*Este texto se basa en una revisión bibliográfica de las publicaciones académicas realizada por Pavlo Ardanov como parte de nuestro proyecto de colaboración del Observatorio GROW.*

*El Observatorio GROW ha recibido financiación del Programa Marco de Investigación e Innovación Horizonte 2020 en virtud del acuerdo de subvención nº 690199.*

**Revisión bibliográfica sobre cómo aumentar el número de polinizadores**

*Dr. Pavlo Ardanov, 2017*

# Resumen

El valor global anual de la polinización de cultivos mediada por animales se estima en 153.000 millones de dólares, mientras que en muchas áreas agrícolas existe un déficit de polinización. Una búsqueda de bibliografía en ScienceDirect utilizando la palabra clave «pollinator» (polinizador) obtuvo más de 30.900 resultados. Se analizaron los primeros 1.000 resultados (ordenados por relevancia), incluidos todos los artículos de revisión y de investigación centrados en Europa y en un clima templado. En este artículo también se revisan las principales prácticas de gestión de los polinizadores.

**Principales conclusiones:** La diversificación paisajística aumenta la disponibilidad y el acceso a recursos de forrajeo y lugares de nidificación para los polinizadores, facilita su migración y aumenta la redundancia a gran escala de los servicios de polinización. La creación de hábitats adicionales y diversos no cultivados de flores anuales y perennes estimulará a los polinizadores proporcionando recursos de néctar y polen a lo largo de su período de forrajeo y en momentos en que los recursos son limitados (plantas «puente»). La inclusión de plantas con flor prolíficas en franjas de flores cultivadas y su cultivo en franjas de flores silvestres puede equilibrar los períodos de escasez de recursos y proporcionar un suministro constante si se diseña como una secuencia de floración. Permitir la regeneración de la flora silvestre natural en los márgenes de las parcelas mejorará la polinización de los cultivos y el control biológico de plagas y malas hierbas. La restauración de los hábitats que proporcionan recursos de forrajeo y nidificación y facilitan el movimiento de los polinizadores presenta el potencial de propiciar la mejora de los servicios de polinización en todos los paisajes.

# Introducción

Los polinizadores son importantes para la reproducción y la viabilidad genética de más del 65 % de las plantas silvestres del mundo (90 % de las plantas con flor) o de 30.000 especies vegetales (Kearns, Inouye y Waser 1998, Ashman et al. 2004, Buchmann, Nabhan 2012). El valor global anual de la polinización de cultivos mediada por animales se estima en 153.000 millones de dólares (Gallai et al. 2009).

Cada vez se dispone de más pruebas de que varias especies y grupos de polinizadores y las plantas que polinizan se ven afectados negativamente por el cambio medioambiental en muchos lugares del mundo (Wratten et al. 2012, Senapathi et al. 2015), y de que los déficits de polinización se agravan aún más en los paisajes agrícolas (Garibaldi et al. 2017). Un aumento del 10 % en el área del hábitat natural y seminatural podría suponer un aumento de en torno al 37 % de abundancia de abejas silvestres y de riqueza de las especies (Kennedy et al. 2013).

Las especies de polinizadores difieren en sus necesidades de nidificación y forrajeo. Por lo tanto, los paisajes favorables a los polinizadores deben proporcionar amplios recursos de nidificación y forrajeo para los polinizadores silvestres adultos y las larvas durante todo el año (Pufal, Steffan-Dewenter y Klein 2017). En general, la gestión de los servicios de polinización debe estar dirigida a apoyar a un conjunto diverso de polinizadores para mantener la diversidad de rasgos taxonómicos o funcionales, que sirve para prestar un conjunto diverso de servicios de polinización incluso frente a las pérdidas de especies (Gill et al. 2016, Menz et al. 2011).

Las principales técnicas de gestión del hábitat que tienen efectos positivos en los polinizadores silvestres son: protección y restauración de los hábitats de los polinizadores; aumento de la calidad y cantidad de recursos florales; reducción de las prácticas mecánicas intensivas; reducción de los insumos químicos; y provisión de lugares de anidación (Wratten et al. 2012, revisado en Garibaldi et al. 2017). La conservación de los polinizadores puede servir como un marco útil para lograr múltiples objetivos, como mejorar el control natural de las plagas, mejorar la estructura y fertilidad del suelo, apoyar la biodiversidad, limitar la erosión del suelo y el lixiviado de nutrientes y mejorar la estética del paisaje (Wratten et al. 2012).

