

Medidas de adaptación al cambio climático de artrópodos beneficiosos en agroecosistemas

CASO PRÁCTICO EN VIÑEDOS Y
HÁBITATS PASCÍCOLAS DE EUSKADI



©

Ihobe, Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoa
Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental

EDITA

Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental
Departamento de Industria, Transición Energética y Sostenibilidad
Gobierno Vasco

Alda. de Urquijo n.º 36-6.ª (Plaza Bizkaia)
48011 Bilbao

www.ihobe.eus

EDICIÓN

Julio 2024

CONTENIDO

Este documento ha sido elaborado por NEIKER, en colaboración con BC3, para Ihobe, S.A., dentro de la convocatoria Klimatek I+B+G para la realización de proyectos I+D, Innovación y demostración en adaptación al cambio climático.

Índice

| | |
|---|-----------|
| Resumen ejecutivo | 4 |
| 01. Introducción | 6 |
| 02. Objetivo y alcance del trabajo | 9 |
| 03. Metodología | 10 |
| 3.1. Revisión bibliográfica | |
| 3.2. Enriquecimiento de la revisión con datos de campo locales | |
| 3.3. Dificultades encontradas | |
| 04. Relación de medidas de adaptación para artrópodos beneficiosos: revisión bibliográfica | 12 |
| 4.1. En agroecosistemas | |
| 4.2. En viñedos y hábitats pascícolas | |
| 05. Análisis de la información obtenida de los estudios de referencia | 34 |
| 5.1. El cambio climático en la CAPV | |
| 5.2. El impacto del cambio climático en los halíctidos | |
| 5.3. El impacto del cambio climático en los taquinidos | |
| 5.4. Conclusiones del análisis realizado | |
| 06. Relación de medidas aplicables en la capv para el fomento de artrópodos beneficiosos | 40 |
| 6.1. En viñedos | |
| 6.2. En hábitats pascícolas | |
| 07. Bibliografía | 44 |

Resumen ejecutivo

Este proyecto se enmarca en la iniciativa “KLIMATEK: Proyectos I+D, Innovación y Demostración en Adaptación al Cambio Climático en Euskadi”, la cual se puso en marcha en 2016 con el objeto de desarrollar un proceso de carácter innovador de gobernanza e implementación de políticas ambientales en el ámbito de la adaptación al cambio climático.

En la actualidad, el marco de la Ley 1/2024 de Transición Energética y Cambio Climático y del Plan de Transición Energética y Cambio Climático 2021-2024, establece que desde la Administración Pública Vasca se deben impulsar proyectos que contribuyan a la innovación y demostración en materia de adaptación al cambio climático, generando conocimiento avanzado en esta materia. El desarrollo de una gobernanza climática efectiva debe basarse en el conocimiento que derive de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación.

La Ley 1/2024 tiene como una de sus finalidades la educación, la investigación y la difusión de la información en relación con su objeto, desplegándose esta finalidad a través de la obligación de generar conocimiento en los diferentes ámbitos de la transición energética y Cambio Climático, y en especial en los artículos 52 y 53 relativos al conocimiento y la investigación.

El Plan de Transición Energética y Cambio Climático 2021-2024, por su parte, en su línea de actuación 7, incluye fomentar la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación. De acuerdo con lo recogido en esta línea de actuación, se pretende aprovechar las oportunidades

del cambio climático y estimular una industria orientada a la generación de nuevos productos, nuevos procesos productivos y servicios ligados a la adaptación, así como impulsar la generación y transferencia de conocimiento científico.

Los artrópodos beneficiosos desempeñan un papel importante en el éxito ecológico y económico de los ecosistemas, ya que proporcionan una gran cantidad de servicios ecosistémicos. Los polinizadores polinizan en torno al 80% de las plantas con flores y la mayoría de los principales cultivos destinados a la alimentación humana (Klein et al. 2007, McCravy 2018). A su vez, los depredadores y parasitoides actúan como enemigos naturales de múltiples plagas, ayudando al control biológico de las mismas (McCravy 2018). Por todo ello, la disminución de las poblaciones de artrópodos observada en las últimas décadas supone una amenaza para el correcto funcionamiento de los ecosistemas, así como para la seguridad alimentaria. Como causa de su disminución podemos encontrar diversos fenómenos, como la pérdida de hábitat y la intensificación de la agricultura, por ejemplo. El cambio climático, por su parte, está reconocido ya como una de las mayores amenazas para la biodiversidad (Volk and Irish 2023), pero su impacto es todavía difícil de predecir.

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), ya se ha producido un cambio climático sustancial desde 1850 (IPCC 2023). En los próximos años, además, más allá del aumento de la temperatura media mundial, se espera que las

temperaturas extremas sean más habituales, y que los eventos meteorológicos extremos aumenten también en frecuencia e intensidad. Esto podría afectar negativamente a la seguridad alimentaria, puesto que alteraría la fenología y la distribución de plantas y animales, desequilibrando las interacciones entre las plantas y los polinizadores, o entre plantas, artrópodos perjudiciales y artrópodos beneficiosos (Bartomeus et al. 2011, Settele et al. 2016, Volk and Irish 2023).

En la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) las proyecciones de cambio climático predicen una progresiva mediterraneización del clima (Ihobe 2021b). A principios del siglo XXI, el macrobioclima predominante en la CAPV era el templado, seguido del templado submediterráneo y con la presencia del mediterráneo únicamente en el sur de Araba (Ihobe 2021b). A corto-medio plazo, sin embargo, se espera que la variante submediterránea alcance gran parte del noroeste de Euskadi, que el macrobioclima mediterráneo ocupe la práctica totalidad de Araba y que tan solo una pequeña parte del territorio de Gipuzkoa conserve el macrobioclima templado (Ihobe 2021b), lo que podría representar una seria amenaza para el éxito tanto ecológico como económico de nuestros agroecosistemas.

Tiene como objetivo general la identificación de medidas para la conservación de los artrópodos beneficiosos de diferentes agroecosistemas de la CAPV en un escenario de cambio climático, poniendo el foco en los polinizadores y fauna auxiliar de viñedos y hábitats pascícolas

Dicho trabajo, además, se complementa con la elaboración de un segundo informe técnico basado en datos de campo tomados en viñedos y hábitats pascícolas del paisaje agrario vasco (Ihobe 2024; elaborado por NEIKER y BC3).

Para el documento que a continuación se presenta, se ha realizado una revisión bibliográfica que integra los resultados y conclusiones de 113 fuentes diferentes, generando con ellas una colección de medidas para la adaptación de los artrópodos beneficiosos al cambio climático. Como resultado de todo ello, se identifican 8 bloques de medidas aplicables en la CAPV y destinadas a atenuar el efecto del cambio climático sobre los agroecosistemas analizados. Son los siguientes:

1. Monitoreo y seguimiento
2. Conservación de hábitats
3. Creación de hábitats adecuados
4. Fomento de la conectividad de hábitats
5. Aumento de la diversidad paisajística
6. Uso de prácticas agrícolas sostenibles
7. Control de especies exóticas invasoras
8. Educación y concienciación de la ciudadanía

Esta revisión se ha enriquecido, además, con las principales conclusiones del ya mencionado trabajo de campo (Ihobe 2024; elaborado por NEIKER y BC3) llevado a cabo paralelamente en viñedos y hábitats pascícolas. Asimismo, con el propósito de identificar, seleccionar y proponer las medidas de adaptación más apropiadas, se ha llevado a cabo una revisión de la literatura respecto a los efectos que el cambio climático tiene sobre los artrópodos beneficiosos, centrando el análisis en aquellas familias de artrópodos más abundantemente observadas en el paisaje agrario vasco (Ihobe 2024; elaborado por NEIKER y BC3), concretamente, la familia de polinizadores Halictidae y la familia de fauna auxiliar Tachinidae. El análisis realizado revela cómo las alteraciones en los niveles de ozono, en el ambiente, o las altas temperaturas y el cambio de régimen de precipitaciones asociado al cambio climático, entre otros, pueden poner en riesgo las poblaciones de halictidos y taquinidos en los agroecosistemas de la CAPV. Esto podría derivar en el desequilibrio de ambas comunidades y poner en riesgo la provisión de servicios ecosistémicos como la polinización y el control biológico de plagas, siendo, por lo tanto, necesaria la implementación de medidas para la adaptación de estos grupos de artrópodos.

01

Introducción

1.1. Los artrópodos beneficiosos. Importancia y amenazas

Los artrópodos conforman el filo más grande y diverso del reino animal, representando más del 80% de todas las especies animales conocidas. Presentan una amplia variedad de modificaciones y adaptaciones a todo tipo de condiciones, medios y hábitats, y desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento de los ecosistemas.

