

**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**GRADO EN BIOLOGÍA**  
**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**CURSO ACADÉMICO [2018-2019]**

TÍTULO:

**DESCRIPCIÓN DE COMUNIDADES DE INSECTOS FORESTALES  
ASOCIADOS A *PINUS SYLVESTRIS* EN LA PENÍNSULA IBÉRICA.**

AUTOR:

**Ana Sanchis Leal**







## **Agradecimientos.**

Escribo este apartado de agradecimientos para finalizar mi trabajo de fin de grado. Ha sido un período de aprendizaje intenso, tanto en el campo científico como a nivel personal.

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor Diego Gallego Cambronero por su valiosa ayuda. Por haberme brindado toda su confianza y su tiempo, y haberme transmitido una gran cantidad de conocimientos acerca de los escolítidos.

A la empresa SANIDAD AGRÍCOLA ECONEX S.L. por ceder las herramientas necesarias para realizar este Trabajo de Fin de Grado. En especial a José Luis Lencina por su maravillosa caja entomológica de comparación que tanto facilitó la identificación de las especies y a Eudaldo González, Lalo, por instalar y recoger las trampas de Valsaín. A mi compañera de prácticas María Giménez por haber aportado su granito de arena en este trabajo.

También a mi familia, en especial a mis padres, a mi hermano y a Adriana, mi cuñada. Han sido un apoyo constante en todo momento y siempre me han dado los mejores consejos.

Y por último gracias a todas aquellas personas que se han cruzado en mi camino a lo largo de la carrera y que me han aportado algo valioso.



## **Resumen.**

Los insectos forestales han cobrado mucha importancia en los últimos años por su papel fundamental en la ecología de los bosques, como los bosques de *Pinus sylvestris*, especie paleártica ligada a las zonas frías y húmedas. En este trabajo se han muestreado las comunidades de escolítidos distribuidas en dos zonas diferentes de la Península Ibérica: la Sierra de Baza (Granada) y el Monte de Valsaín (Segovia). Para llevar a cabo la recogida de muestras se definieron tres puntos de muestreo en cada zona, en una franja altitudinal entre 1.100 m y 1.300 m en Valsaín y en altitudes superiores a 2.000 m en Baza. El uso de trampas con atrayentes multiespecies ha permitido describir y estimar la diversidad de especies saproxílicas presentes en estos ecosistemas. Se concluye que las comunidades ligadas a *P. sylvestris* poseen una alta complejidad funcional y que las comunidades forestales de Baza y Valsaín presentan importantes diferencias entre sí.

**Palabras clave:** Saproxílicos, Riqueza de especies, Entomofauna, Trampas, Escolítidos

## **Abstract.**

Forest insects have become very important in recent years due to their fundamental role in forest ecology, such as the *Pinus sylvestris*' forest, a palearctic species linked to cold and humid areas. In this work we have sampled the communities of bark beetle distributed in two different areas of the Iberian Peninsula: Sierra de Baza (Granada) and Monte de Valsaín (Segovia). In order to collect samples, three sampling points were defined in each zone, in an altitudinal band between 1,100 m and 1,300 m in Valsaín and in altitudes higher than 2,000 m in Baza. The use of traps with multispecies attractants has made possible to describe and estimate the diversity of saproxylic species present in these ecosystems. It is concluded that the communities linked to *P. sylvestris* have a high functional complexity and that the forest communities of Baza and Valsaín present important differences between them.

**Key words:** Saproxylics, Species richness, Entomofauna, Traps, Bark beetle







## Índice:

|   |    |
|---|----|
| 1. Introducción.....  | 1  |
| 1.1 <i>Pinus sylvestris</i> .....   | 1  |
| 1.2 Zonas de estudio.....   | 3  |
| 1.3 Comunidad de insectos forestales .....  | 5  |
| 2. Antecedentes y objetivos.....  | 9  |
| 2.1 Antecedentes.....   | 9  |
| 2.2 Objetivos.....  | 10 |
| 3. Materiales y métodos.....  | 11 |
| 4. Resultados .....   | 14 |
| 4.1 Individuos capturados.....  | 14 |
| 4.2 Descripción de las comunidades .....  | 18 |
| 4.3 Número de individuos en cada familia dependiendo<br>de la zona de muestro ..... | 20 |
| 4.4 Grupos tróficos en las distintas zonas de muestro .....                         | 20 |
| 4.5 Diversidad Alfa .....   | 22 |
| 4.6 Diversidad Beta .....   | 24 |
| 5. Discusión de los resultados.....   | 26 |
| 6. Conclusiones.....  | 28 |
| 7. Conclusions.....   | 39 |
| 8. Bibliografía.....  | 30 |
| 8.1 Recursos WEB.....   | 30 |
| 8.2 Recursos bibliográficos. ....   | 30 |







## 1. Introducción.

### 1.1. Los bosques *Pinus sylvestris*.

El pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) es una especie arbórea de la familia Pinaceae (Coniferales) fácilmente distinguible por tener una corteza de color asalmonado (Figura 1) y compuesta por finas láminas que se desprenden con facilidad (Figura 2) (López, 2007).



**Figura 1:** Aspecto general de *Pinus sylvestris*



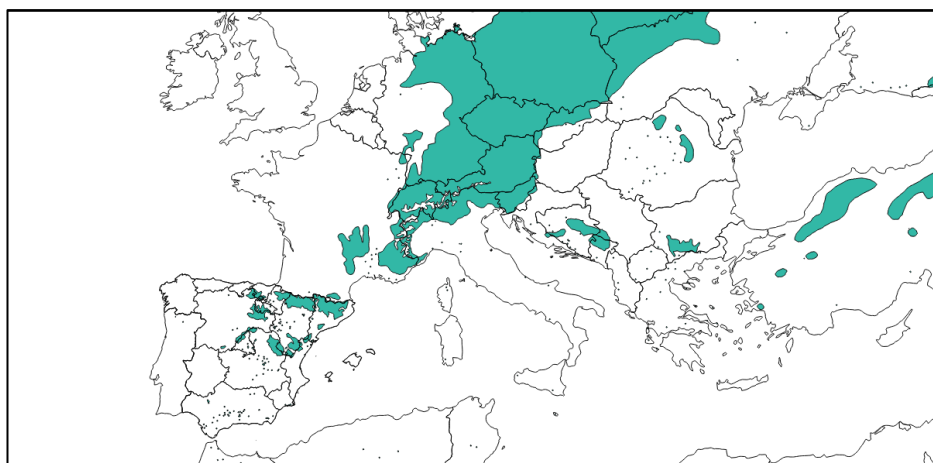
**Figura 2:** Aspecto de la corteza de *Pinus sylvestris*

Esta especie del género *Pinus* tiene una ecología muy variable según los climas, aunque el fitoclima más representativo de dicha especie es el oroborealoide subnemorale típico de las zonas con menor intervalo de sequía (Catalan, 1991).

Como se puede ver en la Figura 3, la especie *P. sylvestris* cuenta con una distribución paleártica, desde Siberia hasta la Península Ibérica y desde el norte de Asia hasta el mar de Japón (Oria, 2013). En la Figura 4 podemos ver la distribución de *P. sylvestris* en Europa. En la Península Ibérica se distribuye en forma de manchas ligadas a las grandes altitudes donde el clima es más adecuado, más frío y más húmedo, estando presente desde el Norte de España hasta las sierras Béticas, lugar en el que presenta su límite meridional (Figura 5).

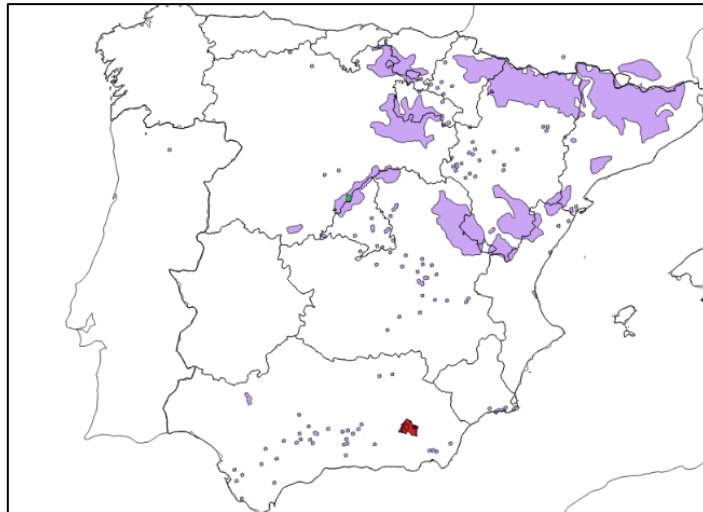


**Figura 3:** Mapa distribución paleártica de *P. sylvestris*.



**Figura 4:** Distribución de la especie *P. sylvestris* en Europa (Fuente: [www.euforgen.org](http://www.euforgen.org)).





**Figura 5:** Distribución *P. sylvestris* en la Península Ibérica (morado), situación geográfica de Sierra de Baza (rojo) y situación Monte de Valsaín (verde) (Fuente: [www.euforgen.org](http://www.euforgen.org)).

