradoja del enriquecimiento agrícola

García-Muñoz, E.; Guerrero, F.; Gilbert, J.D. & Parra, G.

*Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología.  
Campus de las Lagunillas, s/n. Universidad de Jaén. E-23071 Jaén (Spain).*  
[egmunoz@ujaen.es](mailto:egmunoz@ujaen.es)

### Resumen

La revolución agrícola, ocurrida en España a principios de la década de los sesenta, unida a la mecanización del campo y la intensificación de las áreas agrícolas promovida por los programas de Política Agraria Comunitaria (PAC) tras la entrada de España en la Unión Europea, han contribuido a la generación de toda una serie de problemas ambientales. En el centro sur de la de la Península Ibérica, en la provincia de Jaén, casi el 50% de la superficie total de la provincia está destinada al monocultivo del olivar. Analizando los trabajos publicados, en colaboración, entre la Asociación Giennense de Herpetología (AGH) y el grupo de investigación "Ecología y Biodiversidad de Ecosistemas Acuáticos" de la Universidad de Jaén, y relacionándolos con el incremento en el uso de productos fitosanitarios que ha tenido lugar en la provincia en los últimos años, podemos llegar a una paradoja al comparar el enriquecimiento agrícola, en términos de productos fitosanitarios aportados para aumentar la producción, y el empobrecimiento de los agroecosistemas en términos de riqueza de anfibios que albergan.

### INTRODUCCIÓN

La revolución agrícola, ocurrida en España a principios de la década de los sesenta, unida a la mecanización del campo y la intensificación de las áreas agrícolas promovida por los programas de Política Agraria Comunitaria (PAC), tras la entrada de España en la Unión Europea, han contribuido a la generación de toda una serie de problemas ambientales (Guerrero et al., 2005; Efectos ecológicos de la intensificación del cultivo del olivar en la Comarca del Alto Guadalquivir, En: *La cultura del olivo: ecología, economía, sociedad*, 1ª Ed, Universidad de Jaén, Jaén, España, pp. 377-398). La reducción de los ecosistemas naturales, debido a la expansión de las actividades agrarias, el uso agrícola de terrenos inapropiados, el empleo de estrategias agrarias donde el paisaje ha sido profundamente alterado y la expansión de la agricultura intensiva con un alto nivel de uso de sustancias fitosanitarias y técnicas de cultivo altamente erosivas, son las principales causas que están alterando el medio ambiente. La destrucción, alteración o fragmentación de hábitats, provocado en parte, por la instauración de monocultivos intensivos, así como el uso incontrolado, que se hace en las zonas agrícolas, de productos fitosanitarios se encuentran entre las principales causas a la hora de explicar el declive de las poblaciones de anfibios a nivel mundial (ver entre otros, Cannatella, 2008; *Science* 320:874; García-Muñoz et al., 2010; *Biodivers Conserv* 19:901-911). Debido a su sensibilidad a la degradación del hábitat, los anfibios han sido propuestos como excelentes bioindicadores del estado de conservación de los ecosistemas (Schuyttema y Nebeker, 1999; *Bull Environ Cont Toxicol* 63:357-364; Tejedo, 2003; *Munibe* 16:20-43).

En el centro sur de la Península Ibérica, en la provincia de Jaén, casi el 50% de la superficie total de la provincia está destinada al monocultivo del olivar (CMA 2003, [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/contenidoExterno/cartografia/usoscob2003/usos\\_03\\_25000\\_distribucion\\_web6.pdf?lr=lang\\_es](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/contenidoExterno/cartografia/usoscob2003/usos_03_25000_distribucion_web6.pdf?lr=lang_es)).

