

# La conservación de la biodiversidad en los sistemas agrarios

E. Hernández Plaza <sup>1,\*</sup>

(1) Instituto de Agricultura Sostenible (IAS-CSIC). Apartado 4084. 14080 Córdoba, España.

\* Autor de correspondencia: E.Hernández Plaza [[mehernan@ias.csic.es](mailto:mehernan@ias.csic.es)]

> Recibido el 9 de abril de 2013, aceptado el 11 de abril de 2013.

Hernández Plaza, E. (2013). La conservación de la biodiversidad en los sistemas agrarios. *Ecosistemas* 22(1):1-4.  
Doi.: 10.7818/ECOS.2013.22-1.01

Los agrosistemas son sistemas naturales manejados por las sociedades humanas con el propósito de obtener alimentos para las personas y el ganado, así como otros recursos como maderas o fibras. Recientemente se ha propuesto que también proporcionan a nuestras sociedades otros servicios ecosistémicos, como la polinización, el control de plagas o el propio mantenimiento de la biodiversidad ([Millennium Ecosystem Assessment 2005](#)), si bien la capacidad de obtener estos servicios está condicionada a los manejos que llevemos a cabo en los agrosistemas ([Zhang et al. 2007](#), [Power 2010](#)). En concreto, tanto la expansión de la agricultura como la intensificación de la agricultura convencional amenazan la conservación de la biodiversidad en los sistemas agrarios y en otros sistemas naturales ([Foley et al. 2005](#), [Firbank et al. 2008](#), [Geiger et al. 2010](#)).

A lo largo de nuestra historia los seres humanos hemos transformado sabanas, bosques y praderas en agrosistemas ([Ramankutty y Foley 1999](#), [McKey et al. 2010](#), [Ellis 2011](#)). Esta tendencia continúa ([Gibbs et al. 2010](#)) y, en la actualidad, los sistemas agrarios ocupan 4912 millones de hectáreas, lo que constituye el 38 % de la superficie terrestre sin hielo. Excluyendo los pastizales, los cultivos ocupan 1553 millones de hectáreas, lo que supone aproximadamente un tercio de la superficie total ocupada por los sistemas agrarios ([FAOSTAT 2011](#)), y parte de otros sistemas naturales no manejados se encuentran dentro de una matriz de usos agrícolas. Esta expansión, en combinación con la intensificación de la agricultura convencional ([Tschardt et al. 2012](#)), ha incrementado las cosechas de los principales cultivos en las últimas décadas ([Foley et al. 2011](#)), pero también es responsable de importantes impactos en los ecosistemas naturales: la degradación de la calidad de aguas y de los sistemas acuáticos ([Relyea 2005](#), [Blann et al. 2009](#), [Foley et al. 2011](#)), la alteración de los ciclos globales de nitrógeno y fósforo debido a la aplicación de fertilizantes inorgánicos y abonos orgánicos ([Canfield et al. 2010](#)) o la emisión de cerca del 35 % de los gases de efecto invernadero como consecuencia de la deforestación asociada a la expansión agrícola y la emisión de metano por parte de los agrosistemas ([Smith et al. 2008](#)). En términos generales, la intensificación de la agricultura convencional ha sido el resultado de la disponibilidad de energías fósiles relativamente baratas que han permitido la mecanización y la producción de fertilizantes inorgánicos y otros insumos a gran escala, así como de la utilización de variedades de cultivos adaptadas a estos insumos y del desarrollo e inversión en

sistemas de irrigación ([Millennium Ecosystem Assessment 2005](#), [Foley et al. 2011](#)). Asimismo, es el resultado de obviar la dependencia de los agrosistemas de la biodiversidad y su conexión con el resto de los sistemas naturales. En este contexto, el enfoque actual reconoce que conservar la biodiversidad fuera de los agrosistemas exige la conservación en el medio agrario ([Balmford et al. 2012](#)), y que es necesario mantener la biodiversidad de los agrosistemas para asegurar su funcionamiento y la producción de alimentos ([Ostergard et al. 2009](#)).