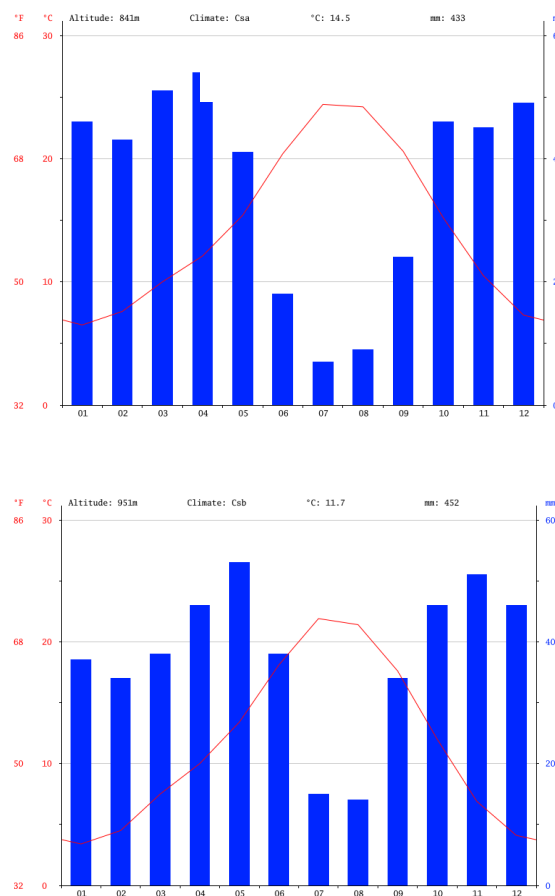
La Península Ibérica fue refugio glacial de *P. sylvestris* durante las glaciaciones del Pleistoceno, como de otras muchas especies europeas de flora y fauna. Con la última retirada de los hielos, hace aproximadamente unos 10.000 años, se fue expandiendo por Europa, quedando la sierra de Baza y otros puntos del Sistema Bético como relictos de la antigua distribución de la especie en el sur de Europa. Actualmente, aunque se trata de una especie de interés maderero, en la península ibérica, los bosques de *P. sylvestris* ocupan una distribución fragmentada, concentrados en sistemas montañosos (Galón, 2012). Como se puede ver en la Figura 3, el monte de Valsaín (Segovia) y la Sierra de Baza son dos zonas de distribución del *P. sylvestris*. En los montes de Valsaín, ubicados en la cara norte del Sistema Central, las formaciones de *P. sylvestris* se sitúan dentro de una franja altitudinal de aproximadamente entre 1.100 y 1.300 m, siendo esta una zona óptima para dicha especie (García, 1999), en cambio, en el caso de la Sierra de Baza, se encuentra distribuida en altitudes superiores a los 2000 m de altitud, ya que en esta franja las precipitaciones estivales son adecuadas para su desarrollo (Galón, 2012).

## 1.2. Zonas de estudio.

Se han elegido dos zonas de estudio: la Sierra de Baza (Granada) y el Monte de Valsaín (Segovia). La Sierra de Baza, se encuentra situada en el extremo nororiental de la provincia de Granada limitando por el Este con Almería (Figura 3). Este ámbito pertenece al distrito biogeográfico Serrano-Baztetano (subsector

Orofilábrico-Baztetano, sector Accitano-Baztetano, provincia Bética). Siguiendo la clasificación bioclimática que diversos autores han establecido para la región Mediterránea, en la Sierra de Baza se desarrolla el bioclima mediterráneo pluviestacional-oceánico, aunque precisamente en el sector de cumbres se puede considerar el desarrollo del tipo pluviestacional continental; el piso bioclimático al que pertenece el dominio de vegetación considerado es el oromediterráneo (termotipo, It1=60 a -30) subhúmedo (ombrotipo, precipitación media anual superior a 600 mm). Según se ha establecido en otras investigaciones, este sector de cumbres representa los «polos» de frío y precipitación del macizo, con temperaturas medias anuales y precipitaciones medias anuales calculadas de entre 5 y 7 °C y 700-800 mm respectivamente (Olmedo, 2011) (Figura 6).

Por otro lado, el Monte de Valsaín se encuentra situado en la vertiente norte de la Sierra de Guadarrama, provincia de Segovia (Figura 5). Con una altitud de 1.300 m se sitúa sobre suelos ácidos creados sobre rocas de granito y gneis. El clima es Nemoromediterráneo genuino, con precipitaciones entre los 885 y los 1.170 mm y temperaturas medias entre 10,5° y 6,1° C (Figura 6).



**Figura 6:** Climograma Sierra de Baza (arriba) y climograma Monte de Valsaín (abajo).

Como se puede ver en los climogramas de la Figura 6, en la Sierra de Baza hay menos precipitaciones estivales que en el Monte de Valsaín, como la especie *P. silvestris* no tolera bien la sequía estival, entonces la Sierra de Baza representa el límite meridional, mientras que el monte de Valsaín se situaría más cerca del óptimo de su distribución en la Península Ibérica (Sánchez, 2012).

En el caso de la Sierra de Baza, el clima mediterráneo determina un tipo de vegetación adaptada a las altas temperaturas estivales. Sin embargo, las condiciones climáticas existentes combinadas con determinadas situaciones orográficas, provocan la aparición de una vegetación poco común en estas latitudes (como bosques caducifolios y espinares). Por otra parte, la altitud permite el crecimiento de pinares oromediterráneos de alto interés botánico, ya que, junto con Sierra Nevada y algunos espacios muy reducidos en Sierra Mágina, son los únicos reductos de pino silvestre autóctonos del sur de la Península (Junta de Andalucía, 2007).

Del mismo modo, la singularidad del Monte de Valsaín viene marcada por su riqueza florística y su historia. La vegetación de la mayor parte de la superficie corresponde a pinares de *P. sylvestris*, que comparten el espacio con rebollares, pastizales, piornales y pequeñas superficies de encinar y bosques de galería, estando catalogadas más de 800 especies vegetales. También se deben mencionar la riqueza florística en hongos, como *Boletus edulis* y *B. pinicola*, que dotan a estos bosques de gran importancia social (Donés, 2013).

### **1.3. Comunidad de insectos forestales de los pinares.**

La descomposición de la madera es realizada fundamentalmente por la actividad de hongos y otros microorganismos, favorecida o acelerada por la presencia de invertebrados conocidos como saproxílicos (Harmon et al., 1986; Grove, 2002; Schlaghamerský, 2003). Las especies saproxílicas son un grupo funcional de Coleoptera (Insecta) que depende, en algún momento de su ciclo vital, de la madera de árboles con decaimiento, moribundos o recientemente muertos (Speight 1989; Okland et al. 1996).

La diversidad de fauna saproxílica responde a la gran variedad de nichos ecológicos que podemos encontrar en la madera en descomposición (Grove, 2002). Además son muchos y muy variados los papeles que puede realizar esta fauna dentro de los ecosistemas (Groves, 2002; Jonsson et al., 2005). La mayoría de estos insectos se alimentan de la madera en descomposición (saproxilófagos), mientras que otros son depredadores, como *Allonix quadrimaculatus*, (Schaller,

1783) (Figura 7), y controlan las poblaciones de otras especies (Dajoz, 2000). Por otro lado se encuentran los floemófagos del grupo de los escolítidos (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) que se alimentan de floema de los árboles en estado de decaimiento o recientemente muertos, como por ejemplo la especie *Orthotomicus erosus* (Wollaston, 1857) (Figura 8). Los defoliadores que se alimentan de las hojas de los árboles, un ejemplo sería *Magdalis duplicata* (Germar, 1819) (Figura 9), aunque estos últimos no se consideran incluidos en el grupo funcional de saproxílicos. Además, podemos encontrar depredadores facultativos, especies no estrictamente depredadoras, de hábitos floemo-xilófagos, que colonizan árboles ya atacados por otras especies de menor tamaño, como escolítidos, y que son capaces de consumir estas larvas si las encuentran, añadiendo un aporte proteico muy importante, un ejemplo sería la especie *Acanthocinus aedilis*, (Linnaeus, 1758) (Figura 10).



**Figura 7:** *Allonix quadrimaculatus*



**Figura 8:** *Orthotomicus erosus*



**Figura 9:** *Magdalis duplicata*



**Figura 10:** *Acanthocinus aedilis*

Uno de los grupos principales de esta comunidad son los escolítidos. Estos coleópteros de hábitos floemófagos son uno de los pocos grupos en los que el adulto crea galerías en el interior del hospedante (Figura 11) con el propósito de depositar sus huevos directamente sobre el sustrato alimenticio, el floema y cambium subcortical en plantas leñosas que posteriormente consumirán las larvas. Estas larvas consumen esos tejidos vegetales y facilitan la entrada de hongos que ayudan a descomponer la madera y en algunos casos provocan o aceleran la muerte el vegetal hospedador. Otros grupos muy importantes son el de los cerambícidos, y en menor medida, el de los bupréstidos (Gallego y Campo, 2010).



**Figura 11:** Galerías de escolítidos bajo la corteza de *P. sylvestris*.

## **2. Antecedentes y objetivos.**

### **2.1. Antecedentes.**

El estudio de las comunidades de insectos forestales ha ido tomando importancia en la última década, debido a su importancia en los ciclos de materia y energía del ecosistema forestal. En agosto de 2008, unos investigadores canadienses realizaron un estudio sobre las comunidades de Coleópteros saproxílicos en bosques de coníferas y la relación que existe entre el estado del árbol y la biodiversidad de invertebrados. Los coleópteros se recolectaron utilizando diferentes tipos de trampas: trampas de caída, trampas de embudo y manga entomológica. Los resultados mostraron que las formaciones forestales más jóvenes mostraban una menor riqueza de especies. Estos autores concluyeron que, de algún modo, a mayor madurez del sistema forestal, mayor número de especies de coleópteros se pueden encontrar en la comunidad (Dollin, 2008).

En esta línea y para estudiar la relación entre la complejidad de la comunidad de insectos forestales en diferentes tipos de pinar mediterráneo se implantó la Red de Estaciones de Seguimiento Forestal Permanente (ESFP) de la Región de Murcia en 2008. Cada ESFP se componía de 20 árboles. Contaba con una trampa tipo 'cross-vane' cebada con un dispensador de alfa-pineno y un dispensador de etanol con feromonas de escolítidos ipsenol, ipsdienol y z-verbenol. Con este dispositivo se conseguía imitar un árbol en diferentes estados de debilitamiento. A partir de los valores de abundancia de cada una de las especies de la comunidad de insectos saproxilófagos capturada en cada periodo de muestreo, se determinaron y cuantificaron las interacciones entre las especies concluyéndose que las formaciones forestales más maduras albergaban comunidades de saproxílicos más complejas (Gallego y Campo, 2010).

En 2016, en los pinares de Mallorca (Islas Baleares), se realizó un inventario de coleópteros saproxílicos presentes en zonas en las que se ha producido un episodio catastrófico, como un incendio. Se ha podido conocer la composición de las comunidades de insectos saproxílicos presentes en estos ecosistemas concluyendo que las zonas en las que se ha producido una catástrofe ambiental son las zonas con una elevada riqueza de especies de coleópteros saproxílicos (Núñez, 2016).