Desde un punto de vista ambiental y de conservación, la implantación de cualquier monocultivo y la profunda transformación sufrida a consecuencia de la pérdida de heterogeneidad y complejidad (inherente a los agroecosistemas tradicionales) llevan asociadas fuertes transformaciones (Guerrero et al., 2005; Efectos ecológicos de la intensificación del cultivo del olivar en la Comarca del Alto Guadalquivir, En: *La cultura del olivo: ecología, economía, sociedad*, 1ª Ed, Universidad de Jaén, Jaén, España, pp. 377-398). Éstas se han manifestado fundamentalmente en una modificación de su estructura agrícola, caracterizada en la actualidad según una tipología del espacio territorial por un modelo de mosaicos de simplicidad (Pineda, 1998; Diversidad biológica y condensación de la biodiversidad, En: *Diversidad biológica y cultura rural en la gestión ambiental del desarrollo*, 1ª Ed, Mundi-Prensa, Madrid, España, pp. 41-55), que lleva implícitamente asociado una pérdida de diversidad (Rescia et al., 2002; Organización, dinámica y diversidad del territorio, En: *La diversidad biológica de España*, 1ª Ed, Prentice Hall, Madrid, España, pp 111-124; Guerrero et al., 2002; Efectos ecológicos de la intensificación del cultivo del olivar en la Comarca del Alto Guadalquivir, En: *La cultura del aceite en Andalucía. La tradición frente a la modernidad*, 1ª Ed, Fundación Machado, Sevilla, España, pp. 53-63) y de ecosistemas naturales (Ortega et al., 2003; Las lagunas del Ato Guadalquivir: inventario, tipologías y espacio de conservación, En: *Ecología, manejo y conservación de los humedales*, 1ª Ed, Instituto de Estudios Almerienses, Almería, España, pp. 113-123).

Analizando los trabajos publicados, en colaboración, entre la Asociación Giennense de Herpetología (AGH) y el Grupo de "Ecología y Biodiversidad de Ecosistemas Acuáticos" de la Universidad de Jaén (RNM-300) (Ceacero et al., 2007; *Munibe* 25:130-139; García-Muñoz et al., 2009; *Archiv Environ Cont Toxicol* 56:557-565; García-Muñoz et al., 2010; *Biodivers Conserv* 19:901-911), donde se ha analizado la distribución de las poblaciones de anfibios en humedales de la provincia, así como el efecto que la agricultura y el uso de productos fitosanitarios generan sobre las especies de anfibios de la provincia de Jaén, se plantea el objetivo de analizar la evolución en el consumo de productos fitosanitarios en los últimos años y relacionarlo con el estado de los anfibios en la provincia de Jaén.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado una revisión bibliográfica (estadísticas agrícolas del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2006, [http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/defensa\\_incendios/estadisticas\\_incendios/](http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/defensa_incendios/estadisticas_incendios/); estadísticas agrícolas de la Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía, 2006, <http://www.gobcan.es/agricultura/otros/enlaces.htm>) para analizar la evolución en la provincia de Jaén de:

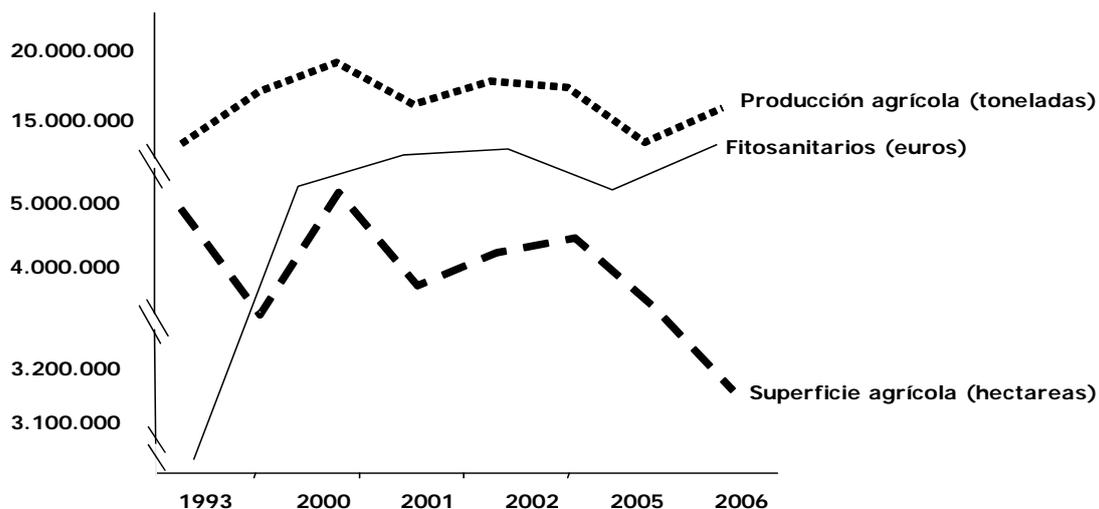
- Consumo de productos fitosanitarios (incluidos fertilizantes)
- Superficie destinada a la agricultura
- Producción agrícola

