



UNIVERSIDAD DE JAÉN
FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

Evaluación de la eficiencia de las cajas nido para abejas (“Bee Hotels”) como herramienta de restauración y rescate de la diversidad de polinizadores

Alumno: Salvador Aguilar Sanz

Julio, 2016



Facultad de
Ciencias Experimentales

UNIVERSIDAD DE JAÉN
FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

TRABAJO FINAL DE GRADO

Evaluación de la eficiencia de las cajas nido para abejas ("Bee Hotels") como herramienta de restauración y rescate de la diversidad de polinizadores

Alumno: Salvador Aguilar Sanz

FDO:

Julio, 2016

AGRADECIMIENTOS

He de agradecer a todas las personas, que por su colaboración ha sido posible la realización de este Trabajo Fin de Grado.

En primer lugar a mis tutores, que por su dedicación, correcciones, recomendaciones he podido llevar a cabo este estudio. También agradecer a mi familia y amigos su apoyo incondicional.

ÍNDICE

Resumen.....	4
Abstract.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. ¿Qué es la Polinización?.....	6
1.2. Crisis de diversidad de polinizadores.....	7
1.2.1. Causas.....	7
1.2.2. Consecuencias.....	11
▪ Medidas para paliar la crisis de polinizadores.....	12
▪ Cajas nido (<i>Bee hotels</i>).....	13
1.3. Abejas polinizadoras.....	15
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DEL ESTUDIO.....	16
2.1. Materiales utilizados.....	17
2.2. Colocación de las cajas nido. Diseño experimental.....	19
2.3. Revisión y toma de datos.....	20
2.4. Análisis taxonómico.....	21
2.5. Análisis de datos de ocupación.....	21
3. RESULTADOS.....	22
▪ <i>Ocupación de las cajas nido</i>	22
▪ <i>Polinizadores detectados en celdas y plantas cercanas</i>	24
4. DISCUSIÓN.....	26
5. CONCLUSIONES.....	30
6. BIBLIOGRAFÍA.....	31
Anexo.....	36

Resumen

Este Trabajo Final de Grado evalúa la eficiencia de las cajas nido de polinizadores (himenópteros) como herramienta de restauración en un medio urbano, concretamente en el Campus Las Lagunillas de la Universidad de Jaén. El objetivo principal de dicha evaluación es mostrar la tasa de ocupación de las cajas nido. Este estudio nos ha permitido conocer la aceptación por parte de los polinizadores de los materiales que constituyen nuestras cajas nido y la influencia de los efectos posicionales y características florísticas del entorno.

En el estudio, se implantaron 25 cajas nido en las zonas ajardinadas del campus. Las cajas nido han sido revisadas periódicamente durante los meses de estudio (Marzo-Junio) para poder evaluar la tasa de ocupación de nuestras cajas nido. Hemos obtenido una tasa de ocupación del 96%, preferentemente en ramas secas de plantas y en troncos de madera con cavidades.

Los resultados de este proyecto apoyan que las cajas nido sirven como una herramienta eficaz para la restauración de enclaves que favorecen la reproducción de polinizadores (*himenópteros*) en un ambiente urbanos.

Abstract

This study evaluates the bee hotels efficiency as a restoration tool in urban environments; concretely it has taken place in the campus Las Lagunillas in Jaen's University. The main target of this evaluation is to show the bee hotel's occupational rate. This Project has allowed us to know the pollinators acceptance of the materials that forms the bee-hotels and the positional effects and the vegetive characteristics influence.

In this study, 25 bee hotels were introduced in the Green spaces of the university. The bee hotels have been revised regularly during the months that the Project have lasted (from March to June) in order to evaluate their occupational rate. We have obtained 96% of occupational rate. Most of the pollinators have occupied dry branches and holey wooden trunks.

TFG: «Evaluación de la eficiencia de las cajas nido para abejas (“Bee Hotels”) como herramienta de restauración y rescate de la diversidad de polinizadores»

The results of this Project support that the bee hotels are useful as an effective tool for the restoration of settlements that favour the reproduction of pollinators in urban environments.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ¿Qué es la Polinización?

La polinización es una fase crítica en el ciclo vital de las plantas vasculares, y consiste en el transporte de los granos de polen desde los sacos polínicos de las anteras (parte masculina) hasta el micrópilo de los óvulos (parte femenina) en las gimnospermas (plantas filogenéticamente más antiguas primitivas como los tejos, pinos, abetos, etc.), o hasta el estigma del ovario en el caso de las angiospermas (denominadas plantas con flor y son las que predominan hoy en día en nuestro planeta). La fecundación se da después con la formación y llegada del tubo polínico al óvulo. La polinización puede ser realizada por agentes externos abióticos como el agua (hidrofilia) y el viento (anemofilia), o por agentes bióticos como animales diversos (zoofilia). Ésta última puede ser realizada por pájaros (ornitófila), murciélagos (quiropterófila), reptiles (saurófila) o por insectos (entomófila). En este trabajo de fin de grado, nos centraremos mayormente en la polinización entomófila (Aguado *et al.*, 2015).

En el Cretácico Inferior, hace unos 127 millones de años comenzaron a aparecer las primeras angiospermas (Aguado *et al.*, 2015). A partir de este momento la diversificación de las angiospermas y de los insectos se produjo coincidiendo en el mismo periodo. Por lo que se piensa que gran parte del éxito de radiación de las angiospermas estuvo ligado de forma estrecha a la diversificación paralela de los insectos terrestres (Carrión, 2003). Esto se debe principalmente a que las angiospermas presentan sus óvulos protegidos en el interior del ovario, lo que hizo necesario nuevos agentes y sistemas para transportar el polen de manera eficiente. En esencia, las flores ofrecen a los visitantes polen (proteínas) y néctar (energía en forma de azúcares), incluso algunas especies también poseen otros atrayentes sofisticados como aceites florales, perfumes e incluso resinas que pueden aprovechar los insectos, especialmente las abejas, a cambio de transportar el polen de unas flores a otras, ayudando a la reproducción de las plantas. También, las flores pueden atraer simultáneamente a los insectos gracias a señales ópticas como el color o la forma. Cada especie de planta produce un aroma único, y el reconocimiento de este aroma por los insectos polinizadores permite aprovechar al máximo esta interacción. También es muy importante la atracción visual, como un

efecto complejo en el que se combina la forma, simetría, tamaño y color de la flor (Aguado *et al.*, 2015).

1.2. Crisis de diversidad de polinizadores

1.2.1. Causas

El 87% de alrededor 308.000 especies de las plantas con flores descritas en el mundo son polinizadas por animales (Ollerton *et al.*, 2011). Aunque muchas especies de plantas que son polinizadas por animales se pueden auto-polinizar (autogamia), consiguiendo así un pequeño grado de autodependencia a corto plazo sobre los polinizadores, a largo plazo se hace necesario la intervención de los polinizadores para que se produzca un intercambio genético entre individuos evitando así los problemas derivados de la endogamia (Ellis *et al.*, 2010).

En este trabajo nos centraremos en polinizadores del orden *Hymenoptera*, el cual incluye abejas, avispas y hormigas. Los himenópteros cuentan con unas 100.000 especies descritas aproximadamente y son uno de los órdenes de insectos más importantes por las funciones ecosistémicas que realizan, no sólo la polinización de numerosas especies de plantas, sino que también intervienen en el control de plagas. Así, a nivel económico, son uno de los grupos de insectos más importantes para el hombre. Abejas sociales como *Apis mellifera* producen cera, miel y jalea real y polinizan muchos de nuestros cultivos (como los frutales); aunque son realmente las abejas solitarias y los abejorros los verdaderos responsables de la polinización de millones de flores en todo el planeta, aportando innumerables beneficios para el hombre y los ecosistemas. Por otro lado, numerosas avispas son parasitoides o depredadoras y de ese modo ayudan a controlar que otras especies de insectos se conviertan en peligrosas plagas para nuestros cultivos o evitar que plantas silvestres desaparezcan (Aguado *et al.*, 2015). Por tanto, la conservación de estas especies de abejas es esencial para el mantenimiento de la diversidad en el planeta. En la actualidad, hay una creciente preocupación por la declive de las poblaciones de abejas observado en las últimas décadas, no sólo de *Apis mellifera*, domesticada por el hombre para producir bienes materiales sino por las abejas solitarias. De hecho, en España, se han citado más de 1.000 especies diferentes de abejas, de las cuales un 95% son solitarias y tienen una importantísima labor polinizadora de multitud de especies de plantas, tanto silvestres como cultivadas (Grupo Ecoflor, 2015).