Algunos taxones se consideran perjudiciales, pues son causantes de plagas en cultivos agrícolas y forestales, parásitos o vectores de enfermedades de importancia médica y veterinaria (Franklinos et al. 2019, Folly et al. 2020, Edde 2021). Otros, sin embargo, desempeñan un papel importante en el éxito ecológico y económico de los ecosistemas. Estos últimos son conocidos como artrópodos beneficiosos (McCravy 2018).

Los artrópodos beneficiosos desempeñan una amplia gama de funciones, proporcionando una gran cantidad de servicios ecosistémicos. Los polinizadores polinizan en torno al 80% de las plantas con flores y la mayoría de los principales cultivos destinados a alimentación humana (Klein et al. 2007, McCravy 2018). Los depredadores y parasitoides actúan como enemigos naturales de múltiples plagas, ayudando al control biológico de las mismas (McCravy 2018). Los necrófagos, coprófagos y detritívoros participan en el proceso de descomposición

de cadáveres, excrementos y restos vegetales, lo cual favorece el correcto funcionamiento del ciclo de la energía del que dependen los ecosistemas (Galante and Marcos 1997). Muchas especies representan la base de la cadena trófica, ya que sirven como alimento para otros animales, incluyendo los humanos, e incluso las plantas (Tang et al. 2019, Reeves et al. 2021). Es por todo ello por lo que la disminución de las poblaciones de artrópodos observada en diferentes partes del mundo en las últimas décadas supone una amenaza para el funcionamiento de los ecosistemas, previéndose graves consecuencias tanto ecológicas como económicas.

El declive experimentado por las poblaciones de artrópodos está estrechamente relacionado con la intensificación de la agricultura, que ha mejorado el rendimiento de los cultivos, pero en detrimento del medio ambiente (Blaise et al. 2022). La homogeneización del paisaje, la pérdida de hábitats naturales y seminaturales, la toxicidad de los insumos agrícolas y la mecanización de agricultura son algunas de las principales amenazas que se ciernen actualmente sobre las comunidades de artrópodos (Blaise et al. 2022). A su vez, el cambio climático está reconocido como una de las mayores amenazas para la biodiversidad, y los artrópodos no son inmunes a su impacto.

1.2. Los agroecosistemas. Implicaciones para los artrópodos

El paisaje agrario representa más del 40% de las zonas terrestres libres de hielo a nivel global (Foley et al. 2011). Siendo el resultado de la integración del ser humano en el medio natural, dicho paisaje ha confeccionado distintos ecosistemas agrícolas, conocidos como agroecosistemas, que se orientan hacia el aprovisionamiento de recursos. La conservación de los agroecosistemas, así como de su biodiversidad, es la garantía de su correcto funcionamiento y del suministro de los bienes y servicios que generan el bienestar de la población.

La biodiversidad de un agroecosistema es esencial debido a su valor intrínseco, pero también porque influye en cantidad de funciones ecológicas que son importantes para la sostenibilidad del propio cultivo. Los artrópodos beneficiosos, tales como polinizadores, descomponedores de materia orgánica o los enemigos naturales de plagas, entre otros, desempeñan un papel importante en el éxito económico y ecológico de los agroecosistemas. Sin embargo, los agroecosistemas a menudo constituyen ambientes desfavorables para los artrópodos (McCravy 2018). Esto es en parte debido a que durante mucho tiempo la conservación de la biodiversidad y la productividad de los agroecosistemas se han considerado caminos mutuamente excluyentes.

A diferencia de lo que cabría esperar, investigaciones recientes sugieren que, fuera de las áreas naturales protegidas, los paisajes agrícolas suponen grandes oportunidades para preservar la biodiversidad (Magrath et al. 2023). Por ello, con el fin de detener la pérdida de biomasa y diversidad de artrópodos, así como de los servicios que proveen, actualmente existe una gran variedad de medidas dirigidas hacia la búsqueda de un equilibrio entre el aumento de la sostenibilidad de los agroecosistemas y la conservación de su biodiversidad (Blaise et al. 2022).

1.3. El impacto del cambio climático

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), ya se ha producido un cambio climático sustancial desde 1850 (IPCC 2023). A medida

que aumenta la temperatura media mundial, se espera que las temperaturas extremas sean más habituales, y que los eventos meteorológicos extremos aumenten también en frecuencia e intensidad. Según su último informe (IPCC 2023), como consecuencia del incremento progresivo de las emisiones anuales medias de gases de efecto invernadero, la temperatura de la superficie mundial ha aumentado 1,1 °C en el periodo 2011-2020 con respecto al periodo 1850-1900, y eventos extremos tales como olas de calor, sequías, precipitaciones fuertes o ciclones tropicales son fuente, no solo de mortalidad y morbilidad humana, sino que también de inseguridad alimentaria. En este sentido, el informe señala el impacto del cambio climático en la productividad agrícola, afirmando que, si bien globalmente ésta ha aumentado, el cambio climático ha ralentizado su crecimiento en los últimos 50 años a nivel mundial, con impactos negativos principalmente en regiones de latitudes medias y bajas.

El cambio climático está afectando a la fenología y a la distribución de plantas y animales, y potencialmente podría alterar las interacciones entre especies y los procesos de los ecosistemas (Volk and Irish 2023). Las interacciones entre las plantas y los polinizadores, así como el equilibrio entre plantas, artrópodos perjudiciales y beneficiosos pueden verse fácilmente perturbados por condiciones climáticas alteradas (Bartomeus et al. 2011, Settele et al. 2016, Volk and Irish 2023). El incremento de las temperaturas produce una asincronía entre la floración y la actividad de los polinizadores (Obeso and Herrera 2018), provocando un fuerte impacto sobre los mismos y los servicios que proporcionan. Este incremento de temperaturas afecta también a enemigos naturales, lo que hace que el control biológico de plagas mediante artrópodos beneficiosos se vuelva más complejo y menos eficaz (Volk and Irish 2023). Además, las precipitaciones extremas y las inundaciones resultantes podrían contribuir al declive de muchas especies de artrópodos que anidan en el suelo, como los abejorros y muchas especies de abejas (Obeso and Herrera 2018).

La adaptación de los agroecosistemas a nuevos escenarios climáticos es necesaria para atenuar los impactos del cambio climático sobre su funcionamiento y sobre la biodiversidad que albergan. De hecho, La Política Agraria Común (PAC) recoge en su plan estratégico 2023-2027 la necesidad de hacer frente al reto ambiental definiendo tres pilares principales desde el que abordarlo: reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) derivados de la agricultura y aumentar la fijación de carbono, proteger los recursos naturales del suelo (aumento de la fertilidad, reducción de pesticidas), y conservar la biodiversidad (European Commission 2023). En base a ello, muchos productores ya están adoptando o necesitarán adoptar medidas para favorecer la existencia de cultivos resilientes ante los cambios climáticos locales

o regionales, que mantengan unos niveles deseados de productividad y favorezcan la presencia de artrópodos beneficiosos y sus servicios ecosistémicos asociados (Eigenbrode et al. 2022).

1.4. **Marco del informe**

Este trabajo se ha desarrollado en el marco de la convocatoria de ayudas KLIMATEK 22-23, una iniciativa del Gobierno Vasco impulsada para apoyar proyectos de adaptación al cambio climático.

El proyecto concedido a través de esta convocatoria, titulado “Diversidad de polinizadores en el paisaje agrario vasco. Estudio piloto en viñedos y hábitats adyacentes bajo el contexto del cambio climático”, tiene como objetivo general evaluar, en un contexto de cambio climático, las

interacciones entre las prácticas agrarias, orientadas al mantenimiento del correcto estado sanitario del viñedo, y la biodiversidad de polinizadores, fauna auxiliar y vegetación tanto en viñedos como en hábitats pascícolas circundantes.

Fruto de ese trabajo, se elaboran dos documentos. Por un lado, un informe técnico basado en datos de campo tomados recientemente en viñedos y hábitats pascícolas del paisaje agrario vasco (Ihobe 2024; elaborado por NEIKER y BC3) (en adelante informe de campo), que pretende dar respuesta al objetivo general del proyecto, y por el otro, el documento que a continuación se presenta: una relación de medidas de adaptación al cambio climático de artrópodos beneficiosos en los agroecosistemas. Se trata, este último, de una revisión bibliográfica que incluye referencias actuales recopiladas a nivel internacional, a su vez enriquecida con los resultados obtenidos en campo en el paisaje agrario vasco. El informe de campo está disponible bajo petición en www.ihobe.eus.

02

Objetivo y alcance del trabajo

El objetivo del presente trabajo es la identificación de medidas de adaptación al cambio climático para los artrópodos beneficiosos presentes en los agroecosistemas, de cara a fomentar su resiliencia y favorecer un mejor estado de conservación en este tipo de hábitats.