En base a estos resultados, el presente Trabajo Fin de Grado se planteó a partir de la preguntas: ¿cuál es la composición de especies de la comunidad de

saproxílicos del bosque de *Pinus sylvestris*? y ¿variarán las comunidades de saproxílicos en función del rango de distribución de los bosques de *P. sylvestris*?

## **2.2. Objetivos.**

1. Descripción de la comunidad de insectos forestales presentes en los bosques de *P. sylvestris* de la Península Ibérica, tomando como modelo un bosque del sistema central y un bosque de las cordilleras béticas.
2. Estimar las diferencias en la composición faunística de estas comunidades en función de su ubicación en el óptimo ecológico o en el límite sur de distribución de la especie hospedadora, *P. sylvestris*.



### 3. Materiales y métodos.

Se instalaron 6 trampas Crosstrap® mini (Figura 12) cebadas con el atrayente multiespecies Crosstrap® Detección Kit, en el paraje de la Umbría del Calar de Santa Bárbara, en Sierra de Baza (Granada), y otras 6 trampas iguales en el Monte de Valsaín (Segovia). Las trampas se localizaron siguiendo un gradiente altitudinal (Tabla 1) desde el ecotono entre los pinares de *P. nigra* y *P. sylvestris* en las altitudes más bajas hasta la máxima altitud del bosque

**Tabla 1:** Tabla de coordenadas y altitudes de los puntos de muestreo.

| Lugar   | Punto | Altitud | Coordenadas (30T, UTM) |
|---------|-------|---------|------------------------|
| Baza    | B1    | 1920    | 513447; 4137725        |
| Baza    | B2    | 2021    | 512108; 4137167        |
| Baza    | B3    | 2060    | 513372; 4136472        |
| Valsaín | V1    | 1450    | 411465; 4524705        |
| Valsaín | V2    | 1640    | 411198; 4518607        |
| Valsaín | V3    | 1790    | 410462; 4516413        |

Las trampas se instalaron a lo largo del camino forestal, a unos 20 o 50 m del mismo, ocultas a la vista y colgadas con cuerda en las ramas o entre dos árboles. Cada trampa constaba de dos placas negras flexibles recubiertas de deslizante, posicionadas perpendicularmente entre ellas a modo de "X" (Figura 12), y un embudo situado en la parte inferior se encarga de recoger los insectos que intentan posarse en las placas negras y los introduce en el tarro de capturas, que se encontraba relleno con 20 ml de propilenglicol diluido al 25% para conservación de las capturas. Cada una de estas trampas estaba suplementada con unos atrayentes que simulaban el olor que desprende un árbol decaído, moribundo o recientemente muerto (Figura 13). Se distinguieron dos tipos de atrayentes: el atrayente 1, de tres componentes, que contaba con un emisor de alfa-pineno, un emisor de etanol y con un cebo compuesto de feromonas (Ipsenol, ipsdienol y z-verbenol) en relación 1:1:1, y el atrayente 2, de dos componentes, compuesto por un emisor de alfa-pineno y un emisor de etanol.



**Figura 12:** Trampa Crosstrap®



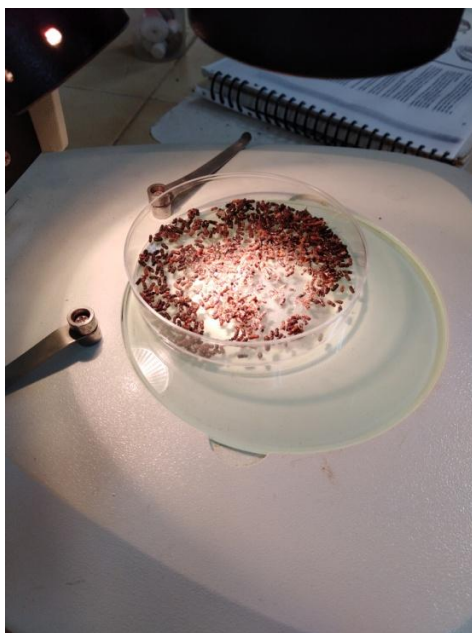
**Figura 13:** Atrayentes.

Las trampas se revisaron quincenalmente en Baza desde mayo hasta finales de diciembre de 2018, mientras que en Valsaín se hicieron dos recogidas entre finales de mayo y principios de octubre, cuando la primera nevada impidió el acceso a las trampas. Para la revisión fue necesario el acceso a la trampa de 1 o 2 personas, para el reemplazamiento del tarro de capturas (Figura 14), y en su caso renovar el atrayente.



**Figura 14:** Tarro de capturas tras 15 días de captura y los efectos de una tormenta.

Una vez recogido, el material fue trasladado al laboratorio y fue sometido a un cuidadoso lavado. Seguidamente, se separaron los diferentes ejemplares y se realizó la identificación y el recuento de los insectos capturados (Figuras 15 y 16). La identificación de los insectos se realizó mediante claves dicotómicas (Gil y Pajares, 1986) y comparación con ejemplares montados de colección identificados por especialistas.



**Figura 15:** Preparación de las muestras.      **Figura 16:** Muestras etiquetadas.

Seguidamente los datos obtenidos se recopilaron en una hoja de cálculo generando una tabla que incluía datos de especies capturadas, número de ejemplares, trampa en la que se capturaron y fecha de captura.

Finalmente, los datos fueron tratados con el programa estadístico “R” (R Core Team, 2017) con el que se calcularon ANOVAs para encontrar diferencias entre número de especies capturadas con los diferentes atrayentes utilizados (2 y 3 componentes). Se ha estudiado también la variación del número de especies, familias y grupos funcionales entre los puntos de las distintas zonas de muestreo. Además también se utilizó la librería Vegan (Oksanen et al., 2017) del programa R para realizar el cálculo del índice de diversidad de Shannon-Wiener, para estimar el valor de diversidad alfa usando las capturas totales de cada trampa. Por otro lado, para averiguar si se detecta cambio en la composición de especies de la comunidad entre puntos de muestreo y entre sitios se ha estimado la diversidad beta, mediante el cálculo del índice de similitud de Bray-Curtis, usando la librería betapart en R (Baselga et al., 2017).

## 4. Resultados.

### 4.1. Resultados de capturas.

El recuento total de insectos capturados ascendió a 2921 individuos de 33 especies, repartidos en 1593 ejemplares de 25 especies en la Sierra de Baza y 1328 ejemplares de 21 especies en el monte de Valsaín (Tabla 2).

La especie más abundante en la Sierra de Baza es el escolítido *O. erosus* con 517 individuos seguidos del monotómido depredador *Rhizophagus depressus* con un total de 367 ejemplares. En el caso del monte de Valsaín, la especie capturada en mayor número es el escolítido *Ips sexdentatus* con un total de 821 ejemplares, seguido del cerambícido *Spondylis buprestoides* con un total de 94 ejemplares (Tabla 2).

**Tabla 2:** Número de individuos de cada especie en cada una de las zonas de muestreo.

| Especies  | Baza | Valsaín |
|---|------|---------|
| <i>Orthotomicus erosus</i> (Wollaston, 1857)        | 508  | 5       |
| <i>Carphoborus minimus</i> (Fabricius, 1798)        | 28   | 2       |
| <i>Hylastes ater</i> (Paykull, 1800)                | 4    | 0       |
| <i>Hylastes attenuatus</i> (Erichson, 1836)         | 0    | 0       |
| <i>Hylurgus ligniperda</i> (Fabricius, 1787)        | 7    | 0       |
| <i>Hylurgus micklitzi</i> (Watchl, 1881)            | 1    | 0       |
| <i>Hylurgops palliatus</i> (Gyllenhal, 1813)        | 1    | 0       |
| <i>Ips acuminatus</i> (Gyllenhal, 1827)             | 0    | 30      |
| <i>Ips sexdentatus</i> (Börner, 1776)               | 0    | 821     |
| <i>Pityogenes bidentatus</i> (Herbst, 1784)         | 0    | 56      |
| <i>Tomicus minor</i> (Hartig, 1834)                 | 4    | 0       |
| <i>Temnoschila caerulea</i> (Oliver, 1790)          | 22   | 2       |
| <i>Aulonium ruficome</i> (Oliver, 1790)             | 113  | 2       |
| <i>Allonix quadrimaculatus</i> (Schaller, 1783)     | 44   | 7       |
| <i>Thanasimus femoralis</i> (Zetterstedt, 1828)     | 99   | 88      |
| <i>Thanasimus formicarius</i> (Linnaeus, 1758)      | 14   | 49      |
| <i>Rhizophagus depressus</i> (Fabricius, 1792)      | 359  | 86      |
| <i>Pityophagus ferrugineus</i> (Linnaeus, 1758)     | 0    | 1       |
| <i>Syntomus fuscomaculatus</i> (Motschulsky, 1844)  | 0    | 1       |
| <i>Acanthocinus aedilis</i> (Linnaeus, 1758)        | 20   | 2       |
| <i>Acanthocinus griseus</i> (Fabricius, 1792)       | 71   | 20      |
| <i>Arhopalus rusticus</i> (Linnaeus, 1758)          | 11   | 20      |
| <i>Monochamus galloprovincialis</i> (Olivier, 1795) | 41   | 13      |

|   |    |    |
|---|----|----|
| <i>Oxypleurus nodieri</i> (Mulsant, 1839)         | 8  | 0  |
| <i>Rhagium inquisitor</i> (Linnaeus, 1758)        | 13 | 1  |
| <i>Spondylis buprestoides</i> (Linnaeus, 1758)    | 4  | 94 |
| <i>Xylotrechus arvicola</i> (Olivier, 1795)       | 2  | 0  |
| <i>Stenagostus laufferi</i> (Reitter, 1904)       | 0  | 3  |
| <i>Magdalis duplicata</i> (Germar, 1819)          | 0  | 24 |
| <i>Magdalis rufa</i> (Germar, 1824)               | 6  | 0  |
| <i>Pachyrhinus squamosus</i> (Kiesenwetter, 1851) | 2  | 0  |
| <i>Phaenops cyaneus</i> (Fabricius, 1775)         | 1  | 0  |
| <i>Protaetia oblonga</i> (Gory & Percheron, 1833) | 9  | 0  |