***Descripción de cómo hacerlo***

*La gestión holística de los servicios de polinización debe incluir los siguientes pasos principales (Gill et al. 2016, Menz et al. 2011, Jha, Burkle y Kremen 2013):*

1. *Para cada floración de cultivo y variedad principal cultivada en un paisaje determinado, identificar si es necesaria la polinización y qué polinizadores probablemente presten este servicio.*
2. *Identificar los principales polinizadores de los cultivos. Considerar sus preferencias de anidación y sus necesidades de recursos florales a lo largo de sus períodos de forrajeo.*
3. *Evaluar el paisaje en el que se producen los cultivos en cuanto a los recursos florales y de nidificación alternativos a lo largo del periodo de actividad de los polinizadores e identificar posibles carencias de recursos.*
4. *Cultivar plantas «marco», que proporcionan cantidades considerables de néctar y polen, y plantas «puente», que proporcionan recursos durante períodos de tiempo con escasez de recursos. Utilizar especies vegetales que no fomenten las plagas o las enfermedades en los cultivos y prioricen las especies autóctonas sin malas hierbas. Realizar primero ensayos a pequeña escala para comparar los diferentes métodos de establecimiento y medir el uso de los polinizadores y cómo se potencia esto en los cultivos adyacentes.*
5. *Evaluar las implicaciones económicas de eliminar tierras de producción para prestar servicios de polinización, en comparación con el aumento del valor de los cultivos.*

A continuación, se revisan en mayor profundidad las principales prácticas de gestión de los polinizadores, incluidos sus aspectos específicos, consideraciones adicionales para su aplicación y una descripción de «cómo» hacerlo.

# Diversificación paisajística

La optimización de la heterogeneidad y la conectividad del hábitat puede aumentar la disponibilidad y el acceso a recursos de forrajeo y lugares de anidación para los polinizadores, facilitar su migración y aumentar la redundancia a gran escala de los servicios de polinización (Pufal, Steffan-Dewenter y Klein 2017, Samnegård, Persson y Smith 2011).

El período de floración de las especies vegetales individuales suele ser corto en comparación con el período de actividad de los polinizadores (Blüthgen, Klein 2011). Los cultivos difieren en el nivel de polinización y en la comunidad de insectos polinizadores necesarios (Albrecht et al. 2012, Fründ et al. 2013), y las especies de polinizadores también pueden diferir en sus necesidades de recursos a lo largo del año (Olesen et al. 2008). Los servicios de polinización estarán menos expuestos a los impactos catastróficos que afectan a los hábitats individuales propicios para los polinizadores si hay otros hábitats no afectados en las proximidades. Por tanto, las medidas destinadas a apoyar a los polinizadores deben tener en cuenta las complejas interacciones de espacio y tiempo entre los diferentes polinizadores y los elementos del hábitat (Pufal, Steffan-Dewenter y Klein 2017).

## Datos específicos a tener en cuenta a nivel de paisaje:

* Diferentes tipos de hábitats: campos de cultivo, jardines, islotes en medio campo, márgenes de parcelas no cultivados y mejorados florísticamente, macizos, zonas ribereñas de amortiguación, arcenes, parques, hábitats naturales, etc. (Lindgren, Lindborg y Cousins 2018).
* Distancia efectiva entre los hábitats: de unos pocos cientos de metros para algunas abejas silvestres a varios kilómetros para abejas melíferas y abejorros (Danner et al. 2016, Steffan-Dewenter, Kuhn 2003).
* Obstáculos al movimiento de los pequeños polinizadores (por ejemplo, bosques, setos) e influencia de las prácticas de gestión: siega, labranza (normalmente negativas), cercas para ganado (variables), etc.
* Preferencias paisajísticas de los diferentes polinizadores: mariposas - plantas de alimento de las larvas y parterres de flores altas; sírfidos - cubierta rica para insectos; abejorros - madrigueras; abejas solitarias - suelo desnudo; abejorros - pastizales, etc. (Garibaldi et al. 2017, Holland et al. 2015).

## Consideraciones adicionales:

* Puede que no sea eficiente en paisajes que ya tienen un 20 % o más de hábitat apto para polinizadores (Wood, Holland y Goulson 2015).
* Será más eficiente para polinizadores que forrajean en largas distancias (E Benjamin, R Reilly y Winfree 2014).
* La gestión de los servicios de polinización por sí sola puede no dar lugar a una mayor diversidad de polinizadores naturales (Andersson et al. 2014).
* La disponibilidad de recursos de forrajeo próximos a los nidos de los polinizadores puede reducir la polinización de los cultivos agrícolas (Wolf, Moritz 2008).
* Los polinizadores generalistas suelen beneficiarse de una dieta diversa (Di Pasquale et al. 2013, Vaudo et al. 2015).
* Las abejas silvestres suelen ser polinizadoras más importantes y eficientes que las abejas melíferas (Wei et al. 2002, Mallinger, Gratton 2015, Martins, Gonzalez y Lechowicz 2015).
* Requiere planificación experta, colaboración entre los propietarios de terrenos privados y estatales, costes de establecimiento, mantenimiento y retirada de la producción agrícola (Isaacs et al. 2017).