Para ello, se procede a realizar una revisión bibliográfica, tratando de abarcar tanto un amplio abanico de grupos de artrópodos como de agroecosistemas, pero haciendo especial énfasis en los polinizadores, en la fauna auxiliar, en los viñedos y en los hábitats pascícolas. La búsqueda que aquí se presenta pretende plasmar los principales tipos de medidas que se han llevado a cabo, se están estudiando o se están desarrollando en la actualidad a nivel estatal e internacional, que puedan tener un enfoque de adaptación desde la perspectiva climática y que sean potencialmente implantables en el ámbito territorial de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV).

Adicionalmente, los hallazgos del estudio de campo realizado en viñedos y hábitats pascícolas circundantes de la CAPV (informe de campo) han contribuido a enriquecer este documento.

Metodología

Aunque con este trabajo no se ha pretendido realizar una búsqueda exhaustiva de toda la información existente, cabe destacar que la información recopilada recoge una amplia representación de los diferentes tipos de enfoques que se están implementando para una mejor conservación de los distintos grupos de artrópodos beneficiosos en los agroecosistemas, lo que a su vez contribuye a que sus poblaciones sean más resilientes a los efectos del cambio climático. Además, el monitoreo de artrópodos realizado (informe de campo) complementa la revisión bibliográfica aportando datos de campo actuales y recopilados en el paisaje agrario vasco, lo que permite generar conocimiento sobre las comunidades de artrópodos presentes en nuestro territorio y, a su vez, afinar todavía más una propuesta de medidas que contribuya a integrar las prácticas agrarias con la conservación de la biodiversidad.

3.1. Revisión bibliográfica

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica con el objeto de obtener información sobre la importancia de los artrópodos beneficiosos, así como sus principales amenazas a nivel internacional. También se ha recopilado información sobre el papel de los agroecosistemas en

la conservación de la biodiversidad de artrópodos, y se ha buscado información relacionada con el impacto del cambio climático en las comunidades de artrópodos beneficiosos presentes en los agroecosistemas. Finalmente, se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica para identificar medidas de adaptación al cambio climático que, dirigidas a los artrópodos beneficiosos presentes en los agroecosistemas y potencialmente aplicables en la CAPV, configuren la propuesta de medidas que constituye el presente documento. Esta información se expone en el apartado 4 del presente documento, sección en la que se especifican medidas de adaptación en diversos tipos de agroecosistemas (subapartado 4.1) y, más concretamente, en viñedos y en hábitats pascícolas (subapartado 4.2).

La búsqueda de bibliografía se ha llevado a cabo a través de:

- Bases documentales on-line como ResearchGate¹, Google Académico² o PubMed³ para la búsqueda de artículos científicos e informes técnicos. También se ha utilizado el buscador Google para la detección de iniciativas locales con escasa o nula documentación científica asociada.
- Complementariamente, se han consultado páginas web de entidades y proyectos que trabajan en la

1 <https://www.researchgate.net/> (último acceso: 21/04/2023).

2 <https://scholar.google.es> (último acceso: 21/04/2023).

3 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/> (último acceso: 21/04/2023).

conservación de artrópodos en agroecosistemas, tales como: El Observatorio de la Biodiversidad Agraria⁴, Bee-friendly beef Project⁵ o Butterfly Conservation⁶.

- Además, se han incluido aquellas iniciativas asociadas a entornos agrícolas recopiladas por lhobe en informes previos (lhobe 2021a).

La lectura y revisión crítica de la información obtenida ha permitido seleccionar aquellos trabajos e iniciativas cuyos resultados se traducen en medidas de gestión dirigidas a artrópodos beneficiosos en los agroecosistemas. Finalmente, se han seleccionado 113 ejemplos potencialmente aplicables a la CAPV (con mayor o menor variación metodológica) y con un enfoque climático, si bien este es generalmente indirecto. Dichos ejemplos han sido recogidos en una base de datos y clasificados teniendo en cuenta 8 tipologías de acción: monitoreo y seguimiento, conservación de hábitats, creación de hábitats adecuados, fomento de la conectividad de hábitats, aumento de la diversidad paisajística, uso de prácticas agrícolas sostenibles, control de especies exóticas invasoras, y educación y concienciación de la ciudadanía.

3.2. Enriquecimiento de la revisión con datos de campo locales

El trabajo de campo realizado paralelamente a la revisión bibliográfica ha permitido determinar qué grupos de artrópodos beneficiosos son predominantes en los viñedos y hábitats pascícolas de la CAPV (informe de campo). En base a ello, se ha seleccionado un grupo de polinizadores y de fauna auxiliar para recopilar información acerca de sus requerimientos climáticos y de cómo el cambio climático en Euskadi afectará a sus poblaciones. Esta información es analizada en el apartado 5 del presente documento.

Además, los hallazgos de campo se han utilizado para complementar la revisión bibliográfica, afinando todavía más la relación de medidas aplicables a viñedos y hábitats pascícolas de la CAPV propuesta en el apartado 6.

3.3. Dificultades encontradas

Si bien la revisión bibliográfica refleja la existencia de diversas medidas para el fomento de los artrópodos beneficiosos, en pocos casos están vinculadas a su adaptación al cambio climático o son muy generalistas. Sin embargo, se asume que los efectos positivos de estas medidas refuerzan las poblaciones de artrópodos beneficiosos y, como consecuencia, pueden mejorar su capacidad adaptativa ante el cambio climático. Así, por ejemplo, para evitar la alteración del comportamiento de las abejas halictidas por el aumento de la temperatura de sus nidos en el suelo, medidas que promuevan la conservación de los nidos y la creación condiciones favorables para estos a través de cubiertas vegetales y setos que les ofrezcan sombra pueden resultar de aplicación. Del mismo modo, la conservación de vegetación natural o semi-natural en el entorno podría regular los niveles de dióxido de carbono (CO₂) y ozono (O₃), contribuyendo a garantizar la tasa de supervivencia de las larvas de dípteros taquinidos (fauna auxiliar).

Por otro lado, las medidas/experiencias halladas en la revisión bibliográfica no pertenecen, en la mayoría de los casos, al ámbito de la CAPV. A pesar de ello, se asumen aplicables en el contexto vasco por responder a una problemática similar, o por haber sido testadas en áreas geográficas con las mismas condiciones climáticas, el mismo tipo de hábitat o el mismo manejo del agroecosistema, entre otros.

Finalmente, la información disponible para los distintos bloques de medidas no tiene en todos los casos la misma extensión. Esto es debido a que, si bien hay tipologías de medidas sobre las que se ha investigado y trabajado más, existen otras más novedosas que se encuentran en pleno desarrollo.

4 <https://observatorioagrario.com/descubre-el-oba/> (último acceso: 21/04/2023).

5 <https://beesandbeef.spes.vt.edu/> (último acceso: 21/04/2023).

6 <https://butterfly-conservation.org/> (último acceso: 21/04/2023).

04

Relación de medidas de adaptación para artrópodos beneficiosos: revisión bibliográfica

En este apartado se presentan medidas que, identificadas a través de la revisión bibliográfica realizada, podrían aplicarse a diferentes grupos de artrópodos beneficiosos y que permitirían su adaptación al cambio climático.

En primer lugar, se han identificado medidas para un amplio abanico de agroecosistemas, centrandose posteriormente el análisis en torno a medidas específicas y aplicables en viñedos y hábitats pascícolas.

Las medidas identificadas se han clasificado en ocho bloques diferenciados:

- **Monitoreo y seguimiento:** en este bloque se incluyen aquellas medidas relacionadas con la vigilancia y el seguimiento de las poblaciones de artrópodos para identificar los grupos y las áreas que necesitan especial atención, evaluar la efectividad de otras medidas de adaptación y re/definirlas o ajustarlas en caso de que sea necesario.
- **Conservación de hábitats:** comprende iniciativas de conservación, restauración o mantenimiento de los hábitats naturales o seminaturales presentes o próximos a los entornos agrícolas.
- **Creación de hábitats adecuados:** dado que la existencia de agroecosistemas implica la alteración de los hábitats naturales, este bloque incluye medidas relacionadas con la creación de hábitats adecuados para los polinizadores y la fauna auxiliar en los propios cultivos. Todo ello, a través de elementos de infraestructura verde como setos o bandas florales que promueven la presencia de refugios y recursos durante diferentes épocas del año.
- **Fomento de la conectividad de hábitats:** aquí se incluyen medidas como la creación de corredores que puedan mantener los cultivos conectados entre sí y con manchas o elementos de vegetación natural, de forma que se facilite la movilidad y la búsqueda de refugio por parte de los artrópodos.
- **Aumento de la diversidad paisajística:** comprende medidas dirigidas a incrementar la heterogeneidad de los paisajes agrícolas mediante el incremento de tipos funcionales de cultivos, la disminución del tamaño de las parcelas y el mantenimiento de parches de hábitats seminaturales o naturales asociados a los cultivos.
- **Uso de prácticas agrícolas sostenibles:** en este bloque se incluyen medidas relacionadas con las buenas prácticas agrícolas, como la reducción de la roturación del suelo, la reducción del uso de pesticidas o la implantación del manejo ecológico frente al convencional para ayudar a proteger a los polinizadores y a la fauna auxiliar de los impactos negativos de la agricultura intensiva.
- **Control de especies exóticas invasoras:** comprende medidas de seguimiento y control de especies exóticas invasoras en entornos agrícolas

para atenuar la competencia de recursos con los artrópodos nativos.