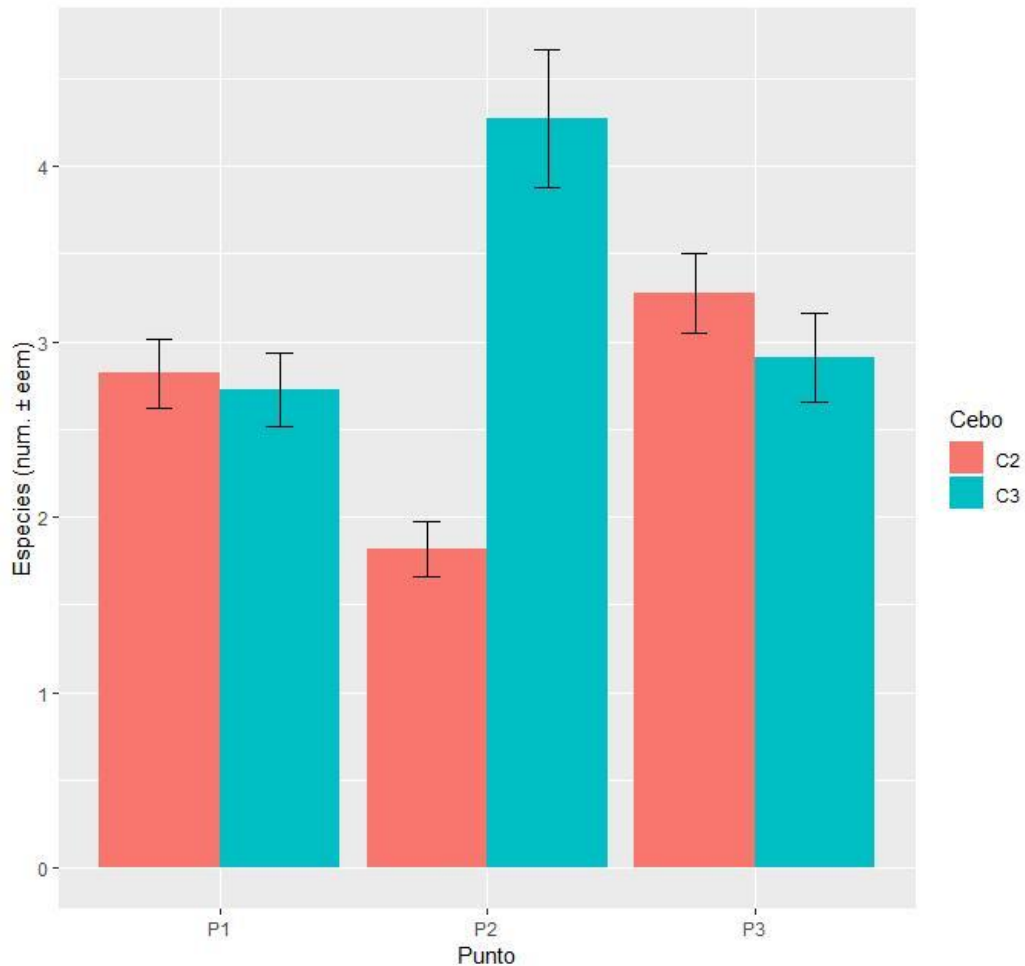
En la Tabla 3, se expone el número de especies capturadas en cada una de las zonas de Baza dependiendo del atrayente empleado (3 componentes o 2 componentes) en cada una de las repeticiones temporales.

**Tabla 3:** Número de especies presentes en cada punto de muestreo en Sierra de Baza. El primer dígito indica el lugar de muestreo y el segundo dígito al número de atrayentes, de modo que 3 corresponde a un atrayente con tres componentes y el número 2 corresponde a un atrayente con dos componentes.

| Fecha             | B1-3            | B1-2             | B2-3              | B2-2              | B3-3              | B3-2              |
|-------------------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 22/05/18          | 3               | 1                | 3                 | 0                 | 1                 | 2                 |
| 06/06/18          | 1               | 1                | 3                 | 2                 | 1                 | 1                 |
| 22/06/18          | 2               | 4                | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| 13/07/18          | 3               | 0                | 12                | 2                 | 7                 | 7                 |
| 22/07/18          | 0               | 0                | 9                 | 4                 | 5                 | 4                 |
| 27/07/18          | 7               | 3                | 6                 | 3                 | 7                 | 5                 |
| 10/08/18          | 0               | 6                | 0                 | 0                 | 5                 | 7                 |
| 27/08/18          | 4               | 5                | 10                | 5                 | 0                 | 4                 |
| 07/09/18          | 3               | 5                | 3                 | 0                 | 4                 | 4                 |
| 22/09/18          | 1               | 2                | 0                 | 2                 | 0                 | 0                 |
| 13/11/18          | 6               | 4                | 1                 | 2                 | 2                 | 2                 |
| <b>Media ± ee</b> | <b>2,7±0,42</b> | <b>2,8± 0,38</b> | <b>4,3 ± 0,63</b> | <b>1,8 ± 0,38</b> | <b>2,9 ± 0,49</b> | <b>3,3 ± 0,42</b> |

Se puede observar en los resultados obtenidos en la Figura 17 que en la zona de muestreo 2, empleando el cebo 3, se han capturado un mayor número de especies, en cambio, en los puntos de muestreo 1 y 2 utilizando el atrayente 2 hay un mayor número de especies distintas. Sin embargo, el ANOVA de doble vía (Punto y Cebo) indica que no se encuentran diferencias estadísticamente

significativas entre las capturas (Punto:  $gl = 2$ ,  $F=0,08$ ,  $P \text{ valor}= 0,919$ ; Cebo:  $gl= 1$ ,  $F= 0,9447$ ,  $P \text{ valor}= 0,3349$ ).



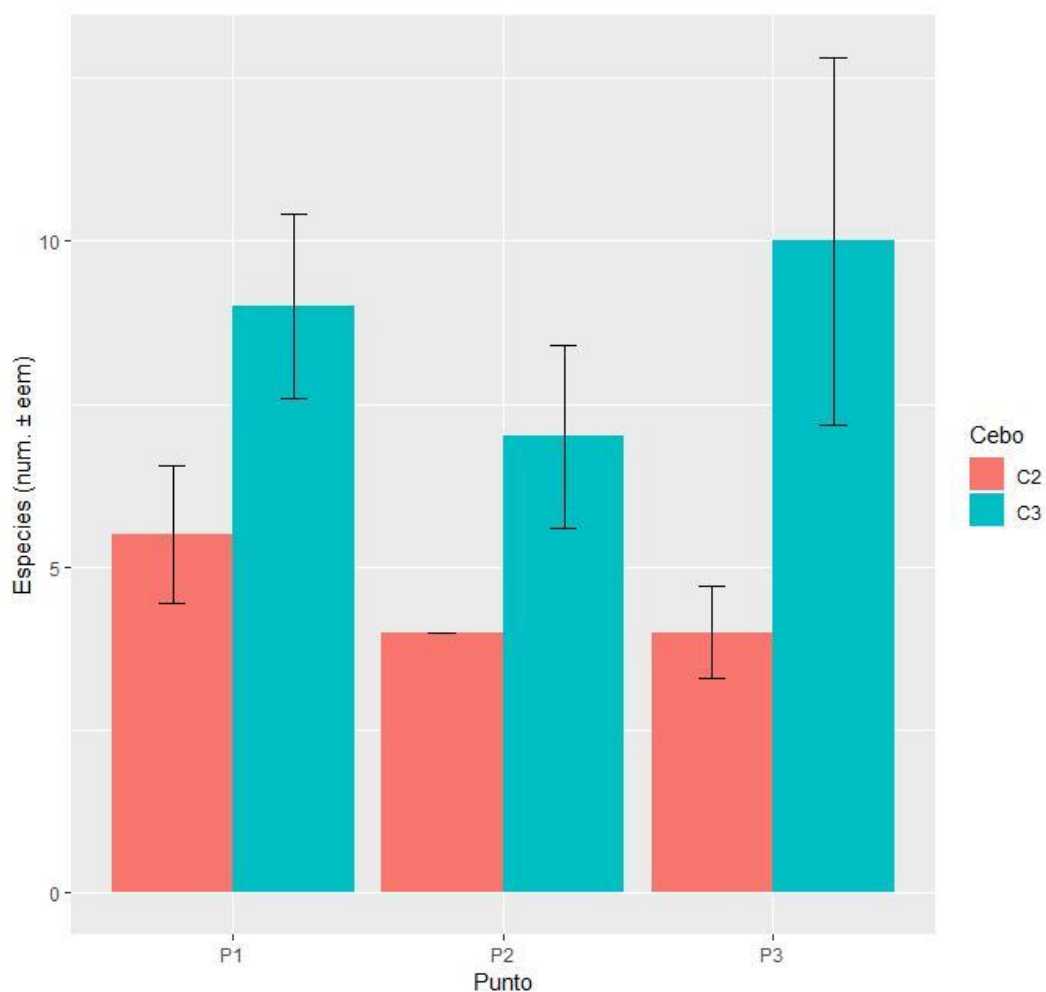
**Figura 17:** Número de especies presentes en cada punto de muestreo de la Sierra de Baza dependiendo del tipo de cebo empleado.

Por otro lado, en la Tabla 4, se muestran los datos obtenidos en las trampas del monte de Valsaín, en cada una de las zonas dependiendo del atrayente empleado (3 componentes o 2 componentes).

**Tabla 4:** Número de especies presentes en cada punto de muestreo en Sierra Valsaín. El primer dígito indica el lugar de muestreo y el segundo dígito al número de atrayentes, de modo que 3 corresponde a un atrayente con tres componentes y el número 2 corresponde a un atrayente con dos componentes.

|                  | <b>V1-3</b>   | <b>V1-2</b>     | <b>V2-3</b>   | <b>V2-2</b>   | <b>V3-3</b>    | <b>V3-2</b>   |
|------------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| <b>22/08/18</b>  | 11            | 7               | 9             | 4             | 14             | 5             |
| <b>06/10/18</b>  | 7             | 4               | 5             | 4             | 6              | 3             |
| <b>Media ±ee</b> | <b>9±1,31</b> | <b>5,5±1,06</b> | <b>7±1,21</b> | <b>4±0,82</b> | <b>10±1,57</b> | <b>4±0,89</b> |

En este caso, observando los resultados obtenidos en la Figura 18, en los tres puntos de muestreo coincide que empleando el cebo 3 hay un mayor número de especies capturadas. Tras los resultados obtenidos mediante el ANOVA de doble vía (Punto y Cebo) se indica que no se encuentran diferencias estadísticamente significativas (Punto: gl = 2, F=0,48, P valor= 0,64; Cebo: gl= 1, F= 6,98, P valor= 0,02).