## Descripción de cómo hacerlo

1. *Identificar si existe déficit de polinización para los cultivos.*
2. *Identificar los principales polinizadores de los cultivos cosechados en la región.*
3. *Considerar las necesidades de recursos florales y de nidificación de los grupos de polinizadores objetivo*
4. *Decidir la ubicación, el tamaño, la configuración y la longevidad del proyecto de restauración.*
5. *Seleccionar las especies vegetales adaptadas a la región, utilizar una metodología sólida para establecer plantaciones y elegir combinaciones vegetales que florezcan durante toda la temporada de cultivo. (Gill et al. 2016, Jha, Burkle y Kremen 2013, Isaacs et al. 2017)*

# 2. Franjas de flores cultivadas

Las franjas de flores son hábitats adicionales y diversos no cultivados que consisten en flores anuales y perennes. Animan a los polinizadores proporcionando recursos de néctar y polen a lo largo del período de forrajeo y en momentos en que los recursos son limitados (plantas «puente»). Diseñar hábitats ricos en flores que incluyan plantas hospederas de mariposas puede reducir la cantidad total de terreno necesario para los hábitats de vida silvestre (Holland et al. 2015). Las mezclas de plantas con flor y césped también pueden eliminar algunas malas hierbas (Pywell et al. 2005, Smith, Firbank y Macdonald 1999).

## Aspectos específicos

Las diferentes plantas incluyen:

* plantas «puente» (flor durante los períodos de escasez de recursos)
* plantas de floración masiva (ayudan a construir el tamaño de la colonia de abejas)
* plantas «marco» (proporcionan considerables recursos de néctar y/o polen a numerosas y diversas especies de polinizadores)
* especies con grandes inflorescencias o floración en densos parches (por ejemplo, la margarita ojo de buey)
* plantas para polinizadores especializados (por ejemplo, plantas leguminosas para abejorros de lengua larga)
* plantas «favoritas» para diferentes grupos de polinizadores (p. ej., orégano, cebollino, aliso de mar, trigo sarraceno, aciano para sírfidos)

(Menz et al. 2011, Jha, Burkle y Kremen 2013, Uyttenbroeck et al. 2017, Goulson 2017, Pywell et al. 2006, Herrmann et al. 2007).

## Consideraciones adicionales

* La presencia de especies vegetales atractivas puede dar lugar a un mayor índice de visibilización de las flores, pero no aumentará necesariamente la riqueza de las especies polinizadoras (Uyttenbroeck et al. 2017).
* Estas plantas pueden competir por la polinización con cultivos menos abundantes o atractivos y plantas con flor nativas (Lopezaraiza–Mikel et al. 2007).
* Los efectos positivos de las franjas de flores sobre los polinizadores silvestres pueden tardar en materializarse, ya que el tamaño de la población actual suele reflejar la disponibilidad de recursos del año anterior (Roulston, Goodell 2011).
* Los programas agroambientales actuales a menudo solo apoyan a los polinizadores comunes (especialmente abejorros) (Kovács-Hostyánszki et al. 2016).
* Las plantas propuestas pueden ser eficientes solo en una región específica y ser malas hierbas en otra (Winfree 2010).

## Descripción de cómo hacerlo

***Selección de plantas con flor que apoyan a los polinizadores:*** *seguir un protocolo para identificar las plantas forrajeras de importancia regional y las especies vegetales nativas de la región. Las especies de calificación superior deben seleccionarse en función de los períodos de floración superpuestos para garantizar una disponibilidad constante de forraje durante la temporada activa de los insectos (Isaacs et al. 2009). Deben considerarse las interacciones facilitadoras y competitivas entre las plantas (revisadas en Menz et al. 2011).*

# 3. Plantas con flor prolíficas

La inclusión de plantas con flor prolíficas en franjas de flores cultivadas y su cultivo en franjas de flores silvestres puede equilibrar los períodos de escasez de recursos y proporcionar un suministro de recursos constante. Los primeros recursos de floración masiva pueden aumentar las poblaciones de abejas y mejorar la población de abejas solitarias en el próximo año, mientras que la floración de las plantas a finales de la temporada conduce a una mayor producción de reinas de abejorros (Isaacs et al. 2017). Los megaquílidos y halíctidos están activos durante un período más corto de la temporada de cultivo, por lo que los períodos de floración masiva se deben programar correctamente (Russo et al. 2013). La mayoría de las especies sociales y multivoltinas necesitan una disponibilidad continua de recursos durante toda la temporada activa (Roulston, Goodell 2011). Los cultivos de floración masiva crean un aumento de los recursos y un excedente de polinizadores con un efecto sobre la polinización de entre 250 y 3000 m de distancia (Westphal, Steffan-Dewenter y Tscharntke 2006).