La información recogida de esta revisión bibliográfica se relacionó con los trabajos publicados sobre el estado de las poblaciones de anfibios y el efecto que la agricultura genera sobre estos vertebrados en 21 humedales de la provincia (Ceacero et al., 2007; *Munibe* 25:130-139; García-Muñoz et al., 2009; *Archiv Environ Cont Toxicol* 56:557-565; García-Muñoz et al., 2010; *Biodivers Conserv* 19:901-911; García-Muñoz et al., 2010; *Archiv Environ Cont Toxicol*, DOI 10.1007/s00244-010-9473-x) mediante un análisis de componentes principales (ACP), que permite describir de un modo sintético las interrelaciones que se producen entre las distintas variables estudiadas [altitud en metros (Alt), área del

humedal en hectáreas (Ah), cobertura forestal en porcentaje de ocupación de la cuenca de drenaje (CF), kilogramos de nitrógeno procedente del bosque (N Forestal), porcentaje de cultivos herbáceos de secano en la cuenca de drenaje (CHS), porcentaje de matorral o monte bajo (MB), porcentaje de olivar en la cuenca de drenaje (Olivar), kilogramos de nitrógeno procedente de la agricultura (N agrícola), profundidad del humedal en metros (P), área de la cuenca de drenaje en hectáreas (Ac) y la riqueza específica de anfibios en cada humedal]. Estas once variables son introducidas como variables activas, mientras que el porcentaje que cada especie aporta al total de la riqueza específica de anfibios en cada humedal se incluirán en el ACP como variables suplementarias.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos tras revisar la información publicada muestran cómo la superficie agrícola ha disminuido en la provincia de Jaén en los últimos años; sin embargo, la producción ha permanecido estable, en parte gracias al incremento en el consumo de productos fitosanitarios, que ha pasado de apenas unos cien mil euros en la década de los noventa a los cinco millones de euros consumidos en el año 2006 (**Fig. 1**).

