



universidad
de león

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRARIA Y FORESTAL

TRABAJO DE FIN DE GRADO

-

GRADO DE INGENIERÍA AGRARIA

Estudio de la polinización y manejo de la biodiversidad de
una plantación de manzana de sidra en la localidad de
Asiego (Cabrales-Asturias)

Study of the pollination and management of biodiversit
y of a cider apple plantation in the town of Asiego
(Cabrales-Asturias)

Alumno

Rubén Torre Martínez

Tutor

Pedro Antonio Casquero Luelmo

Colaborador

Álvaro Rodríguez González

León, julio de 2022

ANEXO 9. HOJA DE CONFORMIDAD

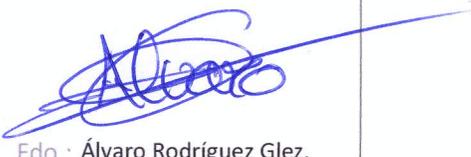
TRABAJOS DE CARÁCTER CIENTÍFICO O TÉCNICO

Título: Estudio de la polinización y manejo de la biodiversidad de una plantación de manzana de sidra en la localidad de Asiago (Cabrales-Asturias)

Autor: Rubén Torre Martínez

ELEMENTOS DE OBLIGADA APARICIÓN

- Resumen.** De 400 palabras como máximo.
- Introducción.** Debe incluir los motivos por los que se realiza el trabajo y los antecedentes o estudios previos sobre el mismo.
- Objetivos.** Se detallarán de forma clara y concisa los objetivos que se pretenden alcanzar.
- Material y Métodos / Metodología.** Descripción de las técnicas, los materiales empleados, y los métodos de análisis de datos, de forma que se garantice la repetibilidad de los mismos.
- Resultados / Análisis / Diagnóstico.** La información obtenida con el estudio se presentará de forma sistemática, preferentemente mediante tablas y figuras que deberán ser en todo caso autoexplicativas, y deberán aparecer debidamente numeradas y referenciadas en un índice propio.
- Discusión.** Los resultados propios del trabajo deberán ser discutidos relacionándolos, en su caso, con otros de estudios precedentes.
- Conclusiones.** Deberán ser claras, concisas, y coherentes con los objetivos propuestos. En el caso planes de ordenación de recursos forestales, propuestas concretas con objetivos, líneas y medidas.
- Planos / Mapas.** Serán obligatorios en trabajos topográficos, estudios de implantación de cultivos o transformaciones de explotaciones, y en general, cualquier trabajo técnico o científico asociado a áreas, parcelas, o territorios determinados.
- Bibliografía.** Listado de las fuentes de información utilizadas debidamente referenciadas y ordenadas.

<p>OBTENIDA LA CONFORMIDAD <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>DENEGADA LA CONFORMIDAD (No se autoriza la presentación) <input type="checkbox"/></p>	<p>El tutor/es:</p>  Fdo.: Pedro A. Casquero Luelmo
	 Fdo.: Álvaro Rodríguez Glez.

ÍNDICE

RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Origen e importancia del cultivo del manzano de sidra en Asturias.	5
1.2. Polinización del manzano.....	8
1.2.1. Importancia de la polinización entomófila.	8
1.2.2. Los insectos que polinizan el manzano y eficacia.	9
1.3. Plantaciones de manzanos en el Oriente asturiano.	11
1.3.1. Paisaje de la zona.	11
1.3.2. Fauna predominante.....	11
1.3.3. Vegetación predominante.	11
2. OBJETIVOS.....	13
3. MATERIAL Y MÉTODOS	14
3.1. Ubicación y características de la parcela.	14
3.2. Distribución de la parcela y manejo de la plantación.	15
3.2.1. Variedades de la plantación.....	16
3.3. Climatología de la parcela.....	18
3.3.1. Temperatura y Climatología.....	18
3.3.2. Días con cielo nublado y sol	18
3.3.3. Viento	19
3.4. Captura directa de insectos polinizadores.....	20
3.5. Observación directa de insectos polinizadores.....	21
3.6. Composición de la vegetación	23
3.7. Clasificación especies identificadas	24
3.7.1. Polinizadores.....	24
3.7.2. Vegetación.....	24
3.8. Índices de diversidad de Shannon-Wiener, riqueza y uniformidad.....	25
3.9. Análisis estadístico	26
4. RESULTADOS.....	27
4.1. Captura directa de insectos polinizadores en los transeptos	27
4.2. Observación directa de insectos polinizadores.....	29
4.2.1. En el intervalo “mañana”	29
4.2.2. En el intervalo “mediodía”	30
4.2.3. En el intervalo “tarde”	31

4.3.	Visitas de insectos polinizadores en función de la variedad.....	32
4.3.1.	Observación en la variedad “De la Riega”	32
4.3.2.	Observación en la variedad “Verdialona”	33
4.3.3.	Observación en la variedad “San Roqueña”	34
4.4.	Composición de la vegetación.	35
4.5.	Índices de diversidad de Shannon-Wiener, riqueza y uniformidad.....	38
4.5.1.	Insectos polinizadores.....	38
4.5.2.	Especies vegetales.....	38
5.	DISCUSIÓN.....	39
6.	CONCLUSIONES	43
7.	PLANOS.....	44
8.	AGRADECIMIENTOS.	49
9.	BIBLIOGRAFIA.....	50

RESUMEN

La polinización entomófila del manzano es de gran importancia para la producción de manzana de sidra en Asturias. En una plantación de manzana de sidra ubicada en la localidad de Asiego (Cabrales), se estudió la comunidad de insectos que polinizaba los manzanos, en tres variedades de distintas, “Verdialona” (manzana dulce), “San Roqueña” (manzana ácida) y “De la Riega” (manzana semiácida). Se realizaron ensayos para la captura directa de polinizadores en las cubiertas vegetales mediante el método del transepto, visitas de polinizadores en diferentes intervalos del día (mañana, mediodía y tarde) mediante el método de observación directa, se estudió la composición de la vegetación de cada una de las cubiertas vegetales en las variedades de manzano estudiadas y se analizó la diversidad (Shannon-Wiener), la riqueza y la uniformidad de los insectos capturados y de las especies vegetales identificadas. Las capturas de insectos realizadas en las cubiertas vegetales y las visitas de insectos a las distintas variedades en los intervalos del día estudiados demostraron que la abeja de la miel (*Apis mellifera*) fue el grupo de insectos que estuvieron en una mayor proporción (39,47%). Los sírfidos (*Eristalis* spp.) (18,43%), las abejas silvestres (17,11%) y los abejorros (*Bombus* spp.) (10,53%), fueron el resto de grupos de insectos más comunes que se identificaron. La especie vegetal botón de oro (*Ranunculus acris*) prevaleció (57,10%) sobre el resto de las especies identificadas en las cubiertas vegetales. Las especies, trébol morado (*Trifolium pratense*) con un 10,66% y verónica (*Veronica chamaedrys*) con un 10,15% fueron el resto de especies que predominaron en una mayor proporción. “De la Riega” y “Verdialona”, fueron las variedades que presentaron una mayor diversidad, riqueza y uniformidad en los insectos capturados en las variedades. En relación a especies vegetales, la variedad “San Roqueña” presentó los mayores valores de los índices de diversidad ($H = 2,51$), riqueza ($K = 7,75$) y uniformidad ($E = 1,23$). En conclusión, la abeja de la miel fue la especie predominante tanto para las visitas, como para las capturas en las tres variedades. Por otro lado, el botón de oro (*Ranunculus acris*), fue la especie vegetal con mayor presencia en las tres variedades, siendo en la variedad “De la Riega” en la que mayor proporción se obtuvo. La variedad “San Roqueña” presentó los mayores valores de diversidad, riqueza y uniformidad en las especies vegetales, mientras que obtuvo los peores valores en esos parámetros para las especies de insectos identificados.

1. INTRODUCCIÓN

La manzana, *Malus* spp., perteneciente a la familia de las rosáceas, ha contribuido a la alimentación humana durante miles de años. Los primeros cultivos registrados fueron en regiones de Asia central, alrededor de Mar Caspio y Mar Negro (Hancock *et al.*, 2008), donde todavía se puede encontrar el ancestro silvestre de todos los manzanos cultivados actualmente, *Malus sieversii* (manzana silvestre de Asia), y otras como *Malus sylvestris* y *Malus pumila*.

La domesticación del manzano y centro de diversidad genética del género *Malus*, es la zona central de Asia, lo que hoy se conoce como Kazajstán, Kirguistán, Uzbekistán, Turkmenistán y Tayikistán (Honkanson *et al.*, 1997; Harris *et al.*, 2002), hipótesis que ha sido respaldada por recientes estudios morfológicos y moleculares (Janick y Moore, 1996). Sin embargo, otras especies silvestres también habrían contribuido a la domesticación del manzano, como *M. prunifolia*, *M. baccata*, *M. sylvestris*, *M. turkmenorum* (Harris, 2002).

El manzano ya se cultivaba en Grecia desde antes del siglo VI a.C., y posteriormente fueron los romanos los que lo expandieron por toda Europa a través de sus invasiones (Hancock *et al.*, 2008) y desde Europa, a partir del siglo XVI, el cultivo fue dispersado a otras partes del mundo.

El cultivo de manzano está ubicado a un clima templado, cultivándose en Europa y Asia desde la antigüedad (Janick *et al.*, 1996). Se pueden encontrar pomaradas desde Siberia o Norte de China (en invierno se pueden alcanzar temperaturas de -40°C), hasta en zonas montañosas de Colombia e Indonesia en la franja del Ecuador, donde se puede obtener dos cosechas en el mismo año (Janick, 1974). Actualmente existen más de 6.000 cultivares de manzana diferentes (Hancock *et al.*, 2008).

Producción mundial de manzana: Según la FAO (2020), de los 10 países con mayor producción del mundo, el primer país es China con una producción mundial de 40.470 millones de toneladas, que supone un 65% de la producción total mundial. El segundo país en producción mundial es EE.UU. con 4.889 millones de toneladas, con un 8%, y le seguirían en producción Turquía, Polonia, India, Irán, Rusia, Francia, y por último, Chile.

Producción de manzana a nivel europeo: Según datos de la WOPA (World Of Positive Agriculture) y CE (Comisión Europea, 2022), se estima que la producción de manzana en el conjunto de los países de la unión europea en la campaña del 2021-2022 es de 11,96 millones de toneladas, esto supone un 12% superior a la campaña del anterior año.

Producción a nivel nacional: Según el MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2022) las previsiones a nivel nacional en la producción de manzana indican un total

de 593.662 toneladas (+10% respecto a 2020/21 y -1% respecto de la media) de las cuales 491.564 toneladas corresponden a manzana de mesa y 102.098 toneladas a manzana de sidra.

1.1. Origen e importancia del cultivo del manzano de sidra en Asturias.

En Asturias, como en otras zonas del mundo, las poblaciones que habitaban la zona utilizaban los frutos que tenían a su disposición para hacer bebidas fermentadas (Chevallier, 1921). Según Dubois (1826), los hebreos fueron los primeros en producir sidra, extendiéndose el conocimiento de su elaboración a otros pueblos de la antigüedad, y siendo los pueblos del Norte de Africa, que consumían de forma habitual sidra, quienes habrían enseñado a los habitantes del Norte de España la fabricación de la sidra (Duval, 1895).

Es probable que el cultivo del manzano y la elaboración de sidra en Asturias fuera anterior a los romanos, pero en todo caso, sea en la época romana en la que se conoce la existencia del cultivo y de la obtención de la “sisera” (sidra) mediante la fermentación de mosto de manzana. En Asturias, como en otras zonas del Arco Atlántico (Bretaña, Normandía, Sur de Inglaterra), el interés por la elaboración de sidra y la expansión del cultivo de manzano de sidra se ha visto favorecido por ser estos territorios no muy idóneos para otros cultivos, como la vid (Dapena, 1993, 1996).

La mayor parte de la superficie de manzano está destinada a la producción de manzana de sidra, correspondiendo aproximadamente un 85% a plantaciones tradicionales y en torno a un 14% de la superficie a nuevas plantaciones. La producción de manzana de sidra presenta una fuerte alternancia bianual, ya que esta especie presenta una gran vecería, pudiendo corregirse con un fuerte manejo de plantación. Esta producción se destina principalmente a la elaboración de sidra en sus diversas modalidades, aunque también se elaboran otros productos como zumo o aguardiente de sidra (Dapena de la Fuente y Blázquez Noguero, 2009).

Como dato importante, la materia prima básica para la producción de sidra natural es la manzana, mientras que para la sidra gasificada se utiliza concentrado de manzana, algunos llagares hacen primero sidra natural y luego la gasifican, en cuyo caso la materia prima básica para la sidra gasificada es también la manzana. A pesar de las más de 6.500 hectáreas de pomares plantados en Asturias, superficie que aumenta cada año, la escasez de manzana de sidra asturiana obliga a los productores de sidra a buscar otras zonas nacionales de abastecimiento, principalmente Galicia y Castilla-León. (Dapena de la Fuente y Blázquez Noguero, 2009).

1.1.1.DOP Sidra de Asturias

El Consejo Regulador de la DOP Sidra de Asturias, con casi 20 años cumplidos desde su creación, ha realizado labores de control para la certificación del producto denominado “Sidra de

Asturias Denominación de Origen Protegida (DOP)”, así como de promoción, para la difusión del conocimiento del producto amparado y dar difusión a la marca de calidad diferenciada DOP Sidra de Asturias. El objetivo de esta difusión es comunicar la identidad y diferenciación de la DOP Sidra de Asturias, posicionarla respecto al resto de sidras y/o bebidas que se comercializan en su mismo segmento y dar a conocer sus características diferenciales al consumidor final. En relación con las tareas de control, las garantías de origen y calidad del producto pasan por el desarrollo de inspecciones periódicas a los distintos operadores sobre las actividades que este organismo considera críticas en el cumplimiento del Pliego de Condiciones. En resumen, estas fases se corresponderían con: Control documental verificando que los operadores disponen de las autorizaciones oportunas para el desarrollo de la actividad. Control de cosecha de manzana garantizando el origen de su producción en parcelas situadas en nuestro territorio con cumplen con los requisitos establecidos por la DOP. Control de producción de mostos en lagares verificando la correspondencia entre los kilogramos declarados y los litros producidos. Análisis de producto comprobando que estos son aptos con los requisitos físico-químicos y sensoriales requeridos. Control de embotellado y etiquetado del producto donde se supervisa este proceso y el adecuado marcado de los productos amparados para su identificación en el mercado.

La sidra elaborada en la región no toda se encuentra protegida por esta Denominación: si las manzanas no proceden de Asturias, o las variedades, los métodos utilizados o los tipos de producto obtenidos no se ajustan a lo establecido en el Pliego, estas sidras no podrán acogerse a la DO. Para que se pueda hablar de productos con DO tienen que coincidir tres elementos: el origen, el proceso de elaboración y la calidad. El conjunto de normas por el que se rige una DO se encuentra recogido en el Pliego de Condiciones, documento público en el que se pueden encontrar los detalles sobre la demarcación de la zona de producción, las variedades y prácticas de cultivo autorizadas, así como los aspectos básicos de la elaboración de la sidra (Memoria Anual de Actividades de la DOP, 2020).

El 12 de noviembre de 2002 se creó de la Denominación de Origen Protegida (DOP) “Sidra de Asturias”. La Normativa que lo regula está recogida en:

- ✓ Pliego de condiciones de la DOP “Sidra de Asturias” ORDEN APA/224/200
- ✓ 3, de 28 de enero, por la que se ratifica el Reglamento de la Denominación de Origen Protegida Sidra de Asturias.
- ✓ Ley del Principado de Asturias 2/2019, de 1 de marzo, de calidad alimentaria, calidad diferenciada y venta directa de productos alimentarios.

En el Consejo Regulador de la DOP Sidra de Asturias pueden inscribirse todas aquellas instalaciones productoras de sidra que cumplan con los siguientes requisitos normativos (Memoria anual de actividades de la DOP Sidra de Asturias, 2020):

- ✓ Los lagares deberán localizarse en el territorio de protección.
- ✓ La elaboración de los productos amparados se realizará exclusivamente con 76 variedades de manzana descritas en esta memoria.
- ✓ La producción de manzana se realizará mediante el empleo de prácticas establecidas en los documentos normativos y dirigidos a obtener la máxima calidad de los productos amparados.
- ✓ Los productos amparados (Sidra Natural y Sidra) deberán cumplir con los requisitos analíticos establecidos en el Pliego de Condiciones (parámetros físico-químicos y sensoriales).

Según la última memoria de la que se dispone en la DOP “Sidra de Asturias”, la superficie inscrita a 31 de diciembre de 2020 es de 927,95 hectáreas y 60 millones de litros de producción (Calleja, 2021), distribuyéndose en un total de 785 parcelas registradas por 358 productores, con una superficie media de las parcelas adscritas de 0,62 hectáreas. Es importante destacar que, del total de estas parcelas, el 71 % presentan una superficie comprendida menor de 1 hectárea, y un 41 % no alcanza una superficie de 0,5 hectáreas. Esta circunstancia es representativa de la realidad del cultivo del manzano de sidra en Asturias caracterizado por un acusado minifundismo, fruto de las condiciones orográficas y productivas presentes.

La distribución geográfica de los 34 lagares (Figura 1) inscrita en los registros de la DOP coincide con el de la mayoría de las industrias productoras de sidra natural y sidra en Asturias, situándose en las denominadas “comarcas sidreras”. Esta localización se corresponde con el área de mayor concentración de explotaciones destinadas al cultivo de manzana registradas en la DOP.

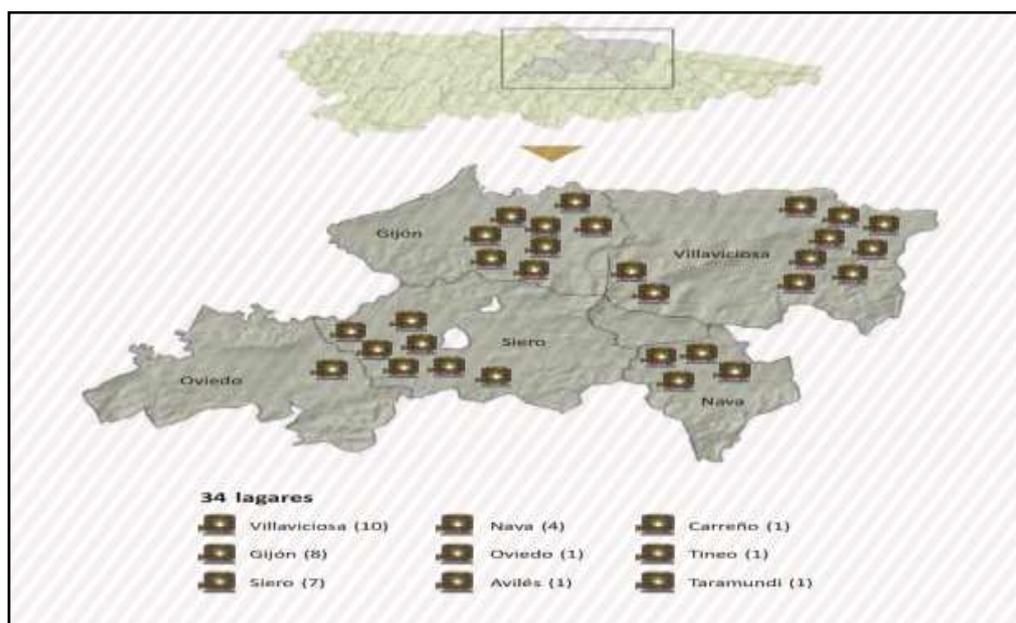


Figura. 1: Distribución de los 34 lagares de DOP (Fuente: Memoria Anual de Actividades de la DOP, 2020).