En este monográfico hemos dirigido nuestra mirada hacia los retos y las estrategias que suponen la conservación de la biodiversidad en los sistemas agrarios. También nos referimos a los beneficios que podemos obtener de esta conservación para el funcionamiento de los agrosistemas. Específicamente nos hemos centrado en los sistemas agrícolas y la diversidad existente en los mismos, dejando para otra ocasión el tema de la conservación de la biodiversidad en agrosistemas ganaderos, o los efectos que la conservación en los agrosistemas tiene para otros sistemas naturales. Este monográfico aborda por tanto temas relacionados con la biodiversidad taxonómica, genética y funcional, presente o exclusiva de los agrosistemas. Es decir, aquella que se estructura en los campos de cultivo, en los hábitats naturales o semi-naturales que rodean a estos campos, así como aquella emplazada dentro de un paisaje agrícola. Esta biodiversidad incluye la diversidad cultivada, los diferentes cultivos y variedades, pero también otra diversidad implicada indirectamente en la producción y con susceptibilidad de ser manejada ([Moonen y Bàrberi 2008](#), [Clergue et al. 2009](#)). Esta última engloba tanto a aquellas especies con una función auxiliar, como la diversidad de polinizadores o de enemigos naturales de las plagas, como a aquellas especies que en ciertas situaciones pueden interferir con la producción, como las plantas arvenses o las plagas de artrópodos. Igualmente, los agrosistemas incluyen también otro tipo de diversidad, denominada por algunos autores extra-diversidad agrícola, aquella cuya presencia no afectaría al proceso productivo ([Clergue et al. 2009](#)). La clasificación de la biodiversidad en un apartado u otro está en parte condicionada por el imaginario de la persona que maneja el agrosistema, por el propio tipo de agrosistema y por las técnicas de manejo utilizadas ([Moonen y Bàrberi 2008](#)). A menudo estas distinciones son propias de sistemas productivistas, mientras que son menos evidentes en sistemas con una concepción agroecológica, donde la diversidad en su conjunto se considera de importancia ([Tschardt et al. 2012](#)).

Las motivaciones para conservar las diferentes especies, funciones y variabilidad genética presente en los agrosistemas son igualmente variadas y dependientes de las personas. Por ejemplo, pueden estar más relacionadas con la conservación de la diversidad cultivada en el caso de las personas agricultoras, y más enfocada a la conservación de especies silvestres en el caso de aquellas personas con interés en la conservación del medio. Conforme avanza nuestro conocimiento, observamos que la conservación de gran parte de las especies presentes en los agrosistemas está directamente relacionada con la producción, independientemente de que sus valores de conservación incluyan también valores estéticos, culturales o ambientales (Moonen y Bàrberi 2008, Clergue et al. 2009).

En este contexto, los diez trabajos reunidos en este monográfico dirigen su mirada a cuestiones tales como la relación entre la biodiversidad y la intensificación agrícola a nivel local y de paisaje (Morales et al. 2013, Sans et al. 2013), la eficacia de algunas estrategias destinadas a su conservación (Concepción y Díaz 2013), la posibilidad de realizar distintas actuaciones en el agrosistema, o de utilizar la mejora de variedades para conservar especies y mantener los servicios de los agrosistemas (Baraibar 2013, Méndez et al. 2013, Paredes et al. 2013, Pérez y Marasas 2013, Suso et al. 2013), el uso potencial de la diversidad para evaluar la sustentabilidad de las distintas actuaciones de manejo (Sánchez-Moreno y Talavera 2013), o la necesidad de buscar nuevas fórmulas de investigación, más participativas, en las que el contexto biogeográfico, económico y social tenga cabida (Vara-Sánchez y Cuéllar-Padilla 2013).