- **Educación y concienciación de la ciudadanía:** este bloque incluye medidas para informar e implicar tanto a las personas agricultoras como a la ciudadanía a través de la sensibilización, la divulgación científica y la ciencia ciudadana.

4.1. EN AGROECOSISTEMAS

4.1.1. Monitoreo y seguimiento

Los artrópodos son el grupo de animales más diverso y desconocido del planeta. En comparación con vertebrados como las aves o con las plantas, son un grupo muy poco estudiado del que se dispone un conjunto de datos muy limitado relativo a su distribución, fenología, ecología y necesidades de conservación (Ihobe 2021a). Por ello, antes de implantar medidas que puedan favorecer su adaptación al cambio climático o a presiones no climáticas, es necesario conocer la abundancia y diversidad de sus poblaciones, así como sus tendencias espacio-temporales y qué factores influyen negativa y positivamente en las mismas.

Los artrópodos, además, son seres ectotermos, no siendo capaces de producir su propio calor y dependiendo de fuentes externas para regular su temperatura corporal. Esta condición los hace especialmente sensibles al cambio climático y una monitorización a largo plazo resulta esencial para comprender mejor cómo les está afectando (Burkle et al. 2013, Marshall et al. 2020), pudiendo identificar tendencias a lo largo del tiempo y distinguir entre variaciones naturales y cambios atribuibles al cambio climático. Todo ello proporcionaría una base sólida para abordar los desafíos planteados por el cambio climático y promover estrategias de conservación y adaptación efectivas.

Existe una amplia variedad de métodos para el monitoreo de artrópodos beneficiosos en los agroecosistemas (McCravy 2018), por lo que la elección del más adecuado dependerá de factores como el objetivo principal que se pretende alcanzar, el grupo taxonómico a estudiar,

la capacidad económica del equipo de trabajo, la disponibilidad o no de personal entrenado en plantilla o el esfuerzo de muestreo, entre otros. A continuación, se detallan algunos ejemplos:

En España, Violeta Hevia y colaboradores monitorizaron la abundancia de varios grupos de artrópodos beneficiosos en vías pecuarias y cultivos intensivos adyacentes con el fin de estudiar las comunidades de artrópodos en los entornos agrícolas de Castilla-La Mancha y el papel de dichas vías en las mismas (Hevia et al. 2013, 2016). En primera instancia, utilizaron trampas de caída para el monitoreo de la diversidad taxonómica y funcional de 26 especies de hormigas en dos vías pecuarias (una utilizada por ganado y otra abandonada) y en cultivos herbáceos y viñedos adyacentes (Hevia et al. 2013). Mediante este monitoreo observaron que la diversidad de especies de hormigas era significativamente mayor en la vía pecuaria utilizada para trashumancia, en comparación con la vía pecuaria abandonada. La vía pecuaria en uso también tuvo un efecto positivo en la diversidad funcional de las hormigas y en la diversidad de especies de hormigas de los cultivos adyacentes (cultivos herbáceos y viñedos). Posteriormente, utilizaron trampas de caída para monitorizar la abundancia y diversidad de la abeja de la miel y de 68 especies de abejas silvestres a lo largo de una vía pecuaria y en campos de girasoles adyacentes, colocando las trampas a 10, 75 y 150 metros de la vía (Hevia et al. 2016). También realizaron inspecciones visuales para monitorizar la frecuencia de visitas de las abejas a los girasoles y la producción de pipas. A través de este seguimiento, pudieron confirmar que la vía pecuaria potenciaba la visita de las abejas silvestres y la producción de pipas los cultivos de girasol adyacentes. Gracias a estos trabajos se pudo concluir que las vías pecuarias estaban actuando como reservorio de biodiversidad de artrópodos beneficiosos dentro de paisajes agrícolas intensivos.

En Francia se utilizaron trampas de caída y de emergencia terrestre para monitorizar las estrategias de uso del hábitat de dos especies distintas de carábidos beneficiosos, *Brachinus sclopeta* (ectoparásitoide de otros insectos) y *Poecilus cupreus* (depredador), para diversos tipos de cultivos: prados, alfalfa, colza, girasol y cultivos de invierno (Marrec et al. 2014). Las dos especies de carábidos estudiadas utilizaron diferentes tipos de hábitat (tanto de cultivo como de no cultivo) durante el período reproductivo y durante el invierno, lo que sugirió dos estrategias diferentes de uso del hábitat. Durante el período reproductivo, *Brachinus sclopeta* solo se detectó en la colza, mientras que *Poecilus cupreus* también se detectó en los otros cultivos. En general, los resultados del trabajo sugirieron un efecto beneficioso del cultivo de colza para ambas especies.

En 2008 se puso en marcha un programa de seguimiento de mariposas diurnas en la CAPV promovido por el Gobierno Vasco con el objetivo de establecer sus tendencias a largo plazo en entornos forestales, agrícolas y en prados, así como estudiar la influencia de los factores que actúan a escala local sobre las poblaciones para poder establecer criterios de gestión adecuados⁷. Desde 2017, se realiza el seguimiento anual de grupos diana de polinizadores tales como Diptera Syrphidae, Hymenoptera Tenthredinidae e Hymenoptera Apoidea en distintos hábitats del territorio histórico de Álava durante el periodo de floración (Pagola Carte 2018, 2022). Gracias al concienzudo trabajo realizado, se ha generado una gran cantidad de conocimiento inexistente hasta la fecha que podría resultar muy útil para la conservación de los insectos. Sería de interés complementar estas iniciativas con el seguimiento de otros grupos de artrópodos beneficiosos (mariposas nocturnas, coleópteros, formícidos, arácnidos, etc.) en agroecosistemas de la CAPV, ya que en general existe muy poca información en relación con el estado de conservación y tendencia de las especies, siendo esta carencia especialmente reseñable en el caso de los invertebrados⁸.

4.1.2. Conservación de hábitats

La protección y restauración de los hábitats naturales o seminaturales en el entorno de los cultivos es una de las medidas más importantes para la adaptación de los polinizadores y la fauna auxiliar al cambio climático, ya que ello puede ayudar a asegurar que estos artrópodos tengan suficiente alimento y refugio para sobrevivir a lo largo de todo el año. Este tipo de hábitats actúan como amortiguadores frente a eventos climáticos extremos, favoreciendo la resiliencia de los artrópodos y la provisión de los servicios ecosistémicos que ofrecen, y beneficiando la sostenibilidad de la agricultura a largo plazo.

Esto se ha observado en numerosos estudios de insectos polinizadores y arácnidos, donde la presencia de matorrales, prados sin pastar o hábitats forestales nativos (incluyendo árboles solitarios) en la matriz paisajística que rodea a los cultivos puede propiciar recursos y cobijo antes, durante y después de la floración de los mismos (Devkota 2020, de Paz et al. 2023, Ulyshen et al. 2023). Por tanto, cualquier medida dirigida a la conservación de

dichos hábitats beneficiará a los artrópodos beneficiosos y a los servicios ecosistémicos que proporcionan.

Ulyshen y colaboradores observaron que muchos taxones polinizadores requieren o se benefician de los recursos que ofrecen los bosques, así como de su protección frente a pesticidas y al cambio climático (Ulyshen et al. 2023). Esto a su vez incrementa sustancialmente el rendimiento de los cultivos adyacentes a los bosques.

En Kenia y Nepal se detectó que las abejas grandes pueden beneficiarse de los hábitats naturales incluso cuando estos se sitúan a varios km de los cultivos, pero que las abejas de menor tamaño necesitan este tipo de hábitats en las proximidades de los cultivos (Devkota 2020). Los investigadores hicieron hincapié en que los cultivos proporcionan recursos a los polinizadores durante un breve periodo de tiempo, por lo que cualquier medida que favorezca la presencia de recursos florales y lugares de nidificación durante un periodo más largo que el de la floración de los cultivos resultará beneficioso para los polinizadores.