1.2. Polinización del manzano.

1.2.1. Importancia de la polinización entomófila.

La manzana (*Malus domestica*) es uno de los cultivos polinizados por insectos económicamente más importantes a nivel mundial, ocupando 4,7 millones de hectáreas de superficie cultivada mundial con un aumento del 47% en la producción entre 2000 y 2020, lo que refleja un crecimiento anual promedio estimado del 2% en la producción (FAO, 2020).

La polinización, principalmente es realizada por insectos (Garibaldi *et al.* 2013; Rader *et al.* 2016), siendo responsable de gran parte de la producción agrícola de alimentos y, por tanto, es un servicio ecosistémico claves. Por otro lado, la mayoría de los cultivos agrícolas entomófilos sufre limitaciones de producción derivadas de la polinización: no logran alcanzar la producción máxima porque no reciben los aportes máximos posibles de polen, tanto en cantidad como en calidad, por parte de los insectos (Garibaldi *et al.* 2016).

Estudios recientes han encontrado que el éxito de la polinización (Figura 2) en los huertos de manzanos está asociado con una mayor abundancia, riqueza de especies y diversidad de abejas silvestres, independientemente de una gran abundancia de abejas en los huertos (Mallinger y Gratton, 2015; Martins *et al.*, 2015; Blitzer *et al.*, 2016; Foldesi *et al.*, 2016). También hay evidencia que sugiere que las abejas solitarias (Vicens y Bosch, 2000b; Garratt *et al.*, 2014, 2016; Russo *et al.*, 2017) y abejorros (Thomson y Goodell, 2001; Parque *et al.*, 2016) puede contribuir de manera igual o más eficiente a la polinización de la manzana en comparación con las abejas melíferas manejadas, en términos de visitas de polinizadores (Garratt *et al.*, 2014, 2016), depósito de polen (Thomson y Goodell, 2001; Park *et al.*, 2016), contribución al cuajado (Vicens y Bosch, 2000b), y contribución al conjunto de semillas (Russo *et al.*, 2017).

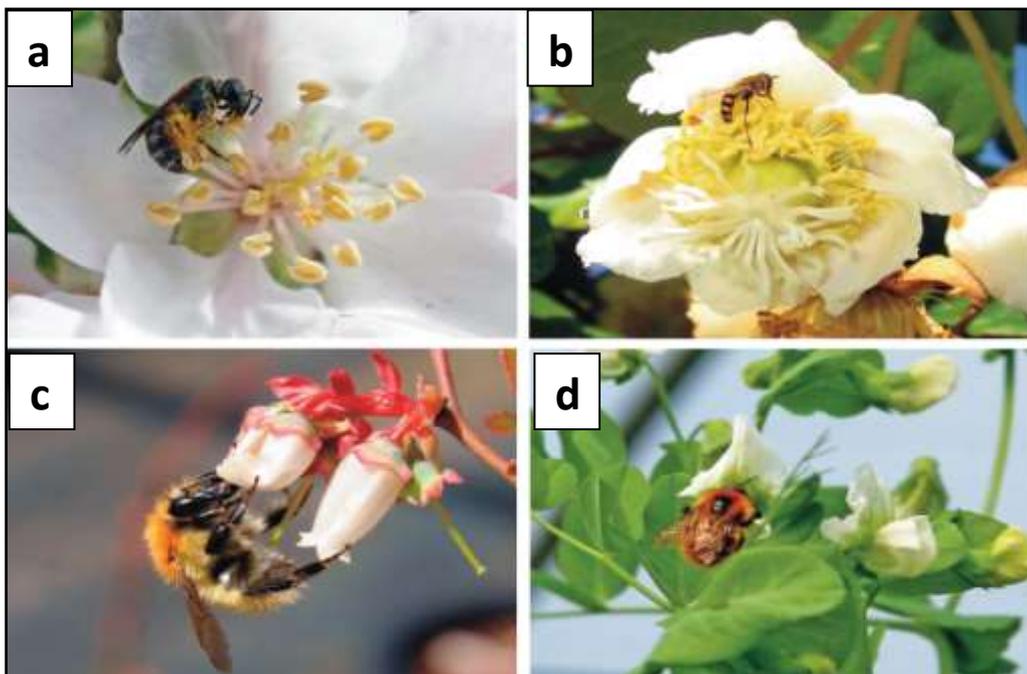


Figura. 2: Polinizadores sobre (a) manzano (Abeja solitaria), (b) kiwi (Sírfido), (c) arándano (Abejorro) y (d) guisantes (Abejorro), cuatro cultivos a los que contribuyen la polinización de los insectos silvestres. (Fuente Contribución de los insectos a la polinización del manzano, 2014.)

1.2.2. Los insectos que polinizan el manzano y eficacia.

La abeja doméstica o abeja de la miel (*A. mellifera*) es el insecto más utilizado para la polinización agrícola debido a su fácil manejo (las colonias pueden ser movidas entre cultivos para atender los periodos de floración) y porque cada colonia produce miles de individuos recolectores que visitan activamente las flores (Figura 3). Pero no son los únicos insectos que polinizan los cultivos, puesto que se conocen más de 20.000 abejas silvestres (Superfamilia Apoidea), entre las que se encuentran otras abejas sociales que también forman colonias, como los abejorros (*Bombus* spp.) (Figura 4), y muchas abejas solitarias.

Asimismo, hay otros insectos, moscas, escarabajos cetónidos, mariposas que también visitan las flores para alimentarse, contribuyendo así a la polinización. Las abejas (en sentido amplio) tienen una ventaja como polinizadores respecto a estos otros insectos: son mucho más activas porque visitan las flores no sólo para alimentarse sino también para recolectar alimento para sus crías. En cualquier caso, todos estos insectos silvestres juegan un importantísimo papel, muchas veces no reconocido, en la polinización del manzano y en la mayor parte de los cultivos (Garibaldi *et al.*, 2013).



Figura. 3: Enjambre de abejas domésticas en una plantación de manzanos (Fuente: Contribución de los insectos a la polinización del manzano, 2014).



Figura. 4: Abejorro sobre flores de manzano. (Fuente: Contribución de los insectos a la polinización del manzano, 2014.)

Por otro lado, y muy importante destacar la eficacia de cada polinizador, de acuerdo con varios estudios en manzano (Jacob y Remacle, 1989; Vicens y Bosch, 2000; Thomson y Goodell, 2001), la abeja doméstica visita unas 6–8 flores por minuto, mientras que los abejorros son unas tres veces más rápidos. Entre las abejas silvestres, unas son también más rápidas, como *Osmia* spp. (12–15 flores/min) o *Anthophora* spp. (14–15 flores/min), y otras más lentas, como *Andrena* spp. (2–4 flores/min).

No todas las visitas de los polinizadores son igual de eficaces. Un polinizador que visita una flor puede detenerse en el centro de la misma, donde recolecta polen activamente con sus patas y/o néctar del fondo de la flor mediante su lengua. En estos casos, el cuerpo del polinizador hace contacto con los órganos reproductores, que están en el centro de la flor, contribuyendo a la polinización siendo una visita legítima. Cuando únicamente visitan las flores para recoger néctar, algunos polinizadores, como las abejas domésticas, pueden posarse sobre un pétalo y aproximarse a la flor lateralmente, metiendo la lengua entre la base de los estilos para alcanzar el néctar desde un lado. En este caso no suelen tocar los estigmas (órganos femeninos receptores del polen), que están en la parte alta de la flor. Sería entonces una visita no legítima porque el insecto se aprovecha del polen sin contribuir a la polinización de esa flor (Jacob y Remacle, 1989; Vicens y Bosch, 2000; Thomson y Goodell, 2001).

1.3. Plantaciones de manzanos en el Oriente asturiano.

1.3.1. Paisaje de la zona.

La Sierra del Cuera fue declarado paisaje protegido en el año 1994, formando un cordal litoral de casi 40 km de longitud que se inicia en el Río Sella y prosigue a escasa distancia del mar hasta el final de la región en el Río Deva (Plan de ordenación de los Recursos Naturales de Asturias, 1994).

La Sierra del Cuera constituye el elemento que en mayor medida contribuye a definir el paisaje y organizar el espacio del extremo oriental de Asturias. Se trata de una barrera montañosa situada a apenas seis kilómetros de la costa, lo que reduce sustancialmente las rachas costeras y limita el poblamiento del litoral. Su carácter infranqueable delimita dos espacios geográficos que han tenido diferente evolución histórica y social: “la marina llanisca” y lo que se ha denominado “el trascuera,” cuya única relación posible ha sido durante siglos a través de los pastores que compartían el uso de los altos pastos calcícolas (Sistema de Información Ambiental Del Principado de Asturias, 2007).

1.3.2. Fauna predominante

La fauna de mayor interés observable en la Sierra del Cuera es sin duda la correspondiente a los diferentes grupos de aves rapaces diurnas como el azor (*Accipiter gentilis*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*) o el buitre común (*Gyps fulvus*) que son moradores habituales del área. Tampoco es rara la presencia del alimoche (*Neophron percnopterus*) o el águila real (*Aquila chrysaetos*), nidificantes en la zona o procedentes de las vecinas estribaciones de los Picos de Europa (Sistema de Información Ambiental Del Principado de Asturias, 2007), Entre los mamíferos cabe destacar el corzo y jabalí que se encuentran en buen número, así como el gato montés, el zorro, el lobo y algún mustélido como martas y tejones.

Actualmente habitan lobos en la sierra por la zona occidental de dicha sierra, principalmente por la zona de Puertas, Asiegu, El Escobal y Pandiellu donde existe gran número de ganado y suelen ser frecuentes, aunque también se han encontrado lobos por la zona más oriental de la sierra (La Nueva España 2008).

1.3.3. Vegetación predominante.

La vegetación forestal de la zona está constituida, básicamente, por hayedos, robledales, castaños y encinares. No obstante, y debido a la secular influencia de las actividades agropecuarias, la superficie ocupada actualmente por los bosques es escasa. Los hayedos constituyen las comunidades forestales de mayor interés, con algunas zonas de cierta extensión en la vertiente

Norte y en el sector occidental de la plataforma de cumbres. Los robledales están representados por carbayedas y rebollares, quedando estos últimos relegados a la vertiente Sur. Algunos pequeños encinares y alisedas componen el resto de una vegetación forestal relativamente degradada.

Por otro lado, los matorrales ocupan amplias extensiones, principalmente las áreas calizas están formadas por piornos (*Cytisus oromediterraneus*) y brezos (*Calluna vulgaris*), mientras que, en las zonas con cotas inferiores de ambas vertientes, dominan los brezales. Las plantaciones forestales ocupan pequeñas superficies en la base de la sierra, tanto en la vertiente septentrional como en la meridional, siendo las especies más empleadas el pino de Monterrey (*Pinus radiata*) y el eucalipto (*Eucalyptus nitens*). Los prados de siega se limitan, así mismo, a la zona de influencia de la proximidad de los pueblos. Los pastizales se ubican en la zona alta de la sierra, en el fondo de las dolinas, encontrándose en cierta medida en proceso de colonización por los matorrales debido a la falta de presión ganadera (Sistema de Información Ambiental del Principado de Asturias, 2007).

2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es:

- Cuantificar la abundancia de los insectos polinizadores de manzano en tres variedades de manzana de sidra (De La Riega, Verdialona y San Roqueña) con manejo ecológico a través de dos métodos de muestreo:
 - captura mediante transecto
 - observación directa sin captura.

- Cuantificar la abundancia de las especies vegetales que forman la cubierta vegetal en las calles de las variedades seleccionadas para identificar qué tipo de especies vegetales se encuentran en ellas.

- Estudiar la diversidad, riqueza y uniformidad de los insectos polinizadores capturados y especies vegetales identificadas en las tres variedades de manzana de sidra descritas anteriormente.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y características de la parcela.

La plantación está situada en el pueblo de Asiegu, ubicado entre la Sierra del Cuera y los Picos de Europa. Pertenece al concejo de Cabrales, situado al Oriente de Asturias, limita por la parte Norte con el concejo de Llanes, por la parte Sur con Liébana y Valdeón (León), por el Oeste con el concejo de Onís y por la parte Este con el concejo de Peñamellera Alta (Figura 5). En la Figura 6 puede observar la localización de la parcela con respecto al pueblo de Asiegu.

La plantación está situada a 425 m de altitud, sus coordenadas son Latitud 42° 19' 13" N y Longitud 4° 51' 30" W, en la falda del paisaje protegido de la Sierra del Cuera, siendo un mirador natural al valle del Río Casañu y al Macizo Central de Picos de Europa. Tiene una vista privilegiada sobre el Picu Urriellu, que es el pico calcáreo más observado de esta cordillera. Es la zona central de la elaboración tradicional del queso azul denominado de Cabrales y la sidra. Al Oeste de Asiegu, el Río Bedón o de las Cabras, de 19 kilómetros de longitud. A destacar que, en el año 2019 el pueblo de Asiegu recibió el premio al pueblo ejemplar de Asturias.



Figura. 5: Ubicación de la parcela con la plantación de manzana, destacando los límites de la provincia, el concejo y carreteras de acceso al pueblo (Fuente: Elaboración propia).



Figura. 6: Acceso al pueblo de Asiegu desde la carretera de Careña y ubicación de la parcela con la plantación (Fuente: Elaboración propia).

El tipo de suelo de la plantación se ha analizado mediante analítica realizada al mismo en el año 2020 la empresa RGA BIOINVESTIGACIÓN. La plantación presenta una fracción textural compuesta por arena (67,1%), limo (19,5%) y arcilla (13,4%), por lo que su clase textural es Franco-Arenosa. El pH es ligeramente ácido 6,15, los niveles de salinidad en suelo no son problemáticos.

Los niveles de materia orgánica que presenta son del 3,33%, siendo altos desde un punto de vista de la fertilidad del suelo y su naturaleza textural. Los niveles de carbonatos son inapreciables. Los niveles de los nutrientes P (13,90 mg/kg) y K (0,37 cmol/kg), se consideran adecuados, pero aproximándose en ambos casos al umbral de deficiencia. Los niveles de Ca (9,55 cmol/kg) y Mg (1,13 cmol/kg) en relación apropiada (levemente desequilibrados en detrimento del Mg; sería recomendable realizar un encalado de mantenimiento con dolomita a razón de unos 500 kg/ha). En último lugar los niveles de micronutrientes muy elevados, especialmente en el caso del Fe (112,7 mg/kg), Mn (31,3 mg/kg) y Zn (5,92 mg/kg).

3.2. Distribución de la parcela y manejo de la plantación.

El estudio se realizó en una plantación de manzanos de sidra, ubicado en una parcela con una superficie de 1,8ha, que cuenta con 7 variedades de manzana de sidra inscritas en la DOP e inscritas en el COPAE (Consejo de la Producción Agraria Ecológica del Principado de Asturias) como pomaradas ecológicas. El sistema de formación es en eje vertical, y todas las variedades están injertadas sobre patrón franco, debido a que en terrenos de ladera y no tracto-

rables tiene un buen desarrollo vegetativo proporcionando un buen sistema radicular (Dapena-De La Fuente *et al.*, 1998). El marco de plantación en esta parcela es de 8m x 6m.

En esta plantación se hace un manejo mixto de la superficie con animales, en este caso con oveja Xalda, raza autóctona del principado de Asturias de origen celta (MAPA, 2022), representando un papel fundamental en el ecosistema de la montaña asturiana, que destaca por su resistencia a la alta pluviometría (Asociación de Criadores de Oveja Xalda, 2022), ayudando a mantener el pastizal al mismo tiempo que abona

3.2.1. *Variedades de la plantación*

La plantación ubicada en la parcela de estudio está compuesta por 7 variedades de manzana de sidra inscritas en la DOP e inscritas en el COPAE (Consejo de la Producción Agraria Ecológica del Principado de Asturias) y cuya distribución se muestra en la Figura 7. Algunas de las principales características de cada una de las variedades de la plantación se describen a continuación (Dapena de la Fuente y Blazquez Noguero, 2009):

“De la Riega”: Vigor: medio; Época de floración: tardía intermedia, mediados 3ª decena de abril; Época de maduración: finales de octubre – 1ª decena noviembre; Producción: alto nivel productivo (25t/ha); Grupo tecnológico: Semi-ácido; Color de la superficie: naranja-marrón con estrías rojo-rosadas; Líneas de la plantación: 1 y 2.

“Xuanina”: Vigor: elevado; Época de floración: tardía, principios 1ª decena mayo; Época de maduración: finales de octubre – 1ª decena noviembre; Producción: buen nivel productivo (+35 t/ha); Grupo tecnológico: ácido; Color de la superficie: rojo y naranja amarronada con estrías rojas y rojo purpuras; Líneas de la plantación: 3, 4 y 5.

“Raxao”: Vigor: elevado - muy elevado; Época de floración: muy tardía, 1ª decena de mayo; Época de maduración: 1ª decena noviembre; Producción: buena (+30 t/ha); Grupo tecnológico: ácido; Color de la superficie: naranja marrón y rojo con estrías rojas y rojo purpura; Líneas de la plantación: 6 y 7.

“Regona”: Vigor: medio; Época de floración: muy tardía, 1ª decena de mayo; Época de maduración: 2ª decena noviembre; Producción: buena (+25 t/ha); Grupo tecnológico: muy ácido, ligeramente amargo; Color de la superficie: tonalidad tostada en las zonas más expuestas y en algunas manzanas estrías blanquecinas; Líneas de la plantación: 8, 9 y 10.

“Durona de Tresali”: Vigor: medio - elevado; Época de floración: muy tardía, 1ª decena mayo; Época de maduración: 3ª decena noviembre; Producción: buena (+30 t/ha); Grupo tecnológico: ácido, ligeramente amargo; Color de la superficie: naranja tostado - naranja rosado; Líneas de la plantación: 11 y 12.