## La función de la diversidad en los agroecosistemas

Se han señalado varios aspectos en los que la biodiversidad taxonómica, funcional y genética puede contribuir al funcionamiento y la resiliencia de los agrosistemas, reduciendo en la capacidad de estos para proveer a las sociedades humanas de varios servicios ecosistémicos. La producción agrícola es muy dependiente de una adecuada fertilidad del suelo, del manejo de plagas y enfermedades, así como de la polinización de los cultivos (Drinkwater et al. 2007, Klein et al. 2007, Tooker y Frank 2012). La diversidad de polinizadores, frente a la abundancia de una sola especie, puede incrementar el rendimiento de algunos cultivos (Hoehn et al. 2008) y asegurar una polinización adecuada ante la variabilidad en las condiciones ambientales (Brittain et al. 2013). Paralelamente, una selección de variedades de cultivos que incorpore caracteres florales atractivos para los polinizadores puede favorecer la conservación de estos organismos, al tiempo que asegura la polinización cruzada de los cultivos. En su contribución a este monográfico, Suso et al. (2013), ilustran esta estrategia en el caso de la selección de variedades de leguminosas dentro de un proyecto de ámbito europeo. La biodiversidad también puede jugar un papel importante en el manejo de las plagas. Mantener agrosistemas con una vegetación diversificada puede ser una opción para reducir el daño a los cultivos por parte de herbívoros e incrementar las poblaciones de enemigos naturales (Letourneau et al. 2011). En este monográfico Paredes et al. (2013) exponen diversas técnicas englobadas dentro del control biológico de plagas de artrópodos por conservación, cuyo fin último es favorecer la abundancia y diversidad de los enemigos naturales de las plagas. Entre estas técnicas destacan el manejo del hábitat, que proporciona a los enemigos naturales sitios de refugio o de alimentación alternativos, y la liberación de sustancias volátiles que sirvan de atrayente hacia el cultivo a los enemigos naturales. En ocasiones, la magnitud de la contribución de la biodiversidad a la prestación de un determinado servicio ecosistémico no se conoce suficientemente. En su artículo Baraibar (2013) muestra la variedad de organismos -insectos como carábidos y hormigas, mamíferos, roedores y aves- implicados en la depredación de semillas de plantas arvenses y, por tanto, en la regulación de las poblaciones de estas especies. Por otra parte, la diversificación de cultivos puede traducirse en un beneficio económico directo para los

agricultores al reducir la variabilidad de sus ingresos, al tiempo que mantiene las poblaciones de otros organismos silvestres asociados al agrosistema (Mouysset et al. 2012). Mendez et al. (2013) muestran como la agrobiodiversidad mantenida por familias caficultoras en Nicaragua y El Salvador permite asegurar los modos de vida campesinos y repercute en la propia conservación de la diversidad en estos agrosistemas. Igualmente, la diversidad genética es clave en el funcionamiento de los sistemas agrarios. En los cultivos, disponer de la suficiente variación a nivel de genes y genotipos permite la selección de variedades adecuadas a diferentes ambientes y a la variabilidad de estos (Zhang et al. 2007). Tal y como muestran Suso et al. (2013) en su artículo, esto es especialmente relevante para la selección de cultivares adaptados a las condiciones de las agriculturas de bajos insumos y ecológicas. Aún más, Vara-Sánchez y Cuéllar-Padilla (2013) inciden en la necesidad de entender los agrosistemas como el fruto de un proceso co-evolutivo entre componentes biológicos, sociales y culturales en un entorno y a lo largo de un tiempo determinado. Estas autoras muestran como la ruptura de estas interrelaciones, por ejemplo a través de la sustitución de un gran número de variedades tradicionales y locales por otras de origen industrial, supone la homogenización y simplificación de los agrosistemas, la pérdida de identidades y patrimonios culturales, y la dependencia de un gran número de insumos externos. La diversidad de caracteres funcionales es también muy relevante para el funcionamiento de los agrosistemas (Beare et al. 1992, Smith et al. 2009, Macfadyen y Bohan 2010, Garnier y Navas 2011). En esta línea, Paredes et al. (2013) muestran que la diversidad funcional de los enemigos naturales ha de tenerse en cuenta para predecir con éxito la eficacia del control biológico por conservación en los distintos agrosistemas. Aunque mucho menos explorada, la variabilidad genética y la variabilidad individual de ciertos caracteres funcionales en las poblaciones de especies silvestres también puede ser importante en el desarrollo de los procesos que tienen lugar dentro de los agrosistemas (Hawes et al. 2005).