En un estudio centrado en arañas, abejas e himenópteros parasitoides, se observó que los huertos de almendros abandonados favorecen la abundancia y diversidad de polinizadores y enemigos naturales de plagas en paisajes simples (con porcentaje bajo de hábitats seminaturales), actuando como fuentes de recursos para estos artrópodos en ausencia de hábitats seminaturales (de Paz et al. 2023). Sin embargo, también se detectó que la relevancia de los huertos abandonados disminuye a medida que aumenta la complejidad del paisaje (aumento del porcentaje de hábitats seminaturales). En los huertos tradicionales, la diversidad de artrópodos aumenta en paisajes complejos, indicando que los hábitats seminaturales suponen una fuente de artrópodos para los almendros (de Paz et al. 2023). Por todo ello, se concluyó que los huertos abandonados no sustituyen a los hábitats seminaturales y que la simplificación del paisaje mediante la pérdida de hábitats seminaturales tiene consecuencias negativas en la biodiversidad de artrópodos en los agroecosistemas.

En otro estudio realizado también en almendros y enfocado a abejas y sírfidos, los autores concluyeron que el manejo ecológico de los huertos por sí solo no beneficia a los polinizadores, a menos que los almendros estén rodeados por un 10% de hábitat natural, como mínimo (Klein et al. 2012).

⁷ http://www.euskadi.eus/gobierno-vasco/-/informe_estudio/seguimiento-de-mariposas-diurnas/ (último acceso: 03/05/2023).

⁸ https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/biodiversidad2030/es_def/adjuntos/EstrategiaBiodiversidad2030.pdf (último acceso: 29/01/2024).

Conclusiones similares a estas se obtuvieron en un trabajo realizado en cultivos de invierno en Inglaterra, donde se observó que, para duplicar la abundancia de polinizadores en estos cultivos, es necesario que al menos exista un 7,5-10% de hábitat natural. Este porcentaje podría reducirse si dicho hábitat es rico en flores y contiene plantas hospedadoras de mariposas (Holland et al. 2015).

En otro estudio llevado a cabo en cultivos de patata, márgenes herbáceos naturales y zonas naturales circundantes, los investigadores detectaron, a pequeña escala, una mayor abundancia y diversidad de especies de carábidos en los márgenes herbáceos que en los cultivos (Werling and Gratton 2008). A mayor escala, observaron que la diversidad taxonómica y funcional de los carábidos en los cultivos de patata cambiaba con el aumento del porcentaje de zonas naturales que rodean los cultivos, aunque este cambio no se observó en los márgenes herbáceos (Werling and Gratton 2008). Es decir, la diversidad de carábidos en cultivos anuales como el de la patata se puede maximizar mediante la conservación de zonas naturales circundantes que albergan diversas especies de carábidos que pueden colonizar los cultivos, así como mediante el mantenimiento de hábitats estables y adecuados en los propios cultivos, como los márgenes herbáceos, que favorezcan la permanencia de estos colonizadores en el cultivo.

Ante estos hallazgos, sería interesante estudiar el efecto de las manchas de hábitats naturales o seminaturales circundantes a los cultivos de la CAPV en las comunidades de artrópodos beneficiosos, con el fin de desarrollar medidas de conservación de estos adaptadas a cada escenario.

4.1.3. Creación de hábitats adecuados

Dado que en los entornos agrícolas los hábitats naturales se ven claramente alterados, o incluso desaparecidos, la creación de hábitats adecuados para los polinizadores y la fauna auxiliar a través de la plantación de setos, bandas florales o árboles solitarios que promuevan la diversidad de especies nativas y que, además, florezcan durante diferentes épocas del año, puede ayudar a proporcionar un suministro constante de alimento y refugio en los cultivos y en sus inmediaciones (Albrecht et al.

2020). Al introducir estos elementos naturales, se ofrece también una variedad de microclimas que podría permitir que los artrópodos se adapten a las posibles fluctuaciones ambientales provocadas por el cambio climático, mejorando su resiliencia frente al mismo.

En una revisión bibliográfica reciente sobre el efecto de la siembra de flores en cultivos frutales, se concluyó que los huertos frutales con cobertura vegetal con flores contribuyen a servicios ecosistémicos como el control biológico de plagas y la polinización, al favorecer la presencia de insectos beneficiosos (con resultados variables según el contexto) (Fountain 2022). También se observó que el efecto de la provisión de recursos florales depende en gran medida de la calidad de los propios recursos florales proporcionados, la localización del cultivo, el paisaje circundante, el uso de pesticidas y el manejo de los recursos florales. Por último, recomienda que los recursos florales generalmente estén dentro de un margen de 500 metros desde el cultivo objetivo.

A escala internacional, existen múltiples proyectos e iniciativas enfocados a implementar diversos tipos de medidas relacionadas con la creación de hábitats adecuados para los artrópodos beneficiosos en los entornos agrícolas, observándose un especial interés por el grupo funcional de los polinizadores. De este modo, la PAC propone una serie de medidas que se pueden adoptar en las diferentes explotaciones para crear hábitats apropiados para los polinizadores, como la introducción de zonas floridas, setos, zonas arboladas, o la siembra de especies cultivables favorables para los polinizadores (girasoles, leguminosas...), entre otras (Mottershead and Underwood 2020). En algunos países, además, no solo se recomienda su adopción, si no que se incentiva económicamente.

En Estados Unidos, el proyecto *The Bee & Butterfly Habitat Fund. Seed A Legacy Program*⁹ invita a las personas propietarias de terrenos a plantar determinadas semillas de plantas favorecedoras para los polinizadores. Para ello, dichas personas deben registrarse y ser seleccionadas, siendo uno de los criterios de valoración la cercanía con un colmenar previamente censado. Además, deben comprometerse a una serie de cuestiones, como el mantenimiento de estas praderas durante varios años. Además del fomento de plantas con flor, los setos también pueden resultar de gran importancia como refugio para los polinizadores. De hecho, en el Valle Central de California, los productores están plantando cada vez más setos de plantas nativas a lo largo de los bordes de sus campos para restaurar una gama de funciones ecológicas, incluidos los servicios de

9 <https://www.beeandbutterflyfund.org/seed-a-legacy-program.html> (último acceso: 21/06/2023)

polinización. En línea con lo anterior, en un estudio llevado a cabo en esa región se observó una mayor diversidad de abejas en los setos maduros en comparación con los controles (Morandin and Kremen 2013). Además, tanto las abejas melíferas como las especies de abejas nativas prefirieron alimentarse en arbustos de setos nativos frente a las malezas exóticas presentes en los mismos emplazamientos.

En Dinamarca se ha promovido la plantación de setos en entornos agrícolas mediante un programa de ayudas con financiación nacional para las personas propietarias¹⁰, apoyando la creación de setos como valiosos hábitats y corredores ecológicos que favorecen la biodiversidad en las zonas agrícolas abiertas, así como su mantenimiento o gestión durante 5 años.

En Alemania, la Fundación Rheinische Kulturlandschaft¹¹ ha incrementado el suministro de flores en diferentes zonas agrícolas y ha animado a las personas agricultoras a mejorar estos hábitats para los polinizadores mediante la plantación de cultivos de cobertura en verano, como fuentes de néctar y polen disponibles hasta bien entrado el otoño.

El proyecto Interreg *More nature for strong fruit (Meer natuur voor pittig fruit)*¹² se puso en marcha en las principales áreas de producción de manzana y pera de Países Bajos y Flandes para favorecer la presencia de abejas silvestres y de la abeja de la miel en los huertos. Para ello, se incentivó a más de 100 fruticultores a que proporcionasen elementos naturales adicionales a los huertos, de forma que las abejas permaneciesen en los mismos y se pudiese asegurar el servicio de polinización en los frutales.

En Holanda, unos cincuenta agricultores de los alrededores de Leiden se han puesto a trabajar para mejorar el hábitat de las abejas gracias a la cooperativa *De Groene Klaver*¹³, mediante la siembra en los bordes y esquinas de sus cultivos.

Un estudio llevado a cabo en Reino Unido demostró que aumentar la diversidad de plantas en los márgenes

de los cultivos antes y después del periodo de floración puede ayudar a remitir los periodos de restricción de alimento para los abejorros. Más concretamente, los autores demostraron cómo las restricciones de alimento en primavera y en otoño, que probablemente se verán incrementadas con el cambio climático, pueden amortiguarse incorporando plantas como *Lamium purpureum*, *Lamium album*, *Primula veris*, *Knautia arvensis* o *Succisa pratensis* en los márgenes de los campos de cultivo (Memmott et al. 2010).