“Verdialona”: Vigor: medio; Época de floración: intermedio - tardío, 3ª decena abril; Época de maduración: 2ª – 3ª decena de noviembre; Producción: buena (+30t/ha); Grupo tecnológico: dulce; Color de la superficie: amarillo verdoso o amarillo blanquecino; Líneas de la plantación: 13 y 14.

“San Roqueña”: Vigor: elevado; Época de floración: intermedio, finales 2ª decena abril; Época de maduración: finales de octubre 1ª decena abril; Producción: elevada (+45 t/ha); Grupo tecnológico: ácido; Color de la superficie: rojo rosado y naranja marrón, con algunas estrías rojas o purpuras; Líneas de la plantación: 15, 16, 17 y 18.

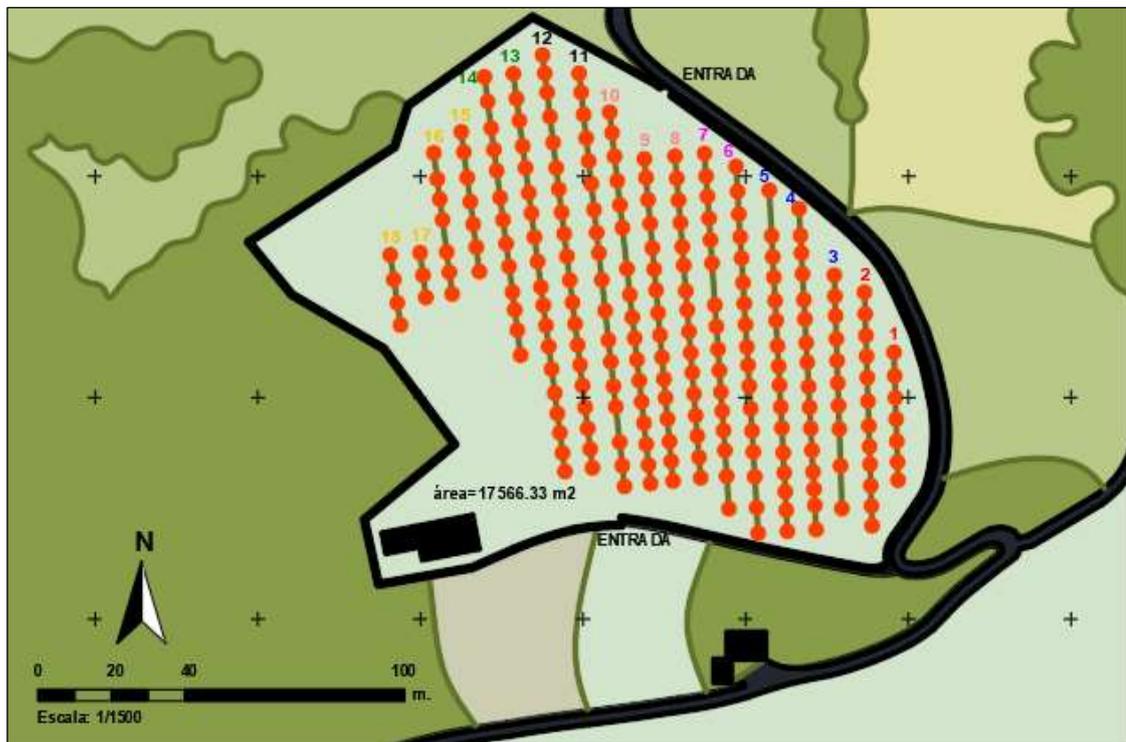


Figura. 7: Distribución de las 7 variedades de manzana en la parcela de estudio, filas 1 y 2 (De la Riega), filas 3,4, y 5 (Xuanina), filas 6 y 7 (Raxao), filas 8, 9 y 10 (Regona), filas 11 y 12 (Durona de Tresalí), filas 13 y 14 (Verdialona) y filas 15, 16, 17, 18 (San Roqueña)(Fuente: elaboración propia).

3.3. Climatología de la parcela.

3.3.1. Temperatura y Climatología

Todos los datos climatológicos que se muestran a continuación se han obtenido de la estación meteorológica de Arenas de Cabrales, por ser la más próxima que se encuentra a la parcela de estudio. Para estudiar estos parámetros climáticos, se han tomado datos de los últimos 30 años.

El mes más caluroso del año es agosto (T^a media 16,3 °C). Las temperaturas mínimas se producen en febrero (4,2 °C). La mayor precipitación se produce en el mes de noviembre (165 mm) y el mes más seco corresponde a julio (107 mm). El mes de mayo tiene el mayor número de días de lluvia (14 días). La humedad relativa más alta se registra en el mes de junio y julio (82 %), mientras que en el lado opuesto están los meses de marzo y diciembre (79%) (Tabla 1).

Tabla 1 Resumen de los datos climáticos de Arenas de Cabrales (AEMET, 2022)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T^a media (°C)	4,5	4,2	6,1	7,8	10,6	14,2	15,9	16,3	14,7	11,9	7,3	5,5
T^a min. (°C)	1,8	1,3	2,8	4,5	7,5	11,1	13,1	13,5	11,8	9,0	4,8	2,8
T^a máx. (°C)	7,4	7,3	9,6	11,1	13,7	17,2	18,8	19,3	17,7	15,0	10,0	8,5
Precipitación (mm)	136,0	123,0	128,0	138,0	141,0	121,0	107,0	112,0	112,0	139,0	165,0	128,0
Días lluviosos	12,0	10,0	11,0	13,0	14,0	12,0	12,0	13,0	11,0	12,0	12,0	12,0
Humedad (%)	82,0	81,0	79,0	80,0	82,0	83,0	83,0	82,0	81,0	80,0	82,0	79,0

3.3.2. Días con cielo nublado y sol

El mes con mayor número de días con sol se registra en diciembre (7,6 días), mientras que el menor número de días de sol corresponde a mayo (3,4 días). Si hablamos de días parcialmente nublados, el mes con mayor número de días parcialmente nublados es agosto (19,8 días), mientras que en el lado opuesto está el mes de diciembre (10,4 días). Por último, el mes de mayo registra un mayor número de días nublados (14 días), y en el lado contrario está el mes de agosto (7,4 días) (Figura 8).

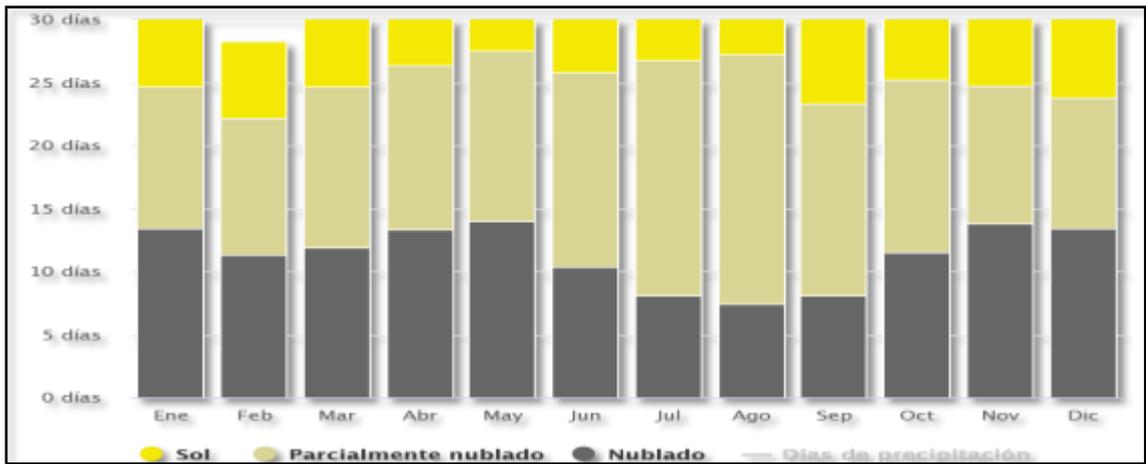


Figura 8: Representación de los días nublados, parcialmente nublados y con sol (Metoblue.com, 2022)

3.3.3. Viento

En relación a las rachas de viento, los vientos registrados en el mes de febrero con una duración total de 2 días, son los que poseen una mayor velocidad (50-61km/h). En el lado opuesto, tenemos los vientos registrados en el mes de junio, con una duración total de 18 días, con velocidades superiores a 5 km/h, pero inferiores a 12 km/h (Figura 9).

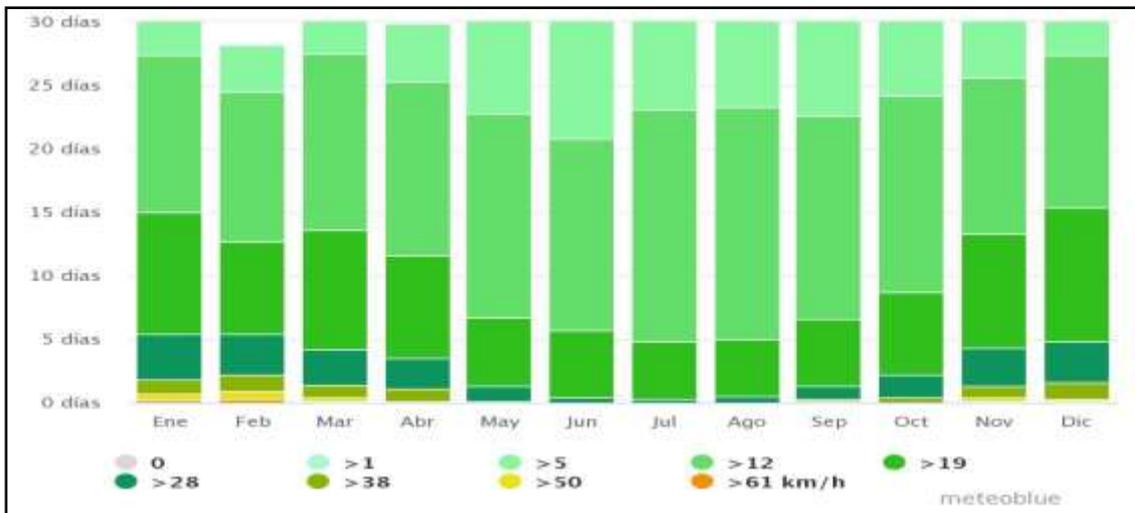


Figura 9: Racha de vientos (Metoblue.com, 2022)

3.4. Captura directa de insectos polinizadores

Los muestreos se realizaron en el pico de floración de cada una de las variedades de manzano seleccionadas, debido a que es el periodo de mayor actividad de los insectos polinizadores sobre ellos (Miñarro-Prado *et al.*, 2018). En la variedad De la riega, el muestreo se realizó el día 20 de abril (3ª decena de abril), en la variedad “Verdialona”, el muestreo se realizó el día 22 de abril (3ª decena de abril) y, por último, en la variedad “San Roqueña”, el muestreo se realizó el día 14 de abril (2ª decena de abril).

Los muestreos también se realizaron siguiendo las recomendaciones climáticas descritas por otros autores: vegetación seca, cielo despejado o ligeramente nublado (Miñarro-Prado *et al.*, 2018); temperatura mayor de 18°C y velocidad del viento <16km/h. La hora de muestreo en cada una de las 3 variedades se produjo a la misma hora (12:00h). Se eligió este horario debido a que diversos autores han descrito que la franja horaria de máxima actividad se produce desde las 11:00h a las 14:00h (Álvarez-Fidalgo *et al.*, 2017; Miñarro-Prado *et al.*, 2018). Los muestreos se realizaron manteniendo una distancia mínima de 15m del borde, para así evitar posibles efectos de borde (Campbell *et al.*, 2017).

El método utilizado para realizar el muestreo en las calles de las variedades seleccionadas fue el método del Transepto, según la metodología recomendada por otros autores (Miñarro-Prado *et al.*, 2018). Las longitudes de nuestros Transeptos fueron de 1m de ancho x 50m de largo en las variedades De la Riega y San Roqueña y, 1m de ancho x 70m de largo en la variedad “Verdialona” (Miñarro-Prado *et al.*, 2018). En cada uno de los 3 pases que se realizaron se capturaron con la ayuda de un cazamariposas los insectos que volaban sobre la superficie vegetal (Figura 10A). Se hicieron barridos a ambos lados sobre la parte superior de la vegetación de las calles (Figura10B).

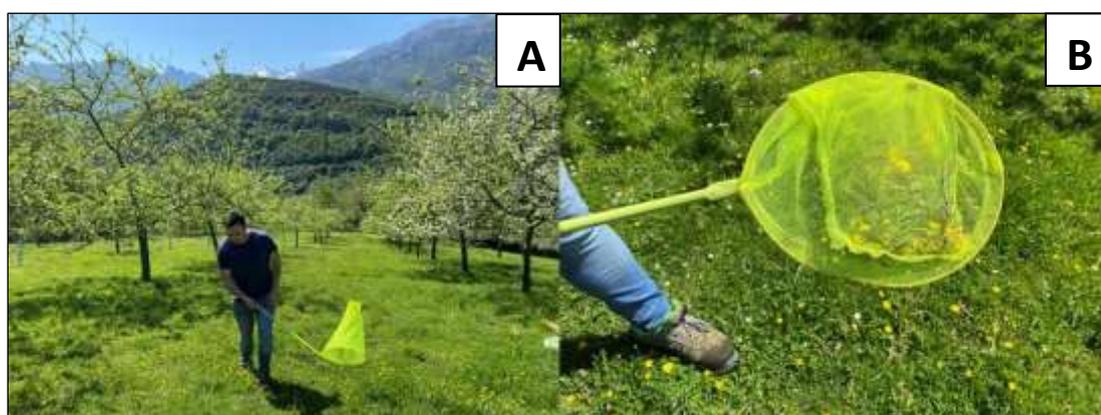


Figura 10: Método del Transepto. A) captura de insectos sobre las cubiertas vegetales. B) especies capturadas (Fuente: elaboración propia, 2022)

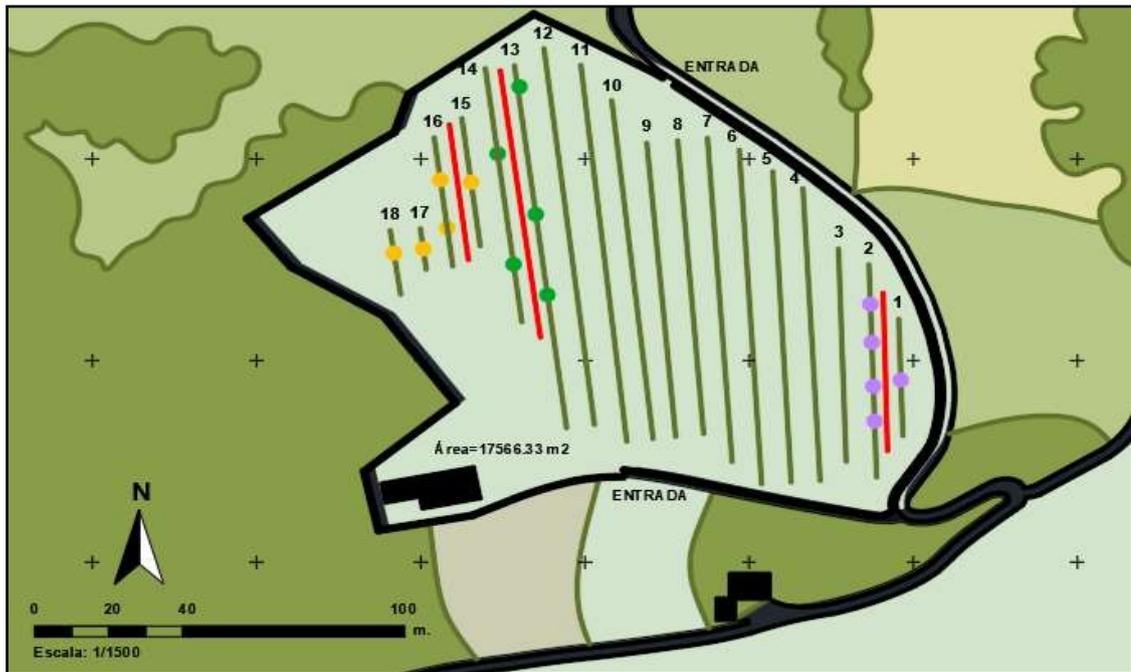


Figura 11: Distribución de los transeptos (líneas rojas) realizados entre las diferentes variedades de la parcela. La línea roja entre los puntos morados, indican el transepto realizado en la variedad “De la Riega”, entre los puntos verdes, indican el transepto realizado en la variedad “Verdialona”, y entre los puntos amarillos, indican el transepto realizado en la variedad “San Roqueña” (Fuente: Elaboración propia, 2022).

3.5. Observación directa de insectos polinizadores

Los muestreos se realizaron manteniendo los mismos criterios descritos en el apartado anterior (pico de floración y recomendaciones climáticas). Las fechas de muestreo fueron el día 21 de abril en la variedad “De la Riega”, el día 23 de abril en la variedad “Verdialona” y, por último, el día 15 de abril en la variedad “San Roqueña”.

En cada uno de los muestreos y variedades se hicieron 3 observaciones de insectos polinizadores a diferentes intervalos de horas del día, mañana (11:00), mediodía (12:30) y tarde (14:00). Todos los intervalos seleccionados se centraban dentro del horario de máxima actividad descrito por otros autores (Álvarez-Fidalgo *et al.*, 2017; Miñarro-Prado *et al.*, 2018). Los muestreos se realizaron sin captura de insectos, para ello se seleccionaron 5 árboles (Figura 12) focales de forma aleatoria en cada variedad, durante 5 minutos se observaron cada uno de ellos (un total de 75 minutos por cada variedad) y se anotando los insectos que los visitaban, según la metodología descrita por Miñarro-Prado *et al.*, (2018).



Figura 12: Observación directa de polinizadores en uno de los árboles seleccionados (Fuente: Elaboración propia).