## Los manejos agrícolas y la conservación de la biodiversidad

El manejo de los agrosistemas condiciona la diversidad presente en los mismos. Las prácticas agrícolas definen la composición, la riqueza y la equitatividad en la abundancia de las poblaciones dentro de las comunidades presentes en los agrosistemas (Mas y Dietsch 2003, Crowder et al. 2010, De La Fuente et al. 2010). En las últimas décadas se ha realizado un esfuerzo por comprender los efectos que la intensificación de la agricultura convencional ha tenido sobre la biodiversidad de los agrosistemas. La intensificación no se ha producido de la misma forma en todas las latitudes ni en todos los agrosistemas y los efectos de la misma no son universales (Karp et al. 2012). El efecto de la intensificación a escala local (en la parcela), a escala de paisaje y a escala regional difieren entre especies y grupos funcionales (Batáry et al. 2012, Jonason et al. 2012, Gabriel et al. 2013). Así, Morales et al. (2013) muestran cómo, en Europa, la variabilidad en la composición de las comunidades de aves nidificantes en cultivos cerealistas responde tanto a la ubicación geográfica y las condiciones ambientales asociadas, como al tipo de gestión agrícola a nivel de parcela y a la interacción entre ambos factores. Dentro de una región concreta, en el centro de la Península Ibérica, sus resultados muestran que el efecto de la intensificación del paisaje y de la gestión de la parcela sobre la densidad total de individuos es diferente al efecto de estos factores sobre la densidad de territorios de nidificación. En su artículo, Sans et al. (2013) reflexionan sobre el empobrecimiento que en las últimas décadas ha sufrido la diversidad de especies arvenses ligadas a cultivos de cereal en Cataluña. Los resultados de sus investigaciones muestran como la magnitud del efecto de la intensificación difiere dependiendo de la escala a la que se produzca y la comunidad arvense estudiada. La intensificación del paisaje afecta especialmente a la flora arvense de los márgenes

de cultivo, mientras que las prácticas agrícolas realizadas en la parcela determinan en gran medida la diversidad de la flora arvensis del interior de los campos. Los manejos agrícolas también modulan la abundancia relativa de las especies asociadas a los agrosistemas en función de sus caracteres biológicos (Philpott y Bichier 2010, Gunton et al. 2011, Fried et al. 2012). Así, Morales et al. (2013) ilustran como la intensificación agrícola reduce la diversidad de algunos rasgos funcionales en comunidades de aves asociadas a cultivos de cereal en la Península Ibérica. Por su parte Sans et al. (2013), muestran como en los campos de cereal con manejo convencional la frecuencia de aparición de especies arvenses anemófilas es mayor que en aquellos campos manejados de manera ecológica.