En España se han desarrollado varios proyectos que promueven medidas relacionadas con la creación de hábitats adecuados para los artrópodos en los agroecosistemas. Uno de ellos es el Interreg del Espacio Sudoeste Europeo POL-OLE-GI (Protección de Polinizadores y Servicios Ecosistémicos en la Región SUDOE: el Papel de las Infraestructuras Verdes en la Sostenibilidad de los cultivos Oleaginosos)¹⁴, que tiene como objetivo desarrollar y promover infraestructuras verdes especializadas destinadas a los cultivos de oleaginosas, que faciliten el hábitat y los medios para los polinizadores y para la provisión de otros servicios ecosistémicos. Otro ejemplo es el proyecto Polinizup¹⁵, que pretende incrementar las poblaciones de polinizadores mediante la creación de hábitats adaptados a las especies de insectos y a las condiciones locales, trabajando con bandas florales creadas a partir de mezclas de semillas sembradas en los márgenes de los cultivos. Por su parte, la Operación Polinizador¹⁶ es un programa para la conservación y mejora de la biodiversidad en cultivos de melón y sandía, frutales, colza y leguminosas, a través del cual se ha observado que la riqueza de artrópodos beneficiosos es significativamente mucho más elevada en las parcelas que tienen flores en los márgenes que en las que carecen de ellas, y se han identificado mezclas de plantas herbáceas atrayentes para una amplia variedad de especies de polinizadores y otros insectos útiles.

Otro proyecto desarrollado en España en relación con la creación de hábitats en agroecosistemas es el proyecto LIFE Olivares Vivos¹⁷, llevado a cabo en Andalucía entre 2015-2020. En él se plantean dos grandes retos: por un

10 <https://mst.dk/erhverv/tilskud-miljoevinden-og-data/tilskudsordninger/tilskud-til-skov-og-naturprojekter/ophoerte-tilskudsordninger> (último acceso: 20/06/2024)

11 <https://www.rheinische-kulturlandschaft.de/themen-projekte/kulturlandschaft-erhalten-und-foerdern/summendes-rheinland-landwirte-fuer-ackervielfalt/> (último acceso: 21/06/2023).

12 <https://www.grensregio.eu/projecten/meer-natuur-voor-pittig-fruit> (último acceso: 21/06/2023).

13 <https://www.degroeneklaver.nl/projecten/projecten-bijen/> (último acceso: 21/06/2023).

14 <https://interreg-sudoe.eu/en/proyectos/pollinator-protection-and-ecosystem-services-in-sudoe-oleaginous-agroecosystems/> (último acceso: 20/06/2024).

15 https://www.upa.es/notas_prensa/Polinizup-informacion-resultados-digital.pdf (último acceso: 21/06/2023).

16 <https://www.syngenta.es/agricultura-responsable/operacion-polinizador> (último acceso: 21/06/2023).

17 <https://www.olivaresvivos.com/> (último acceso: 14/02/2024)

lado, promover la conservación de la biodiversidad; y, al mismo tiempo, garantizar la rentabilidad de la olivicultura del aceite de oliva virgen extra. Para ello, se ha creado un sistema de certificación *Olivares Vivos* que con una base científica garantiza que en todo el proceso de producción del aceite se han adoptado una serie de medidas para la conservación y creación de hábitats: la revegetación de espacios improductivos y el incremento de refugios para la fauna (cajas nido para pájaros, cajas abrigo para murciélagos, postes, hoteles de insectos, muretes, charcas, y bebederos).

Una vez creados, la gestión y conservación de estos elementos naturales también es fundamental. En el caso de los márgenes florales, se han probado alternativas frente a la siega uniforme con el fin de satisfacer las diferentes necesidades de los artrópodos. Un estudio reciente ha comparado el manejo tradicional de bandas florales con el llamado “método de tres franjas” (Parmentier 2023). Este método consiste en dividir el margen floral en tres franjas de siega onduladas, que se solapan con el objetivo maximizar la variación espacio-temporal durante el crecimiento de la banda floral. Durante cada ciclo de corte, un tercio de la banda permanece sin segar, brindando refugio a la biodiversidad (Parmentier 2023). Este método reveló efectos positivos para los artrópodos beneficiosos, ya que se observó un incremento en la abundancia y diversidad de especies de abejas y un mayor número de interacciones en las redes de planta-polinizador (Parmentier 2023).

Muchas de las iniciativas comentadas en este apartado son exportables al entorno agrario de la CAPV. Por ejemplo, sería de gran interés fomentar la incorporación de setos y márgenes floridos en torno a los cultivos. Para ello, resultaría necesario identificar las especies de plantas apropiadas para las distintas regiones biogeográficas, tener en cuenta su fenología para asegurar la disponibilidad de recursos a lo largo de todo el año y facilitar a las personas agricultoras semillas autóctonas para poder abarcar una mayor superficie agrícola en la que implantar estas medidas. Además, también sería de interés que la adecuada implantación de estas medidas quedara recogida mediante la PAC con el objetivo de incentivar la adopción de prácticas respetuosas con la biodiversidad en la agricultura (Cole et al. 2020). No obstante, también habría que tener en cuenta la evolución de los macrobioclimas en nuestra región debido al cambio climático, ya que estos cambios influirán en la selección de las plantas más adecuadas.

4.1.4. Fomento de la conectividad de hábitats

La conectividad de los hábitats es fundamental para muchas especies de artrópodos, especialmente para aquellas con distribuciones muy fragmentadas y con poca capacidad de dispersión, debido a que el aislamiento de sus poblaciones incrementa su vulnerabilidad al cambio climático (Ihobe 2021a). A menudo existen dificultades para conectar dos zonas distantes mediante corredores ecológicos debido a la ausencia de hábitat adecuado en el territorio intermedio. Esta dificultad es característica del ámbito urbano, pero también del agrícola.

Diversas investigaciones estudian cómo conectar los cultivos entre sí y/o con la vegetación natural circundante para facilitar el desplazamiento de las comunidades de artrópodos, así como los beneficios que se podrían obtener si esta conexión paisajística se diese (Ricketts et al. 2006, Dilts et al. 2023). Dicha conectividad, repercutiría en una mejor capacidad adaptativa de dichas comunidades, incrementando su resiliencia ante la nueva realidad climática o eventuales eventos climáticos extremos.

En el valle Central de California, una zona caracterizada por un paisaje agrícola intensivo y fragmentado, se han realizado unas modelizaciones mediante las cuales se confirma que es posible fomentar la conectividad del paisaje mediante la restauración o mejora de los márgenes de los cultivos, cuya área total supera la de los hábitats naturales de la zona (Dilts et al. 2023). En base a los resultados de este estudio, se concluye que en paisajes agrícolas intensivos el mantenimiento de los márgenes de los cultivos puede servir como medida para fomentar la conectividad del paisaje en beneficio de los insectos polinizadores.

En términos de conectividad, es igual de importante la conexión entre manchas del mismo tipo de vegetación como entre manchas distintas, puesto que muchas especies de artrópodos requieren diversos tipos de hábitats para encontrar distintos recursos o desarrollar las diferentes fases de su ciclo vital. Esto se ha observado en distintos estudios recopilados en el capítulo *Connectivity and ecosystem services: crop pollination in agricultural landscapes* del libro *Connectivity Conservation* (Ricketts et al. 2006), del cual se destacan, a continuación, algunos ejemplos.

En las plantaciones de café de Costa Rica se ha observado que la riqueza de morfoespecies de abejas, la frecuencia de visita a las flores y la tasa de deposición de polen era mayor cuanto más cerca estaba la plantación del bosque. En los cultivos de sandía en California, los cultivos aislados de zonas naturales mostraron un peor servicio de polinización que aquellos conectados con hábitats naturales. En las plantaciones de kiwi en Nueva Zelanda, la riqueza y frecuencia de visitas de polinizadores diferentes a la abeja de la miel fue mayor en zonas cercanas a vegetación nativa, detectándose una bajada notoria cuando la distancia era mayor a 21 m.