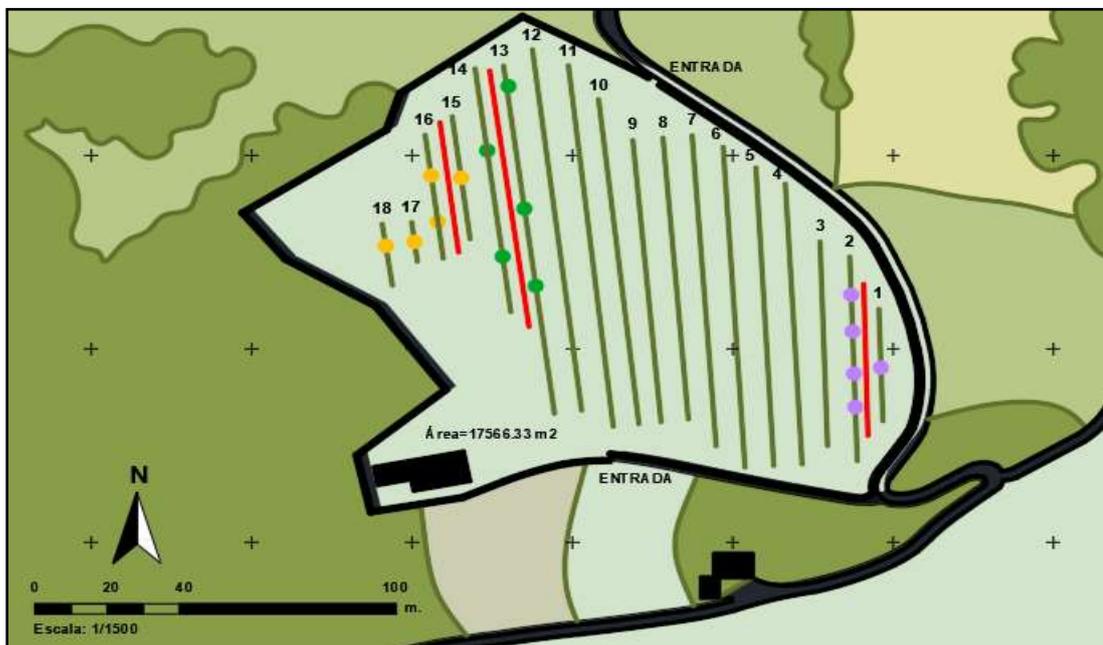


Figura 13: Distribución de los árboles (puntos de colores) en los que se realizó la observación directa de polinizadores. Los puntos morados indican los árboles muestreados en la variedad “De la Riega”. Los puntos verdes indican los árboles muestreados en la variedad “Verdialona”. Los puntos amarillos indican los árboles muestreados en la variedad “San Roqueña” (Fuente: Elaboración propia).

3.6. Composición de la vegetación

En las mismas calles de la parcela que en las que se realizaron los transeptos, se hizo un muestreo de vegetación sobre la cubierta vegetal (Figura 14A) para estudiar las especies vegetales beneficiosas para los insectos polinizadores, según lo descrito por Mostacedo (2000). Los cuadrantes hacen muestreos más homogéneos y tienen menos impacto de borde en comparación a los transeptos.

El método consistió en colocar un cuadrante de madera de 1m² (1x1m) sobre la vegetación de la calle en la variedad “Verdialona” (Figura 14B), en la variedad “San Roqueña” (Figura 14C) y en la variedad “De la Riega” (Figura 14D), de forma aleatoria en 4 puntos diferentes en cada una de las calles, para ello se identificó todas las especies dentro del cuadrante a nivel de especie y se contó el número de flores abiertas de cada especie dentro de cada cuadrante (Moreno *et al.*, 2015)(Fründ *et al.*, 2010)

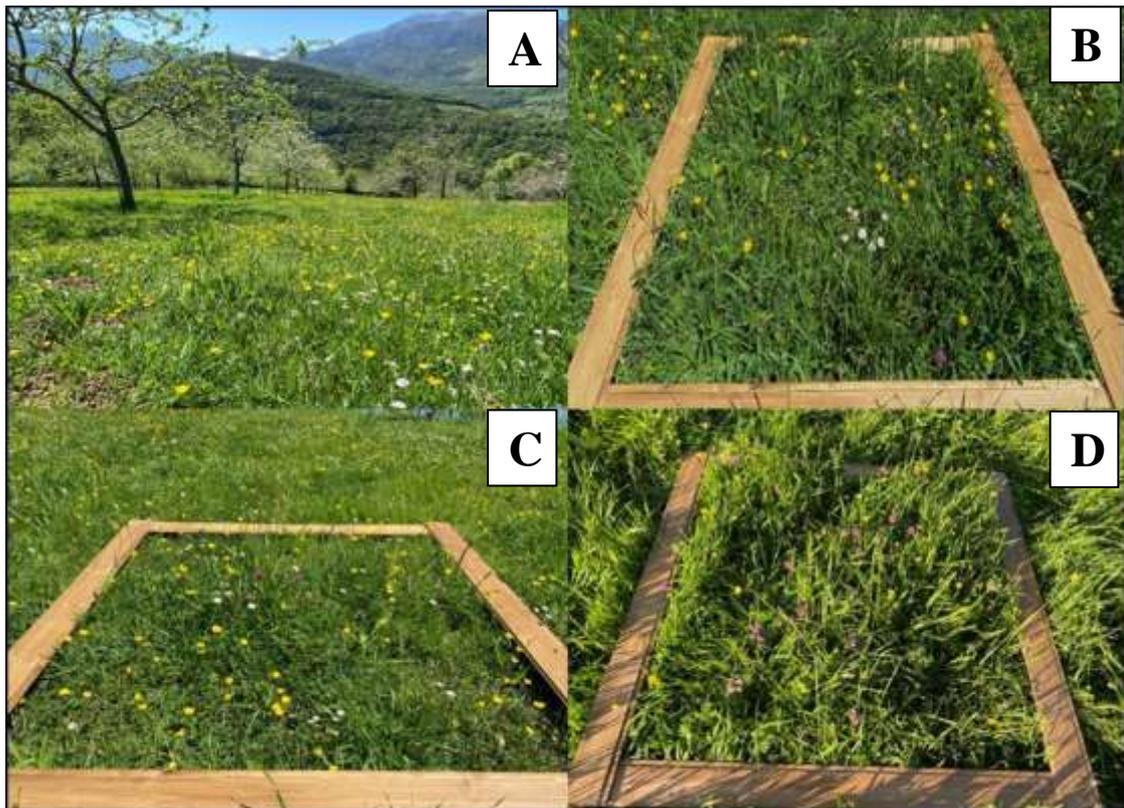


Figura 14: Cuadrante sobre la cubierta vegetal de la parcela (A) para muestrear las calles de la variedad “Verdialona” (B), la variedad “San Roqueña” (C) y la variedad “De la Riega” (D).

3.7. Clasificación especies identificadas

3.7.1. Polinizadores

La clasificación de los polinizadores encontrados en la plantación se hizo dividiendo éstos en 5 grandes grupos, de la misma forma que se ha realizado en estudios previos (Miñarro, 2015; Miñarro-Prado *et al.*, 2018):

- **Abejas de la miel:** incluidas las abejas domésticas, *A. mellifera*.
- **Abejas silvestres:** incluidas las abejas distintas a *A. mellifera*, y agrupadas por tamaños, pequeño, mediano y grande.
- **Sírfidos:** incluidos los *Eristalis* spp. (dípteros braquíceros de la familia Syrphidae, también conocidos como “moscas de las flores”) y los sírfidos depredadores.
- **Abejorros:** incluidos el género *Bombus* spp.
- **Dípteros:** moscas y mosquitos.
- **Otros:** escarabajos (*Tropinota* spp.) y mariposa (*Vanessa cardui* y otras)

Para la clasificación de los polinizadores se usaron los siguientes recursos:

- Guía de campo de polinizadores (Observatorio Biodiversidad Agraria, 2021).
- Guía de campo de los polinizadores de España (Aguado Martin *et al.*, 2015).

3.7.2. Vegetación

La clasificación de las especies vegetales encontradas en la cubierta vegetal de la plantación se mediante metodología descrita en estudios previos (Beato-Bergua *et al.*, 2020) y se completó con el siguiente recurso:

- Catálogo de las plantas vasculares del Principado de Asturias (Fernández Prieto, *et al.*, 2014).

3.8. Índices de diversidad de Shannon-Wiener, riqueza y uniformidad

El índice de diversidad de Shannon (también conocido como índice de diversidad de Shannon-Wiener) es una métrica popular utilizada en ecología. Se basa en la fórmula de entropía de Claude Shannon y estima la diversidad de especies. El índice tiene en cuenta el número de especies que viven en un hábitat (riqueza) y su abundancia relativa (uniformidad) (Miñarro and Dapena, 2003).

Con el número de insectos polinizadores capturados y las especies vegetales recogidas e identificadas mediante el método del Transepto, se calcularon el Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H), la riqueza (K) y la uniformidad (E).

Para calcular el Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H) se utilizó la siguiente fórmula:

$$H = -\sum[(p_i) \times \ln(p_i)]$$

Dónde:

H: índice de diversidad de Shannon

p_i : proporción de individuos de la una especie en toda una comunidad ($p_i = n / N$)

Dónde:

n: individuos de un determinado tipo/especie

N: número total de individuos en una comunidad

ln: logaritmo neperiano

\sum : símbolo de suma

Para calcular la Riqueza (k) se contó el número de especies existente en la comunidad.

Para calcular la Uniformidad (E) se utilizó la siguiente fórmula:

$$E = H / \ln(k)$$

Dónde:

H: índice de diversidad de Shannon

ln: logaritmo neperiano

k: número de especies

3.9. Análisis estadístico

Experimento 1. Captura directa de insectos polinizadores. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa SPSS versión 21 (IBM, 1968, NY, EE. UU.). Los parámetros medios evaluados de insectos capturados (entre variedades dentro de una misma especie de insectos y entre especies de insectos dentro de una misma variedad) fueron sometidos a un análisis de varianza ANOVA (Diferencia Mínima Significativa, DMS, considerando significativo a $p \leq 0.05$).

Experimento 2. Observación directa de insectos polinizadores. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa SPSS versión 21 (IBM, 1968, NY, EE. UU.). Los parámetros medios evaluados de visitas de insectos en el intervalo mañana, mediodía y tarde (entre variedades dentro de una misma especie de insectos y entre especies de insectos dentro de una misma variedad) fueron sometidos a un análisis de varianza ANOVA (DMS, considerando significativo a $p \leq 0.05$).

Experimento 3. Composición de la vegetación. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa SPSS versión 21 (IBM, 1968, NY, EE. UU.). Los parámetros medios evaluados de especies vegetales identificadas (entre variedades dentro de una misma especie vegetal y entre especies vegetales dentro de una misma variedad) fueron sometidos a un análisis de varianza ANOVA (DMS, considerando significativo a $p \leq 0.05$).

Experimento 4. Índices de diversidad de Shannon-Wiener, riqueza y uniformidad. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa SPSS versión 21 (IBM, 1968, NY, EE. UU.). Los parámetros medios evaluados entre variedades (diversidad de Shannon-Wiener, riqueza y uniformidad) fueron sometidos a un análisis de varianza ANOVA (DMS, considerando significativo a $p \leq 0.05$).

4. RESULTADOS.

4.1. Captura directa de insectos polinizadores en los transeptos

Se observaron diferencias significativas en el número de insectos capturados en los transeptos realizados en las calles de las distintas variedades de manzanos seleccionadas. El número de abejas de miel (*A. mellifera*) que se capturaron en las variedades (3 insectos en la variedad “De la Riega”, 2,7 insectos en la variedad “Verdialona” y 4,3 insectos en la variedad “San Roqueña”), fueron significativamente mayor que el número de insectos de otras especies que capturaron en los transeptos realizados en las calles del resto de variedades (“De la Riega”, $F = 3,812$; $gl = 5,12$; $p = 0,050$; “Verdialona”, $F = 4,02$; $gl = 5,12$; $p = 0,022$; y “San Roqueña”, $F = 13,12$; $gl = 5,12$; $p < 0.0001$) (Figura 15).

Si observamos dentro de una misma especie de insectos, el número de abejas de miel (*A. mellifera*) que se capturaron en la variedad “San Roqueña”, fue significativamente mayor ($F = 4,20$; $gl = 2,6$; $p = 0,049$) al número de abejas de miel (*A. mellifera*) que se capturaron en los transeptos de las variedades “De la Riega” y “Verdialona” (Figura 15).

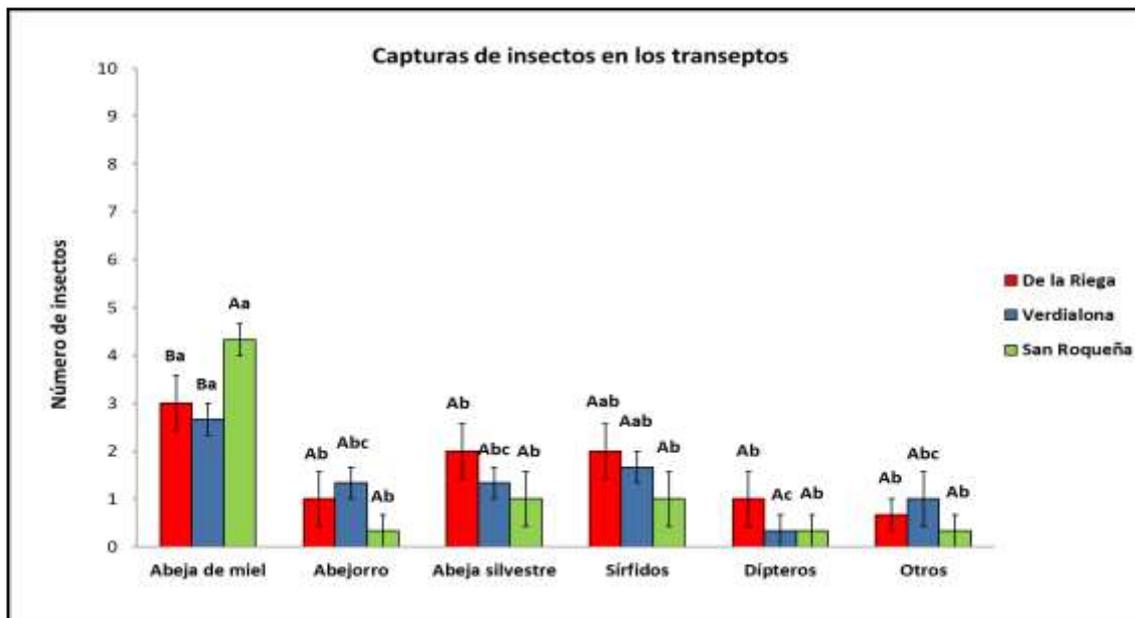


Figura 15: Capturas de insectos (media \pm error estándar) en los transeptos realizados en los tres tipos de variedades estudiadas. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre variedades dentro de una misma especie de insectos (prueba DMS, $p \leq 0.05$). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre especies de insectos dentro de una misma variedad (prueba DMS, $p \leq 0.05$).

Durante el periodo de muestreo en los transeptos se capturaron un total de 76 insectos divididos en 6 grupos diferentes (Tabla 2) (Figura 16). Los 4 grupos más comunes representaron el 85,54% del total de las capturas y fueron los grupos de abeja de miel (*A. mellifera*) (39,47%), sírfidos (*Eristalis* spp.) (18,43%), abeja silvestre (17,11%) y abejorros (*Bombus* spp.) (10,53%).

Si analizamos el total de insectos capturados dentro de cada una de las variedades, los valores fueron muy próximos entre sí, 22 insectos capturados en la variedad “San Roqueña”, 25 en la variedad “Verdialona” y 29 en la variedad “De la Riega”, que supusieron el 28,95%, 32,89% y 38,16%, respectivamente.

Tabla 2: Insectos capturados en los transeptos en los 3 tipos de variedades seleccionadas.

Grupos	Variedades			TOTAL	
	De la Riega	Verdialona	San Roqueña	Numero	%
Abeja de miel	9,00	8,00	13,00	30,00	39,47
Abejorro	3,00	4,00	1,00	8,00	10,53
Abeja silvestre	6,00	4,00	3,00	13,00	17,11
Sírfidos	6,00	5,00	3,00	14,00	18,43
Dípteros	3,00	1,00	1,00	5,00	6,57
Otros	2,00	3,00	1,00	6,00	7,89
TOTAL	29,00	25,00	22,00	76,00	100,00
	38,16	32,89	28,95		100,00



Figura 16: Insectos capturados por el método del transecto, clasificados y agrupados (Fuente Elaboración propia).

4.2. Observación directa de insectos polinizadores

4.2.1. En el intervalo “mañana”

Se observaron diferencias significativas en el número de insectos de distintas especies que visitaron las distintas variedades de manzanos en el intervalo de mañana. El número de abejas de miel (*A. mellifera*) que visitaron las variedades (4,8 insectos en “De la Riega”, 5,2 insectos en “Verdialona” y 4,4 insectos en “San Roqueña”), fueron significativamente mayor que el número de insectos de otras especies que visitaron el resto de las variedades (“De la Riega”, $F = 6,22$; $gl = 5,24$; $p = 0,001$; “Verdialona”, $F = 7,22$; $gl = 5,24$; $p < 0,0001$; y “San Roqueña”, $F = 12,82$; $gl = 5,24$; $p < 0,0001$) (Figura 17).

Por el contrario, no hubo diferencias significativas en el número de insectos de la misma especie que visitaron las diferentes variedades de manzanos en el intervalo de mañana (Figura 17).

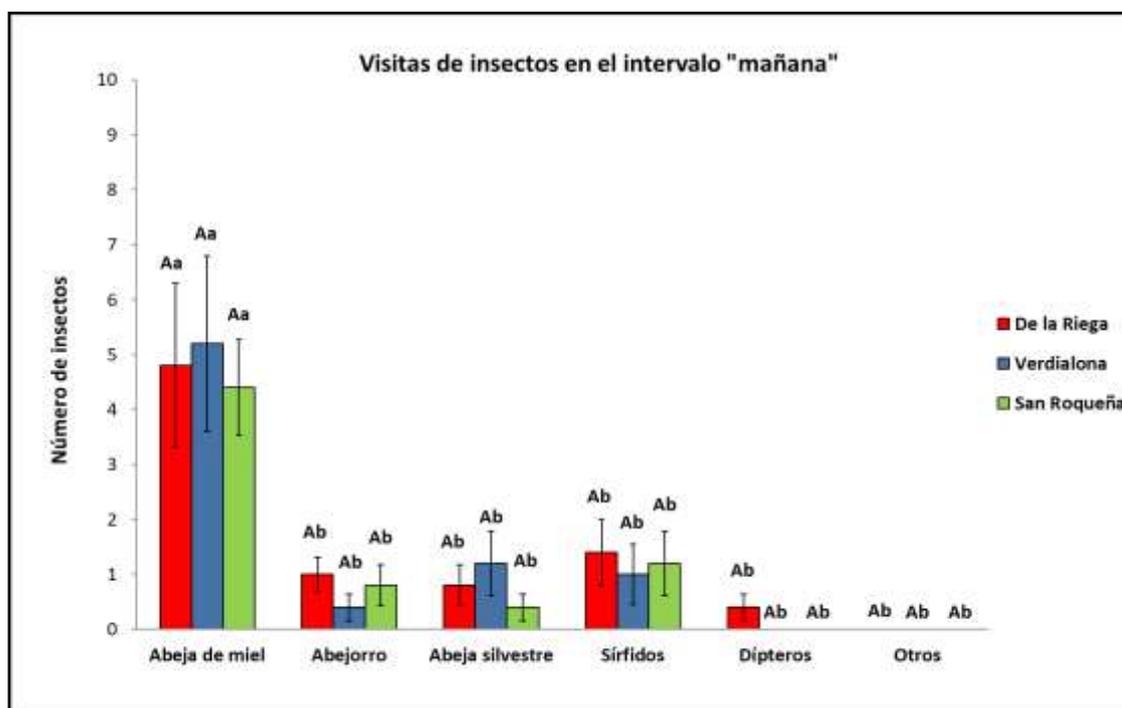


Figura 17: Visitas de insectos (media \pm error estándar) en el intervalo “mañana” a los tres tipos de variedades estudiadas. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre variedades dentro de una misma especie de insectos (prueba DMS, $p \leq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre especies de insectos dentro de una misma variedad (prueba DMS, $p \leq 0,05$).