## Consideraciones adicionales

* Principalmente factibles para apoyar a los polinizadores manejados, pueden resultar menos apropiadas para proporcionar hábitats de nidificación para polinizadores de vida silvestre (Pufal, Steffan-Dewenter y Klein 2017).
* Los polinizadores silvestres en los cultivos de floración masiva pueden ser desplazados espacialmente por las abejas, con posibles consecuencias negativas (Lindstrom et al. 2016).
* Los servicios de polinización de los polinizadores silvestres pueden ser más pronunciados en los márgenes de las parcelas que en el centro de los cultivos de floración masiva (Balzan, Bocci y Moonen 2016).
* Los episodios de floración de los cultivos de floración masiva tienden a ser temporales, tienen lugar durante una fracción de la temporada activa de muchas especies de abejas (Wratten et al. 2012).
* Las densidades de polinizadores en los cultivos objetivo pueden disminuir con un aumento de las áreas de floración masiva (Holzschuh et al. 2016, Montero-Castaño, Ortiz-Sánchez y Vilà 2016).

# 4. Franjas de flores silvestres (zonas de amortiguación no cultivadas, márgenes de parcelas, hábitats seminaturales)

Permitir la regeneración de las flores silvestres naturales o proteger la vegetación en los márgenes de las parcelas mejorará la polinización de los cultivos y el control biológico de plagas y malas hierbas (Lindgren, Lindborg y Cousins 2018). En el caso de los hábitats naturales, no existe riesgo de fracaso de las plantas cultivadas.

La variedad de insectos silvestres es mayor en áreas de hábitat seminatural. Por lo tanto, si bien las franjas de flores cultivadas pueden aumentar la abundancia de especies existentes, solo la conservación a gran escala del hábitat (semi)natural mantendrá la diversidad de polinizadores (Campbell et al. 2017).

Los márgenes grandes bien ponderados intercalados entre grandes parcelas podrían ser más eficaces para los polinizadores silvestres que llenar el paisaje de monocultivo con numerosos márgenes pequeños e ineficaces. Pero a veces reducir los campos de monocultivo es igualmente importante (Rands, Whitney 2010).

## Consideraciones adicionales

* Los efectos de las franjas de flores suelen ser más evidentes en los polinizadores silvestres con períodos de vuelo prolongados (p. ej., abejorros) (Campbell et al. 2017).
* Aumentar la densidad de las flores silvestres puede alejar a los polinizadores de los cultivos agrícolas en los monocultivos (Rands, Whitney 2010). Pero algunos polinizadores (p. ej., los abejorros) pueden mostrar una preferencia innata por el monocultivo (Forrest y Thomson 2009, Gumbert 2000, Ings, Raine y Chittka 2009, Raine y Chittka 2007).
* Algunos polinizadores responden positivamente a la diversidad floral, mientras que otros están más influenciados por las plantas de floración masiva (Wood, Holland y Goulson 2015).
* Los hábitats de flores silvestres ejercen una influencia positiva en los servicios de polinización, con independencia de su ubicación geográfica (apoyo a polinizadores nativos) (Cole y cols. 2015).

## Descripción de cómo hacerlo

1. *Reubicar y ampliar los márgenes de las parcelas (idealmente más de 5 m de ancho) y permitir la regeneración natural de las plantas (Cole y cols. 2015).*
2. *Para suelos muy compactados, el cultivo inicial o el cultivo de plantas con raíces primarias puede acelerar la regeneración natural (Wood, Holland y Goulson 2015).*
3. *Potenciar los bancos de semillas de plantas silvestres dentro de los márgenes de las parcelas (Rands, Whitney 2010) (por ejemplo, cultivo inicial, estructuras para el depósito de recursos).*
4. *Cultivar recursos florales adicionales, como plantas de floración masiva y plantas para diferentes nichos de alimentación, con el fin de aumentar el número y la diversidad de polinizadores.*
5. *Considerar detenidamente el diseño de los márgenes de las parcelas para aquellas especies que no se desplazan grandes distancias (Rands, Whitney 2010).*