En el caso de los enemigos naturales de plagas (depredadores, parasitoides), hay evidencias claras de que la conectividad de un cultivo respecto a hábitats específicos de su entorno influye en la abundancia de estos artrópodos, pero que el efecto sea positivo o negativo depende del tipo de hábitat y su utilidad para el organismo en cuestión. Estas casuísticas se discuten en una reciente revisión bibliográfica (Haan et al. 2020). Por ejemplo, los enemigos naturales de plagas presentes en cultivos leñosos parecen beneficiarse de la proximidad de los cultivos al bosque: se ha observado que, en plantaciones de manzanos, la riqueza de las arañas y, en algunos casos, la abundancia, aumenta con la proximidad a la vegetación leñosa. Del mismo modo, también se ha demostrado que los cerezos albergan más arañas y mayor riqueza de depredadores cuando están conectados a los bosques. Sin embargo, para los enemigos naturales que dependen sólo de los recursos propios del cultivo, la proximidad a los hábitats seminaturales puede ser irrelevante o incluso perjudicial. Este sería el caso de las hormigas adaptadas a hábitats abiertos que depredan las plagas del cultivo de café brasileño. Debido a esta adaptación, hábitats cerrados como los bosques no resultan entornos favorables para estas hormigas y, por tanto, pueden influir negativamente en el control biológico de las plagas de los cultivos de café: se ha detectado un mayor control de dichas plagas a mayores distancias de los fragmentos de bosque. También se ha observado que algunos parasitoides que pasan el invierno en los campos de colza oleaginosa son más abundantes y eficaces cuando los campos están aislados de los bosques.

La efectividad del control biológico de plagas en los campos de cultivo también puede cambiar con la disposición espacial de otros hábitats (Haan et al. 2020). Por ejemplo, si un hábitat seminatural proporciona enemigos naturales a los cultivos cercanos, es posible que, cuando los parches de ese hábitat están más interconectados entre sí, mantengan poblaciones más grandes de enemigos naturales en general. Esto se ha observado en un estudio de sírfidos en cultivos de colza oleaginosa, en el cual se detectó que estos dípteros eran

más abundantes cuando los setos adyacentes al cultivo estaban conectados al bosque (Haan et al. 2020).

En la CAPV sería recomendable estudiar la conectividad de los agroecosistemas con otros hábitats naturales y seminaturales, así como potenciarla en aquellos casos donde se detecten entornos agrarios aislados o poco conectados con el paisaje circundante. Esto podría plantearse de forma integrada, utilizando elementos de infraestructura verde como los setos o las bandas florales, entre otros, implantados en los márgenes de los cultivos para crear hábitats adecuados, como corredores ecológicos que conecten los cultivos con otro tipo de hábitats presentes en el paisaje vasco.

4.1.5. Aumento de la diversidad paisajística

La homogeneización del paisaje agrícola ha dado lugar a una disminución de la biodiversidad, lo que amenaza, a su vez, a la prestación de servicios ecosistémicos clave como el control biológico de plagas y la polinización. Esta homogeneización se caracteriza a menudo por matrices agrarias con una gran proporción de tierras cultivables cubiertas por unos pocos tipos de cultivos predominantes. Por el contrario, los paisajes caracterizados por una alta diversidad de cultivos pueden favorecer a las comunidades de artrópodos beneficiosos mediante la creación de un mosaico de hábitats que proporciona recursos continuos y complementarios durante toda la temporada. Esta diversidad también facilitaría la presencia de recursos a pesar del cambio climático, ya que, en caso de condiciones climáticas adversas, estas no afectarían por igual a todos los cultivos, favoreciendo la resiliencia de los artrópodos beneficiosos (Vernooy 2022). Además de la diversidad de cultivos per se, la diversidad de parches de otros hábitats naturales o seminaturales en la matriz agraria que rodea a los cultivos también puede contribuir a la resiliencia de los entornos agrícolas frente al cambio climático, y por tanto a atenuar la pérdida de diversidad de artrópodos beneficiosos. El efecto positivo de este entramado de diversos cultivos y hábitats seminaturales en el paisaje agrícola se ha evidenciado en múltiples estudios a nivel internacional.

En un estudio realizado en Canadá y enfocado en distintos tipos de cultivos (maíz, soja, alfalfa, trébol, heno y trigo) se observó que los paisajes agrícolas con una mayor

heterogeneidad de cultivos (entendida en dicho estudio como una reducción en el tamaño medio de los cultivos) tienen una mayor diversidad de artrópodos (Fahrig et al. 2015). Esto se observó en los 5 grupos de artrópodos estudiados: sírfidos, abejas, carábidos, mariposas diurnas y arañas. La reducción del tamaño de los cultivos no estaba relacionada con una mayor superficie de hábitats seminaturales en las cuadrículas analizadas, si no con una mayor accesibilidad para los artrópodos a los hábitats que se encuentran en los márgenes de los cultivos. Por lo tanto, la reducción del tamaño de los cultivos favorece la diversidad del paisaje agrícola mediante la aparición de hábitats seminaturales en los márgenes de estos. Esto a su vez incrementa la biodiversidad de artrópodos en los cultivos, pues conlleva una mayor accesibilidad a estos hábitats seminaturales situados en los márgenes.

En Suecia, un estudio llevado a cabo en cultivos de cebada, colza de invierno y trigo de invierno describió que la diversidad de cultivos en un radio de 1 km alrededor de cada cultivo muestreado se relacionaba positivamente con el índice de diversidad de Shannon para carábidos y polinizadores en paisajes ricos en hábitats seminaturales (Aguilera et al. 2020). La abundancia de estos dos grupos se vio afectada principalmente por la proporción de hábitats seminaturales en el paisaje, con la disminución de los carábidos y el aumento de polinizadores a medida que aumentaba la proporción de este tipo de hábitat. No se detectó ningún patrón en las arañas estudiadas. Según estos resultados, los autores concluyeron que la diversidad de cultivos puede contribuir a atenuar la disminución de la diversidad de artrópodos en los paisajes agrícolas, y este efecto positivo a menudo se ve reforzado por la presencia de hábitats seminaturales en la matriz paisajística. Sin embargo, esta diversidad de cultivos debe ser entendida a nivel funcional, no según la especie sembrada (Aguilera et al. 2020). Este mismo enfoque se contempla también en otros países de Europa, como es el caso de Alemania, donde Redlich y colaboradores observaron que la abundancia de enemigos naturales (Coccinellidae, Aranae, Syrphidae) es mayor cuanto mayor es la diversidad de cultivos a nivel funcional, detectando este patrón a diferentes escalas espaciales (Redlich et al. 2018). Además, demostraron que son necesarios al menos tres grupos funcionales de cultivos distintos para favorecer la abundancia de enemigos naturales y el control biológico del pulgón en cultivos de trigo.

En Sudáfrica se observó que fomentar la heterogeneidad dentro de los huertos frutales y en la matriz paisajística agrícola puede potenciar la comunidad de artrópodos depredadores en dichos huertos. Más concretamente, se

detectó que el cultivo de cítricos en ecológico puede ser una medida útil para aumentar la abundancia y diversidad de estos artrópodos, pero en caso de que se mantenga un modelo de producción convencional, la presencia de parches de vegetación natural asociados a los cultivos puede resultar igual de beneficioso.

En España se han encontrado evidencias de que este tipo de medidas favorecedoras de la agrobiodiversidad, tales como incrementar la riqueza de cultivos y disminuir su tamaño, además se traducen en una mejora del rendimiento de dichos cultivos (Magrach et al. 2023).

En Euskadi sería de interés analizar la diversidad paisajística de la matriz territorial agraria para detectar aquellas zonas con una menor diversidad paisajística y emprender iniciativas para promover una matriz más diversa.

4.1.6. Uso de prácticas agrícolas sostenibles

Se prevé que el impacto del cambio climático en el sector agrario se agrave en los próximos años con diferentes grados de severidad y complejidad, dependiendo del contexto climático y socioeconómico de las regiones geográficas afectadas¹⁸. Es por ello por lo que la adaptación de los sistemas agrícolas al cambio climático es fundamental para posibilitar su gestión sostenible; para asegurar una producción de alimentos que garantice la seguridad alimentaria; y para favorecer la conservación de los recursos naturales (Semeraro et al. 2023). Si bien en la actualidad existe una necesidad de desarrollar estrategias innovadoras y nuevas tecnologías que contribuyan al mencionado objetivo, la conservación de la biodiversidad en los agroecosistemas sigue siendo una estrategia fundamental para la adaptación de los mismos al cambio climático (Semeraro et al. 2023).

La intensificación y expansión de la agricultura, sin embargo, se encuentra ya entre las principales amenazas para los artrópodos beneficiosos y por ello, en la actualidad, se están dando pasos para promover modelos de gestión alternativos a la producción agrícola intensiva que favorezcan

18 https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/impactos_vulnerabilidad_adaptacion_cambio_climatico_sector_agrario_tcm30-178448.pdf (último acceso: 29/01/2024).

la biodiversidad de artrópodos y, a su vez, se beneficien de los servicios ecosistémicos provenientes de esta biodiversidad.