Conocer la influencia de las prácticas de manejo sobre la biodiversidad presente en los agrosistemas también nos permite diseñar estrategias que favorezcan esta diversidad o utilizar la propia biodiversidad como indicadora de la sustentabilidad de las prácticas agrícolas. En este monográfico Perez y Marasas (2013), identifican la conexión entre las prácticas de manejo y los principales servicios de regulación a escala de parcela en agrosistemas hortícolas. En su zona de estudio, la región pampeana argentina, la valoración y comprensión de estas relaciones podría favorecer procesos de transición agroecológica y ofrecer a los productores alternativas al uso de insumos externos. Por su parte, Baraibar (2013) describe los principales requerimientos de los diferentes depredadores de semillas de plantas arvenses y como determinadas prácticas de manejo pueden favorecer a estas especies. A su vez, Suso et al. (2013) muestran como la mejora de cultivares, teniendo en cuenta a sus polinizadores, permite el doble objetivo de mantener la polinización de los cultivos y conservar la diversidad de polinizadores silvestres. Finalmente, Sánchez-Moreno y Talavera (2013) nos acercan al uso de los nematodos como bioindicadores de la salud del suelo en los agrosistemas. En su artículo muestran como en las últimas décadas el estudio de los nematodos fitoparásitos se ha complementado con el de aquellos de vida libre. Como consecuencia, se han desarrollado diversos índices que pueden utilizarse tanto para evaluar el grado de perturbación de un suelo, como el estado de la red trófica en relación a la fertilidad del suelo y a la supresión de especies plaga, o la magnitud de la función que cada grupo de nematodos realiza en el suelo.

## Diferentes perspectivas e instrumentos de conservación

No sólo es importante conocer las prácticas y manejos favorables para la conservación de la diversidad presente en los agrosistemas, sino también cómo favorecer su implementación por aquellas personas involucradas en los procesos productivos. Las estrategias son variadas, a menudo complementarias, e incluyen no sólo aspectos técnicos, biológicos y ecológicos, sino también sociales y económicos. Un ejemplo de estas estrategias son las medidas agroambientales. En 1992, la reforma de la Política Agraria Común de la Unión Europea, incluyó las medidas agroambientales para compensar a los agricultores por la pérdida económica directa al reducir la intensidad de la producción y favorecer manejos con un impacto positivo en la biodiversidad. El trabajo de Concepción y Díaz (2013) expone algunas limitaciones para la aplicación de estas medidas y los condicionantes de su efectividad derivados de las relaciones no lineales entre la complejidad del paisaje (una medida de su intensificación), la intensificación agrícola a nivel local y la propia biodiversidad del agrosistema. La naturaleza de estas relaciones explica que las medidas agroambientales sean más efectivas, en términos de coste-beneficio, en paisajes de complejidad intermedia y en sistemas extensificados. La eficacia de estas medidas también ha resultado variable en función de las especies de interés, la amplitud de las medidas realizadas o el tiempo desde que comenzó su aplicación (Bengtsson et al. 2005, Kleijn et al. 2006, Jonason et al. 2011). En ocasiones, la incentiación económica también puede desembocar en una

reducción de la biodiversidad (Nastis et al. 2013). Otra opción puede ser implicar a las personas productoras en la concepción y el desarrollo de estrategias y manejos que favorezcan la biodiversidad. Desde una perspectiva agroecológica, Vara-Sánchez y Cuéllar-Padilla (2013) proponen que la conservación de la biodiversidad cultivada no puede ser afrontada exclusivamente a través de soluciones tecnológicas aisladas, sino que es necesario un enfoque transdisciplinar. Este enfoque está recogido en el trabajo de Suso et al. (2013), que aborda la mejora de variedades agrícolas de una manera participativa. En este caso, los conocimientos y necesidades de los agricultores se incluyen tanto en la definición de los objetivos de mejora como en el propio proceso, para lograr variedades específicas para los sistemas de producción y las condiciones ambientales objetivo. Aunar estrategias participativas y creadas horizontalmente con otras diseñadas por parte de la administración o de organizaciones no gubernamentales es una propuesta de Mendez et al. (2013) para permitir a las familias cafecultoras de El Salvador y Nicaragua mantener sus modos de vida al tiempo que conservan una gran variedad de cultivos y cultivares, árboles de sombra, plantas medicinales y plantas epífitas.

En conclusión, los artículos recogidos en este monográfico sugieren que es el momento de buscar un enfoque conjunto entre los diversos sectores implicados, para integrar la biodiversidad en la investigación y la práctica de la agricultura que permita superar la aparente dicotomía existente entre diversidad y productividad. Aunque las limitaciones de espacio y tiempo han hecho que otros enfoques y temas de gran importancia queden fuera de este volumen, esperamos que este monográfico sobre la conservación de la biodiversidad en los sistemas agrarios sea del interés de los lectores de Ecosistemas.