Actualmente asistimos a una creciente amenaza a las poblaciones de abejas por diversos factores de origen antrópico, que ha desencadenado gran preocupación para la sociedad en general (Grupo Ecoflor, 2015). Pese a que la mortalidad de las abejas de la miel ha aumentado de forma preocupante, su número a escala mundial es estable, sobre todo por la actividad apícola. Su desaparición es, por lo tanto, improbable y sus números e interés responde más a factores socioeconómicos que ecológicos (Grupo Ecoflor, 2015). Sin embargo, las poblaciones de abejas silvestres, por las razones que se indican más adelante, tienen un futuro más incierto. En general hay muchas especies que serán las “perdedoras” ante estos cambios y quedaran en pequeñas poblaciones e incluso podrían extinguirse. Al igual que estas habrá otras que serán las “ganadoras”, las cuales podrán afrontar estos cambios y adaptarse a vivir en ambientes antropizados. (Grupo Ecoflor, 2015). Así, parece que los abejorros del género *Bombus* son especialmente sensibles a los cambios ambientales (Bartomeus, *et al.*, 2013), estudios han documentado la disminución de las poblaciones de este género en América del Norte en un 30 % (Bartomeus *et al.*, 2013).

El declive de las abejas afecta a muchísimas especies en todo el planeta y no podemos atribuirlo a una única causa. Existen algunos problemas más evidentes que otros, como por ejemplo **la destrucción del hábitat** (Grupo Ecoflor, 2015). Se prevé que el ser humano utilice cada vez mayor superficie de tierra en las próximas décadas, ya que la población humana crece de forma exponencial (Tilman *et al.*, 2001). **Cambios en el uso del suelo** por acción antropogénica ha sido identificada como la causa principal de la disminución de muchas especies ahora amenazadas y puede ser la causa de la disminución de polinizadores (Pereira *et al.*, 2010, Potts *et al.*, 2010). Como nos confirma Winfree, *et al.* (2011) las respuestas de los polinizadores a los cambios del uso de la tierra son más a menudo más negativas que positivas. Dentro de esta causa podemos incluir la agricultura intensiva, la cual es un factor fundamental en la pérdida de polinizadores. La mecanización y usos de elementos químicos (herbicidas) dan lugar a la pérdida de los márgenes en el campo y las malas hierbas que proporcionan zonas de anidación y recursos forrajeros para los polinizadores (González-Varo *et al.*, 2013).

Otra amenaza son el empleo indiscriminado de los **insecticidas, fungicidas** (que afectan a su microbiota) **y herbicidas** (que reducen el alimento disponible para las abejas en forma de “malas” hierbas (Grupo Ecoflor, 2015). Los pesticidas pueden afectar directamente a la salud de los polinizadores, lo que conduce a la disminución de la densidad de las poblaciones, en particular de las especies silvestres (González-Varo, *et al.*, 2013). Los efectos de los insecticidas como los neonicotinoides en las abejas son de vital importancia ya que da lugar a la muerte inmediata de gran diversidad de abejas. Rundlöf *et al.* (2015) han demostrado que una semilla cubierta por insecticida de uso común en un cultivo de floración puede tener grandes consecuencias para las abejas. En dicho estudio se utilizó Elado (insecticida de uso común) y sus resultados fueron una reducción de la densidad de las abejas silvestre, en particular de abejorros y abejas solitarias. La densidad de abejas silvestres también aumentó con el tamaño del campo experimentado, probablemente porque largos campos atraen más abejas y soportan grandes colonias. Otro hallazgo fue que el recubrimiento de semillas con insecticida estaba relacionado con la reducción de anidación de la abeja solitaria *Osmia bicornis*. Un tercer hallazgo fue una reducción del crecimiento y la reproducción de colonias del abejorro *Bombus terrestris*. Esta reducción está relacionada con la reducción de la producción de abejas reina en las colonias de abejorros. Por último, el cuarto hallazgo fue que el tratamiento de semillas con insecticidas no tenía influencia con las colonias de abejas melíferas, como *Apis mellifera*. Otros estudios de campo documentan que las abejas domésticas tienen una mejor desintoxicación a los neonicotinoides que los abejorros.

Otra causa importante en el declive de las abejas es el **cambio climático**, el cual se pronostica como causa espacial y temporal incompatible entre polinizadores y las plantas de las que obtienen alimento debido a diferentes cambios en los rangos de distribución y fenología de interacción de especies. Estos desajustes espacio-temporales pueden causar limitación de polen por las plantas e interrumpir el suministro de alimento en los polinizadores, y ambos procesos se estima que será particularmente nocivo para ciertas especies (González-Varo *et al.*, 2013). Generalmente los insectos responden de manera rápida a los cambios de temperatura y precipitación en el ambiente. Por ser organismos ectotérmicos y con ciclos de vida cortos, están limitados en su distribución por las bajas temperaturas

registradas en las latitudes más altas. El incremento en la temperatura que trae consigo el cambio climático proyecta un cambio en la distribución de estas especies hasta latitudes más elevadas, permitiendo ampliar y movilizar su hábitat. Los insectos responden a los cambios climáticos de diferentes sentidos, dependiendo de las características de cada especie (Musolin y Saulich, 2012; Castellanos-Potencianos *et al.*, 2016). Las especies que no encuentren sus zonas apropiadas mueren. Más allá de estos aspectos fenológicos, el cambio climático también parece afectar a la calidad del polen que las plantas proporcionan lo que puede incidir no sólo en el servicio de polinización sino a la supervivencia y reproducción de los polinizadores (Ziska *et al.*, 2016).

Otra causa a tener en cuenta es la **introducción de especies exóticas o invasoras**. La invasión de polinizadores no nativos puede afectar a los polinizadores y plantas autóctonas. Morales (2007) documenta que cinco especies de abejorros introducidos intencionalmente han invadido regiones donde no son nativas en varias zonas como Nueva Zelanda, Argentina y Chile. A pesar de la creciente expansión del área invadida por estas especies, en particular de *Bombus terrestris*, la evidencia de su impacto ecológico por ahora es escasa. Aun así, debemos de considerar ciertos impactos como la competencia de estos polinizadores invasores con los nativos por el recurso floral, para que ocurra desplazamiento competitivo entre dos especies es necesario un solapamiento sustancial en el uso de un recurso, el cual es limitado. En general el género *Bombus* son especies generalistas que visitan un amplio espectro de plantas, por lo cual se espera que el solapamiento con otras especies sea mayor que si se tratara de polinizadores oligotróficos especializados en una o unas pocas especies de plantas. Otro impacto es la competencia por sitios de nidificación. Los abejorros generalmente nidifican bajo tierra, por tanto es probable que afecten a otras especies con los mismos hábitos, incluidos sus propios congéneres nativos. Por último, un impacto de especial importancia es la dispersión y transmisión de patógenos a las especies nativas. Las transmisiones más conocidas son el ácaro de la *Varroa* y protozoos intestinales como *Nosema spp.* y *Crithidia spp.* Algunos de estos patógenos pueden ser transferidos entre especies filogenéticamente distantes como por ejemplo entre abejorros y abejas melíferas (González-Varo *et al.*, 2013). Un caso de especial trascendencia en Europa es el de la avispa asiática, *Vespa velutina*, himenóptero invasor de gran tamaño introducido

de forma accidental desde China, posiblemente a través del comercio de plantas ornamentales (Balmori, 2015). Los primeros avistamientos en la Península Ibérica tuvieron lugar en el año 2010. Es una amenaza para las especies nativas ya que depredan intensamente sobre invertebrados incluidas abejas domésticas y solitarias. El único congénico que puede competir con la avispa asiática en Europa es el avispa europeo (*Vespa crabro*) ya que la invasora no depreda directamente sobre él por su gran tamaño pero si puede tener un desplazamiento competitivo y dar problemas de conservación, ya que *Vespa crabro* se considera amenazado en varios países europeos.