**Figura 18:** Número de especies presentes en cada punto de muestreo del Monte de Valsaín dependiendo del tipo de cebo empleado.

#### 4.2. Descripción de las comunidades.

En la Tabla 5 podemos ver las especies capturadas ordenadas por familias, el número de individuos capturados de cada especie y sus grupos tróficos funcionales larvario y adulto. Debido a su relevante papel en la comunidad, se considera la subfamilia Scolitinae con la misma categoría que el resto de familias. Como se puede observar, las especies forman una comunidad forestal compleja en la que están presentes especies agrupadas en floemófagas, depredadoras, depredadoras facultativas, defoliadoras y saproxilófagas.

**Tabla 5:** Especies ordenadas por familia capturadas en las zonas de muestreo.

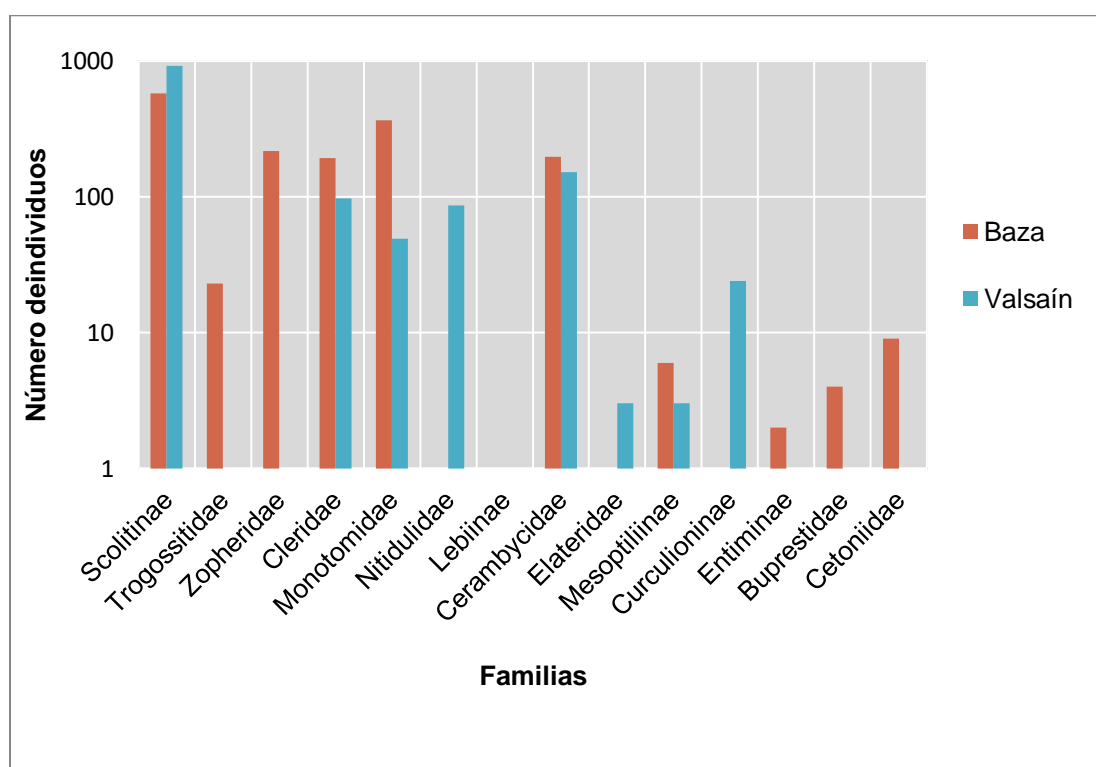
| Familia    | Especies                   | Grupo larvario | trófico | Grupo trófico adulto |
|------------|----------------------------|----------------|---------|----------------------|
| Scolitinae | <i>Orthotomicus erosus</i> | Floemófago     |         | Floemófago           |
|            | <i>Carphoborus minimus</i> | Floemófago     |         | Floemófago           |



|                      |                                     |                        |               |
|----------------------|-------------------------------------|------------------------|---------------|
|                      | <i>Hylastes angustatus</i>          | Floemófago             | Floemófago    |
|                      | <i>Hylastes ater</i>                | Floemófago             | Floemófago    |
|                      | <i>Hylastes attenuatus</i>          | Floemófago             | Floemófago    |
|                      | <i>Hylurgus ligniperda</i>          | Floemófago             | Floemófago    |
|                      | <i>Hylurgus micklitzii</i>          | Floemófago             | Floemófago    |
|                      | <i>Hylurgops palliatus</i>          | Floemófago             | Floemófago    |
|                      | <i>Ips sexdentatus</i>              | Floemófago             | Floemófago    |
|                      | <i>Ips acuminatus</i>               | Floemófago             | Floemófago    |
|                      | <i>Pityogenes bidentatus</i>        | Floemófago             | Floemófago    |
|                      | <i>Pityophthorus glabratus</i>      | Floemófago             | Floemófago    |
|                      | <i>Pityophthorus lichtensteini</i>  | Floemófago             | Floemófago    |
|                      | <i>Tomicus minor</i>                | Floemófago             | Medulófago    |
| <b>Trogossitidae</b> | <i>Temochila caerulea</i>           | Depredador             | Depredador    |
| <b>Zopheridae</b>    | <i>Aulorium ruficome</i>            | Depredador             | Depredador    |
| <b>Cleridae</b>      | <i>Allonix quadrimaculatus</i>      | Depredador             | Depredador    |
|                      | <i>Thanasimus femoralis</i>         | Depredador             | Depredador    |
|                      | <i>Thanasimus formicarius</i>       | Depredador             | Depredador    |
| <b>Monotomidae</b>   | <i>Rhizophagus depressus</i>        | Depredador             | Depredador    |
| <b>Nitidulidae</b>   | <i>Pityophagus ferrugineus</i>      | Depredador             | Depredador    |
| <b>Lebiinae</b>      | <i>Syntomus fuscomaculatus</i>      | Depredador             | Depredador    |
| <b>Cerambycidae</b>  | <i>Acanthocinus aedilis</i>         | Depredador facultativo | Ramoneador    |
|                      | <i>Acanthocinus griseus</i>         | Depredador facultativo | Ramoneador    |
|                      | <i>Arhopalus rusticus</i>           | Depredador facultativo | Ramoneador    |
|                      | <i>Monochamus galloprovincialis</i> | Depredador facultativo | Ramoneador    |
|                      | <i>Oxypleurus nodieri</i>           | Depredador facultativo | Ramoneador    |
|                      | <i>Rhagium inquisitor</i>           | Depredador facultativo | Ramoneador    |
|                      | <i>Spondylis buprestoides</i>       | Depredador facultativo | Ramoneador    |
|                      | <i>Xylotrechus arvicola</i>         | Depredador facultativo | Ramoneador    |
| <b>Elateridae</b>    | <i>Stenagostus laufferi</i>         | Depredador             | Defoliador    |
| <b>Mesoptiliinae</b> | <i>Magdalis duplicata</i>           | Saproxilófago          | Defoliador    |
|                      | <i>Magdalis phlegmatica</i>         | Saproxilófago          | Defoliador    |
|                      | <i>Magdalis rufa</i>                | Saproxilófago          | Defoliador    |
| <b>Curculioninae</b> | <i>Brachonyx pineti</i>             | Saproxilófago          | Defoliador    |
| <b>Entiminae</b>     | <i>Brachyderes incanus</i>          | Saproxilófago          | Defoliador    |
|                      | <i>Pachyrhinus squamosus</i>        | Saproxilófago          | Defoliador    |
| <b>Buprestidae</b>   | <i>Phaenops cyaneus</i>             | Saproxilófago          | Defoliador    |
| <b>Cetoniidae</b>    | <i>Protaetia oblonga</i>            | Saproxilófago          | Saproxilófago |