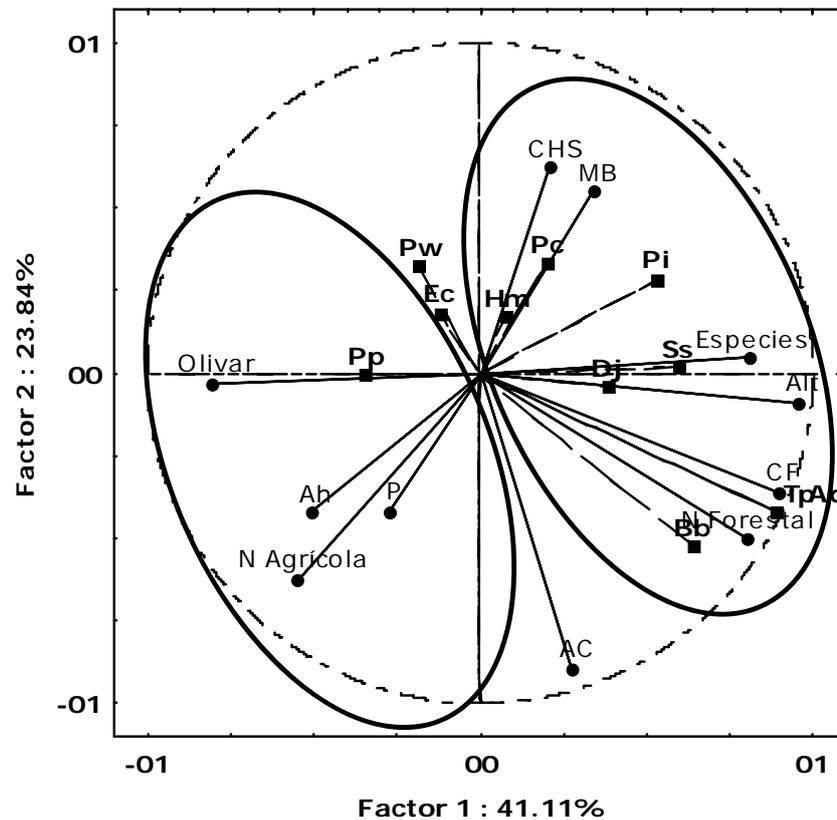


**Figura 1.** Evolución del consumo de productos fitosanitarios, superficie agrícola y producción agrícola en la provincia de Jaén en el periodo comprendido entre 1993-99 a 2006 (datos obtenidos del Informe de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, 2006).

Los resultados del ACP mostraron cómo el Factor 1 estaba positivamente correlacionado con la superficie de bosque o matorral en la cuenca de drenaje así como con la riqueza de anfibios en el humedal. Sin embargo, este factor está negativamente correlacionado con la superficie destinada al cultivo del olivar en la cuenca de drenaje del humedal. Por lo que el Factor 1 podría estar dándonos información sobre el grado de conservación de la cuenca de drenaje del humedal. El Factor 2 mostró una correlación positiva con el área de la cuenca de drenaje.

Cuando relacionamos el porcentaje que cada especie incorpora a la riqueza total de cada humedal como variables suplementarias dentro del ACP, con las once variables utilizadas para caracterizar tanto el humedal como el uso del suelo en su cuenca de drenaje (Ortega et al., 2006; *Limnetica* 25:723-732; García-Muñoz et al., 2010; *Biodivers Conserv* 19:901-911), observamos cómo la gran mayoría de especies de anfibios muestran una correlación positiva con el

factor 1, relacionado con el grado de conservación de la cuenca de drenaje del humedal (García-Muñoz et al., 2010; *Biodivers Conserv* 19:901–911; **Fig. 2**, **Tabla 1**).



**Figura 2.** Proyección de las variables en el plano formado por los Factores 1 y 2. Las variables suplementarias se han remarcado en negrita [*Alytes dickhilleni* (**Ad**), *Bufo bufo* (**Bb**), *Bufo calamita* (**Bc**), *Discoglossus jeanneae* (**Dj**), *Hyla meridionalis* (**Hm**), *Pelobates cultripes* (**Pc**), *Pelodytes ibericus* (**Pi**), *Pelophylax perezii* (**Pp**), *Pleurodeles waltli* (**Pw**), *Salamandra salamandra* (**Ss**) y *Triturus pigmaeus* (**Tp**)].

Las especies que se encuentran correlacionadas con más fuerza con el Factor 1, son *Alytes dickhilleni*, *Bufo bufo*, *Pelodytes ibericus*, *Salamandra salamandra* y *Triturus pigmaeus*. Este grupo de especies, según los resultados obtenidos en este estudio, así como en otros previos (García-Muñoz et al., 2010; *Biodivers Conserv* 19:901–911) no soportarían la presencia de agricultura en un amplio porcentaje de la cuenca de drenaje del humedal. De modo similar *Discoglossus jeanneae*, *Pelobates cultripes* e *Hyla meridionalis* muestran una correlación positiva baja con el grado de conservación del humedal. La baja correlación de estas especies con el Factor 1 podría ser debida al hecho de que estas especies también se han encontrado en humedales distribidos en zonas agrícolas heterogéneas, con presencia de cultivos herbáceos, con un porcentaje bajo de cultivo de olivar y presencia de matorral o monte bajo. *Pelophylax perezii* está correlacionada de forma negativa con el Factor 1, correlacionándose con variables agrícolas como son la presencia de cultivo de olivar y el nitrógeno procedente de la agricultura. Esto podría estar relacionado con la tolerancia que *P. perezii* muestra a la exposición a contaminantes (García-Muñoz et al., 2010; *Archiv Environ Cont Toxicol* 59:312-321), y al hecho de ser una especie con hábitos muy generalistas.