En definitiva, sabemos que estas todas estas causas están dando lugar a la desaparición de muchas especies de abejas, pero si ocurren conjuntamente las desapariciones se pueden multiplicar y tener grandes problemas de cara a la conservación de la diversidad de abejas.

1.2.2. Consecuencias.

“Al hombre sólo le quedarían cuatro años de vida. Sin abejas, no hay polinización, ni hierba, ni animales, ni hombres”. Albert Einstein

Debemos recordar que nuestros alimentos dependen en gran parte de la polinización entomófila. Sin dicha polinización un tercio de los cultivos tendrán que ser polinizados a través de otros medios o producirían una cantidad mucho más reducida. Nuestras cosechas podrían ser reducidas en un 75% (Greenpeace, 2013) Sin duda, los alimentos más nutritivos para nuestra dieta como gran parte de la fruta, verdura y algunos cultivos forrajeros utilizados para la producción de carne y lácteos se verán afectados por el descenso de dichos insectos. (Spivak *et al.*, 2011). También debemos de cuantificar el gran color que le da a los paisajes en primavera, ya que la mayor parte de la flora silvestre, hasta un 90%, tiene una polinización entomófila y necesitan estos insectos para su reproducción, y por lo tanto, otros servicios ecológicos y los hábitats naturales que los proporcionan dependen de forma directa o indirecta de los insectos (Greenpeace, 2013). Respecto a las pérdidas económicas, el cálculo más reciente valora la polinización en 265 mil millones de euros. El valor económico depende también del punto de vista, ya que para un agricultor podría ser solo el precio a pagar por disponer de abejas “domésticas” por

la ausencia de otros polinizadores. Para otros, podría ser el valor de rendimientos predeterminados en explotaciones que carecen de servicios de polinización natural (Greenpeace, 2013). Por tanto, el declive de las abejas puede tener una gran repercusión, ya sea ecológica o como una gran crisis alimenticia. Quizá estos grandes problemas no se perciban, y el único problema para la mayoría de las personas sea el tema económico que estos insectos le pueden proporcionar.

▪ **Medidas para paliar la crisis de polinizadores**

Las amenazas para los polinizadores silvestres y domésticos son reales y complejas, como se ha descrito anteriormente. Hay soluciones cuyos resultados se verán a largo plazo, mientras que otras los resultados beneficiosos se pueden constatar a corto o medio plazo tanto en una mejora de la diversidad de polinizadores como en de otras especies de animales e incluso seres humanos (Ortiz, 2014). Entre éstas últimas, está el evitar el daño a los polinizadores, eliminando o limitando el uso de sustancias potencialmente nocivas para polinizadores (insecticidas, herbicidas, etc.), y el fomentar cambiando las prácticas agrícolas (Greenpeace, 2013). Eliminar la exposición de plaguicidas tóxicos para las abejas es un paso fundamental para salvaguardarlas, ya sean silvestres o domésticas, proteger el alto valor ecológico y económico que conlleva la polinización. De acuerdo a muchos estudios, se considera necesario establecer un calendario para la prohibición del uso de los plaguicidas peligrosos para las abejas y demás polinizadores; comenzando por los más tóxicos. También se debería establecer un registro público de los plaguicidas que se aplican en las explotaciones agrícolas para que se pueda conocer en cada momento qué sustancias químicas se utilizan en cada sitio y qué cantidad de la misma. Otra medida sería mejorar y fomentar la salud de los polinizadores. Con frecuencia algunas explotaciones agrícolas son desiertos para las abejas, por lo que una medida sería aumentar la diversidad y la abundancia de los recursos florísticos en dichas explotaciones (Morandin y Kremen 2013; M’Gonigle *et al.*, 2015). Para ello, en ubicaciones específicas, incluir cultivos con grandes cantidades de polen y néctar como girasol, melón, almendra, etc., puede mejorar las condiciones para los polinizadores. A nivel de explotación los polinizadores se beneficiarán del cultivo durante la floración de la cosecha (Morandin y Kremen 2013; M’Gonigle *et al.*, 2015). Por ello se podría incluir

campos floridos en las lindes, barbechos, bordes herbáceos podrían tener no sólo gran beneficio para la salud de estos polinizadores a corto plazo sino también mejorar la producción de los cultivos tal y como se ha demostrado para los almendros recientemente (Norflok *et al.*, 2016). También en huertos y olivares, por ejemplo, se puede proporcionar hábitat a polinizadores silvestres muy eficaces, dejando las comunidades de plantas anuales, consideradas “malas hierbas” (Morandin y Kremen 2013; Norflok *et al.*, 2016). Por tanto, se debe fomentar la diversidad vegetal en las explotaciones agrícolas para que las abejas tengan una adecuada alimentación, ya que estos necesitan diversidad de plantas para obtener una nutrición saludable. (Ortiz, 2014). Se ha demostrado que cultivar la tierra manteniendo una gran biodiversidad y sin aplicar plaguicidas o fertilizantes químicos, como es el caso de las técnicas utilizadas en una agricultura ecológica, ha demostrado beneficios en la riqueza y abundancia de polinizadores. El objetivo final debe ser que la agricultura ecológica se transforme en el modelo predominante de agricultura ya que esta demuestra que realizar una agricultura sin tóxicos, ni transgénicos y fomentando la biodiversidad (Ortiz, 2014).

De modo más particular y/o doméstico, en nuestros jardines, huertas así como pequeños campos, podemos poner en práctica otras medidas para fomentar la presencia de abejas solitarias creando zonas de floraciones con plantas ricas en polen, néctar y aceites esenciales. Así, especialmente indicado para la restauración de la diversidad de abejas en zonas urbanas y semiurbanas es la creación e introducción de cajas nido para abejas solitarias y abejorros (conocidas popularmente como “Bee Hotels”), el cual será objeto de este trabajo.

- **Cajas nido (*Bee hotels*)**

Las cajas nido son construcciones para diferentes especies de abejas solitarias y abejorros donde ellas pueden anidar y encontrar refugio (Fig. 1).



Fig. 1. Ejemplos de caja nido.

Son productos comparables a las cajas-nido para pájaros y son válidos para uso comercial. Actualmente existen de diferentes formas y tamaños y no es difícil de construir por uno mismo si se siguen ciertas pautas en el material a emplear el tamaño de los orificios y huecos, orientación y disposición, etc. Las cajas nido pueden tener gran variedad de especies residentes dependiendo de factores como por ejemplo el tamaño de los orificios, estación del año, la vegetación del entorno y la disponibilidad de recursos (Gathmann y Tscharntke 2002). Muchas especies de abejas solitarias además de hacerlo en el suelo, anidan en ramas, troncos viejos o incluso en cañas huecas de plantas. Nuestro objetivo con las cajas nido es facilitarles dichas zonas de anidamiento por lo que las abejas tienen que emplear menos tiempo en la construcción de su nido y pueden realizar puestas algo más grandes. En definitiva, el objetivo final de la creación de las cajas nido es mejorar el hábitat de cría de la abejas solitarias (las grandes especies polinizadoras realmente) para

ayudar a la biodiversidad vegetal y animal, a la vez que asegura una eficiente polinización de cultivos (Aguado, *et al.* 2015).

Maclvor y Packer (2015) realizaron un estudio en Toronto (Canadá) durante tres años donde se instalaron 600 cajas nido, 200 cada año. De todas las cajas nido, se obtuvieron datos de 574. Los resultados obtenidos fueron que abejas introducidas ocuparon 32,9% de los huecos y representaron el 24,6% de los más de 27.000 individuos registrados, no hubo diferencias significativas entre abejas nativas e introducidas en el número de huecos ocupados. Las abejas nativas fueron más parasitadas que las abejas introducidas. Las avispas nativas fueron más abundantes que las abejas y ocuparon casi $\frac{3}{4}$ de todas las cajas nido. Además, las avispas introducidas fueron el único grupo que aumento su abundancia relativa año tras año. Las cajas nido fueron situados en diferentes ambientes, terrazas, parques, comunidades y jardines. Cada ambiente influye de una forma u otra a la variedad y abundancia de las cajas nido. Aunque este estudio fue pionero en la evaluación de este sistema de restauración de la diversidad de abejas en zonas urbanas, se necesita aún más investigaciones para conocer la eficiencia e inconvenientes del uso de las cajas nido para la conservación de estos polinizadores en ambientes urbanos y semiurbanos, en particular en ambientes mediterráneo.