#### 4.3. Número de individuos en cada familia dependiendo de la zona de muestro.

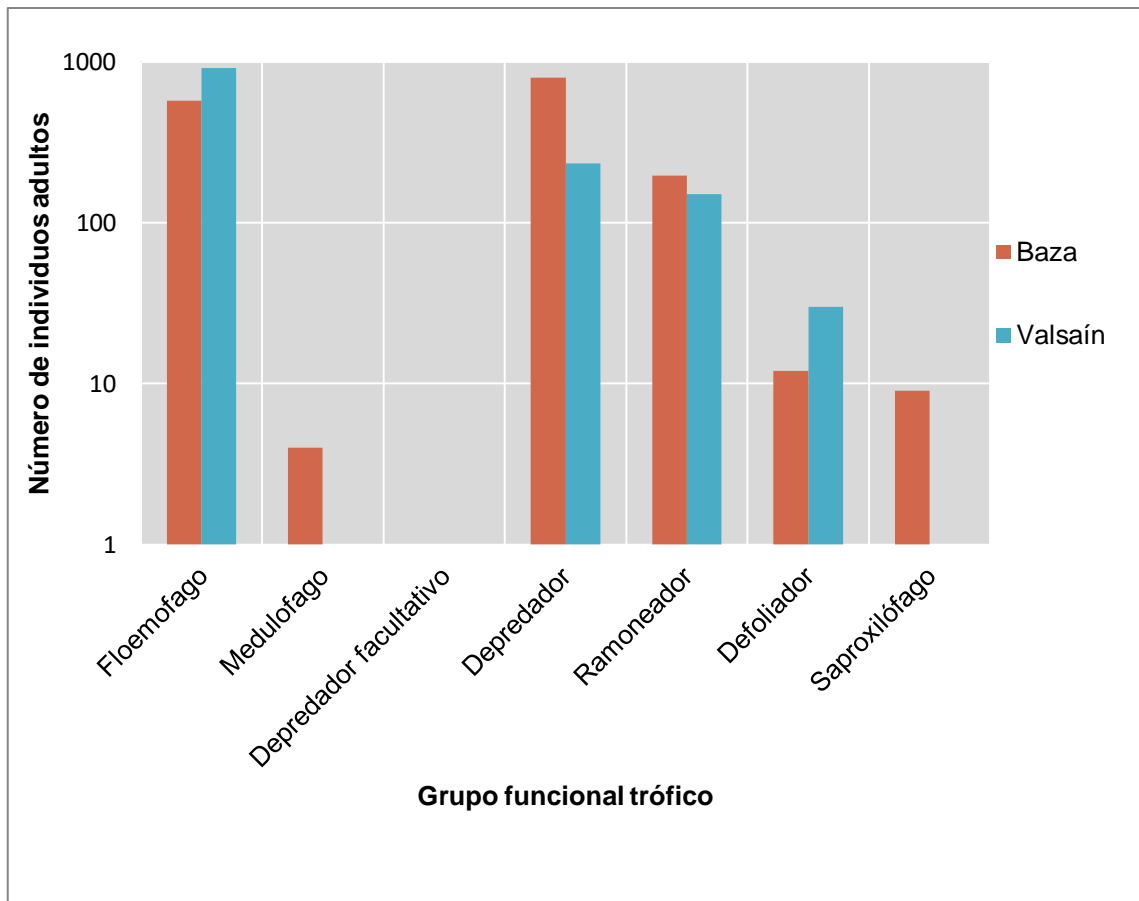
En la Figura 19 se puede observar el número de individuos de cada familia presentes en cada una de las zonas de muestro. Podemos observar como el grupo con un mayor número de individuos en la Sierra de Baza es la subfamilia Scolitinae seguida de la familia Monotomidae. Por otro lado, en el caso del Monte de Valsaín, la familia con un mayor número de individuos se corresponde también la subfamilia Scolitinae seguida de la familia Cerambycidae.



**Figura 19:** Número de individuos de cada familia en cada uno de los sitios de muestro, la escala del eje Y es logarítmica para facilitar la presentación.

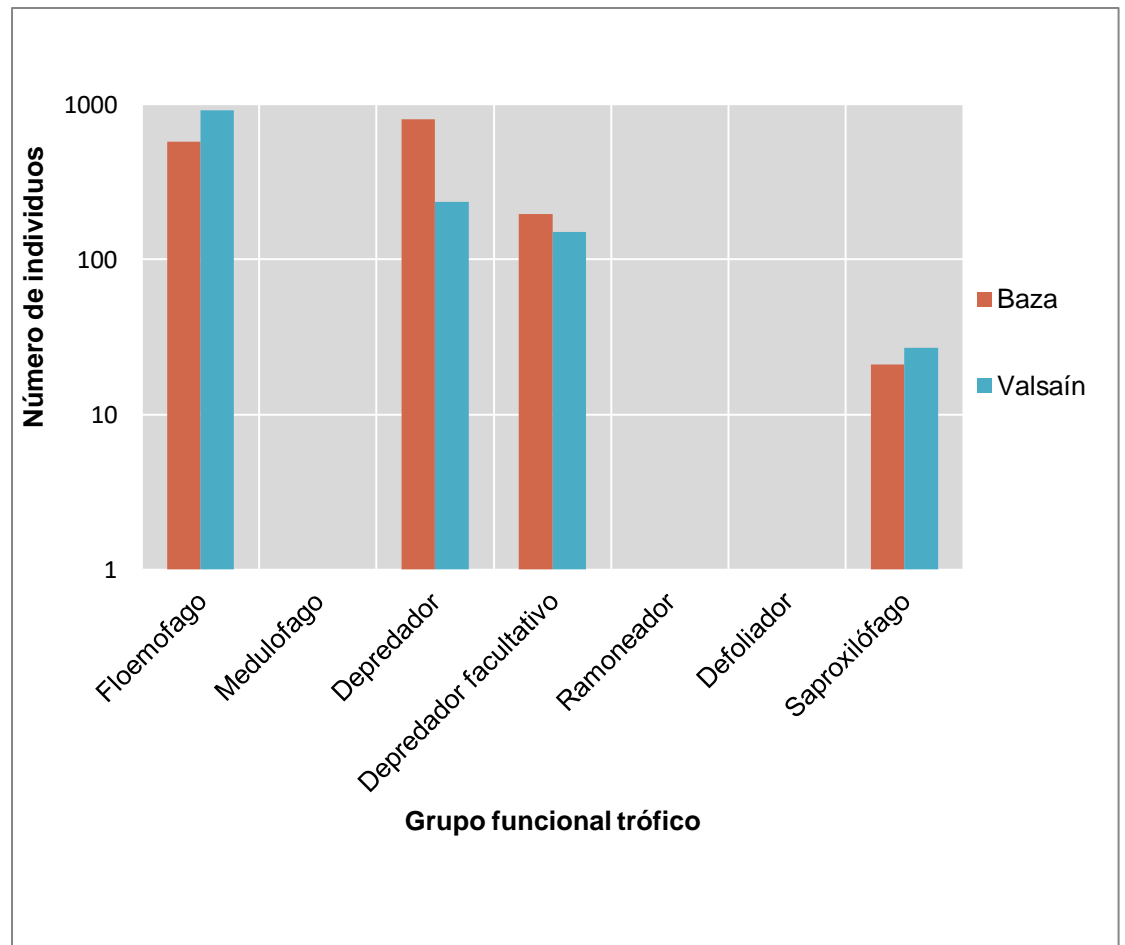
#### 4.4. Grupos tróficos de individuos en las distintas zonas de muestro.

En la Figura 20 podemos ver el número de individuos adultos que componen cada uno de los niveles tróficos en cada uno de los puntos de muestro, podemos observar como el nivel trófico más abundante es el de los floemófagos en el caso del Monte de Valsaín, mientras que en el caso de la Sierra de Baza son las especies depredadoras las más abundantes aunque con muy poca diferencia sobre los floemófagos.



**Figura 20:** Número de individuos adultos en cada grupo funcional dependiendo de la zona de muestreo. La escala del eje Y es logarítmica para facilitar la presentación.

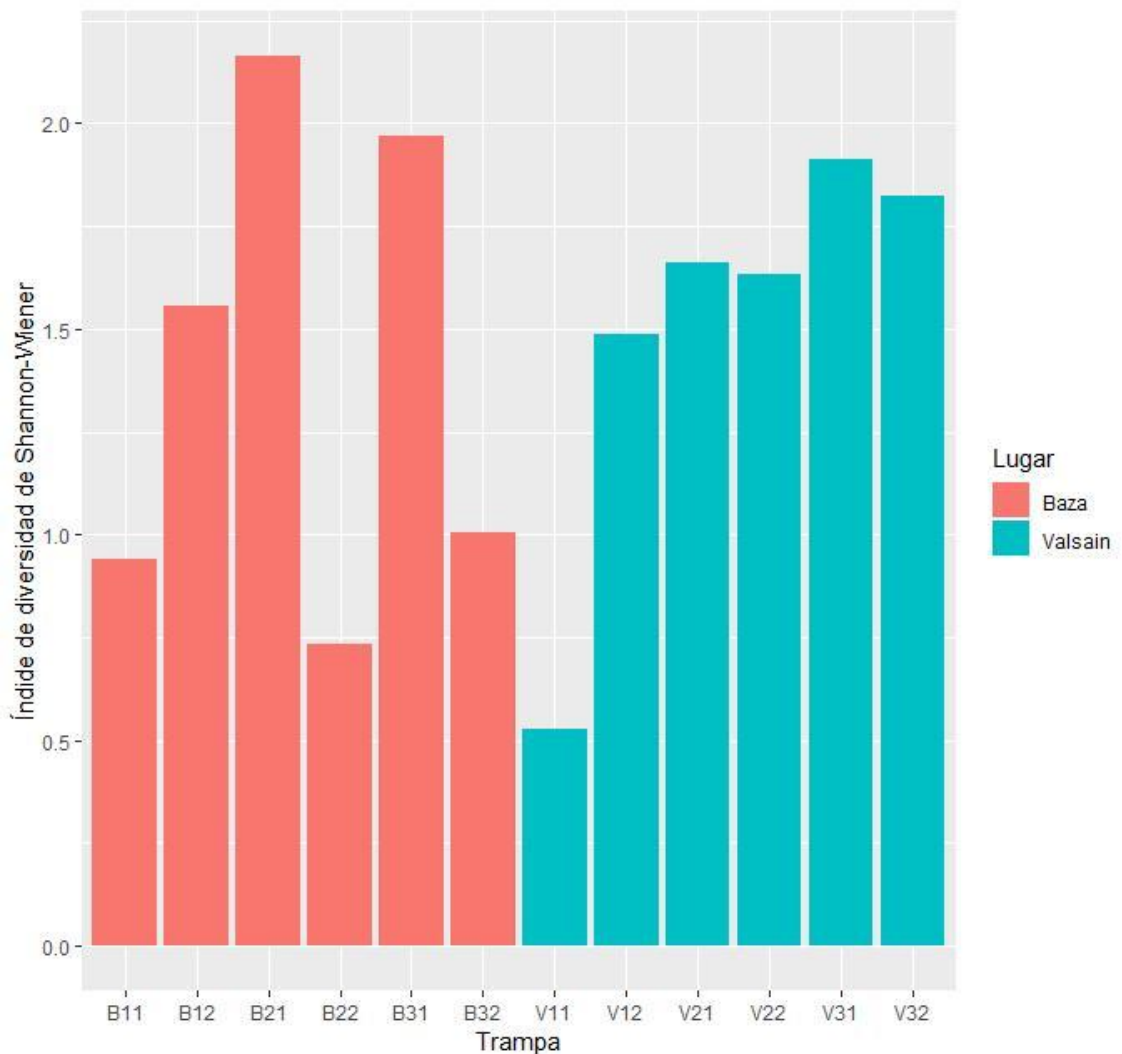
En el caso de los grupos funcionales de las fases larvarias (Figura 21) se puede ver que, al igual que en los adultos, en el Monte de Valsain predominan las especies floemófagas mientras que en la Sierra de Baza los más abundantes son los depredadores. A diferencia de los individuos adultos, en los grupos tróficos larvarios podemos ver una alta presencia de depredadores facultativos y de especies saproxilófagas.