# 5. Restauración de plantas autóctonas en zonas naturales adyacentes

La restauración del hábitat, que proporciona recursos de forrajeo y nidificación y facilita el movimiento de los polinizadores, puede apoyar la mejora de los servicios de polinización en paisajes naturales y modificados por el hombre (Jha, Burkle y Kremen 2013). Las explotaciones situadas muy cerca de zonas naturales pueden recibir todos sus servicios de polinización solo de abejas silvestres (Kremen, Williams y Thorp 2002, Kremen et al. 2004, Winfree et al. 2007).

## Aspectos específicos

* Las medidas para restaurar las comunidades de polinizadores naturales alrededor de los campos y los huertos también beneficiarán a la biodiversidad general (Marini y cols. 2012).
* El papel de los hábitats naturales en el apoyo de las comunidades polinizadoras nativas puede ser más importante en condiciones extremas como una elevada altitud, donde las especies y la abundancia de polinizadores son menores (Marini et al. 2012).
* La presencia de vestigios de hábitats antiguos puede ser crítica para la colonización de hábitats recientemente restaurados (Forup, Memmott 2005, Forup et al. 2008).

## Consideraciones adicionales

* Esta medida puede tener más influencia en la abundancia de polinizadores salvajes que en los manejados (Marini y cols. 2012).
* Los paisajes dominados por bosques pueden beneficiar más la riqueza de las especies locales que los paisajes dominados por prados.
* Las poblaciones de plantas en las zonas restauradas deben ser lo suficientemente grandes como para evitar el efecto alee: la reducción de la fecundidad de las plantas en poblaciones pequeñas (Hobbs, Yates 2003, Ghazoul 2005).
* Los hábitats de forma lineal pueden asociarse a un número reducido de polinizadores individuales, ya que los elementos lineales tienen un mayor porcentaje de borde hacia el interior y presión de los factores de estrés relacionados con el borde (Ewers, Didham 2007, Paton 1994).
* Los bosques caducifolios templados pueden proporcionar buenos recursos florales en primavera para las abejas, pero el bosque tiende a carecer de flores en verano (Heinrich 1976).

## Descripción de cómo hacerlo

* *Restaurar y proteger al menos el 10 % del hábitat de vida silvestre en la región (Holland et al. 2015). Esto duplicará la abundancia de polinizadores y aves.*
* *Incluir la reducción de la presión del pastoreo (p. ej., cercados), actividades humanas limitadas y permitir la sucesión natural (p. ej., tala selectiva de plantaciones forestales monocultivo y regeneración de la vegetación natural) (Garibaldi et al. 2017).*

# Referencias:

Albrecht, M., Schmid, B., Hautier, Y. & Muller, C.B. 2012. Diverse pollinator communities enhance plant reproductive success. *Proceedings.Biological sciences, 279*(1748), pp. 4845-4852.

Andersson, G.K.S., Ekroos, J., Stjernman, M., Rundlöf, M. & Smith, H.G. 2014. Effects of farming intensity, crop rotation and landscape heterogeneity on field bean pollination. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 184*, pp. 145-148.

Ashman, T., Knight, T.M., Steets, J.A., Amarasekare, P., Burd, M., Campbell, D.R., Dudash, M.R., Johnston, M.O., Mazer, S.J. & Mitchell, R.J. 2004. Pollen limitation of plant reproduction: ecological and evolutionary causes and consequences. *Ecology, 85*(9), pp. 2408-2421.

Balzan, M.V., Bocci, G. & Moonen, A. 2016. Utilisation of plant functional diversity in wildflower strips for the delivery of multiple agroecosystem services. *Entomologia Experimentalis et Applicata, 158*(3), pp. 304-319.

Blüthgen, N. & Klein, A. 2011. Functional complementarity and specialisation: the role of biodiversity in plant–pollinator interactions. *Basic and Applied Ecology, 12*(4), pp. 282-291.

Buchmann, S.L. and Nabhan, G.P., 2012. *The forgotten pollinators*. Island Press.

Campbell, A.J., Wilby, A., Sutton, P. & Wäckers, F.L. 2017. Do sown flower strips boost wild pollinator abundance and pollination services in a spring-flowering crop? A case study from UK cider apple orchards. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 239*, pp. 20-29.

Cole, L.J., Brocklehurst, S., Robertson, D., Harrison, W. & McCracken, D.I. 2015. Riparian buffer strips: Their role in the conservation of insect pollinators in intensive grassland systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 211*, pp. 207-220.