1.3. Abejas polinizadoras ibéricas

En la Península Ibérica e islas Baleares se han citado un total de 1034 especies de abejas (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes) distribuidas en siete familias (Colletidae, Andrenidae, Halictidae, Melittidae, Megachilidae, Anthophoridae y Apidae) (Ortíz-Sánchez, 2011). Según este mismo autor, la riqueza específica de cada familia sería la que aparece recogida en la Tabla 1.

Famila	Nº especies %
Colletidae	80 (7,74%)
Andrenidae	225 (21,76%)
Halictidae	190 (18,38%)
Melittidae	23 (2,22%)
Megachilidae	228 (22,05%)
Anthophoridae	248 (23,98%)
Apidae	40 (3,87%)
Total	1034

Tabla 1. Relación de familias y número de especies que representa a cada una de ellas en la fauna iberobalear (modificado a partir de Ortíz-Sánchez, 2011).

En estas familias se encuadran 64 géneros (véase Anexo I).

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DEL ESTUDIO.

La hipótesis de partida de este trabajo es que las cajas nido para abejas son un método efectivo de restauración de la diversidad de abejas en zonas urbanas, debido a que estas estructuras incrementan localmente la nidificación y la producción de larvas de diferentes especies de abejas solitarias. Una segunda hipótesis a verificar mediante este trabajo es que la proximidad a fuentes de alimento (plantas con flor) también incrementa la ocupación de las cajas nido. Para verificar estas dos hipótesis este trabajo ha planteado los siguientes objetivos:

1. Evaluación de la eficiencia de las cajas nido en términos de tasa de ocupación durante un ciclo reproductor (Primavera-Verano).
2. Evaluación de la adecuación de los materiales empleados en la construcción de las cajas nido y su relación con la tasa de ocupación dentro de una misma caja nido.
3. Determinar efectos posicionales y la influencia del entorno ambiental en la tasa de ocupación.

4. Evaluar el grado de vandalismo en la estructura y en el número de las cajas nido.

Para una adecuada evaluación de la eficiencia de estas cajas nido es necesario determinar la taxonomía de la fauna la cual ocupará estas cajas nido. La determinación taxonómica no se ha marcado como un objetivo principal de este Trabajo Final de Grado, debido a las limitaciones de tiempo y espacio, si bien, a partir de los resultados obtenidos en el mismo, se puede plantear en una prolongación futura de este trabajo basada en el estudio de las tasas de eclosión, además de la evaluación de la posible acción parasitoide en estas cajas nido.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales utilizados

Para la construcción de nuestras cajas nido seleccionamos como base principal un bloque de hormigón (Figura. 2). Dentro de este, introducimos los distintos materiales que utilizamos para que los polinizadores los utilicen como nido (Fig. 2).



Fig. 2. Cajas nido usados en el experimento y formados por 5 tipos diferentes de materiales (ladrillo, piñas secas, ramillas, cañas y troncos de madera perforados).

En el experimento hemos implantado 25 bloques de hormigón utilizados habitualmente en la construcción, de los cuales hemos estudiado 24 debido a un

cierto grado de vandalismo. El bloque tiene unas dimensiones de 20cm de anchura, 40cm de longitud y 20cm de profundidad. Dentro de los septos principales de bloque se colocaron dos ladrillos, ya que son utilizados habitualmente para abejorros y abejas albañiles, mayormente para el género *Osmia*, particularmente para la especie *O. bicornia* (Carton, 2015). En nuestros Bee Hotels hemos utilizado ladrillos delgados y de tres compartimentos. Hemos utilizado un total de 50 ladrillos, dos por cada caja nido construido. Las dimensiones del ladrillo son de 12 cm de anchura, 25cm de longitud y 2,5 cm de profundidad. También se colocaron piñas de pino secas, material utilizado para la promover la nidificación de los polinizadores (Colley, 2014). En cada caja nido se colocaron entre 2-4 piñas, dependiendo de sus dimensiones. También se colocaron dentro de cada bloque alrededor de 20 cañas de carrizo de diferente tamaño. Este material proporciona refugio para abejas y abejorros (PlantArte en tu Oasis, acceso 12/julio/2016). Las dimensiones de las cañas eran muy diversas ya que la altura de las cañas podrían ir desde 2 m hasta 3-4 m en nuestro caso, por lo que tampoco ha sido necesario cortar demasiadas cañas. Su diámetro, al igual que la altura, también es muy diverso yendo desde diámetros de 1,8 cm como máximos hasta 0,5 cm como mínimos aproximadamente para atraer a insectos con diferentes tamaños. Porque muchas abejas solitarias anidan en los agujeros existentes en los árboles o en otro tipo de madera no procesada también se colocaron troncos de madera perforados con una broca (LeValley, 2013). En nuestro caso hemos utilizados troncos de olivo (*Olea europea*). Sus dimensiones respecto al diámetro son muy diversas, aunque se intentó cogerlas lo más semejante posible, alrededor de unos 10 cm de diámetro. Cada bloque contiene 3 troncos de 15 cm de altura. Los diámetros utilizados fueron de 2mm, 5mm, 7,5mm y 10mm. (Carton, 2015). Las perforaciones realizadas fueron aleatorias pero similares entre todos los troncos ya que esto dependía del diámetro de cada tronco. Su profundidad era de 2-5 cm aproximadamente. Cada bloque tiene un total de 40 perforaciones aproximadamente de los distintos troncos. Finalmente, también se colocaron ramas ya que algunas abejas anidan en las ramas secas de ciertas plantas o árboles (Halcroft, 2012). Las ramas secas utilizadas en nuestro proyecto ha sido ramas de pino (*Pinus pinea*) y ramas de higuera (*Ficus carica*).

2.2. Colocación de las cajas nido. Diseño experimental

En marzo de 2016 (comienzo de la primavera) se colocaron 25 cajas nido distribuidos en diferentes zonas del Campus de Jaén de la Universidad de Jaén (Figura 3) y orientados hacia el sur o el sureste, ya que dicha orientación coincide con la radiación directa solar durante la mayor parte del día para nuestra latitud (Bauer *et al.*, 2015).



Fig. 3. Mapa de distribución de las cajas nido por la zona de la Universidad de Jaén. Dos ejemplos de cajas nido ya implantados.

2.3. Revisión y toma de datos

Nuestras cajas nido han sido revisadas para ver la frecuencia de ocupación mensual con una frecuencia de tres veces al mes (para un total de 10 revisiones durante el periodo de estudio). La revisión de los bloques se ha realizado en las horas centrales del día para aumentar la probabilidad de encuentro con los insectos. En cada revisión se anotó el número de celdas ocupadas en cada material. Esto es factible, ya que el insecto recubre el orificio de entrada con diverso material que es visible a simple vista (Fig. 4). Tras ello, nos situamos a cierta distancia de ellos y esperamos un par de minutos para intentar ver si alguna abeja y/o polinizador se mete dentro de nuestras cajas nido. También se anotó la distancia a la planta con flor más próxima. Cuando fue posible se capturaron ejemplares usando una manga de captura y/o se tomaron fotografías de los insectos polinizadores que entraban y salían de la caja nido para su determinación taxonómica y también en plantas cercanas. Asimismo, se apuntaron en cada revisión la presencia de insectos.



Fig. 4. Diferentes materiales ocupados por polinizadores.

Un total de 5 bloques (un 16%) sufrieron diferente grado de vandalismo. Tres fueron de ellos fueron reparados y reposicionados dentro del campus ya que ocurrió durante la primera semana del estudio, un tercero fue destrozado avanzado el estudio y no ha sido incluido en los análisis. Un quinto fue parcialmente dañado en la última semana de estudio y se ha reparado. Por lo tanto en este estudio finalmente se incluyen datos de un total de 24 cajas nido.