## Agradecimientos

Quisiera agradecer a las autoras y autores participantes en este monográfico, así como a los revisores de los diferentes manuscritos, su interés y dedicación, y al comité editorial su coordinación. Agradezco también a Remedios Alarcón varias sugerencias realizadas a este texto.

## Referencias

- Balmford, A., Green, R., Phalan, B. 2012. What conservationists need to know about farming. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279:2714-2724.
- Baraibar, B. 2013. La depredación de semillas de malas hierbas, una función ecológica a conservar y potenciar. *Ecosistemas* 22(1):62-66.
- Batáry, P., Holzschuh, A., Orsi, K.M., Samu, F., Tschamntke, T. 2012. Responses of plant, insect and spider biodiversity to local and landscape scale management intensity in cereal crops and grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 146:130-136.
- Beare, M.H., Parmelee, R.W., Hendrix, P.F., Cheng, W.X., Coleman, D.C., Crossley, D.A. 1992. Microbial and faunal interactions and effects on litter nitrogen and decomposition in agroecosystems. *Ecological Monographs* 62:569-591.
- Bengtsson, J., Ahnstrom, J., Weibull, A.C. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42:261-269.
- Blann, K.L., Anderson, J.L., Sands, G.R., Vondracek, B. 2009. Effects of Agricultural Drainage on Aquatic Ecosystems: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 39:909-1001.
- Brittain, C., Kremen, C., Klein, A.-M. 2013. Biodiversity buffers pollination from changes in environmental conditions. *Global Change Biology* 19:540-547.
- Canfield, D.E., Glazer, A.N., Falkowski, P.G. 2010. The evolution and future of Earth's nitrogen cycle. *Science* 330:192-196.
- Clergue, B., Amiaud, B., Pervanchon, F., Lasserre-Joulin, F., Plantureux, S. 2009. Biodiversity: Function and Assessment in Agricultural Areas: A Review. En: Lichtfouse, E., Navarrete, M., Debaeke, P., Véronique, S., Alberola, C., (eds.). Sustainable agriculture. Springer Netherlands. Houten, The Netherlands.
- Concepción, E.D., Díaz, M. 2013. Medidas agroambientales y conservación de la biodiversidad: Limitaciones y perspectivas de futuro. *Ecosistemas* 22(1):44-49.