Danner, N., Molitor, A.M., Schiele, S., Härtel, S. & Steffan‐Dewenter, I. 2016. Season and landscape composition affect pollen foraging distances and habitat use of honey bees. *Ecological Applications, 26*(6), pp. 1920-1929.

Di Pasquale, G., Salignon, M., Le Conte, Y., Belzunces, L.P., Decourtye, A., Kretzschmar, A., Suchail, S., Brunet, J. & Alaux, C. 2013. Influence of pollen nutrition on honey bee health: do pollen quality and diversity matter? *PloS one, 8*(8), pp. e72016.

E Benjamin, F., R Reilly, J. & Winfree, R. 2014. Pollinator body size mediates the scale at which land use drives crop pollination services. *Journal of Applied Ecology, 51*(2), pp. 440-449.

Ewers, R.M. & Didham, R.K. 2007. The effect of fragment shape and species' sensitivity to habitat edges on animal population size. *Conservation Biology, 21*(4), pp. 926-936.

Forrest, J. & Thomson, J.D. 2009. Background complexity affects colour preference in bumblebees. *Naturwissenschaften, 96*(8), pp. 921-925.

Forup, M.L., Henson, K.S., Craze, P.G. & Memmott, J. 2008. The restoration of ecological interactions: plant–pollinator networks on ancient and restored heathlands. *Journal of Applied Ecology, 45*(3), pp. 742-752.

Forup, M.L. & Memmott, J. 2005. The restoration of plant–pollinator interactions in hay meadows. *Restoration Ecology, 13*(2), pp. 265-274.

Fründ, J., Dormann, C.F., Holzschuh, A. & Tscharntke, T. 2013. Bee diversity effects on pollination depend on functional complementarity and niche shifts. *Ecology, 94*(9), pp. 2042-2054.

Gallai, N., Salles, J., Settele, J. & Vaissière, B.E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics, 68*(3), pp. 810-821.

Garibaldi, L.A., Requier, F., Rollin, O. & Andersson, G.K. 2017. Towards an integrated species and habitat management of crop pollination. *Current Opinion in Insect Science, 21*, pp. 105-114.

Ghazoul, J. 2005. Pollen and seed dispersal among dispersed plants. *Biological Reviews, 80*(3), pp. 413-443.

Gill, R.J., Baldock, K.C.R., Brown, M.J.F., Cresswell, J.E., Dicks, L.V., Fountain, M.T., Garratt, M.P.D., Gough, L.A., Heard, M.S., Holland, J.M., Ollerton, J., Stone, G.N., Tang, C.Q., Vanbergen, A.J., Vogler, A.P., Woodward, G., Arce, A.N., Boatman, N.D., Brand-Hardy, R., Breeze, T.D., Green, M., Hartfield, C.M., O’Connor, R.S., Osborne, J.L., Phillips, J., Sutton, P.B. & Potts, S.G. 2016, "Chapter Four - Protecting an Ecosystem Service: Approaches to Understanding and Mitigating Threats to Wild Insect Pollinators" in *Ecosystem Services: From Biodiversity to Society, Part 2*, eds. G. Woodward & D.A. Bohan, Academic Press, , pp. 135-206.

Goulson, D. (2017). *The best garden flowers for bees*. [online] Sussex.ac.uk. Available at: http://www.sussex.ac.uk/lifesci/goulsonlab/resources/flowers [Accessed 13 Dec. 2017].

Gumbert, A. 2000. Color choices by bumble bees (*Bombus terrestris*): innate preferences and generalization after learning. *Behavioral Ecology and Sociobiology, 48*(1), pp. 36-43.

Heinrich, B. 1976. Flowering phenologies: bog, woodland, and disturbed habitats. *Ecology, 57*(5), pp. 890-899.

Herrmann, F., Westphal, C., Moritz, R.F. & Steffan‐Dewenter, I. 2007. Genetic diversity and mass resources promote colony size and forager densities of a social bee (*Bombus pascuorum*) in agricultural landscapes. *Molecular ecology, 16*(6), pp. 1167-1178.

Hobbs, R.J. & Yates, C.J. 2003. Impacts of ecosystem fragmentation on plant populations: generalising the idiosyncratic. *Australian Journal of Botany, 51*(5), pp. 471-488.

Holland, J.M., Smith, B.M., Storkey, J., Lutman, P.J.W. & Aebischer, N.J. 2015. Managing habitats on English farmland for insect pollinator conservation. *Biological Conservation, 182*, pp. 215-222.