2.4. Análisis taxonómico

La taxonomía de los Apiformes es relativamente compleja, careciendo para la mayor parte de las familias de claves que permitan la determinación a nivel genérico o específico de los ejemplares de abejas capturados en el campus con ayuda de una manga entomológica, montados y conservados siguiendo normas entomológicas (Marcos García, 2004; Marcos García y Galante Patiño, 2004) .

Para la determinación a nivel de familia hemos utilizado las claves proporcionadas por Aguado Martín *et al.* (2015). Para el caso concreto de los Apoidea hemos utilizado las claves de Ornos y Ortiz-Sánchez (2004) que nos permiten discriminar entre las familias citadas en la Tabla 1.

Para la determinación genérica no hemos podido disponer de trabajos clásicos como los de Ceballos (1956) o el de Pérez Íñigo (1981), si bien hemos podido utilizar monografías específicas para familias y géneros concretos (Dardón-Peralta, 2010; Michez *et al.*, 2004; Ornos y Ortiz-Sanchez, 2003; Ortiz-Sánchez *et al.*, 2009; Terzo y Ortiz-Sánchez, 2004; Terzo *et al.*, 2007; Torres *et al.*, 2012) o faunas de Himenópteros Apiformes peninsulares (González *et al.*, 1999; Ornos y Martínez, 1996, 1998; Rey del Castillo y Nieves-Aldrey, 2006).

Como aclaramos anteriormente, la determinación taxonómica no se ha marcado como un objetivo principal de este TFG. Aun así se han se han podido observar ciertas familias.

2.5. Análisis de datos de ocupación

Para evaluar la variación en la tasa de ocupación general por bloque a lo largo del periodo de estudio, para cada bloque se analizó la proporción de bloques ocupados (presencia de al menos un inquilino en una celda) frente a la proporción de bloques no ocupados (no detectada la presencia de ningún inquilino en ninguna celda del bloque) y se ajustó un modelo general linearizado (GLM) donde la proporción de

bloques ocupados a lo largo del periodo de estudio se consideró una variable de tipo binomial (1 ocupado, 0 no ocupado) con un error de distribución tipo logit. En este modelo se consideraron “bloque” y “fecha” como los factores de variación de efectos fijos. La ocupación se analizó además examinando la frecuencia de ocupación (celdas ocupadas/celdas disponibles) para cada tipo de material en el bloque. En este análisis la proporción de celdas ocupadas fue la variable dependiente y “bloque” y “fecha” fueron los factores de variación de efectos fijos. De nuevo se ajustó un modelo general linealizado (GLM) de tipo binomial. Además se realizó un GLM para analizar las diferencias entre materiales en la frecuencia de ocupación. El análisis estadístico lo he realizado utilizando el programa JMP[®] de SAS y la hoja de cálculo Excel.

La relación entre la frecuencia de ocupación de las celdas de cada material y la distancia a la planta con flor más cercana (alimento) se examinó mediante el uso de correlaciones.

3. RESULTADOS

▪ Ocupación de las cajas nido

Al final del periodo de estudio el 96 % (± 0.04) de los bloques estaban ocupados al menos por un inquilino (Fig. 5). La ocupación de las celdas fue creciendo conforme avanza la estación de primavera y ya en Abril la ocupación fue superior al 80 % (Fig. 4), siendo esto consistente entre bloques (no existen diferencias significativas entre los 24 bloques en esta variable $P > 0.05$). Sólo un bloque (número 6) se quedó sin ocupación.

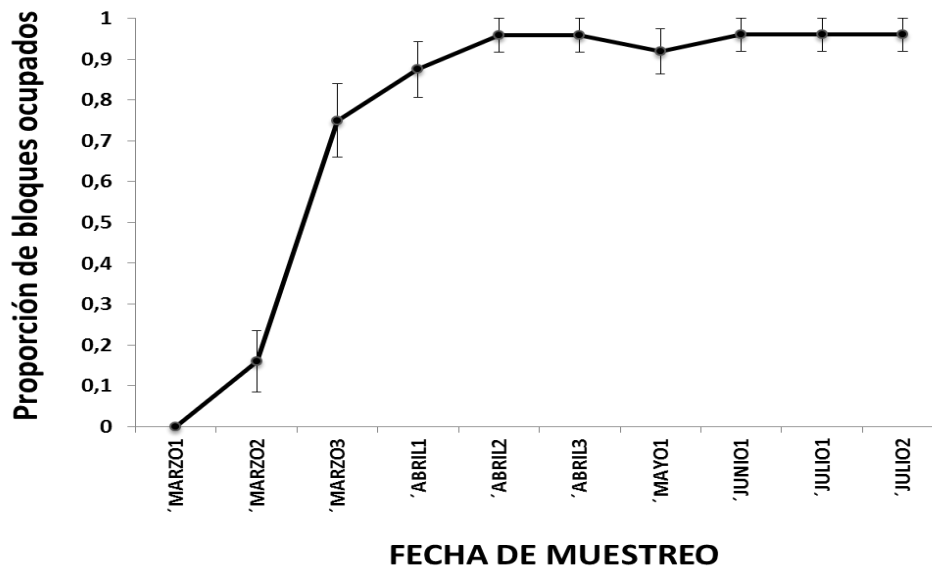


Fig. 5. Proporción de bloques ocupados frente a la fecha de muestreo.

La frecuencia de ocupación varió entre el tipo de material a lo largo del periodo de estudio ($F_{4,24} = 47,92$, $P < 0.0001$; Fig. 6). Ramitas y madera fueron los materiales que se ocuparon con una mayor frecuencia (Fig. 6). La ocupación en cañas fue intermedia, mientras que en ladrillo y piñas no se registró ocupación por ningún polinizador durante el periodo de estudio (Fig. 6). De nuevo este patrón fue consistente entre bloques ($P > 0.05$ en todos los casos). En el caso de la madera y cañas la tasa de ocupación fue gradual, mientras que la ocupación en las celdas en ramitas tuvo un carácter explosivo a partir de la tercera semana de Abril (Fig.6).

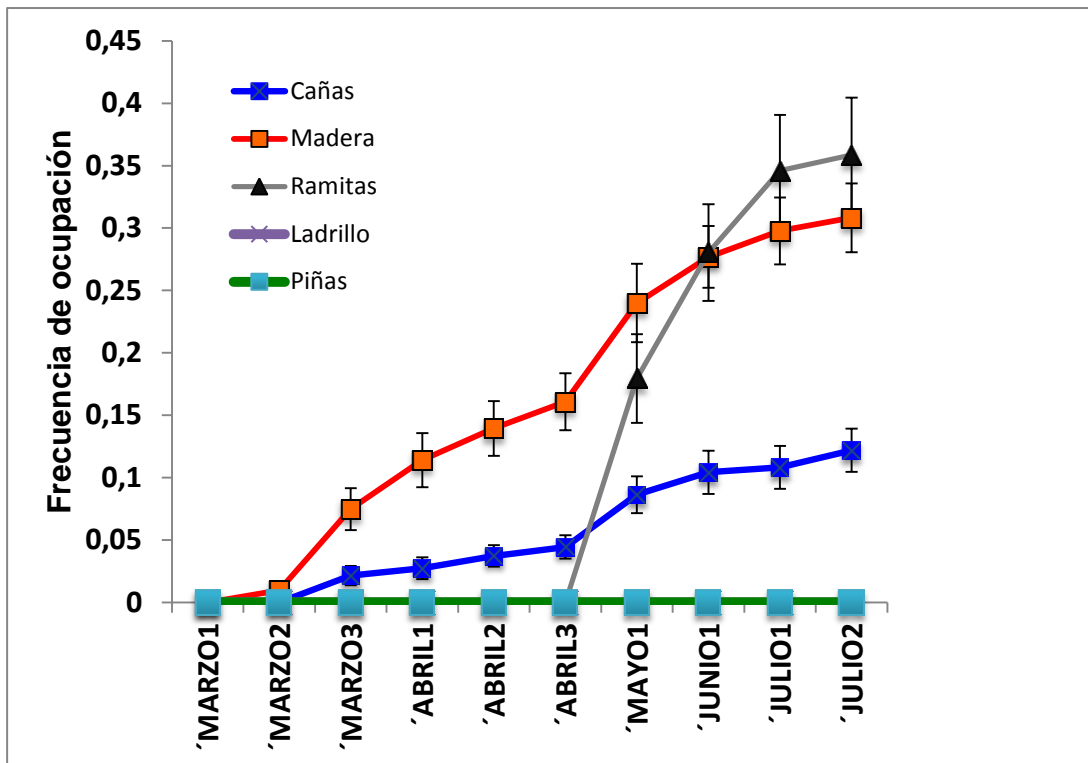


Fig. 6. Frecuencia de ocupación de los diferentes materiales durante la fecha de muestreo.