4.2.2. En el intervalo “mediodía”

Se observaron diferencias significativas en el número de insectos de distintas especies que visitaron las distintas variedades de manzanos en el intervalo de mediodía. El número de abejas de miel (*A. mellifera*) que visitaron las variedades (6,6 insectos en “De la Riega”, 5,6 insectos en “Verdialona” y 7,2 insectos en “San Roqueña”), fueron significativamente mayor que el número de insectos de otras especies que visitaron el resto de variedades (“De la Riega”, $F = 21,77$; $gl = 5,24$; $p < 0,0001$; “Verdialona”, $F = 7,19$; $gl = 5,24$; $p < 0,0001$; y “San Roqueña”, $F = 16,43$; $gl = 5,24$; $p < 0,0001$) (Figura 18).

Por el contrario, o hubo diferencias significativas en el número de insectos de la misma especie que visitaron las diferentes variedades de manzanos en el intervalo de mediodía (Figura 18).

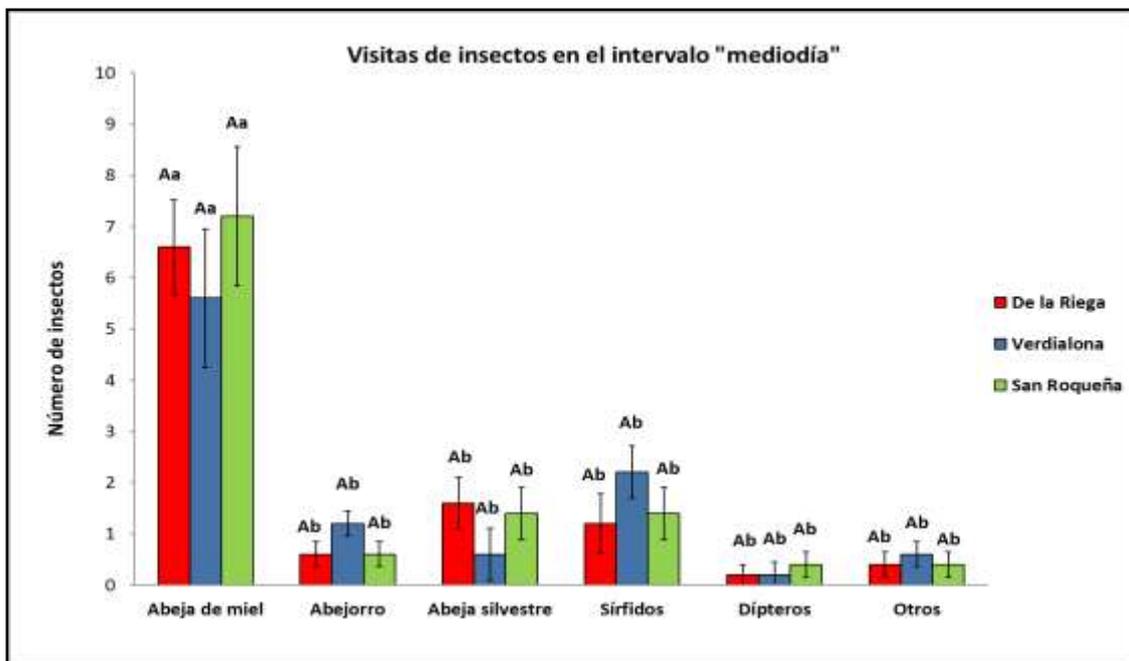


Figura 18: Visitas de insectos (media \pm error estándar) en el intervalo “mediodía” a los tres tipos de variedades estudiadas. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre variedades dentro de una misma especie de insectos (prueba DMS, $p \leq 0.05$). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre especies de insectos dentro de una misma variedad (prueba DMS, $p \leq 0.05$).

4.2.3. En el intervalo “tarde”

Se observaron diferencias significativas en el número de insectos de distintas especies que visitaron las distintas variedades de manzanos en el intervalo de tarde. El número de abejas de miel (*A. mellifera*) que visitaron las variedades (3,8 insectos en la variedad “De la Riega”, 3,8 insectos en la variedad “Verdialona” y 5,2 insectos en la variedad “San Roqueña”), fueron significativamente mayor que el número de insectos de otras especies que visitaron el resto de las variedades (“De la Riega”, $F = 9,08$; $gl = 5,24$; $p < 0,0001$; “Verdialona”, $F = 8,76$; $gl = 5,24$; $p < 0,0001$; y “San Roqueña”, $F = 22,04$; $gl = 5,24$; $p < 0,0001$). También habría que destacar, que el número de sírfidos (*Eristalis* spp.) que visitaron las variedades (2,2 insectos en la variedad “De la Riega”, 1,2 insectos en la variedad “Verdialona” y 2,0 insectos en la variedad “San Roqueña”), fueron significativamente mayor que el número de dípteros y otros insectos que visitaron el resto de las variedades durante este intervalo (Figura 19).

Por el contrario, no hubo diferencias significativas en el número de insectos de la misma especie que visitaron las diferentes variedades de manzanos en el intervalo de mediodía (Figura 19).

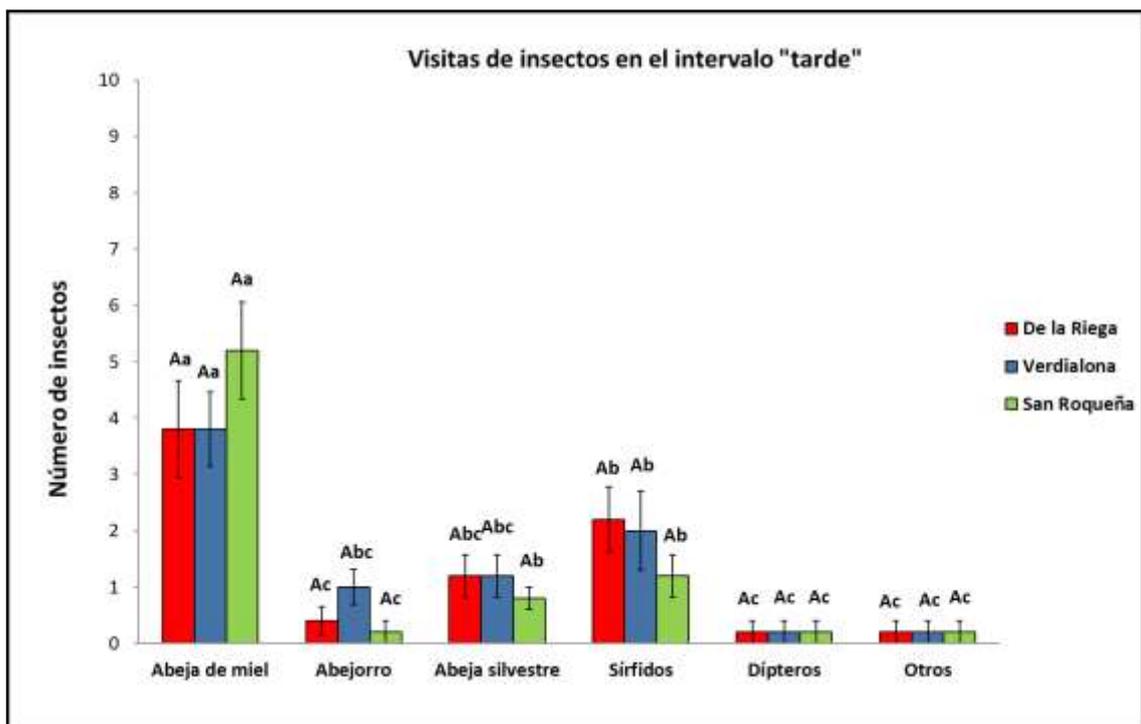


Figura 19: Visitas de insectos (media \pm error estándar) en el intervalo “tarde” a los tres tipos de variedades estudiadas. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre variedades dentro de una misma especie de insectos (prueba DMS, $p \leq 0.05$). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre especies de insectos dentro de una misma variedad (prueba DMS, $p \leq 0.05$).

4.3. Visitas de insectos polinizadores en función de la variedad

4.3.1. Observación en la variedad "De la Riega"

Se observaron diferencias significativas en el número de insectos de distintas especies que visitaron la variedad de manzano "De la Riega". El número de abejas de miel (*A. mellifera*) que visitaron la variedad (4,8 insectos observados por la mañana, 6,6 insectos observados en el mediodía y 3,8 insectos observados por la tarde), fueron significativamente mayor que el número de insectos de otras especies que visitaron la misma variedad en el mismo intervalo del día (Mañana, $F = 6,22$; $gl = 5,24$; $p < 0,0001$; Mediodía, $F = 21,77$; $gl = 5,24$; $p < 0,0001$; y Tarde, $F = 9,08$; $gl = 5,24$; $p < 0,0001$) (Figura 20).

Por el contrario, no hubo diferencias significativas en el número de insectos de la misma especie que visitaron esta variedad de manzano en diferentes intervalos del día (Figura 20).

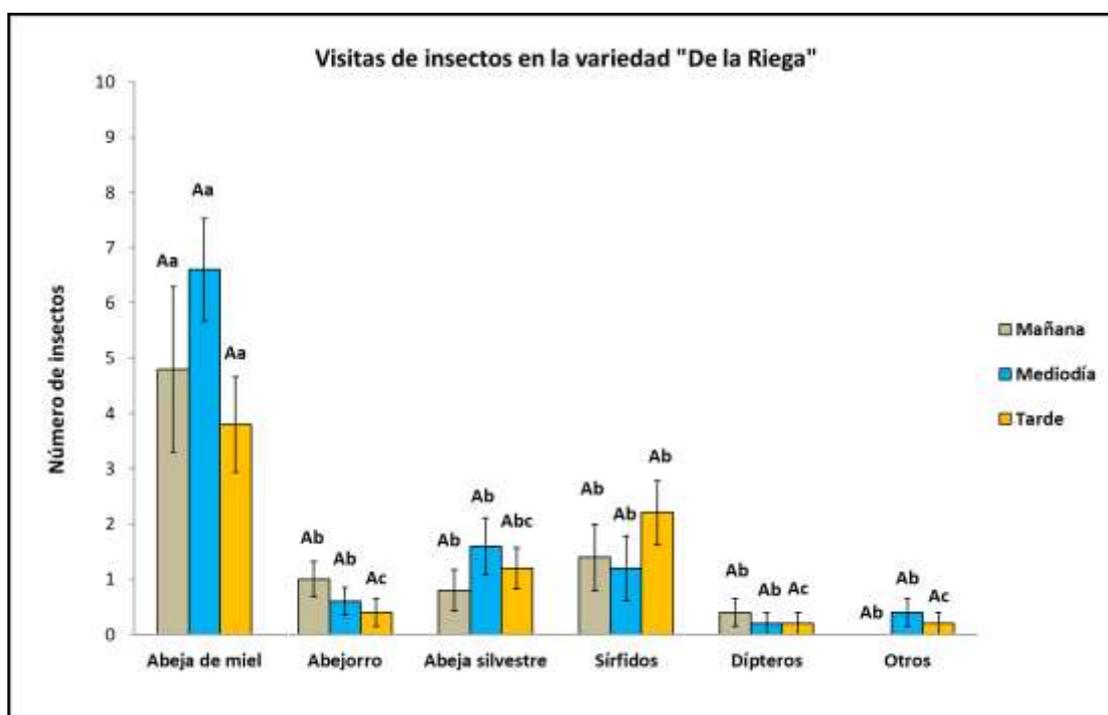


Figura 20: Visitas de insectos (media \pm error estándar) en la variedad "De la Riega" durante los tres tipos intervalos estudiados. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre intervalos dentro de una misma especie de insectos (prueba DMS, $p \leq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre especies de insectos dentro de un mismo intervalo de tiempo (prueba DMS, $p \leq 0,05$).

4.3.2. Observación en la variedad “Verdialona”

Se observaron diferencias significativas en el número de insectos de distintas especies que visitaron la variedad de manzano “Verdialona”. El número de abejas de miel (*A. mellifera*) que visitaron la variedad (5,2 insectos observados por la mañana, 5,6 insectos observados en el mediodía y 3,8 insectos observados por la tarde), fueron significativamente mayor que el número de insectos de otras especies que visitaron la misma variedad en el mismo intervalo del día (Mañana, $F = 7,22$; $gl = 5,24$; $p < 0,0001$; Mediodía, $F = 7,19$; $gl = 5,24$; $p < 0,0001$; y Tarde, $F = 8,72$; $gl = 5,24$; $p < 0,0001$) (Figura 21).

Por el contrario, no hubo diferencias significativas en el número de insectos de la misma especie que visitaron esta variedad de manzano en diferentes intervalos del día (Figura 21).

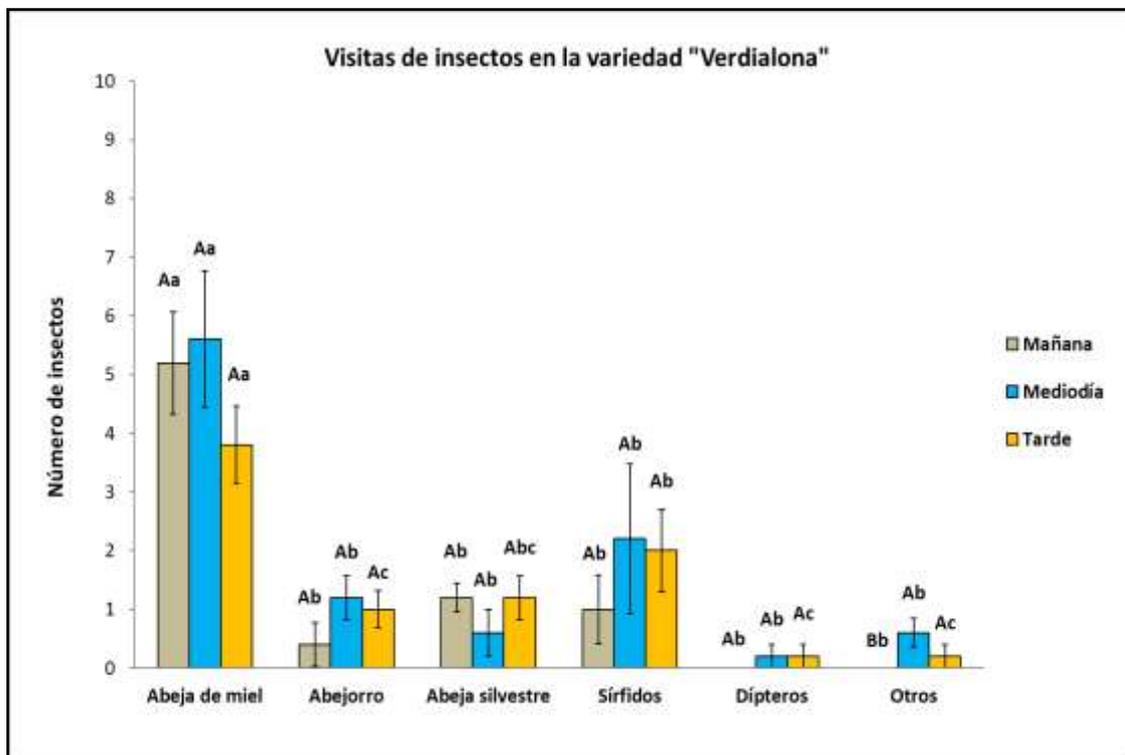


Figura 21: Visitas de insectos (media \pm error estándar) en la variedad “Verdialona” durante los tres tipos intervalos estudiados. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre intervalos dentro de una misma especie de insectos (prueba DMS, $p \leq 0.05$). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre especies de insectos dentro de un mismo intervalo de tiempo (prueba DMS, $p \leq 0.05$).

4.3.3. Observación en la variedad "San Roqueña"

Se observaron diferencias significativas en el número de insectos de distintas especies que visitaron la variedad de manzano "San Roqueña". El número de abejas de miel (*A. mellifera*) que visitaron la variedad (4,4 insectos observados por la mañana, 7,2 insectos observados en el mediodía y 5,2 insectos observados por la tarde), fueron significativamente mayor que el número de insectos de otras especies que visitaron la misma variedad en el mismo intervalo del día (Mañana, $F = 12,83$; $gl = 5,24$; $p < 0,0001$; Mediodía, $F = 16,43$; $gl = 5,24$; $p < 0,0001$; y Tarde, $F = 22,04$; $gl = 5,24$; $p < 0,0001$) (Figura 22).

Por el contrario, no hubo diferencias significativas en el número de insectos de la misma especie que visitaron esta variedad de manzano en diferentes intervalos del día (Figura 22).