**Tabla 1.** Tabla con los valores propios y el porcentaje de varianza acumulado para todos los factores resultantes del ACP, así como la puntuación de las variables activas [altitud en metros (Alt), área del humedal en hectáreas (Ah), cobertura forestal en porcentaje de ocupación de la cuenca de drenaje (CF), kilogramos de nitrógeno procedente del bosque (N Forestal), porcentaje de cultivos herbáceos de secano en la cuenca de drenaje (CHS), porcentaje de matorral o monte bajo (MB), porcentaje de olivar en la cuenca de drenaje (Olivar), kilogramos de nitrógeno procedente de la agricultura (N agrícola), profundidad del humedal en metros (P), área de la cuenca de drenaje en hectáreas (Ac) y la riqueza específica de anfibios (Especies)] y suplementarias [porcentaje que cada especie aporta al total de la riqueza específica de anfibios en cada humedal, *Alytes dickhilleni* (Ad), *Bufo bufo* (Bb), *Bufo calamita* (Ec), *Discoglossus jeanneae* (Dj), *Hyla meridionalis* (Hm), *Pelobates cultripipes* (Pc), *Pelodytes ibericus* (Pi), *Pelophilax perezii* (Pp), *Pleurodeles waltl* (Pw), *Salamandra salamandra* (Ss) y *Triturus pygmaeus* (Tp)], para los tres primeros factores. Se indican con asterisco los valores estadísticamente significativos.

	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>	<b>Factor 3</b>
<b>Valor propio</b>	4.522	2.622	1.332
<b>% Varianza Total</b>	41.111	23.839	12.106
<b>Valores propios acumulados</b>	4.522	7.145	8.476
<b>Especies</b>	0.805*	0.045	0.090
<b>Ah</b>	-0.511	-0.422	-0.253
<b>Alt</b>	0.954*	-0.088	0.063
<b>P</b>	-0.273	-0.418	0.586
<b>AC</b>	0.275	-0.892*	-0.244
<b>Olivar</b>	-0.807*	-0.029	0.509
<b>CHS</b>	0.211	0.624	-0.582
<b>MB</b>	0.341	0.551	0.252
<b>CF</b>	0.893*	-0.358	0.153
<b>N Agrícola</b>	-0.548	-0.624	-0.403
<b>N Forestal</b>	0.803*	-0.501	0.070
<b>Ec</b>	-0.121	0.179	0.125
<b>Bb</b>	0.639	-0.526	-0.002
<b>Dj</b>	0.383	-0.043	0.048
<b>Pi</b>	0.527	0.283	-0.268
<b>Pp</b>	0.527	0.283	-0.268
<b>Ad</b>	0.889	-0.420	0.126
<b>Pc</b>	0.198	0.332	-0.483
<b>Rp</b>	-0.343	-0.006	0.275
<b>Pw</b>	-0.186	0.326	0.302
<b>Tp</b>	0.889	-0.420	0.126
<b>Ss</b>	0.593	0.018	0.207
<b>Hm</b>	0.077	0.170	-0.242

De igual modo, y aunque no se han realizado estudios de abundancia, esta especie aparece en menor número cuando en el humedal aparecen otras especies de anfibios, quizá debido a problemas de competencia interespecífica. De forma contraria, cuando esta especie aparece en los humedales más degradados, donde otras especies son excluidas por la alteración del hábitat, presenta un elevado número de individuos (observación personal), quizá debido a la ausencia de competencia interespecífica. Futuros estudios deberían ir encaminados a evaluar el efecto de la competencia interespecífica en sistemas con distinto uso del suelo en la cuenca de drenaje de los humedales.