Al no haber diferencias significativas entre bloques no es esperable que haya efectos posicionales, es decir la distribución de los bloques en el campus no parece influir sobre la ocupación de los mismos. Sin embargo, la distancia a las plantas con flor sí influyó significativamente en la frecuencia de la ocupación de celdas localizadas en madera ($r = -0.45$, $N = 24$, $P = 0.027$), indicando que a menor distancia a las plantas con flor mayor es la ocupación de celdas en este tipo de material.

- ***Polinizadores detectados en celdas y plantas cercanas.***

Como aclaramos anteriormente, la determinación taxonómica no se ha marcado como un objetivo principal de este TFG. Aun así, se han podido identificar especímenes pertenecientes a las familias Apidae, Andrenidae, Scoliidae, Cabronidae y Megachilidae.

Los ejemplares de las familias identificadas fueron capturadas en plantas cercanas y en las inmediaciones de los bloques, por lo que, son candidatos a nidificar en las cajas nido.

La familia Andrenidae son abejas solitarias, estas nidifican en zonas con exposición solar directa. Su nido suele ser en huecos, los cuales son sellados con barro una vez puesto los huevos para bloquear la entrada a parásitos.

La familia Megachilidae también son abejas solitarias polinizadoras. Esta familia nidifica en cañas huecas o en cavidades y rellenan estas cavidades con pelos recogidos en las hojas, lo cual le da el nombre de "abeja cortadora de hojas" a esta familia.

La familia Cabronidae son avispas solitarias. Muchas de ellas nidifican en madera o en tallos de plantas por lo que pueden llegar a ocupar las cajas nido. En cambio, esta familia no es polinizadora ya que no poseen pelos recolectores de polen.

La familia Scoliidae no construyen nidos (Aguado *et al.*, 2015).

En las diferentes visitas a los bloques se han observado un total de 11 individuos entrando o saliendo de los bloques (Fig. 6).



Fig. 6. Megachílido en el momento de introducirse en una celdilla vacía.

Finalmente, al menos en una ocasión se observó la presencia de un insecto parasitoide (himenóptero) de abejas en los bloques (Fig. 7).



Fig. 7. Himenóptero parasitoide inspeccionando un bloque de celdillas.

4. DISCUSIÓN

Hemos comprobado que la eficiencia de nuestras cajas nido es positiva. En el 94% de las cajas nido ha habido ocupación en mayor o menor grado, algo similar a lo que obtuvieron Fortel *et al.* (2016) donde realizaron un estudio sobre el uso de estas cajas nido en Francia y obtuvieron una gran aceptación por las abejas silvestres puesto que recogieron datos de todos los bloques estudiados durante los dos años de estudio, además de un gran número de especies.

Maclvor y Packer (2015) implantaron 600 cajas nido de las que obtuvieron datos de 574 en un periodo de 3 años (186 el primer año y 194 los dos siguientes años), por lo que el 95,6% de las cajas nido implantadas obtuvieron ocupación. En otra investigación realizada por Maclvor (2015) obtuvo como resultados que 21 de las 29 cajas nido que implantó fueron ocupadas durante los 3 años de estudio, las cajas nido restantes nunca fueron ocupadas durante la investigación.

Pinilla y Nate (2015) los cuales implantaron cajas nido en tres zonas de cultivo diferentes. En su investigación, estas cajas nido (compuestas por dos materiales) no fueron eficaces puesto que su tasa de ocupación fue de 0% en dos de los cultivos y de un 3% en el cultivo restante. Hay que señalar que dicho estudio se realizó en Colombia, donde tanto las condiciones bióticas como abióticas son diferentes a nuestra área estudiada. Los autores de ésta investigación recalcan que ha sido el primer estudio de este método de restauración de polinizadores en Colombia, por lo aún tienen escasa información sobre esta hipótesis.

Respecto a la aceptación de los materiales empleados por los polinizadores hemos tenido un cierto grado de acierto. La frecuencia de ocupación ha variado en los diferentes materiales. Como vimos en la Fig. 6 el material con mayor aceptación ha sido tanto las ramillas como la madera. Como nos ilustran los ya citados Pinilla y Nate (2015) pese a la poca eficiencia de las caja nido en tal estudio, el único material que fue ocupado en su trabajo fueron las cañas de bambú y la aceptación de la madera fue inexistente, en cambio, en nuestro trabajo las cañas han tenido una aceptación media, relativamente baja y la madera ha tenido una aceptación favorable.

Carlton (2015) describe en su blog la forma de crear una caja nido. Indica que los ladrillos habitualmente no son adecuados a causa de que sus orificios son cuadrados y demasiados grandes que lo requerido por las abejas. En nuestro estudio, los resultados en los ladrillos han sido también desfavorables.

La carencia de investigaciones sobre la aceptación de tales materiales por los polinizadores imposibilita ampliar la discusión.

La relación a efectos posicionales no ha sido variada en nuestro entorno. Como explicamos en apartados anteriores, todos nuestros bloques fueron orientados hacia el sur o el suroeste cuya orientación coincide con la radiación directa del sol la mayor parte del día y debido a nuestra situación geográfica y fauna es la adecuada para ser aceptada por estos polinizadores (Bauer *et al.*,2015). En cambio Martins *et al.*, (2012) obtuvieron en una investigación realizada en Brasil que la mayor parte de las cajas nido que fueron ocupadas estaban orientadas al oeste y al norte que corresponde a la orientación a la que no llega el aire. Además la zona sombreada

tuvo una mayor ocupación que la zona soleada, por lo que la orientación sería la contraria a la utilizada en nuestro estudio.

Los polinizadores que viven en la madera si se vieron influenciados por la distancia a la fuente de alimento, pero no así el resto de polinizadores que ocupan otros materiales ya que no se detectó una relación significativa entre distancia a las plantas con flores y la frecuencia de ocupación. Por lo que, a la vista de estos resultados, parece recomendable al menos para las especies de abejas que nidifican en madera, la colocación de las cajas nido próximas a plantas con flor.

Cualquier investigación de campo en la cual haya acceso a personas ajenas al mismo está expuesta a acciones vandálicas. No solo nuestro estudio ha sufrido tal percance sino que, Fortel *et al.* (2016) también sufrieron robos en su estudio. Esto no solo ocurre en este contexto, ya que puede suceder en cualquier otra investigación ajena a este tipo de proyectos. En nuestro caso, como se expuso anteriormente, tres cajas nido fueron destruidas en la primera semana de estudio, y estas fueron restauradas e implantadas en otro lugar más seguro. A mitad del estudio se produjo otro acto vandálico sobre los materiales de uno de los bloques que no se pudieron recuperar (Bloque 5) (Fig.8) y se retiró del estudio. En la última semana se produjo otra acción vandálica en otra caja nido (Bloque 19) la cual se reconstruyó (Fig.8).



Fig. 8. Bloques deteriorados por acciones vandálicas.

De los reducidos datos taxonómicos que hemos podido recopilar a través del muestreo, dos de las familias identificadas coinciden con las que ocuparon las cajas nido en el trabajo de Maclvor y Packer (2015) donde sus cajas nido fueron utilizadas por especies pertenecientes a las familias Megachilidae y Apidae. Por lo que nuestros resultados certifican que las cajas nido son especialmente idóneas para este tipo de abejas polinizadoras.

En la investigación de Martins *et al.*, (2012) obtuvieron como resultados que familias como Cabronidae, Megachilidae, Apidae y Colletidae ocuparon las cajas nido, por lo que la mayoría de las familias coinciden y pueden ocupar nuestras cajas nido.