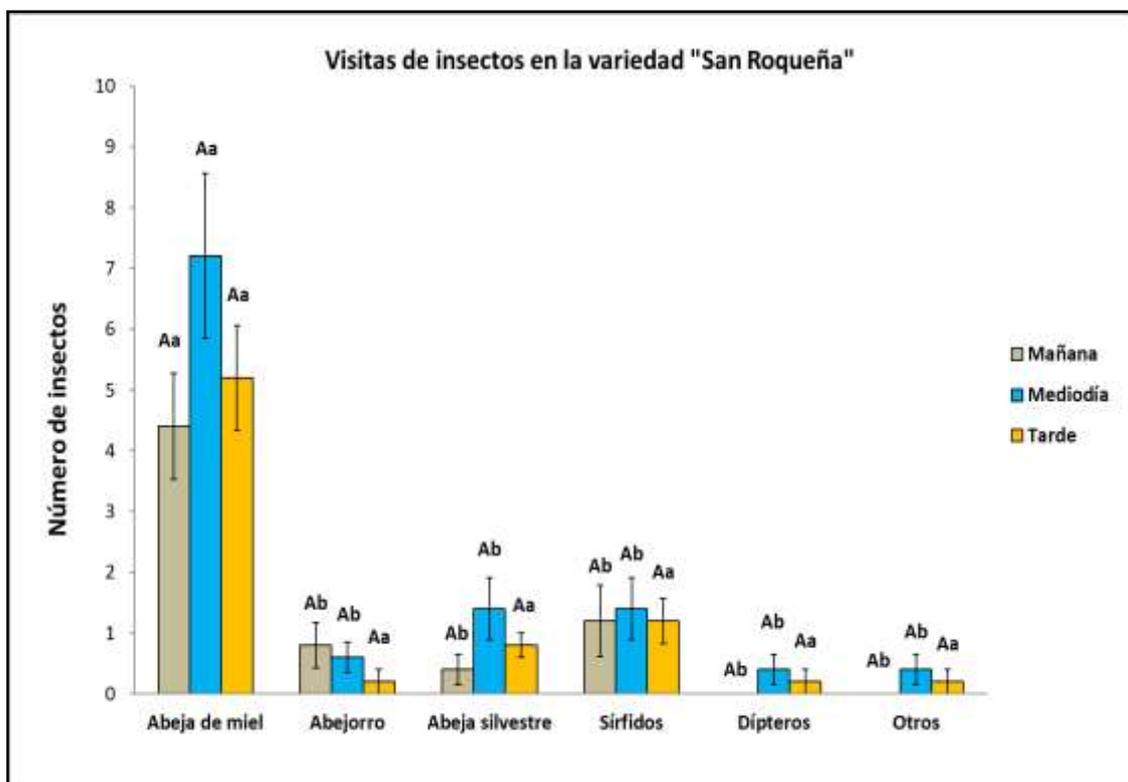


Fig.: 22 Visitas de insectos (media \pm error estándar) en la variedad "San Roqueña" durante los tres tipos intervalos estudiados. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre intervalos dentro de una misma especie de insectos (prueba DMS, $p \leq 0,05$). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre especies de insectos dentro de un mismo intervalo de tiempo (prueba DMS, $p \leq 0,05$).

4.4. Composición de la vegetación.

El número de plantas encontradas de botón de oro (*R. acris*) fueron 77,3 en la variedad “De la Riega”, 46,0 en la variedad “Verdialona” y 72,8 en la variedad “San Roqueña”, y fueron significativamente mayores al número de otras especies vegetales identificadas (“De la Riega”, $F = 321,53$; $gl = 8,27$; $p < 0,0001$; “Verdialona”, $F = 83,06$; $gl = 8,27$; $p < 0,0001$; y “San Roqueña”, $F = 64,77$; $gl = 8,27$; $p < 0,0001$) (Figura 24).

También hubo diferencias significativas para una misma especie vegetal identificada entre las variedades estudiadas. En primer lugar, el número de plantas identificadas de botón de oro (*R. acris*) en la variedad “De la Riega”, fue significativamente mayor que el número de plantas de la misma especie identificadas en las otras dos variedades. En segundo lugar, el número de plantas identificadas de trébol morado (*T. pratense*) en la variedad “Verdialona”, fue significativamente mayor que el número de plantas de la misma especie identificadas en las otras dos variedades. En tercer lugar, el número de plantas identificadas de margaritas (*B. perennis*), fue significativamente mayor en la variedad “San Roqueña” respecto a las otras dos variedades. El número de plantas identificadas de Veronica (*V. chamaedrys*), fue significativamente mayor en la variedad “San Roqueña” respecto a las otras dos variedades. El número de plantas identificadas de llanten menor (*P. lanceolata*), fue significativamente mayor en la variedad “De la Riega” y “Verdialona” respecto a la variedad “San Roqueña”. El número de plantas identificadas de crepis (*C. biennis*), fue significativamente mayor en la variedad “San Roqueña” respecto a las otras dos variedades. El número de plantas identificadas de diente de león (*T. officinale*), fue significativamente mayor en las variedades “Verdialona” y “San Roqueña” respecto a la variedad “De la Riega”. Y finalmente, el número de plantas identificadas de falsa ortiga (*L. maculatum*), fue significativamente mayor en la variedad “Verdialona”, respecto a las otras dos variedades (Figura 24).

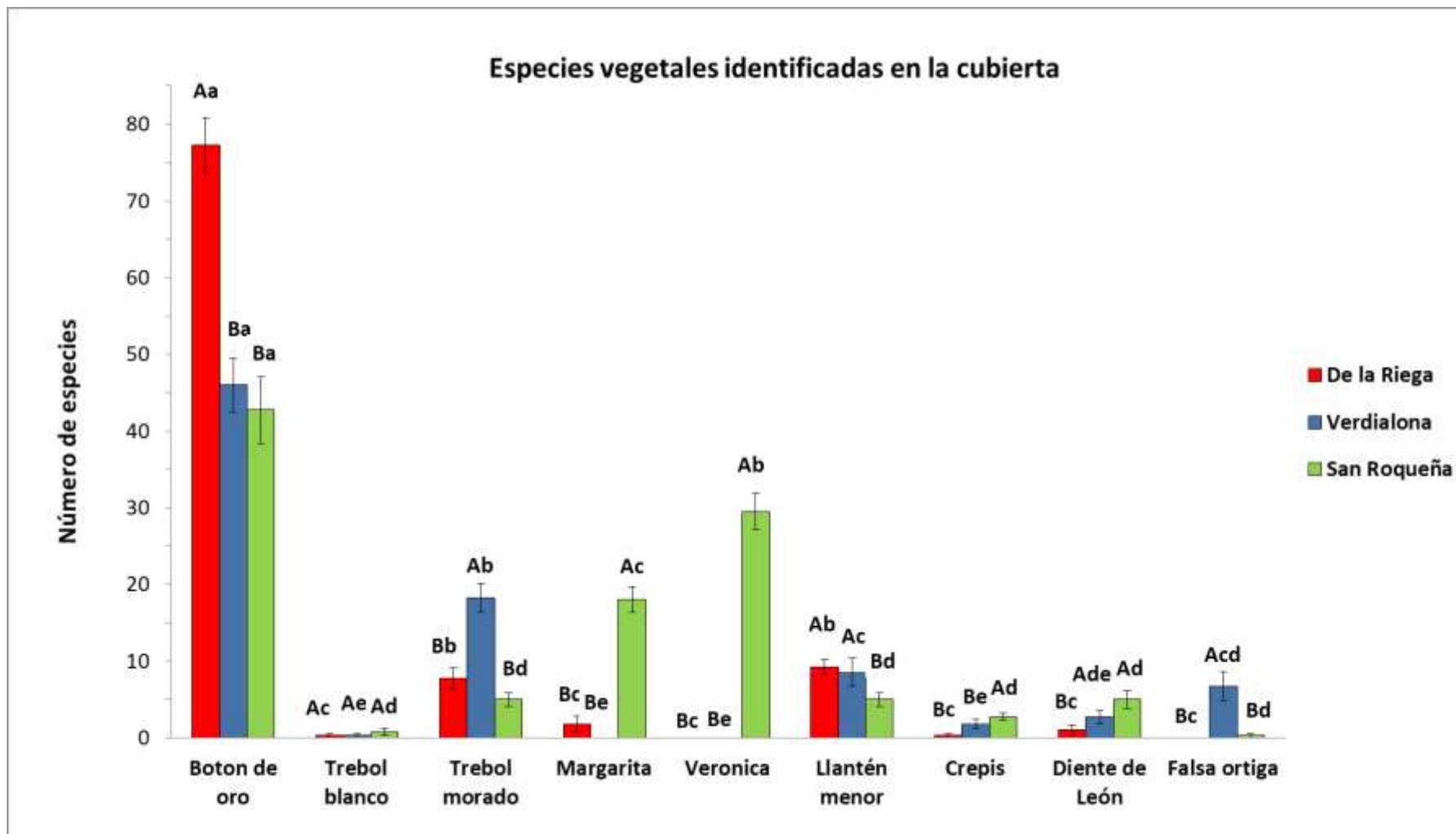


Figura 23: Especies vegetales (media \pm error estándar) identificadas en la cubierta de los tres tipos de variedades estudiadas. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre variedades dentro de una misma especie vegetal (prueba DMS, $p \leq 0.05$). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre especies vegetales dentro de una misma variedad (prueba DMS, $p \leq 0.05$).

Durante el periodo de muestreo en las cubiertas vegetales se identificaron un total de 1.163 especies vegetales divididas en 9 grupos diferentes (Tabla 3) (Figura 24). Los 3 grupos más comunes representaron el 77,91% del total de especies identificadas y fueron los grupos de botón de oro (*R. acris*) (57,10%), trébol morado (*T. pratense*) (10,66%) y verónica (*V. chamaedrys*) (10,15%). Si analizamos el total de especies vegetales identificadas dentro de cada una de las variedades seleccionadas, los valores fueron 337 especies en la variedad “Verdialona”, 390 especies en la variedad “De la Riega” y 436 especies en la variedad “San Roqueña”, que supusieron el 28,98%, 33,53% y 37,49%, respectivamente.

Tabla 3: Especies vegetales identificadas en la cubierta en las tres variedades estudiadas.

Especies	Variedades			TOTAL	
	De la Riega	Verdialona	San Roqueña	Numero	%
Botón de oro	309,00	184,00	171,00	664,00	57,10
Trébol blanco	1,00	1,00	3,00	5,00	0,43
Trébol morado	31,00	73,00	20,00	124,00	10,66
Margarita	7,00	0,00	72,00	79,00	6,79
Verónica	0,00	0,00	118,00	118,00	10,15
Llantén menor	37,00	34,00	20,00	91,00	7,82
Crepis	1,00	7,00	11,00	19,00	1,63
Diente de León	4,00	11,00	20,00	35,00	3,01
Falsa ortiga	0,00	27,00	1,00	28,00	2,41
TOTAL	390,00	337,00	436,00	1.163,00	100,00
%	33,53	28,98	37,49		100,00



Figura 24: Diferentes especies identificadas en los muestreos, A: Llantén menor (*P. lanceolata*), B: Margarita (*B. perennis*), C: Diente de león (*T. officinale*), D: Botón de oro (*R. acris*), E: Trébol morado (*T. pratense*), F: Falsa ortiga (*L. maculatum*). (Fuente: Elaboración propia, 2022.)

4.5. Índices de diversidad de Shannon-Wiener, riqueza y uniformidad

4.5.1. Insectos polinizadores

Sólo se observaron diferencias significativas en cuanto a la diversidad de insectos polinizadores, siendo significativamente mayor ($F = 14,40$; $gl = 2,6$; $p = 0,005$) la diversidad de insectos encontradas en las variedades “De la Riega” y “Verdialona”, que la encontrada en la variedad “San Roqueña”. No existieron diferencias significativas en relación con la riqueza y a la uniformidad de insectos polinizadores entre las variedades estudiadas (Tabla 4).

Tabla 4: Efecto de las variedades de manzano estudiadas sobre el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H), la riqueza (K) y la uniformidad (E) (media \pm error estándar) de insectos polinizadores

Variedad	Diversidad (H)	Riqueza (K)	Uniformidad (E)
De la Riega	1,68 \pm 0,17 ^a	5,00 \pm 0,57A	1,05 \pm 0,03 ^a
Verdialona	1,61 \pm 0,10 ^a	5,00 \pm 0,57A	1,01 \pm 0,01 ^a
San Roqueña	0,79 \pm 0,11B	3,33 \pm 0,88A	0,75 \pm 0,15 ^a

Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre variedades dentro de un mismo parámetro estudiado (prueba DMS, $p \leq 0,05$).

4.5.2. Especies vegetales

La diversidad de especies vegetales fue significativamente mayor ($F = 27,72$; $gl = 2,9$; $p < 0,0001$) en la variedad “San Roqueña” en comparación a las otras dos variedades (“Verdialona” y “De la Riega”), entre las cuales también existieron diferencias significativas. La riqueza de especies vegetales fue significativamente mayor ($F = 12,29$; $gl = 2,9$; $p = 0,003$) en la variedad “San Roqueña” en comparación a las otras dos variedades (“Verdialona” y “De la Riega”), entre las cuales también existieron diferencias significativas. Y, por último, la uniformidad de especies vegetales también fue significativamente mayor ($F = 14,01$; $gl = 2,9$; $p = 0,002$) en la variedad “San Roqueña” en comparación a las otras dos variedades (“Verdialona” y “De la Riega”), entre las cuales también existieron diferencias significativas (Tabla 5).

Tabla 5: Efecto de las variedades de manzano estudiadas sobre el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H), la riqueza (K) y la uniformidad (E) (media \pm error estándar) de especies vegetales identificadas.

Variedad	Diversidad (H)	Riqueza (K)	Uniformidad (E)
De la Riega	1,33 \pm 0,11C	4,50 \pm 0,64C	0,91 \pm 0,03C
Verdialona	1,91 \pm 0,09B	6,00 \pm 0,00B	1,06 \pm 0,05B
San Roqueña	2,51 \pm 0,13A	7,75 \pm 0,48A	1,23 \pm 0,03 ^a

Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre variedades dentro de un mismo parámetro estudiado (prueba DMS, $p \leq 0,05$).

5. DISCUSIÓN

Las capturas de insectos realizadas en nuestra plantación mediante el método del transepto en cada una de las variedades mostraron la diversidad de especies que existían en ella, siendo la abeja de la miel (*A. mellifera*), la que tuvo una mayor presencia con respecto al resto de especies capturadas (39,47% del total). Y si lo observamos entre variedades, la variedad “San Roqueña” fue la variedad que presentó un mayor número de abejas de miel (*A. mellifera*), a diferencia de las capturadas en las variedades “De la Riega” y “Verdialona”. Los sírfidos (*Eristalis* spp.) (18,43%), las abejas silvestres (17,11%) y los abejorros (*Bombus* spp.) (10,53%), fueron las otras 3 especies de insectos polinizadores que se capturaron en mayor proporción en las 3 variedades, y representaron el 85,54% del total de insectos capturados. Al igual que en nuestro estudio, muestreos realizados en Italia identificaron 39 especies de abejas en plantaciones de manzano, entre las que la abeja doméstica fue la más abundante, representando un 40,0% de las capturas totales (Marini et al., 2012). Por otro lado, en otros estudios como la “Biodiversidad de polinizadores en el manzano de sidra” (Miñarro-Prado et al., 2018), los datos que se obtuvieron respecto a los grupos de insectos que intervienen en la polinización de manzano de sidra en Asturias, de nuevo, la mayor presencia fue la de abeja de miel (*A. mellifera*) (61,0%), seguida por sírfidos (*Eristalis* spp.) (21,0%), abejas silvestres (7,0%), dípteros (6,0%), abejorros (*Bombus* spp.) (3,0%) y el 2,0% restante correspondió a escarabajos (*Tropinota* spp.), mariposa (*V. cardui*) y otros insectos.

En las visitas de insectos polinizadores a las 3 variedades de la plantación (“De la Riega” y “Verdialona” y “San Roqueña”) en función del intervalo del día seleccionado (mañana, mediodía y tarde) destacó el mayor número de visitas de la abeja de la miel (*A. mellifera*) con respecto al resto de insectos en todas las variedades estudiadas. También habría que destacar que el número de sírfidos (*Eristalis* spp.) que visitaron las variedades “De la Riega” y “Verdialona” en el intervalo de tarde, fueron mayor que el número de dípteros y otros insectos que visitaron esas mismas variedades durante el mismo intervalo de tiempo seleccionado.

Y, si observamos las visitas de insectos polinizadores dentro de cada una de las variedades de la plantación en función del intervalo del día seleccionado (mañana, mediodía y tarde), de nuevo, destacó el mayor número de visitas de la abeja de la miel (*A. mellifera*) con respecto al resto de insectos. Y de nuevo, también habría que destacar que el número de sírfidos (*Eristalis* spp.) que visitaron las variedades “De la Riega” y “Verdialona” en el intervalo de tarde, fueron mayor que el número de Dípteros y otros insectos que visitaron esas mismas variedades durante el mismo intervalo de tiempo seleccionado.

En otros estudios realizados en Asturias en plantaciones de manzano con observaciones directas a las visitas de insectos polinizadores, destacaron las especies de la abeja de la miel (*A. mellifera*), los sírfidos (*Eristalis* spp.) y los dípteros que fueron más activos que otros grupos de insectos en las primeras horas del día (09:00h-11:00h). Las abejas silvestres y los escarabajos (*Tropinota* spp.) concentraron la mayor parte de su actividad en las horas centrales y los abejorros (*Bombus* spp.) fueron quienes presentaron, con mayor frecuencia y actividad de tarde (Miñarro y García, 2018). En otros estudios realizados en 8 plantaciones de Asturias, las flores del manzano fueron visitadas por una comunidad diversa de insectos durante la primavera. La abeja doméstica (*A. mellifera*) fue el polinizador más abundante (36,0%), seguidos se los siguientes grupos, los sírfidos (*Eristalis* spp.) (21,0%), los dípteros (19,0%), las abejas silvestres (15,0%), los abejorros (*Bombus* spp.) (7,0%), escarabajos (*Tropinota* spp.) (2,0%) y al resto de moscas. Considerando únicamente las abejas, las domésticas superaron en número a las silvestres en seis de las ocho plantaciones (Miñarro, 2015). Otros estudios realizados en Girona, las flores de los manzanos fueron visitadas mayoritariamente por abejas domésticas (del 37,0% al 77,0% según el año) (Vicens y Bosch, 2000). Sin embargo, muestreos realizados en otras partes del mundo en plantaciones de manzano han revelado también la gran diversidad de especies de abejas visitando sus flores, por ejemplo, en 11 plantaciones de manzanos del estado de Nueva York (EE.UU.) se identificaron 81 especies, y en 9 de esas plantaciones, las abejas silvestres fueron más abundantes que las abejas de la miel (Park *et al.* 2010).

En la plantación de manzanos se identificaron distintas especies vegetales en las cubiertas vegetales de las tres variedades de manzano estudiadas. En todas ellas predominó la especie botón de oro (*R. acris*), cuando se la comparó con el resto de las especies vegetales, o cuando se compararon las variedades de manzano (en la variedad “De la Riega” fue el mayor número de plantas identificadas de esta especie). Si comparamos el número de plantas identificadas de una misma especie entre las distintas variedades estudiadas, también destacó la presencia de trébol morado (*T. pratense*) y falsa ortiga (*L. maculatum*) en la variedad “Verdialona”, mientras que las especies margarita (*B. perennis*) y verónica (*V. chamaedrys*) destacaron en la variedad “San Roqueña”. Si analizamos las especies vegetales por grupos, las especies botón de oro (57,10%), trébol morado (10,66%) y verónica (10,15%), fueron los 3 grupos de especies vegetales que se identificaron en mayor proporción en las 3 variedades, y representaron el 77,91% del total de especies identificadas. En otros estudios realizados, como, por ejemplo, el “Catalogo de las plantas vasculares del Principado de Asturias” (Fernández-Prieto *et al.*, 2014), ó el estudio de “Prados de siega de montaña” (Reiné *et al.* 2009), también se identificaron para este tipo de plantaciones muchas de las especies vegetales identificadas en nuestra parcela de manzano, que son especies típicas de los prados de siega de montaña cantábricos, y en los que destacan las especies botón de oro, trébol morado, diente de león, crepis, y llantén menor.