Las especies *Bufo calamita* y *Pleurodeles walt*, especies muy generalistas (García-París et al., 2004; Amphibia. Lissamphibia. En: *Fauna Iberica vol. 24*, 1ª Ed, Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, España, pp. 43-275), se encontrarían correlacionados de forma negativa con el Factor 1, aunque esta correlación es cercana a cero. Esto podría explicarse, en parte, debido a que ambas especies usan cualquier tipo de cuerpo acuático adyacente al humedal, como los canales de drenaje (para el caso de *P. walt*) o pequeñas masas de agua de carácter efímero formadas por precipitación (para el caso de *B. calamita*). De igual modo, la elevada capacidad de colonización, de nuevos medios acuáticos, que presentan ambas especies (García-París et al., 2004; Amphibia. Lissamphibia. En: *Fauna Iberica vol. 24*, 1ª Ed, Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, España, pp. 43-275), podría explicar su aparición en cuerpos de agua alterados.

Estos resultados ponen de manifiesto cómo la mayor parte de los anfibios presentes en la provincia de Jaén muestran una baja o nula correlación con humedales cuya cuenca de drenaje esté destinada a un uso agrícola. Estas zonas agrícolas se caracterizan por un continuo aporte de productos agroquímicos y el empleo de técnicas de cultivo altamente agresivas para el ecosistema. Este hecho podría estar condicionando, de alguna manera, la presencia de las especies más sensibles en los ecosistemas agrícolas (Smith, 2007; *Appl Herpetol* 4:287-291; Shinn et al., 2008; *Chemosphere* 71:507-514; García-Muñoz et al., 2009; *Archiv Environ Cont Toxicol* 56:557-565) tal y como sucede en otras regiones geográficas del planeta (Peltzer et al., 2006; *Biodivers Conserv* 15:3499-3513; Piha et al., 2006; *Copeia* 4:810-817).

Aunque este estudio se ha centrado en los efectos de la intensificación agrícola sobre la riqueza de anfibios, hay que remarcar que no son el único grupo que está sufriendo este efecto negativo sobre su riqueza específica, sino que, por ejemplo, en otros grupos taxonómicos como la pérdida de diversidad vegetal, la diversidad de insectos, la pérdida de diversidad de aves y de mamíferos (García-Fuentes et al., 2005; Pérdida de diversidad vegetal en los olivares del Alto Guadalquivir: alternativas agroecológicas, En: *La cultura del olivo: ecología, economía, sociedad*, 1ª Ed, Universidad de Jaén, Jaén, España, pp. 399-430; Moreby et al., 1994; *Ann Appl Biol* 125:13-27; Pena et al., 2003; *Landscape Ecol* 18:265-278; Sanchez et al., 2010; SEO/BirdLife, Estado de conservación de las aves en España en 2010. SEO/BirdLife. Madrid; Sans, 2007; *Ecosistemas* 16(1):44-49) están viendo afectada su riqueza por las intensivas prácticas agrícolas desarrolladas en los últimos años en los agroecosistemas. Por tanto el empobrecimiento de especies, es generalizado en la comunidad y en los agroecosistemas.

## CONCLUSIONES

Si a un hábitat alterado le incorporamos los efectos sinérgicos que establecen las sustancias fitosanitarias en los ecosistemas (Davidson et al., 2004; *Ecol Appl* 14:1892-1902), nos encontramos ante una situación insostenible. La tendencia de los ecosistemas agrícolas, hacia un modelo industrial que prima la producción, es ilógico dentro del marco del desarrollo sostenible. Estos agroecosistemas industrializados se mantienen gracias a una entrada continuada de energía externa al sistema, en forma de productos fitosanitarios, encaminados a un aumento de producción, sin tener en cuenta el efecto negativo que estas sustancias generan sobre las especies más sensibles del ecosistema. A esta entrada continuada de recursos es a lo que se le ha denominado enriquecimiento agrícola. La paradoja del enriquecimiento agrícola se definiría como: "A medida

que el ecosistema agrícola se enriquece, en términos de agroquímicos aportados para aumentar la producción, éste se empobrece, en términos de riqueza de especies”.

### **AGRADECIMIENTOS**

El presente trabajo se encuadra dentro del proyecto de investigación titulado "Desarrollo de técnicas de evaluación del grado de alteración de humedales: uso potencial de los anfibios como indicadores de degradación y propuesta de biomarcadores de contaminación en humedales" (CGL2007-61482), cofinanciado por el Ministerio de Educación y Ciencia y los fondos europeos FEDER.