5. CONCLUSIONES

Según nuestros resultados podemos decir que las cajas nido son eficaces como una herramienta de rehabilitación de los polinizadores pertenecientes al orden Himenoptera.

Hemos tenido una tasa de ocupación elevada en los primeros meses del estudio, la cual ha ido progresando a medida que transcurría la primavera. A medida que aumentaban las temperaturas, el número de celdas ocupadas ha ido creciendo.

Los materiales utilizados han tenido buena aceptación exceptuando los ladrillos y las piñas, aunque puede que con el transcurso del tiempo, estas también sean buenos sitios de nidificación para otras especies polinizadoras. Es evidente que la madera con orificios y las ramas de plantas ha sido lo más utilizado.

La influencia del entorno es relativa puesto que a las zonas que están más cerca de las flores tienen una mayor tasa de ocupación en la madera, por lo que podemos intuir una cierta dependencia entre ellos. En los demás materiales no se ha visto ninguna influencia por la distancia a las flores que estas especies utilizan como fuente de alimento.

Sin tener muchos datos sobre taxonomía, no podemos concluir que especies han ocupado las celdas, aspecto que clarificarán futuros estudios.

Finalmente, el vandalismo será un problema siempre que se hagan estudios de este tipo, por lo que es un factor a tener en cuenta en el diseño de la rehabilitación.

En definitiva, las cajas nido, pueden ser una gran herramienta de restauración de polinizadores de modo más particular y/o doméstico. Es una forma sencilla de facilitarle a estos himenópteros zonas para su anidamiento, ya que su elaboración es algo sencillo y su eficacia es razonablemente alta. Un aspecto muy importante es evitar el uso de sustancias nocivas (pesticidas), y más si se instalan estas cajas nido.

Los estudios realizados sobre este tema son muy escasos por lo que hace falta mucha información más para poder contrastar sus beneficios e influencias.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguado Martín LO, Ferreres Castiel A, Viñuelas Sandoval E: Guía de campo de los polinizadores de España. Ed. Mundiprensa. Madrid. 2015.
- Alvarado MA, Foroughbakhch PR, Jurado YE, Rocha A: El cambio climático y la fenología de las plantas. Ciencia UANL 2002, 5:493-500.
- Balmori A: Sobre el riesgo real de una expansión generalizada de la avispa asiática *Vespa velutina lepeletier*, 1836 (Hymenoptera: Vespidae) en la Península Iberica. S.E.A. 2015, nº56: 283-289.
- Bartomeus I, Ascherc JS, Gibbse J, Danforth BN, Wagner DL, Hedtke SM, Winfree R: Historical changes in northeastern us bee pollinators related to shared ecological traits. Proc. Nat. Acad. Sci. 2013, 110:4656-4660.
- Carlton M: How to make and manage a bee hotel: Instructions that really work [<http://www.foxleas.com/make-a-bee-hotel.asp>]
- Carrión JS: Evolución Vegetal. Ed. DM, Murcia, 2003.
- Castellanos Potencianos BP, Gallardo López F, Sol Sánchez Á, Landeros Sánchez C, Díaz Padilla G, Sierra Figueredo P, Santibañez Galarza JL: Impacto potencial del cambio climático en la apicultura. Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim. 2016, 2: 1-19.
- Ceballos, G., 1956. Catálogo de los himenópteros de España. (C.S.I.C.). 1956, 554 pp.
- Colley A: Home-made repurposed wood, luxury insect hotel or five star bug house for the discerning arthropod de luxe bug house [<http://thegreenlever.blogspot.com.es/2012/11/home-made-repurposed-wood-insect-hotel.html#.V3028fmLTIV>]
- Dardón Peralta MJ: Revisión taxonómica del subgénero *Micrandrena* (Hymenoptera: Apoidea: Andrenidae: Andrena) de la Península Ibérica. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca; 2010.
- Ellis EC, Goldewijk KK, Siebert S, Lightman D, Ramankutty N: Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. Global Ecol. Biogeogr. 2010, 19:589–606.
- Fortel L., Henry M, Guilbaud L, Mouret H, Vaissière BE: Use of human-made nesting structures by wild bees in an urban environment. J. Insect Conserv., 2016, 20(2), 239-253.

TFG: «Evaluación de la eficiencia de las cajas nido para abejas ("Bee Hotels") como herramienta de restauración y rescate de la diversidad de polinizadores»

- Gathmann A, Tschardt T: Foraging ranges of solitary bees. *J. Anim. Ecol.* 2002, 71: 757-764.
- González JA, Torres F, Gayubo SF: Estudio de biodiversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) en un biotopo arenoso de la Submeseta Norte (España). *Zool. bae.*, 1999,10: 87-111.
- González Varo JP, Biesmeijer JC, Bommarco R, Potts SG, Schweiger O, Smith HC, Steffan-Dewenter I, Szentgyorgyi H, Woyciechowski M, Vilà M: Combined effects of global change pressures on animal-mediated pollination. *Trends Ecol. Evol.* 2013, 28: 524-530.
- Grupo de trabajo ecoflor: El declive de las abejas: cinco conceptos mal entendidos. *Quercus* 2016, 361: 88-90.
- Halcrof M: How to make nests for Reed bees – Bundles [<http://www.beesbusiness.com.au/articles/How%20to%20make%20nests%20for%20reed%20bees%20-%20bundles.pdf>]
- LeValley M: The bee hotel - rooms are filling fast! [<http://midmichigannatureandscience.blogspot.com.es/2015/08/the-bee-hotel-rooms-are-filling-fast.html>]
- M'Gonigle LK., Ponisio LC, Cutler K, Kremen C: Habitat restoration promotes pollinator persistence and colonization in intensively managed agriculture. *Ecol. Appl.*, 2015, 25: 1557–1565.
- Maclvor JS, Packer L: 'Bee hotels' as tools for native pollinator conservation: a premature verdict?. *PloS one*, 2015, 10(3), p. e0122126.
- Maclvor JS: Building height matters: nesting activity of bees and wasps on vegetated roofs. *Isr. J. Ecol. Evol.*, 2015, 1-9.
- Marcos García MA, Galante Patiño E:(2004). Métodos de preparación y conservación. In *Curso práctico de entomología. AeE.*, 2004, 47-54.
- Marcos García MA: Métodos de captura. In *Curso práctico de Entomología. AeE.*, 2004, 27-45.
- Michez D, Terzo M, Rasmont P: Révision des espèces ouestpaléarctiques du genre *Dasygaster* Latreille 1802 (Hymenoptera, Apoidea, Melittidae). *Linzer biol. Beitr.*, 2004, 36:847-900.
- Morales CL: Introducción de abejorros (*Bombus*) no nativos: causas, consecuencias ecológicas y perspectivas. *Ecol. Austral.* 2007, 17: 51-65.