Solo la diversidad (H), de insectos capturados en la variedad “De la Riega” (H = 1,68) fue superior a la obtenida en las variedades “Verdialona” (H = 1,61) y “San Roqueña” (H = 0,79). No existieron diferencias en relación con la riqueza (K) y a la uniformidad de insectos polinizadores entre las variedades estudiadas. Otros estudios, como el realizado por Connor *et al.* (2019), en campos de cultivo en flor en Gran Bretaña en 3 cultivos (manzana, fresa y haba), la diversidad obtenida fue de (H = 2,74), mediante el método de trampa de sartén, y de (H = 1,77) mediante el método del transecto, igual que el realizado en nuestro estudio (Connor *et al.*, 2019). Han sido muchos los estudios que han utilizado el índice de Shannon-Wiener para calcular la diversidad de distintas especies de insectos en diferentes cultivos. Por ejemplo, Bertolacini *et al* (2011) utilizaron este índice para ver la diversidad de sírfidos (*Eristalis* spp.) adultos que podía encontrar en una parcela de leguminosas, H = 2,12 en la zona de plantas espontáneas y de H = 2,13 en la zona de cultivo. Mientras que Miñarro y Dapena (2018) utilizaron este índice para ver los efectos del manejo de la cubierta vegetal en los escarabajos (*Tropinota* spp.) terrestres en un huerto de manzano, en función de la gestión que se había realizado en la cubierta. Miñarro *et al* (2005), describieron la diversidad de los fitoseidos en diferentes cultivos frutales en Asturias, obteniendo diversidades dispares en función del cultivo estudiado, como por ejemplo en el cultivo de castaño (H = 0,66), avellano (H = 0,61), cerezo (H = 0,67), arándano (H = 0,69), manzano (H = 1,1) y kiwi (H = 1,42). La riqueza (K) de insectos obtenida en el estudio de Miñarro *et al.* (2005), en plantaciones de manzano (K = 3), es similar a la obtenida en nuestro estudio en la variedad “San Roqueña” (K = 3.33), mientras que la riqueza obtenida en otros cultivos, castaño (K = 6), avellano (K = 7), cerezo (K = 6), arándano (K = 2), y kiwi (K = 6), son valores superiores a los obtenidos en cualquiera de las 3 variedades de manzano estudiadas en nuestra parcela.

La diversidad (H), la riqueza (K) y la uniformidad de especies vegetales fue superior en la variedad “San Roqueña” en comparación a las otras dos variedades (“Verdialona” y “De la Riega”), entre las cuales también existieron diferencias. En otros estudios, como el realizado por Rodríguez-Fernández (2019) realizado en praderas de siega de la provincia de León, obtuvo una diversidad (H) de 2,75, mientras que en praderas abandonadas obtuvo una diversidad (H) de 3,13. García *et al.* (1998) en la comarca de Sayago (Zamora) observó una menor diversidad de especies vegetales en praderas ubicadas dentro de plantaciones de manzano (H=1,54) entre las que se encontraba la variedad “De la Riega”. Mientras que Mariño *et al.* (1998) obtuvieron un valor para la diversidad de (H = 4,1) en el Parque Nacional de Picos de Europa, siendo un valor mayor a los obtenidos en nuestra parcela de manzanos. Miñarro *et al* (2005), también describieron la diversidad de los fitoseidos en diferentes cultivos frutales en Asturias, obteniendo diversidades dispares en función del cultivo estudiado, como por ejemplo en el cul-

tivo de castaño ($H = 0,66$), avellano ($H = 0,61$), cerezo ($H = 0,67$), arándano ($H = 0,69$), manzano ($H = 1,1$) y kiwi ($H = 1,42$).

6. CONCLUSIONES

La abeja de la miel (*A. mellifera*) son la especie capturada en mayor proporción mediante el método del transepto (39,47% del total). “San Roqueña” fue la variedad en la que se capturó un mayor número de individuos de esta especie.

Los sírfidos (*Eristalis* spp.) (18,43%), las abejas silvestres (17,11%) y los abejorros (*Bombus* spp.) (10,53%), son las otras 3 especies que se capturaron en mayor proporción en las tres variedades, y representaron, junto con las abejas de la miel, el 85,54% del total de insectos capturados.

En las visitas de insectos a las variedades destaca el mayor número de visitas de la abeja de la miel (*A. mellifera*) en los diferentes intervalos del día estudiados (mañana, mediodía y tarde) con respecto al resto de insectos.

El número de sírfidos (*Eristalis* spp.) que visitan las variedades “De la Riega” y “Verdialona” en el intervalo de tarde, son mayor que el número de dípteros y otros insectos que visitaron esas variedades en el mismo intervalo de tiempo.

El número de plantas identificadas de botón de oro (*R. acris*) en las cubiertas vegetales es significativamente mayor al resto de plantas identificadas de otras especies vegetales.

En la cubierta vegetal de la variedad “De la Riega” se identifican un mayor número de plantas de la especie botón de oro (*R. acris*).

Comparando las plantas identificadas de una misma especie entre las distintas variedades estudiadas, destaca la presencia de trébol morado (*T. pratense*) y falsa ortiga (*L. maculatum*) en la variedad “Verdialona”, mientras que las especies margarita (*B. perennis*) y verónica (*V. chamaedrys*) son mayoritarias en la variedad “San Roqueña”.

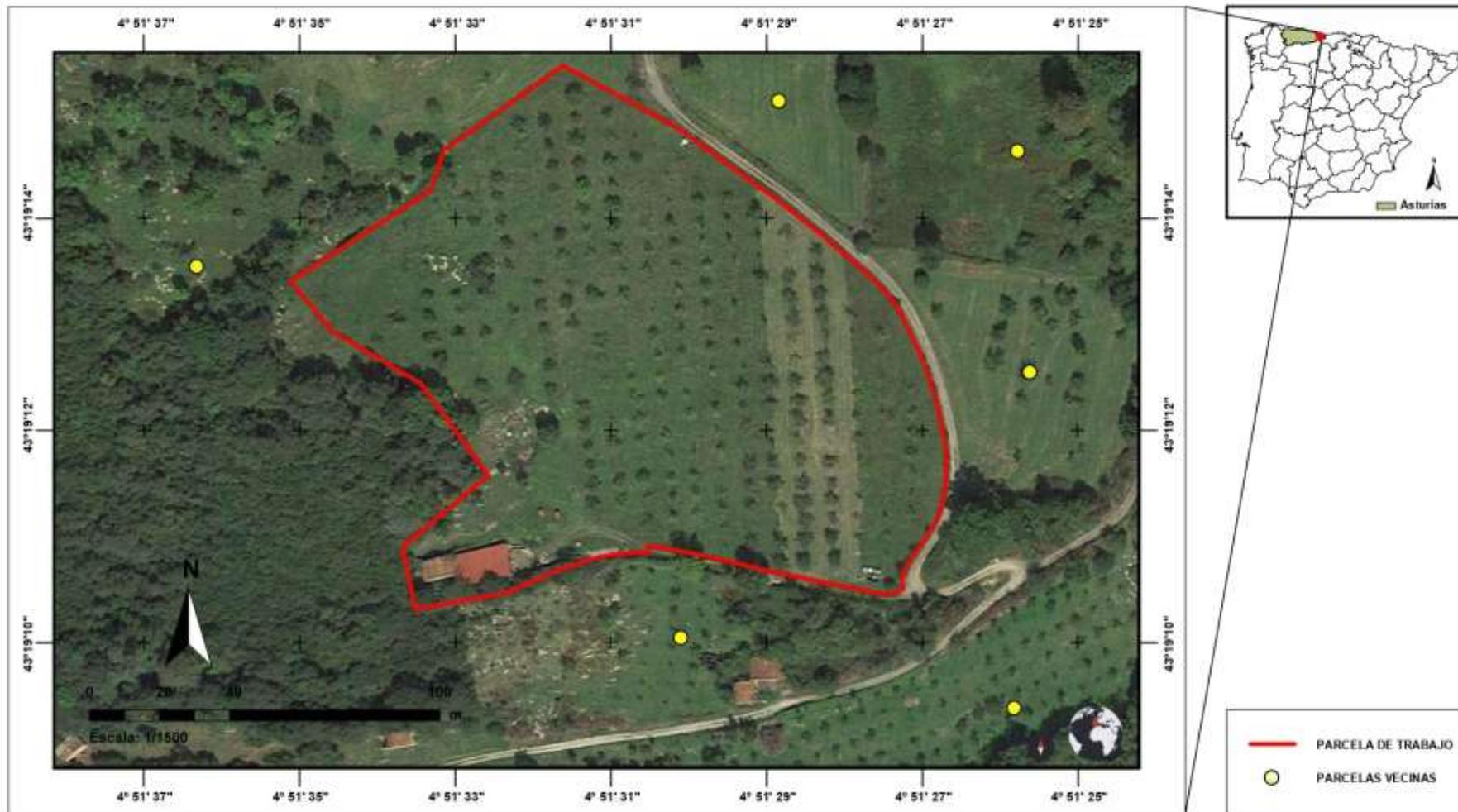
Las especies botón de oro (57,10%), trébol morado (10,66%) y verónica (10,15%), son los 3 grupos de especies que se identifican en mayor proporción, y representan el 77,91% del total de especies identificadas.

La diversidad de insectos capturados en la variedad “De la Riega” ($H = 1,68$) es superior a la obtenida en las variedades “Verdialona” ($H = 1,61$) y “San Roqueña” ($H = 0,79$).

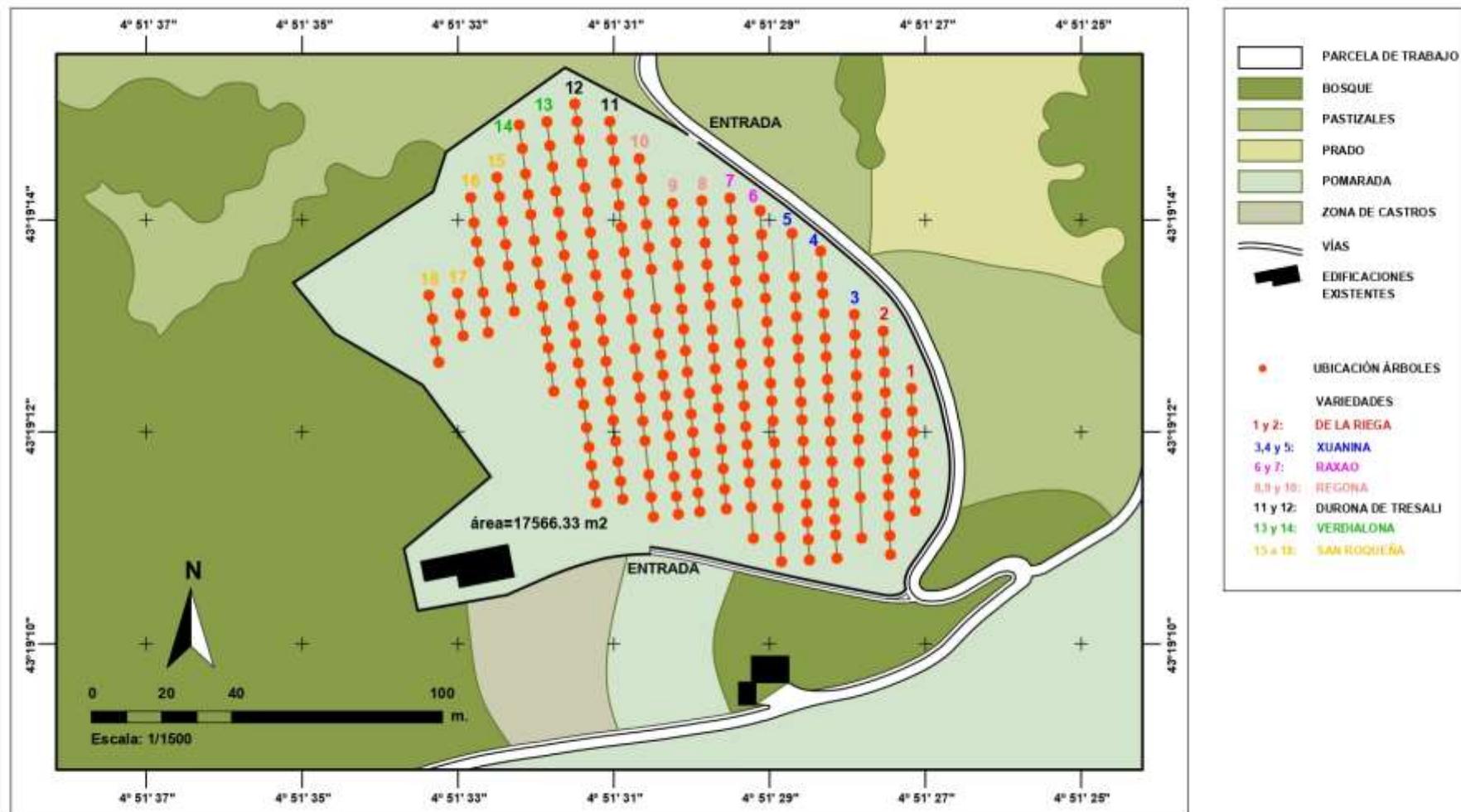
La diversidad (H), riqueza (K) y uniformidad (E) de especies vegetales son significativamente superiores en la variedad “San Roqueña” en comparación a las otras dos variedades de manzano estudiadas.

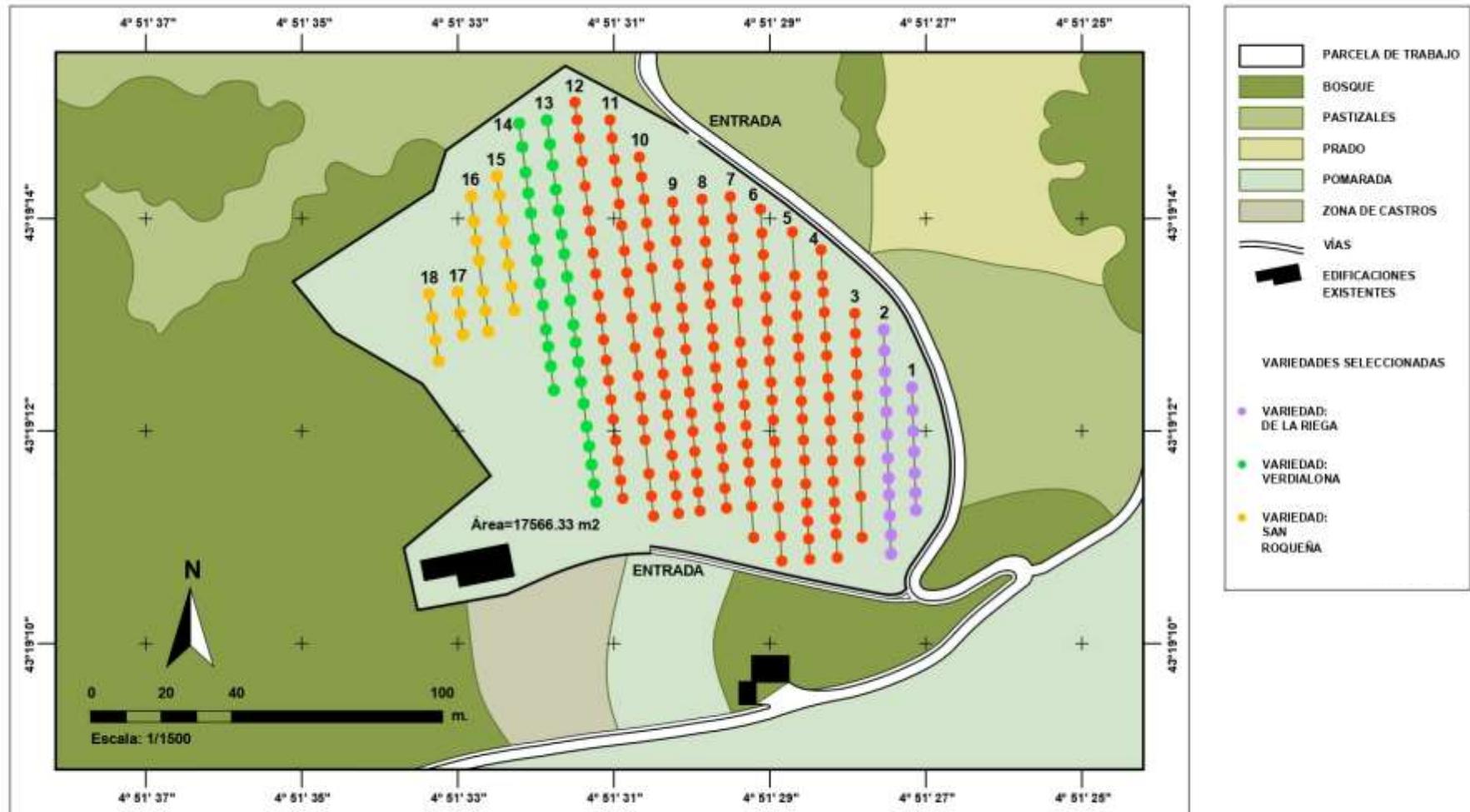
7. PLANOS

- Plano 1: Localización del estudio.
- Plano 2: Variedades de la plantación.
- Plano 3: Variedades seleccionadas.
- Plano 4: Muestreos y observaciones.