Holzschuh, A., Dainese, M., González‐Varo, J.P., Mudri‐Stojnić, S., Riedinger, V., Rundlöf, M., Scheper, J., Wickens, J.B., Wickens, V.J. & Bommarco, R. 2016. Mass‐flowering crops dilute pollinator abundance in agricultural landscapes across Europe. *Ecology Letters, 19*(10), pp. 1228-1236.

Ings, T.C., Raine, N.E. & Chittka, L. 2009. A population comparison of the strength and persistence of innate colour preference and learning speed in the bumblebee *Bombus terrestris*. *Behavioral Ecology and Sociobiology, 63*(8), pp. 1207-1218.

Isaacs, R., Tuell, J., Fiedler, A., Gardiner, M. & Landis, D. 2009. Maximizing arthropod‐mediated ecosystem services in agricultural landscapes: the role of native plants. *Frontiers in Ecology and the Environment, 7*(4), pp. 196-203.

Isaacs, R., Williams, N., Ellis, J., Pitts-Singer, T.L., Bommarco, R. & Vaughan, M. 2017. Integrated Crop Pollination: Combining strategies to ensure stable and sustainable yields of pollination-dependent crops. *Basic and Applied Ecology, 22*, pp. 44-60.

Jha, S., Burkle, L. & Kremen, C. 2013, "4.11 - Vulnerability of Pollination Ecosystem Services" in *Climate Vulnerability*, ed. R.A. Pielke, Academic Press, Oxford, pp. 117-128.

Kearns, C.A., Inouye, D.W. & Waser, N.M. 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics, 29*(1), pp. 83-112.

Kennedy, C.M., Lonsdorf, E., Neel, M.C., Williams, N.M., Ricketts, T.H., Winfree, R., Bommarco, R., Brittain, C., Burley, A.L. & Cariveau, D. 2013. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters, 16*(5), pp. 584-599.

Kovács-Hostyánszki, A., Földesi, R., Mózes, E., Szirák, Á., Fischer, J., Hanspach, J. & Báldi, A. 2016. Conservation of pollinators in traditional agricultural landscapes–new challenges in Transylvania (Romania) posed by EU accession and recommendations for future research. *PloS one, 11*(6), pp. e0151650.

Kremen, C., Williams, N.M., Bugg, R.L., Fay, J.P. & Thorp, R.W. 2004. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. *Ecology Letters, 7*(11), pp. 1109-1119.

Kremen, C., Williams, N.M. & Thorp, R.W. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 99*(26), pp. 16812-16816.

Lindgren, J., Lindborg, R. & Cousins, S.A.O. 2018. Local conditions in small habitats and surrounding landscape are important for pollination services, biological pest control and seed predation. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 251*, pp. 107-113.

Lindstrom, S.A., Herbertsson, L., Rundlof, M., Bommarco, R. & Smith, H.G. 2016. Experimental evidence that honeybees depress wild insect densities in a flowering crop. *Proceedings. Biological sciences, 283*(1843), pp. 10.1098/rspb.2016.1641.

Lopezaraiza–Mikel, M.E., Hayes, R.B., Whalley, M.R. & Memmott, J. 2007. The impact of an alien plant on a native plant–pollinator network: an experimental approach. *Ecology Letters, 10*(7), pp. 539-550.

Mallinger, R.E. & Gratton, C. 2015. Species richness of wild bees, but not the use of managed honeybees, increases fruit set of a pollinator‐dependent crop. *Journal of Applied Ecology, 52*(2), pp. 323-330.

Marini, L., Quaranta, M., Fontana, P., Biesmeijer, J.C. & Bommarco, R. 2012. Landscape context and elevation affect pollinator communities in intensive apple orchards. *Basic and Applied Ecology, 13*(8), pp. 681-689.

Martins, K.T., Gonzalez, A. & Lechowicz, M.J. 2015. Pollination services are mediated by bee functional diversity and landscape context. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 200*, pp. 12-20.

Menz, M.H.M., Phillips, R.D., Winfree, R., Kremen, C., Aizen, M.A., Johnson, S.D. & Dixon, K.W. 2011. Reconnecting plants and pollinators: challenges in the restoration of pollination mutualisms. *Trends in Plant Science, 16*(1), pp. 4-12.

Montero-Castaño, A., Ortiz-Sánchez, F.J. & Vilà, M. 2016. Mass flowering crops in a patchy agricultural landscape can reduce bee abundance in adjacent shrublands. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 223*, pp. 22-30.

Olesen, J.M., Bascompte, J., Elberling, H. & Jordano, P. 2008. Temporal dynamics in a pollination network. *Ecology, 89*(6), pp. 1573-1582.