- Crowder, D.W., Northfield, T.D., Strand, M.R., Snyder, W.E. 2010. Organic agriculture promotes evenness and natural pest control. *Nature* 466:109-112.
- De La Fuente, E.B., Perelman, S., Ghersa, C. M. 2010. Weed and arthropod communities in soybean as related to crop productivity and land use in the Rolling Pampa, Argentina. *Weed Research* 50:561-571.
- Drinkwater, L.E., Snapp, S.S., 2007. Nutrients in Agroecosystems: Rethinking the Management Paradigm. *Advances in Agronomy* 92:163-186.
- Ellis, E.C. 2011. Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 369:1010-1035.
- FAOSTAT 2011. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Acceso Marzo 2013 <http://faostat.fao.org/site/377/DesktopDefault.aspx?PageID=377#ancor>.
- Firbank, L.G., Petit, S., Smart, S., Blain, A., Fuller, R.J. 2008. Assessing the impacts of agricultural intensification on biodiversity: a British perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363:777-787.
- Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J.A., Prentice, I.C., Ramankutty, N., Snyder, P.K. 2005. Global Consequences of Land Use. *Science* 309:570-574.
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.D., O'Connell, C., Ray, D.K., West, P.C., Balzer, C., Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockstrom, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D., Zaks, D.P.M. 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478:337-342.
- Fried, G., Kazakou, E., Gaba, S. 2012. Trajectories of weed communities explained by traits associated with species' response to management practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 158:147-155.
- Gabriel, D., Sait, S.M., Kunin, W.E., Benton, T.G. 2013. Food production vs. biodiversity: comparing organic and conventional agriculture. *Journal of Applied Ecology* 50:355-364.
- Garnier, E., Navas, M.-L. 2011. A trait-based approach to comparative functional plant ecology: concepts, methods and applications for agroecology. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 32:365-399.
- Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W.W., Emmerson, M., Morales, M.B., Ceryngier, P., Lira, J., Tschantke, T., Winqvist, C., Eggers, S., Bommarco, R., Pärt, T., Bretagnolle, V., Plantegenest, M., Clement, L.W., Dennis, C., Palmer, C., Oñate, J.J., Guerrero, I., Hawro, V., Aavik, T., Thies, C., Flohre, A., Hånke, S., Fischer, C., Goedhart, P. W., Inchausti, P. 2010. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology* 11:97-105.
- Gibbs, H.K., Ruesch, A.S., Achard, F., Clayton, M.K., Holmgren, P., Ramankutty, N., Foley, J.A. 2010. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107:16732-16737.
- Gunton, R.M., Petit, S., Gaba, S. 2011. Functional traits relating arable weed communities to crop characteristics. *Journal of Vegetation Science* 22:541-550.
- Hawes, C., Begg, G.S., Squire, G.R., Iannetta, P.P.M. 2005. Individuals as the basic accounting unit in studies of ecosystem function: functional diversity in shepherd's purse, *Capsella*. *Oikos* 109:521-534.
- Hoehn, P., Tschantke, T., Tylianakis, J.M., Steffan-Dewenter, I. 2008. Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 275:2283-2291.
- Jonason, D., Andersson, G.K.S., Öckinger, E., Rundlöf, M., Smith, H. G., Bengtsson, J. 2011. Assessing the effect of the time since transition to organic farming on plants and butterflies. *Journal of Applied Ecology* 48:543-550.
- Jonason, D., Andersson, G.K.S., Öckinger, E., Smith, H. G., Bengtsson, J. 2012. Field scale organic farming does not counteract landscape effects on butterfly trait composition. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 158:66-71.
- Karp, D.S., Rominger, A.J., Zook, J., Ranganathan, J., Ehrlich, P.R., Daily, G.C. 2012. Intensive agriculture erodes  $\beta$ -diversity at large scales. *Ecology Letters* 15(9):963-70.
- Kleijn, D., Baquero, R.A., Clough, Y., Díaz, M., De Esteban, J., Fernández, F., Gabriel, D., Herzog, F., Holzschuh, A., Jöhl, R., Knop, E., Kruess, A., Marshall, E.J.P., Steffan-Dewenter, I., Tschantke, T., Verhulst, J., West, T.M., Yela, J.L. 2006. Mixed biodiversity benefits of agri-environment schemes in five European countries. *Ecology Letters* 9:243-254.
- Klein, A.-M., Vaisière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Tschantke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274:303-313.