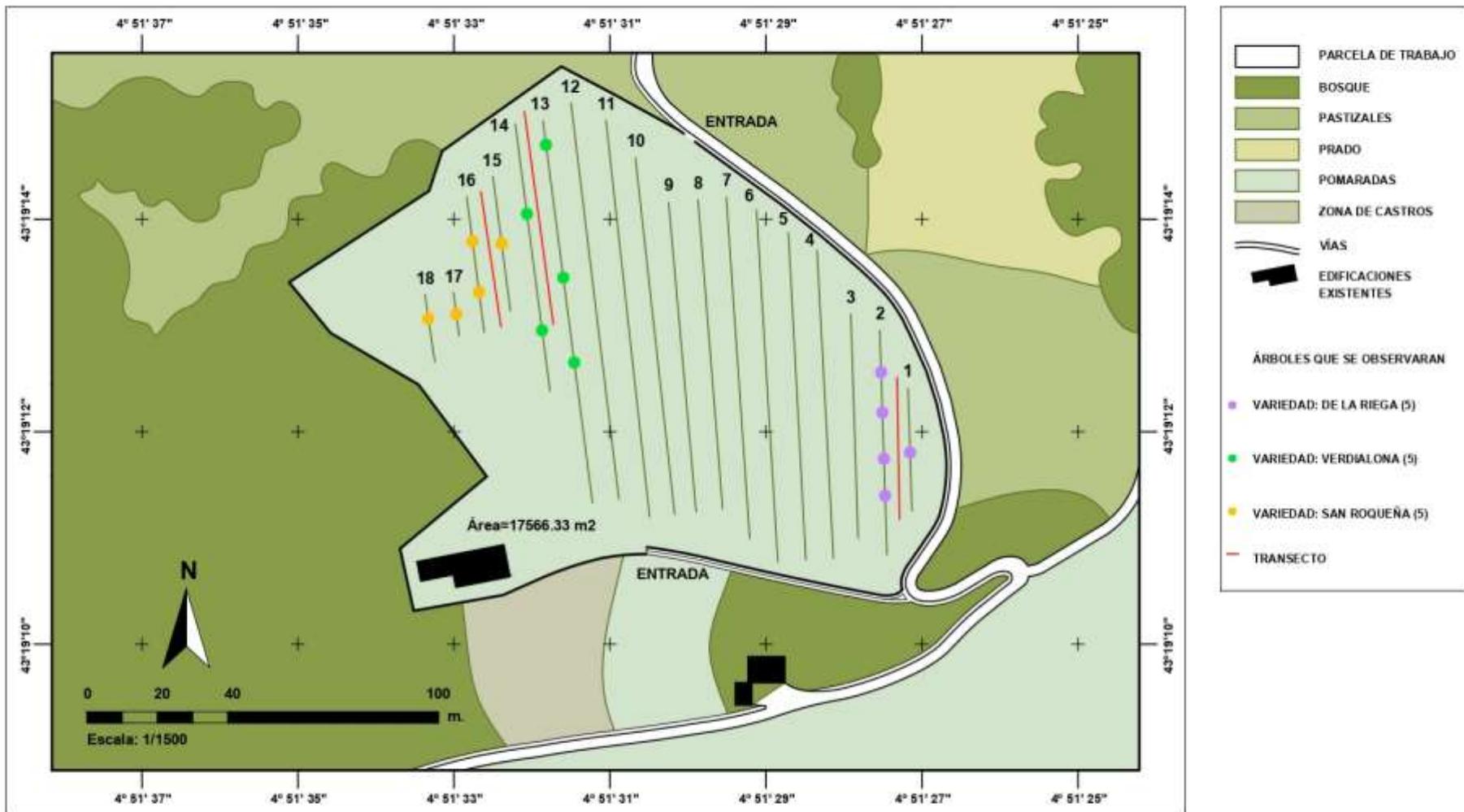


UNIVERSIDAD DE LEÓN			
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRARIA Y FORESTAL			
Estudio de la polinización y manejo de la biodiversidad de una plantación de manzana de sidra en la localidad de Asiego (Cabrales-Asturias)			
PROYECTO FIN DE GRADO			
PLANO DE	LOCALIZACIÓN ZONA DE ESTUDIO		
ESCALA	1:1500	El alumno	Plano Nº
FECHA	MAYO-2022	Firmado Ruben, Torre, Martínez.	1





UNIVERSIDAD DE LEÓN			
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRARIA Y FORESTAL			
Estudio de la polinización y manejo de la biodiversidad de una plantación de manzana de sidra en la localidad de Astiego (Cabrales-Asturias)			
PROYECTO FIN DE GRADO			
PLANO DE	VARIEDADES SELECCIONADAS		
ESCALA	1:1500	El alumno	Plano N°
FECHA	MAYO-2022	Firmado Ruben, Torre, Martínez.	3



UNIVERSIDAD DE LEÓN			
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRARIA Y FORESTAL			
Estudio de la polinización y manejo de la biodiversidad de una plantación de manzana de sidra en la localidad de Asejo (Cabrales-Aslurias)			
PROYECTO FIN DE GRADO			
MUESTREOS Y OBSERVACIONES			
PLANO DE	El alumno		
ESCALA	1:1500	Ruben, Torre, Martínez,	Plano 1º
FECHA	MAYO-2022	Firmado	4

8. AGRADECIMIENTOS.

A mis tutores Álvaro Rodríguez González y Pedro A. Casquero Luelmo, por su paciencia y por preocuparse en todo momento para que realizara un buen trabajo, a la Sidrería Casa Niebro por cederme las plantaciones para hacer el trabajo de fin de grado y especialmente a Marcos Miñaro, Investigador del SERIDA, por aportarme ideas e información, pero sobre todo a mi familia y novia por apoyarme en todo momento para llegar donde estoy ahora.

“Lo que cuesta es lo que presta”

9. BIBLIOGRAFIA.

Aguado-Martín, L.O., Fereres-Castiel, A. y Viñuela-Sandoval, E. (2015) *Guía de campo de los polinizadores de España*. Madrid. Mundi-Prensa.

Asociación de Criadores de Oveja Xalda (2022) página web de la Asociación de Criadores de Oveja de Xalda. Disponible en: <https://www.xalda.com/> (Accedido: 11 marzo 2022).

Bárbara, D. (2008) “El lobo desaparece del Cuera”. *La Nueva España*. Disponible en: <https://www.lne.es/oriente/2008/01/27/lobo-desaparece-cuera-21761786.html> (Accedido el 3 de abril de 2022).

Beato-Bergua, S., Marino Alfonso, J.L., Poblete Piedrabuena, M. Á. y Rodríguez Berdasco, J. M. (2020). “Los pastizales altimontanos y subalpinos de los Puertos del Aramo (Asturias)”. En Carracedo, V.; García-Codron, J.C.; Garmendia, C.; Rivas, V. (Eds.), *Conservación, Gestión y Restauración de la Biodiversidad. XI Congreso Español y I Congreso Iberoamericano de Biogeografía*. Santander (España), 22-25 de junio. Santander: Asociación de Geógrafos Españoles (AGE): pp. 459-46

Bertolaccini, I., Núñez-Pérez, E. y Tizado E.J. (2012) "Diversidad y proporción sexual de Syrphidos en cultivo de leguminosas y plantas espontáneas en León (España)", pp. 99–107.

Disponible

https://www.researchgate.net/publication/258105066_Diversidad_y_proporción_sexual_de_Syrphidae_en_cultivos_de_leguminosas_y_plantas_espontáneas_en_León_España (Accedido: 15 de junio 2022)

Blitzer, E.J., Gibbs, J., Park, M.G. y Danforth, B.N. (2016) “Pollination services for apple are dependent on diverse wild bee communities”, 221, pp. 1-7. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.004> (Accedido: 12 de marzo 2022).

Blog oficial de turismo Asturias (2022) *Página web de Sociedad Pública de Gestión y Promoción Turística y Cultural del Principado de Asturias*. Disponible en:

<https://www.turismoasturias.es/blog/-/blogs/asi-es-asiegu-pueblo-ejemplar-de-asturias-2019> (Accedido: 3 de marzo).

Principado de Asturias y de la provincia (1994) Decreto 38/1994, de 19 de mayo que desarrolla el "Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de Asturias" (PORN). *Boletín Oficial Principado de Asturias*, (152). Disponible en: <https://www.eia.es/wp->

content/uploads/2018/05/Decreto-38_1994-plan-ordenacion-principado.pdf (Accedido: 3 de abril de 2022).

Campbell, A.J., Wilby, A., Sutton, P. y Wäckers, F.L. (2017) “Do sown flower strips boost wild pollinator abundance and pollination services in a spring-flowering crop?. A case study from UK cider apple orchards”, 239, pp. 20–29. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.005> (Accedido: 12 de marzo 2022).

Connor, R.S.O., Potts, G., Kunin, W.E., Garratt, M.P.D., Roy, H.E., Andrews, C., Jones, C.M., Morris, R.K.A., Carvell, C., Peyton, J.M., Savage, J., Harvey, M.C., Roberts, S.P. M., Wright, I. y Vanbergen, A.J. (2019) "Monitoring insect pollinators and flower visitation : The effectiveness and feasibility of different survey methods". Disponible en: https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/2041210X.13292?casa_token=VtIsios6nScAAAAA%3AsQo6fQlvpVb2MeBUtLMcUkw72LSvOupmDfLbC0et2NlvKtdILGfzH_2iw03zJA5GyzLM3UMYHNAhcDI (Accedido: 15 de junio 2022).

Clima Arenas de Cabrales. (2022) *Página web de Climate-Data.org AM OP/ OpenStreetMap*. Disponible en: <https://es.climatedata.org/europe/espana/principado-de-asturias/arenas-de-cabrales-100397/> (Accedido el 5 de mayo 2022).

De la Fuente-García, V. y Ortuñez-Rubio, E. (1998) Biosistemática de la sección “Festuca” del género “Festucal.” Poaceae en la Península Ibérica. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid

Dapena, E. (1993) “El cultivo del manzano (I y II)”, en *Sidra y Manzana en Asturias*. Oviedo, Prensa Asturiana.

Dapena de la Fuente, E. (1997) *Comportamiento agronómico y tecnológico de las variedades de manzano asturianas*. Tesis doctoral de la Universidad de Oviedo. Disponible en: <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref=180312> (Accedido: 22 de abril de 2022).

Dapena de la Fuente, E. y Blázquez-Nogueiro, D. (1998) “Nuevas plantaciones de manzano de sidra”. *Tecnología Agroalimentaria. CIATA. Edición especial*. Disponible en: <http://www.serida.org/pdfs/313.pdf> (Accedido: 22 de abril de 2022).

Dapena de la Fuente, E. y Blázquez Nogueiro, M.D. (2009) *Descripción de las variedades de manzana de la D.O.P.* Serida. Disponible en: <http://www.serida.org/pdfs/4071.pdf> (Accedido: 22 de abril de 2022).

Datos climáticos y meteorológicos históricos simulados para Las Arenas de Cabrales. (2022) *Página web Metoblue.com.* Disponible en: https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/las-arenas-de-cabrales_espa%C3%B1a_3119030 (Accedido el 5 de mayo 2022).

Dubois, L. (1826) “Memoire sur l’origine et l’histoire du pommier, du poirier et des cidres”, *Archives de la Normandie*. Ed. Frère Caen. pp. 61-96.

Duval, L. (1895). *Essai historique sur le cidre et le poiré*. Paris: Octave Doin.

FAO. (2022) “*Structural data from agricultural censuses*”. *FAOSTAT Analytical Brief* 33 Disponible en: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb9439en> (Accedido: 23 de abril 2022).

Fernández-Prieto, J.A., Cires, E., Bueno, A., Vazquez, V.M. y Nava, H. (2014) Catálogo de las plantas vasculares del Principado de Asturias. Gijón: Documentos del Jardín Botánico Atlántico.

Fründ, J., Linsenmair, K.E. y Blüthgen, N. (2010) "Pollinator diversity and specialization in relation to flower diversity", (February), pp. 1581-1590. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1600-0706.2010.18450.x> (Accedido: 23 de Mayo 2022)

Garibaldi, L.A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M.A., Bommarco, R., Cunningham, S.A. (2013) “Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance”. *Science*, 339 (6127), pp. 1608-1611. Disponible en: <https://doi.org/10.1126/science.1230200> (Accedido: 13 de abril 2022).

Garratt, M.P., Breeze, T.D., Jenner, N., Polce, C., Biesmeijer, J.C. y Potts, S.G. (2014). “Avoiding a bad apple: insect pollination enhances fruit quality and economic value”. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 184:34-40. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3990452/> (Accedido: el 15 de abril 2022).

Garratt, M.P.D., Breeze, T.D., Boreux, V., Fountain, M.T., McKerchar, M., Webber, S.M., Coston, D.J., Jenner, N., Dean, R., Westbury, D.B., Biesmeijer, J.C. y Potts, S.G. (2016) “Apple pollination: demand depends on variety and supply depends on pollinator identity”. *PloS one*, 11 (5). Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153889> (Accedido: 15 de abril 2022).

Hancock, J.F., Luby, J.J., Brown, S.K. y Lobos, G.A. (2008) “Apples ” en Hancock, J.F. (ed) *Temperate fruit crop breeding*. Springer Dordrecht, pp. 1-38. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6907-9_1 (Accedido: 16 de abril 2022).

Harris, S.A., Robinson, J.P. y Juniper, B.E. (2002) “Genetic clues to the origin of the apple”. *Trends in Genetics* 38, 6, pp. 426-430. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0168-9525\(02\)02689-6](https://doi.org/10.1016/S0168-9525(02)02689-6) (Accedido: 24 de abril 2022).

Honkanson, S.C., McFerson, J.R., Forsline, P.L., Lamboy, W.F., Luby, J.J., Djungaliev, A. D., y Aldwinckle, H.S. (1997) “Collecting and managing wild *Malus germplasm* in its center of diversity”. *HortScience*, 32(2), pp. 173-176. Disponible en: <https://journals.ashs.org/downloadpdf/journals/hortsci/32/2/article-p173.pdf> (Accedido: 16 de abril 2022).

Jacob-Remacle, A. (1989) “Comportement de butinage de l’abeille domestique et des abeilles sauvages dans des vergers de pommiers en Belgique”. *Apidologie*, 20, (4), pp. 271-285. Disponible en: <https://doi.org/10.1051/apido:19890401> (Accedido: 16 de abril 2022).

Janick, J., Cummins, J. N., Brown, S. K. y Hemmat, M. (1996) “Apples” en *Fruit Breeding*, 1, pp. 1-77. Disponible en: <https://www.hort.purdue.edu/newcrop/pri/chapter.pdf> (Accedido: 16 de abril 2022).

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

Mariño, A.L., De Luis, E., Fillat, F. y Bermúdez, F.F. (1998) “Efectos del manejo sobre la vegetación establecida y potencial en prados de montaña”, Actas de la XXXVIII Reunión Científica de la SEEP (Soria), pp. 97-99.

Mallinger, R.E. y Gratton, C. (2015) “Species richness of wild bees, but not the use of managed honeybees, increases fruit set of a pollinator dependent crop”. *Journal of Applied Ecology*, 52 (2), pp. 323-330. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12377> (Accedido: 18 de marzo 2022).

Martins, K.T., Gonzalez, A., y Lechowicz, M.J. (2015) “Pollination services are mediated by bee functional diversity and landscape context”. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 200, pp. 12-20. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.018> (Accedido: 15 de marzo 2022).

Memoria Anual de Actividades. (2020) *Página web del Consejo Regulador de la DOP Sidra de Asturias*. Disponible en: <https://sidradeasturias.es/memoria-anual/> (Accedido: 12 de abril 2022).

Miñarro, M. y Dapena, E. (2003) "Effects of groundcover management on ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in an apple orchard", 23, pp. 111–117. Disponible en : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139303000258> (Accedido: 1 de mayo 2022)

Miñarro, M., Barros, R., Ferragut, F. y Dapena, E. (2005) "Fitoseidos en plantaciones frutales experimentales de arándano , avellano , castaño , cerezo , kiwi y manzano en Asturias", pp. 493–501. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_plagas/BSVP-31-04-493-501.pdf (Accedido: 15 de junio 2022)

Miñarro, M. (2015) “Contribución de los insectos a la polinización del manzano”. *Revista de Fruticultura*, 37, pp. 4-8. Disponible en: <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=6725&anyo=> (Accedido: 15 de mayo 2022).

Miñarro-Prado, M., García- García, D, y Martínez- Sastre, R. (2018) “Biodiversidad de polinizadores en el manzano de sidra”. *Tecnología agrícola*, 21, pp. 17-24. Disponible en: <http://www.serida.org/pdfs/7455.pdf> (Accedido: 1 de mayo 2022)

Moreno, J.C., Pataro, L. y Pajarón, S. (2015) "Atlas de los Pteridofitos de la Península Ibérica y Baleares.", *Acta Botánica Malacitana*, 40, pp. 5–55

Mostacedo, B. y Fredericksen, T. (2000) *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis*. Bolivia: El país. Disponible en https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNACL893.pdf (Accedido: 18 de marzo 2022).

Observatorio Biodiversidad Agraria (2021) Guía de campo de polinizadores.

Park, M.G., Raguso, R.A., Losey, J.E. y Danforth, B.N. (2016) “Per-visit pollinator performance and regional importance of wild *Bombus* and *Andrena* (*Melandrena*) compared to the managed honey bee in New York apple orchards”. *Apidologie*, 47, pp. 145-160. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0383-9> (Accedido 15 de marzo 2022).

Rader, R., Bartomeus, I., Garibaldi, L.A., Garratt, M.P., Howlett, B.G., Winfree, R. (2016) “Non-bee insects are important contributors to global crop pollination”. *Proceedings of*

the National Academy of Sciences, 113 (1), pp.146-151. Disponible en: <https://www.pnas.org/doi/pdf/10.1073/pnas.1517092112> (Accedido: 15 de abril 2022).

Reiné, R., Ascaso, J., Ferrer, C., Yera, J., y Chocarro, C. (2009). “Hábitat 6510 Prados de siega de montaña (Arrhenatherion)”. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/312232928_Habitat_6510_Prados_de_siega_de_montana_Arrhenatherion. (Accedido: 20 de junio 2022).

Rodríguez-Fernández, M. (2019) Estudio comparativo de la diversidad florística de los prados de siega y diente en el uso y abandonados en el Valle de Fornel. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de León.

Russo, L., Park, M.G., Blitzer, E.J. y Danforth, B.N. (2017) “Pollination services for apple are dependent on diverse wild bee communities”. *Proceedings of the Royal Society B*, 282: 20150299. Disponible en: <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.0299> (Accedido: 26 de marzo 2022).

Sidra de Asturias. Denominación de origen protegida. (2020). *Página web del Consejo Regulador de la DOP Sidra de Asturias*. Disponible en: <https://sidradeasturias.es/variedades/> (Accedido: 16 de marzo de 2022).

Sistema de información territorial e infraestructura de datos espaciales de Asturias. (2007). *Página web Internet Archive Wayback Machine*. Disponible en: <https://web.archive.org/web/20050306082420/http://tematico.princast.es/mediambi/siapa/web/espacios/espacios/pp/cuera> (Accedido: 3 de abril 2022).

Thomson, J. y Goodell, K. (2001) “Pollen removal and deposition by honeybee and bumblebee visitors to apple and almond flowers”. *Journal of Applied Ecology*, 38 (5), pp. 1032-1044. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/827241> (Accedido: 17 de marzo 2022).

Vicens, N. y Bosch, J. (2000a) “Weather-dependent pollinator activity in an apple orchard, with special reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae)”. *Environmental Entomology*, 29 (3), pp.413-420. Disponible en: <https://academic.oup.com/ee/article-abstract/29/3/413/445008> (Accedido: 25 de marzo 2022).

Vicens, N. y Bosch, J. (2000b). “Pollinating efficacy of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae, Apidae) on ‘Red Delicious’ apple”. *Environmental Entomology*, 29 (2), pp. 235–240. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1093/ee/29.2.235> (Accedido: 25 de marzo 2022).