- Morandin LA, Kremen C: Hedgerow restoration promotes pollinator populations and exports native bees to adjacent fields. *Ecol. Appl.*, 2013, 23: 829–839.
- Musolin DL, Saulich AK: Responses of insects to the current climate changes: from physiology and behavior to range shifts. *Entomol. Rev.*, (2012), 92: 715-740.
- Norfolk O, Eichhorn MP, Gilbert F: Flowering ground vegetation benefits wild pollinators and fruit set of almond within arid smallholder orchards. *Insect. Conserv. Divers.* 2016, 9: 236-243.
- Nota técnica de los laboratorios de Greenpeace: El declive de las abejas. Greenpeace 2013, 1.
- Ollerton J, Winfree R, Tarrant S: How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 2011, 120:321–26.
- Ornosa C, Martínez MD: Apoidea de la Cuenca Occidental Alta del Duero (España). Familias Melittidae, Megachilidae, Anthophoridae y Apidae (Hymenoptera a). *Boln. Asoc. esp. Ent.*, 1996, 20: 93-106.
- Ornosa C, Martínez MD: Notas taxonómicas y faunísticas sobre antoforas españolas (Hymenoptera, Anthophoridae, Anthophorini) I. *Boln. Asoc. esp. Ent.*, 1998, 22: 211-221.
- Ornosa C, Ortiz-Sánchez FJ: Hymenoptera, Apoidea I. CSIC-CSIC Press., Serie Fauna Ibérica vol. 23. Ramos, M.A. et al. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC. Madrid. 2004. 553 pp.
- Ornosa C., Ortiz-Sanchez, FJ: Claves de identificación para las especies ibéricas de Melittidae (Hymenoptera, Apoidea). *Linzer biol. Beitr.* 2003, 35:555-579.
- Ortiz García M: La primavera gris. Sobre el declive de las abejas. *R.V.A.P.* 2014, 99-100: 2261-2287.
- Ortiz-Sánchez FJ, Torres F, Ornosa C. (2009). Claves de identificación para las especies ibéricas del género *Coelioxys* Latreille, 1809 (Hymenoptera, Apoidea, Megachilidae). *Graellsia* 2009, 65: 155-170.
- Ortiz-Sánchez, Lista actualizada de las especies de abejas de España (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes). *S.E.A.*, 2011, 49: 265-281.
- Pereira HM, Leadley PW, Proenca V, Alkemade R, Scharlemann JP, Fernandez Manjarrés JF, Araújo MB, Balvanera P, Biggs R, Cheung WW, Chini L, Cooper HD, Gilman EL, Guénette S, Hurtt GC, Huntington HP, Mace GM, Oberdorff T, Revenga C, Rodrigues P, Scholes RJ, Sumaila UR, Walpole M: Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science* 2010, 330:1496–501.

TFG: «Evaluación de la eficiencia de las cajas nido para abejas ("Bee Hotels") como herramienta de restauración y rescate de la diversidad de polinizadores»

Pérez Íñigo C: Las familias y géneros de las abejas en España. Claves para la identificación de la fauna española. U.C.M; 1981.

Pinilla Gallego MS, Nates Parra G: Diversidad de visitantes y aproximación al uso de nidos trampa para *Xylocopa* (Hymenoptera: Apidae) en una zona productora de pasifloras en Colombia. *Actu. Biol.*, (2015), 37(103), 143-153.

PlantArte en tu Oasis [<http://www.plantarteentuoasis.com/2013/09/hotel-insectos-insect-bug-diy-como-hacer-tipos.html>]. Acceso 12/julio/2016.

Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O, Kunin WE: Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends Ecol. Evol.* 2010, 25:345–53.

Rey del Castillo C, Nieves-Aldrey JL: (2006). Abundancia, diversidad y variación estacional de géneros de Apoideos (Hymenoptera, Apoidea) en dos enclaves naturales de la comunidad de Madrid (Centro de España). *SEA*, 2006, 1: 247–259.

Rundlöf M, Andersson GKS, Bommarco R, Fries I, Hederström V, Herbertsson L, Jonsson O, Klatt BK, Pedersen TR, Yourstone J, Smith HG: Sedd coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. *Nat.* 2015, 521: 77-80.

Spivak M, Mader E, Vaughan M, Euliss NH: The plight of the bees. *Environ. Sci. Technol.* 2010, 45: 34-38.

Terzo M, Iserbyt S, Rasmont P: Révision des Xylocopinae (Hymenoptera: Apidae) de France et de Belgique. *Ann. Soc. entomol. Fr.*, 2007, 4: 445-491.

Terzo M, Ortiz-Sánchez FJ: Nuevos datos para las especies de Ceratinini de España y Portugal, con una clave para su identificación (Hymenoptera, Apoidea, Xylocopinae). *Graellsia* 2004, 60:13-26.

Tilman D, Fargione J, Wolff B, D'Antonio C, Dobson A, Howarth R, Schindler D, Schlesinger WH, Simberloff D, Swackhamer D: Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*, 2010, 292: 281–84.

Torres F, Ornos C, Ortiz-Sánchez FJ: Claves y datos nuevos de las especies ibéricas del género *Chelostoma* LATREILLE, 1809 (Hymenoptera, Megachilidae, Osmiini). *Graellsia*, 2012, 68: 263-280.

Winfrey R, Bartomeus I, Cariveau DP: Native Pollinators in Anthropogenic Habitats. *Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 2011, 42: 1-22.

Ziska LH, Pettis JS, Edwards J, Hancock JE, Tomecek MB, Clark A, Dukes JS, Loladze I, Polley HW: Rising atmospheric CO₂ is reducing the protein

TFG: «Evaluación de la eficiencia de las cajas nido para abejas (“Bee Hotels”) como herramienta de restauración y rescate de la diversidad de polinizadores»

concentration of a floral pollen source essential for North American bees. In Proc. R. Soc. B. The Royal Society, 2016, 283.

Anexo I. Relación de géneros incluidos en las familias de Apiformes con presencia iberoblear (modificado a partir de Ortiz-Sánchez, 2011).

Familia	Subfamilia	Género
COLLETIDAE	COLLETINAE	Colletes Latreille, 1802 [Ortiz-Sánchez et al. (2001); Ormosa & Ortiz-Sánchez (2004); Kuhlmann (2011)]
	HYLAEINAE	Hylaeus Fabricius, 1793 [Ortiz-Sánchez et al. (2002); Ormosa & Ortiz-Sánchez (2004)]
ANDRENIDAE	ANDRENINAE	Andrena Fabricius, 1775
	PANURGINAE	Camptopoeum Spinola, 1843
		Panurginus Nylander, 1848
		Panurgus Panzer, 1806
		Simpanurgus Warncke, 1972
		Melitturga Latreille, 1809
	ROPHITINAE	Dufourea Lepeletier, 1841
		Rophites Spinola, 1808
		Systropha Illiger, 1805
	NOMIINAE	Pseudapis Kirby, 1900
NOMIOIDINAE	Ceylalicthus Strand, 1913	
	Nomioides Schenck, 1867	
HALICTINAE	Halictus Latreille, 1804	
	Lasioglossum Curtis, 1833	
	Sphecodes Latreille, 1804	
MELITTIDAE	DASYPODAINAE	Dasyпода Latreille, 1802
	MELITTINAE	[Ormosa & Ortiz-Sánchez (2004)]
		Macropis Panzer, 1809
	Melitta Kirby, 1802	
MEGACHILIDAE	MEGACHILINAE	Lithurgus Berthold, 1827
		Creightonella Cockerell, 1908
		Chalicodoma Lepeletier, 1841
		Megachile Latreille, 1802

TFG: «Evaluación de la eficiencia de las cajas nido para abejas (“Bee Hotels”) como herramienta de restauración y rescate de la diversidad de polinizadores»

Coelioxys Latreille, 1809
Trachusa Panzer, 1804
Afranthidium Michener, 1948
Anthidium Fabricius, 1804
Anthidiellum Cockerell, 1904
Icteranthidium Michener, 1948
Pseudoanthidium Friese, 1898
Rhodanthidium Isensee, 1927
Stelis Panzer, 1806
Aglaoapis Cameron, 1901
Dioxys Lepeletier & Serville, 1825
Chelostoma Latreille, 1809
Haetosmia Popov, 1952
Heriades Spinola, 1808
Hoplitis Klug, 1807
Osmia Panzer, 1806
Protosmia Ducke, 1900

ANTHOPHORIDAE

XYLOCOPINAE

Xylocopa Latreille, 1802
Ceratina Latreille, 1802

NOMADINAE

Nomada Scopoli, 1770
Incertae sedis
Epeolus Latreille, 1802
Triepeolus Robertson, 1901
Ammobatoides Radoszkowski, 1868
Biastes Panzer, 1806
Ammobates Latreille, 1809
Parammobatodes Popov, 1932
Pasites Jurine, 1807

ANTHOPHORINAE

Eucera Scopoli, 1770
Tetralonia Spinola, 1839
Tetraloniella Ashmead, 1899
Habropoda Smith, 1854
Anthophora Latreille, 1803
Amegilla Friese, 1897
Melecta Latreille, 1802
Thyreus Panzer, 1806

APIDAE

APINAE

Bombus Latreille, 1802
Apis Linnaeus, 1758

TFG: «Evaluación de la eficiencia de las cajas nido para abejas (“Bee Hotels”) como herramienta de restauración y rescate de la diversidad de polinizadores»