- Letourneau, D.K., Armbrrecht, I., Rivera, B.S., Lerma, J.M., Carmona, E.J., Daza, M.C., Escobar, S., Galindo, V., Gutiérrez, C., López, S.D., Mejía, J.L., Rangel, A. M.A., Rangel, J.H., Rivera, L., Saavedra, C.A., Torres, A.M., Trujillo, A.R. 2011. Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications* 21:9-21.
- Macfadyen, S., Bohan, D.A. 2010. Crop domestication and the disruption of species interactions. *Basic and Applied Ecology* 11:116-125.
- Mas, A. H., Dietsch, T.V. 2003. An index of management intensity for coffee agroecosystems to evaluate butterfly species richness. *Ecological Applications* 13:1491-1501.
- McKey, D., Rostain, S., Iriarte, J., Glaser, B., Birk, J.J., Holst, I., Renard, D. 2010. Pre-Columbian agricultural landscapes, ecosystem engineers, and self-organized patchiness in Amazonia. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107:7823-7828.
- Méndez, V. E., Bacon, C. M., Olson, M. B., Morris, K. S., Shattuck, A. 2013. Conservación de agrobiodiversidad y medios de vida en cooperativas de café bajo sombra en Centroamérica. *Ecosistemas* 22(1):16-24.
- Millennium Ecosystem Assessment 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*. Island Press, Washington, DC.
- Moonen, A.C., Bàrberi, P. 2008. Functional biodiversity: An agroecosystem approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 127:7-21.
- Morales, M.B., Guerrero, I., Oñate, J.J. 2013. Efectos de la gestión agraria en las aves de los cultivos cerealistas: un proceso multiescalar. *Ecosistemas* 22(1):25-29.
- Mouysset, L., Doyen, L., Jiguet, F. 2012. How does economic risk aversion affect biodiversity? *Ecological Applications* 23:96-109.
- Nastis, S.A., Michailidis, A., Mattas, K. 2013. Crop biodiversity repercussions of subsidized organic farming. *Land Use Policy* 32:23-26.
- Ostergard, H., Fijnckh, M.R., Fontaine, L., Goldringer, I., Hoad, S.P., Kristensen, K., Lammerts van Bueren, E.T., Mascher-Frutschi, F., Munk, L., M.S., W. 2009. Time for a shift in crop production: embracing complexity through diversity at all levels. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89:1439-1445.
- Paredes, D., Campos, M., Cayuela, L. 2013. El control biológico de plagas de artrópodos por conservación: técnicas y estado del arte. *Ecosistemas* 22(1):56-61
- Pérez, M., Marasas, M.E. 2013. Servicios de regulación y prácticas de manejo: aportes para una horticultura de base agroecológica. *Ecosistemas* 22(1):36-43
- Philpott, S.M., Bichier, P. 2010. Effects of shade tree removal on birds in coffee agroecosystems in Chiapas, Mexico. *Agriculture Ecosystems and Environment* 149:171-180.
- Power, A.G. 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365:2959-2971.
- Ramankutty, N., Foley, J.A. 1999. Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochemical Cycles* 13:997-1027.
- Relyea, R.A. 2005. The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. *Ecological Applications* 15:618-627.
- Sánchez-Moreno, S., Talavera, M. 2013. Los nematodos como indicadores ambientales en agroecosistemas *Ecosistemas* 22(1):50-55.
- Sans, F. X., Armengot, L., Bassa, M., Blanco-Moreno, L. J. M., Caballero-López, B., Chamorro, L., José-María, L. 2013. La intensificación agrícola y la diversidad vegetal en los sistemas cerealistas de secano mediterráneos: implicaciones para la conservación. *Ecosistemas* 22(1):30-35.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M., Smith, J. 2008. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363:789-813.
- Smith, R.G., Mortensen, D.A., Ryan, M.R. 2009. A new hypothesis for the functional role of diversity in mediating resource pools and weed-crop competition in agroecosystems. *Weed Research* 50:37-48.
- Suso, M.J., Bocci, R., Chable, V. 2013. La diversidad, una herramienta poderosa para el desarrollo de una agricultura de bajos-insumos. *Ecosistemas* 22(1):10-15.
- Tooker, J.F., Frank, S.D. 2012. Genotypically diverse cultivar mixtures for insect pest management and increased crop yields. *Journal of Applied Ecology* 49:974-985.
- Tschantke, T., Clough, Y., Wanger, T.C., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., Vandermeer, J., Whitbread, A. 2012. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation* 151:53-59.
- Vara-Sánchez, I., Cuéllar-Padilla, M. 2013. Biodiversidad cultivada: una cuestión de coevolución y transdisciplinariedad. *Ecosistemas* 22(1):5-9.
- Zhang, W., Ricketts, T.H., Kremen, C., Carney, K., Swinton, S.M. 2007. Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics* 64:253-260.