Paton, P.W. 1994. The effect of edge on avian nest success: How strong is the evidence? *Conservation Biology, 8*(1), pp. 17-26.

Pufal, G., Steffan-Dewenter, I. & Klein, A. 2017. Crop pollination services at the landscape scale. *Current Opinion in Insect Science, 21*, pp. 91-97.

Pywell, R., Warman, E., Carvell, C., Sparks, T., Dicks, L., Bennett, D., Wright, A., Critchley, C. & Sherwood, A. 2005. Providing foraging resources for bumblebees in intensively farmed landscapes. *Biological Conservation, 121*(4), pp. 479-494.

Pywell, R., Warman, E., Hulmes, L., Hulmes, S., Nuttall, P., Sparks, T., Critchley, C. & Sherwood, A. 2006. Effectiveness of new agri-environment schemes in providing foraging resources for bumblebees in intensively farmed landscapes. *Biological Conservation, 129*(2), pp. 192-206.

Raine, N.E. & Chittka, L. 2007. The adaptive significance of sensory bias in a foraging context: floral colour preferences in the bumblebee *Bombus terrestris*. *PLoS One, 2*(6), pp. e556.

Rands, S.A. & Whitney, H.M. 2010. Effects of pollinator density-dependent preferences on field margin visitations in the midst of agricultural monocultures: A modelling approach. *Ecological Modelling, 221*(9), pp. 1310-1316.

Roulston, T.H. & Goodell, K. 2011. The role of resources and risks in regulating wild bee populations. *Annual Review of Entomology, 56*, pp. 293-312.

Russo, L., DeBarros, N., Yang, S., Shea, K. & Mortensen, D. 2013. Supporting crop pollinators with floral resources: network‐based phenological matching. *Ecology and evolution, 3*(9), pp. 3125-3140.

Samnegård, U., Persson, A.S. & Smith, H.G. 2011. Gardens benefit bees and enhance pollination in intensively managed farmland. *Biological Conservation, 144*(11), pp. 2602-2606.

Senapathi, D., Biesmeijer, J.C., Breeze, T.D., Kleijn, D., Potts, S.G. & Carvalheiro, L.G. 2015. Pollinator conservation—the difference between managing for pollination services and preserving pollinator diversity. *Current Opinion in Insect Science, 12*, pp. 93-101.

Smith, H., Firbank, L. & Macdonald, D. 1999. Uncropped edges of arable fields managed for biodiversity do not increase weed occurrence in adjacent crops. *Biological Conservation, 89*(1), pp. 107-111.

Steffan-Dewenter, I. & Kuhn, A. 2003. Honeybee foraging in differentially structured landscapes. *Proceedings.Biological sciences, 270*(1515), pp. 569-575.

Uyttenbroeck, R., Piqueray, J., Hatt, S., Mahy, G. & Monty, A. 2017. Increasing plant functional diversity is not the key for supporting pollinators in wildflower strips. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 249*, pp. 144-155.

Vaudo, A.D., Tooker, J.F., Grozinger, C.M. & Patch, H.M. 2015. Bee nutrition and floral resource restoration. *Current Opinion in Insect Science, 10*, pp. 133-141.

Wei, S., Wang, R., Smirle, M.J. & Xu, H. 2002. Release of *Osmia excavata* and *Osmia jacoti* (Hymenoptera: Megachilidae) for apple pollination. *The Canadian Entomologist, 134*(3), pp. 369-380.

Westphal, C., Steffan-Dewenter, I. & Tscharntke, T. 2006. Bumblebees experience landscapes at different spatial scales: possible implications for coexistence. *Oecologia, 149*(2), pp. 289-300.

Winfree, R. 2010. The conservation and restoration of wild bees. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1195*(1), pp. 169-197.

Winfree, R., Williams, N.M., Dushoff, J. & Kremen, C. 2007. Native bees provide insurance against ongoing honey bee losses. *Ecology Letters, 10*(11), pp. 1105-1113.

Wolf, S. & Moritz, R.F. 2008. Foraging distance in *Bombus terrestris* L.(Hymenoptera: Apidae). *Apidologie, 39*(4), pp. 419-427.

Wood, T.J., Holland, J.M. & Goulson, D. 2015. Pollinator-friendly management does not increase the diversity of farmland bees and wasps. *Biological Conservation, 187*, pp. 120-126.

Wratten, S.D., Gillespie, M., Decourtye, A., Mader, E. & Desneux, N. 2012. Pollinator habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 159*, pp. 112-122.