**Figura 21:** Grupo funcional larvario de los individuos capturados dependiendo de la zona de muestreo. La escala del eje Y es logarítmica para facilitar la presentación.

#### 4.5. Diversidad alfa.

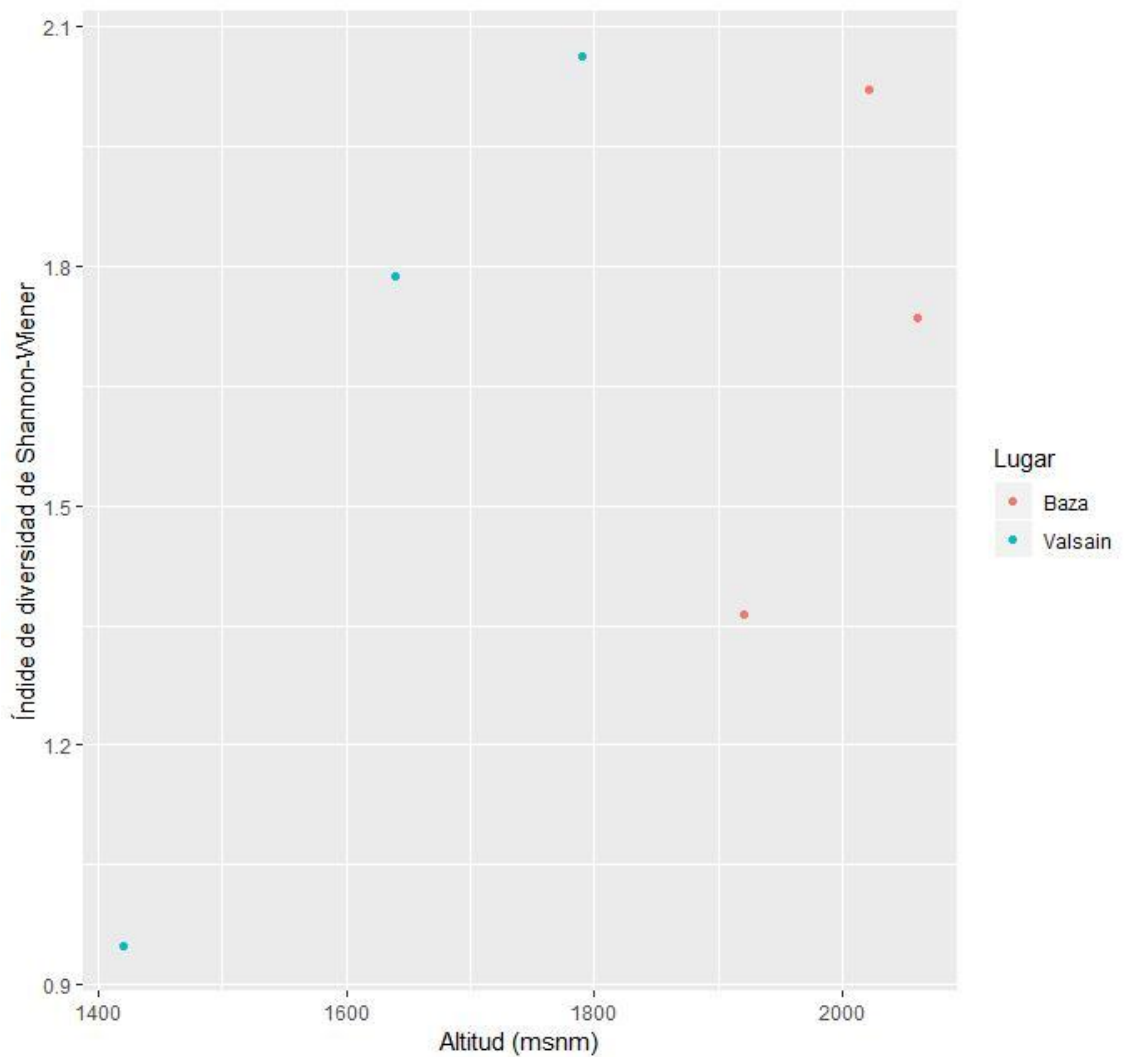
Seguidamente, para conocer la diversidad específica, o diversidad alfa, de cada una de las zonas de muestreo y para poder compararlas entre sí, se realizó un cálculo del índice de diversidad de Shannon-Wiener por trampa en dichas zonas (Figura 22).



**Figura 22:** Índice de diversidad de Shannon-Wiener por trampa en cada una de las zonas de muestreo.

Se puede observar como en el caso de Baza, es en los puntos de muestreo B2-1 y B3-1 en los que hay una mayor diversidad, mientras que en el caso de Valsaín la diversidad es mayor en la trampa V3-1 y V3-2.

Por otro lado, se realizó también se estudió la variación del índice de diversidad de Shannon en relación a la altitud en cada uno de las zonas de muestreo (Figura 23), sumando las capturas de las dos trampas que componen cada punto. De esta figura podemos observar como a medida que aumenta la altitud en ambas zonas de muestreo, aumenta a su vez la diversidad de especies. Cabe destacar el punto de menor altitud del M. de Valsaín que presenta una muy baja diversidad de especies.



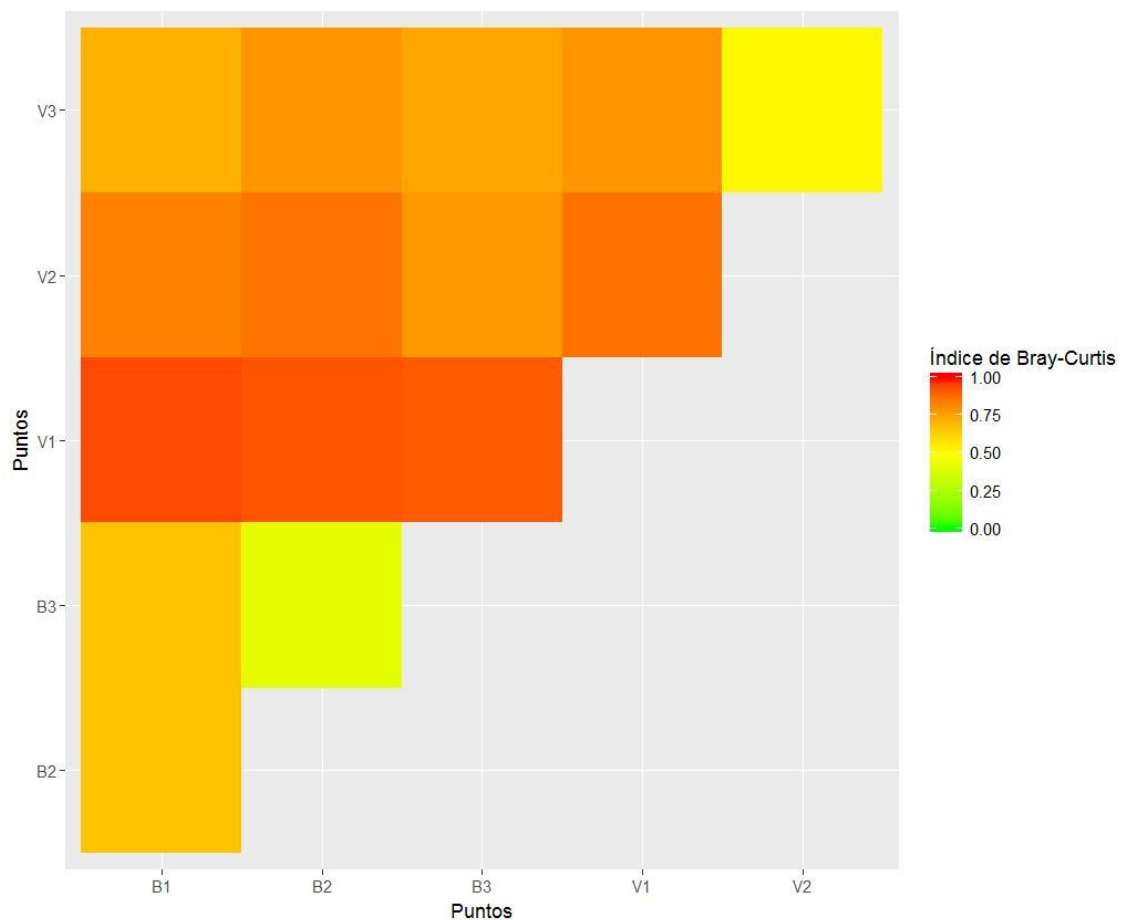
**Figura 23:** Índice de diversidad de Shannon-Wiener en relación a la altitud en cada una de las zonas de muestreo.

#### 4.6. Diversidad beta.

Para conocer el grado en el que las dos comunidades son semejantes entre los puntos de muestreo, se ha estimado la diversidad beta mediante el estudio del Índice de similitud de Bray-Curtis. Para ello se relaciona el número de especies en común entre dos lugares, con la media aritmética de las especies en ambos lugares. En este caso también se han sumado las capturas de ambas trampas en cada punto.

El intervalo de valores para este índice va de 1 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 0 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies.

En la Figura 24 podemos apreciar una gráfica de cuadros de color que indica el valor del índice de Bray-Curtis entre pares (B1-B2, B2-B3...). Se puede observar como ambas comunidades son muy distintas entre sí con valores por encima de 0,75 para cualquiera de los pares Baza-Valsaín. El par de puntos de muestreo en el que encontramos un mayor índice es el punto 1 del Valsaín (V1) y el punto 1 de la Baza (B1), es decir, los puntos de menor altitud son los que menos se parecen en composición de especies. Por otro lado, el par de puntos más similares entre sí son el punto B3 con el punto B2 de Baza y el punto V3 con el punto V2 de Valsaín. Cabe destacar que el índice entre pares más bajo está en torno a 0,5.



**Figura 24:** Índice de similitud de Bray-Curtis entre los puntos de muestreo de ambas comunidades. Varía entre 0 cuando son totalmente iguales las especies y 1 cuando son totalmente diferentes las especies.

## 5. Discusión.

Tras examinar los resultados obtenidos, se observan evidencias de diferencias entre ambas zonas de muestreo. Es muy evidente que, en la Sierra de Baza la especie más abundante es *O. erosus*, con un total de 508 individuos, mientras que en el caso del Monte de Valsaín lo es la especie *I. sexdentatus*, con un total de 821 individuos. Esto puede deberse a las diferencias climáticas de ambas zonas ya que el clima del Monte de Valsaín es un clima más húmedo que en la Sierra de Baza. También podría tener un papel la variación de altitud, ya que la Sierra de Baza cuenta con una mayor altitud que el Monte de Valsaín y es posible que esto dé una ventaja a la especie *O. erosus* en la competencia con otras especies floemófagas como sería el caso de *I. sexdentatus*. En términos biogeográficos, ambas especies son paleárticas y de amplia distribución en la península Ibérica (Gil y Pajares, 1986), por lo que, en principio, estas diferencias no deben estar muy relacionadas con su biogeografía. De cualquier modo, ese trabajo realizado por Gil y Pajares puede que necesite ser revisado y actualizado, y es probable que sí pueda haber una relación con la biogeografía de estas especies a escala de la península.

En la Sierra de Baza el punto de muestreo que más especies ha capturado es el punto de muestreo 2 (2021 m de altitud) empleando el cebo 3, mientras que utilizando el cebo 2, el punto con un mayor número de capturas es el punto 3 (2060 m de altitud), aunque sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos. En el caso del Monte de Valsaín, el punto de muestreo 3 (1790 m) es el que ha obtenido un mayor número de capturas con el cebo 3, mientras que con el cebo 2 ha sido el punto 1 (1450 m), igualmente sin diferencias estadísticamente significativas. Se puede observar como en la Sierra de Baza se han capturado un mayor número de individuos a elevadas altitudes, mientras que en el Monte de Valsaín el mayor número de individuos han sido capturados en las altitudes más bajas, esto se puede deber a la que estas especies tienen menos preferencia por las formaciones de otros árboles como *Pinus nigra* y *Quercus ilex* de las zonas bajas de la Sierra de Baza. Por otro lado, los claros abiertos de matorral de las zonas bajas del Monte de Valsaín pueden facilitar el vuelo y la dispersión de estas especies, aumentando así su abundancia. Pero dicha hipótesis deberá ser estudiada en futuros experimentos específicamente diseñados.

Se aprecia una gran diferencia entre la composición de grupos funcionales tróficos de la Sierra de Baza y el Monte de Valsaín. Mientras que en la Sierra de Baza el grupo con un mayor número de individuos es el de los depredadores, ligeramente por encima del de los floemófagos, en el Monte de Valsaín es el de los floemófagos.



Esta diferencia puede deberse a la estructura de la comunidad: la Sierra de Baza, al ser el límite de distribución de la especie *P. sylvestris*, puede presentar una estructura más desequilibrada, en la que hay un mayor número de individuos de especies depredadoras que de individuos de especies presa. Por otro lado, el Monte de Valsaín sí que presentaría una estructura de comunidad más equilibrada, manifestándose en que el número de depredadores es inferior al de las presas.

En relación a la diversidad alfa, podemos ver como en la Sierra de Baza se necesita una mayor altitud para conseguir unos valores de diversidad similares a los del Monte de Valsaín, esto se puede deber a que cuanto mayor es la altitud, mejores son las condiciones climáticas de temperatura y humedad, permitiendo una mayor diversidad. Cabe destacar que en el punto de menor altitud del Monte de Valsaín, existe una muy baja diversidad de especies. Esto último se debe, posiblemente, a que sean individuos de la especie *P. sylvestris* plantados en una zona donde el *P. nigra* ya compite mejor, pero esta hipótesis debería ser contrastada en futuros estudios.

Tras el estudio de la diversidad beta, podemos ver como en las zonas de menor altitud de ambas comunidades (Valsaín1 y Baza1) las especies son muy distintas entre sí, esto indica que existen organismos característicos de cada zona de muestreo y puede ser un reflejo de las profundas diferencias ambientales entre las localidades. En las zonas de elevada altitud, la diversidad puede estar más relacionada con la humedad y la temperatura, mientras que en las zonas de menor altitud pueden estar afectadas por otros factores bióticos o abióticos que deberían ser estudiados en futuros proyectos. Se puede observar cómo, incluso dentro de una misma zona de muestreo, las comunidades son muy distintas entre puntos, como es el caso de Valsaín 2 y Valsaín 1 con un valor de entre 0.75 y 1, o Valsaín 3 y Valsaín 1, con un valor alrededor de 0.75, estos puede deberse a las variaciones climáticas entre las diferentes altitudes dentro de una misma zona de muestreo. En el caso de la Sierra de Baza, las diferencias entre comunidades entre los diferentes puntos no es tan alta como en el Monte de Valsaín, pero también existen variaciones, como es el caso de Baza 1 y Baza 2, con un valor de entre 0.5 y 0.75.

## 6. Conclusiones.

1. La comunidad de insectos forestales ligada a *P. sylvestris* en la Península Ibérica está compuesta por un total de 14 familias y 37 especies, con una alta complejidad de grupos funcionales tróficos.
2. Se detectan importante diferencias entre las comunidades de Baza y Valsaín, luego es muy posible que las comunidades del óptimo y del límite del sur de la distribución de *P. sylvestris* en la Península Ibérica sean diferentes entre sí.

## 7. Conclusions

1. The forest insect community linked to *P. sylvestris* in the Iberian Peninsula is composed of a total of 14 families and 37 species, with a high complexity of trophic functional groups.

2. Important differences are detected between the communities of Baza and Valsain, so it is very possible that the communities of the optimum and the southern limit of the distribution of *P. sylvestris* in the Iberian Peninsula are different from each other.

## 8. Bibliografía.

### 8.1. Recursos WEB.

<https://es.climate-data.org/europe/espana/andalucia/baza-56902/>

### 8.2. Recursos bibliográficos.

Baselga A, Orme D, Villeger S, De Bortoli J and Leprieur F, (2017). betapart: Partitioning Beta Diversity into Turnover and Nestedness Components. R package version 1.4-1. <https://CRAN.R-project.org/package=betapart>

Catalán G. (ed.) (1991). Regiones de Procedencia de *Pinus sylvestris* L., *Pinus nigra* Arn. subsp *salmannii* (Dunal) Franco. MAPA, Madrid, 5 pp.

Dollin PE, Majka CG and Duinker PN (2008) Saproxyllic beetle (Coleoptera) communities and forest management practices in coniferous stands in southwestern Nova Scotia, Canada. In: Majka CG, Klimaszewski J (Eds) Biodiversity, Biosystematics, and Ecology of Canadian Coleoptera. ZooKeys, 2: 291-336.

Donés, J y Catalán G. (ed.) (1991). Regiones de Procedencia de *Pinus sylvestris* L., *Pinus nigra* Arn. subsp *salmannii* (2013). Administración de bosques singulares: Valsaín. *Revista Ambienta*, 104: 3 pp.

García, FM, Tenorio, MC, y González, GM (1999). Los bosques de "*Pinus sylvestris*" L. del Sistema Central español: distribución, historia, composición florística y tipología. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, 20-271.

Junta De Andalucía (2007), Guía del Parque Natural Sierra de Baza y su entorno, Sevilla: Consejería de Turismo, Comercio y Deporte. 25-29.

Gallego D y Campo MT (2010) El bosque ante el cambio climático. *Murcia, Enclave Ambiental*, 25, 18-29.

Galón Pérez, G y Salas Martín, R (2012). Guía oficial del Parque Natural Sierra de Baza. Córdoba, Almuzara, 21 pp.

Gil Y Pajares (1986), Los escolítidos de las coníferas en la Península Ibérica. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), Madrid, 194 pp.

Grove, S (2002). Saproxylic insect ecology and the sustainable management of forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33: 1-23.

Harmon, ME; Franklin, JF; Sollins, P; Gregory, SV; Lattin, JD; Anderson, NH; Clime, SP; Aumen, NG; Sdell, JR; Cromack, K and CUMMINS, KW (1986). Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in Ecological Research*, 15: 133-302.

Jonsson, BG; Kruys, N and Ranius, T, 2005. Ecology of species living on dead wood: Lessons for dead-wood management. *Silva Fennica*, 39: 2089-309.

Lopez, F (2007). *Guía de los árboles y arbustos de la Península Ibérica y Baleares*. 3ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

Núñez, L (2016) *Inventario de coleópteros saproxílicos presentes en los pinares de Mallorca (Islas Baleares)* Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 43: 409-416

Olmedo, JA (2011): *Análisis Biogeográfico y Cartografía de la Vegetación de la Sierra de Baza (Provincia de Granada). El estado actual de las fitocenosis de una montaña mediterránea intensamente humanizada*. Tesis Doctoral (Dpto. de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad de Granada). Inédito.

Oria De Rueda, JA (2013). *Guía de árboles y arbustos de Castilla y León*. Ediciones Cálamo, Valladolid, 12 pp

Okland, B, (1996). A comparison of three methods of trapping saproxylic beetles. *European Journal of Entomology*, 93: 195-209.

Oksanen, J; Blanchet, FG; Friendly, M; Kindt, M; Legendre, P; Mcglinn, D; Minchin, PR; O'hara, RB; Simpson GL; Solymos P; Stevens, MHH; Szoecs, E; Wagner H (2017). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-5. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

R CORE TEAM (2017). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Sánchez-Salguero, R; Navarro-Cerrillo, RM; Camarero, JJ; Fernández-Cancio, A; Swetnam, TW; Zavala, MA (2012). Vulnerabilidad frente a la sequía de repoblaciones de dos especies de pinos en su límite meridional en Europa. *Ecosistemas*, 21(3):31-40.

Speight, M and Wainhouse, D (1989). *Ecology and Management of Forest Insects*. Clarendon Press, Broadbridge, Gloucestershire, U.K., 374 pp.