Un ejemplo muy reciente es el del proyecto *LIFE BEEadapt: a pact for pollinator adaptation to climate change*¹⁹, cuyo objetivo es poner en marcha una estrategia integral de adaptación al cambio climático para los polinizadores, considerando el cambio climático como el motor clave del declive de los polinizadores, aunque sin ignorar las presiones múltiples e interactivas que desafían su supervivencia. Dentro de esta estrategia integral se abarcará, entre otros temas, la definición y aplicación de prácticas agronómicas y de gestión del suelo en el marco de aplicación de la Política Agraria Común, capaces de favorecer la alimentación y el refugio de los polinizadores.

En el marco de las acciones sobre la aplicación de buenas prácticas agrícolas para proteger y promover organismos útiles y, en particular, abejas y otros polinizadores, el Programa de Reducción de Pesticidas Federal de Bélgica (2013-2017)²⁰ estableció un seguimiento coordinado de los efectos de los pesticidas de la familia de los neonicotinoides en las abejas.

Los neonicotinoides se utilizan comúnmente en recubrimientos de semillas de una gran variedad de cultivos como mecanismo de control de plagas. Este uso generalizado requiere que se investiguen sus efectos en las comunidades de organismos no-diana afectadas. En un ensayo con cultivos de colza realizado en Suecia, se observó que la siembra de semillas revestidas con un insecticida neonicotinoide redujo la densidad de abejas silvestres, la puesta de nidos de *Osmia bicornis* L. y el desarrollo de las colonias de *Bombus terrestris* L. en comparación con las parcelas control (Rundlöf et al. 2015). Sin embargo, no se detectó un efecto negativo en el número de adultos de las colonias de la abeja de la miel. Por tanto, es esperable que la reducción del uso de insecticidas en los cultivos reduzca los efectos negativos que producen sobre las poblaciones de las abejas silvestres.

Si bien la reducción de fitosanitarios es una de las medidas clave para favorecer la resiliencia de los artrópodos beneficiosos, existen otras medidas relacionadas con el uso de prácticas agrícolas sostenibles que deben tenerse en cuenta, como aquellas relacionadas con la frecuencia de siega o de la roturación del suelo.

En cultivos de arroz de Italia, se detectó que la alta frecuencia de siega favorecía la presencia de especies más generalistas y móviles de carábidos, mientras que la baja frecuencia de siega y la ausencia de la misma favorecía la presencia de especies especialistas (Cardarelli and Bogliani 2014). Es decir, las prácticas de siega menos agresivas, en conjunto con la existencia de zonas sin segar, pueden favorecer la formación de comunidades funcionales de carábidos más complejas en los cultivos de arroz, al permitir la persistencia de especies de carábidos depredadores y con una menor capacidad de dispersión.

Del mismo modo, el ya mencionado LIFE Olivares Vivos²¹ propone hacer una gestión menos intensiva de las cubiertas vegetales y calles entre olivos, de forma que se promueva la conservación de biodiversidad en general, y de polinizadores o fauna auxiliar en particular, al mismo tiempo que se contribuye a reducir la erosión o el estrés hídrico. Para ello, el proyecto plantea no segar las cubiertas vegetales hasta que puedan suponer una gran competencia por los recursos hídricos (en torno a abril). Además, se propone que la siega sea mediante métodos manuales de menor impacto como la desbrozadora.

Un estudio enfocado en el efecto que tiene la roturación del suelo en cultivos de calabaza sobre la abeja *Peponapis pruinosa*, una especie que nidifica en el suelo, confirmó que la disminución de la frecuencia de la roturación del suelo produciría un impacto menor en la presencia de las abejas nidificadoras del suelo en este tipo de cultivo, ya que se detectó una fuerte evidencia de que la roturación del suelo retrasa la salida al exterior del nido de la descendencia de esta abeja, así como una ligera evidencia de que también reduce la cantidad de descendientes que emergen del nido (Ullmann et al. 2016).

En la CAPV sería altamente positivo para los artrópodos beneficiosos un incremento de la superficie dedicada a la agricultura ecológica, puesto que este tipo de agricultura lleva a cabo prácticas que permiten reducir de una manera muy notable el uso de pesticidas y fitosanitarios que han demostrado ser altamente perjudiciales para grupos clave como los polinizadores. Según el Consejo de Agricultura y Alimentación Ecológica de Euskadi (Ekolurra), cada año aumenta paulatinamente la superficie dedicada al cultivo ecológico. Concretamente, en 2022 la cifra ascendió a las 9.104 hectáreas, lo que supone un aumento de más del 15% con respecto a 2021, y constituye un 11% de la superficie de las tierras labradas

19 <https://www.lifebeeadapt.eu/en/> (último acceso: 23/06/2023).

20 https://fytoweb.be/sites/default/files/content/reduction/napan_2013-2017.pdf (último acceso: 05/07/2023).

21 [Mejora la biodiversidad de tu finca - Olivares Vivos](#) (último acceso: 14/02/2024)

de Euskadi²². Uno de los promotores de la agricultura ecológica como modelo de gestión en Euskadi es el Plan para el Fomento de la Agricultura Ecológica (FOPE), que impulsa el Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente del Gobierno Vasco desde 2014 y dinamizan Ekolurra y NEIKER²³. El objetivo general de este plan es aumentar la producción ecológica y desarrollar la cadena de transformación y comercialización asociada.

4.1.7. Control de especies exóticas invasoras

Las invasiones biológicas son una de las mayores amenazas para la biodiversidad. Se trata de especies introducidas que pueden asentarse, reproducirse y propagarse con éxito fuera de su área de distribución natural, en detrimento de las especies autóctonas, convirtiéndose en invasoras (Blackburn et al. 2011).

Aunque algunas especies invasoras sucumbirán bajo los efectos del cambio climático, otras colonizarán nuevas zonas en las que previamente no podían existir debido a limitaciones climáticas. De hecho, cada vez existen más evidencias de que el cambio climático podría modificar la configuración de las comunidades autóctonas, lo que tendría un impacto en el equilibrio de los ecosistemas, actuando como un factor perturbador que aumentaría el riesgo de invasiones biológicas²⁴.

Entre los animales invasores, destacan los insectos y en particular los himenópteros sociales, principalmente abejas, abejorros, avispas, avispones y hormigas (Montero-Castaño et al. 2018). Las invasiones de abejas y abejorros, como algunas subespecies de *Apis mellifera* y/o especies de abejorros del género *Bombus*, a menudo resultan de la introducción deliberada de colmenas y colonias comerciales de estas especies para polinizar cultivos y obtener productos apícolas (Goulson 2003). Sin embargo, los polinizadores invasores no pueden sustituir el papel que las comunidades diversas de polinizadores autóctonos tienen en la polinización de las plantas

silvestres y en el rendimiento de los cultivos (Morales et al. 2017). Contrariamente a las abejas y abejorros invasores, la invasión de vespidos y hormigas normalmente se debe a su introducción accidental a través del transporte de mercancías (Holway et al. 2002).

Las plantas invasoras también pueden introducirse de forma accidental o intencionada (por fines agrícolas, hortícolas, ornamentales, forestales, etc.). Estas pueden alterar la composición y estructura de las comunidades vegetales, resultando en una menor diversidad de plantas nativas, cambios de temperatura, de intensidad lumínica o de humedad del suelo (Litt et al. 2014). Estas alteraciones pueden ser especialmente perjudiciales para los artrópodos, pues afectan a su alimentación, reproducción y desplazamiento.

Los mecanismos por los que las especies invasoras de animales y plantas pueden afectar a diversos grupos de artrópodos, tales como polinizadores, herbívoros, depredadores y detritívoros, son muy diversos (Litt et al. 2014, Montero-Castaño et al. 2018). Como respuesta de los artrópodos nativos a las invasiones, se han registrado (1) cambios en el comportamiento de búsqueda de alimento, (2) cambios en la distribución, abundancia y riqueza de las poblaciones, y (3) cambios evolutivos (Litt et al. 2014, Montero-Castaño et al. 2018), habiendo innumerables ejemplos al respecto.

En cultivos de Chile, la importación de especies exóticas invasoras de abejorros (*Bombus terrestris* y *Bombus ruderatus*) para mejorar el rendimiento de los cultivos ha desplazado a la especie nativa *Bombus dahlbomii* y ha provocado la expansión de estas especies hacia espacios naturales (Henríquez-piskulich et al. 2021).

En Argentina se detectó que la proporción de néctar robado en las flores de frambuesa aumentó a medida que aumentaba la abundancia de la especie invasora *Bombus terrestris*. Las flores a las que les habían robado el néctar contenían la mitad del néctar en comparación con las no robadas (Sáez et al. 2017), por lo que la abundancia del abejorro invasor parece reducir los recursos disponibles para *Apis mellifera*, lo que podría afectar a la producción de miel. La disminución del rendimiento de los cultivos debido al predominio de especies invasoras como *Bombus terrestris* y la abeja de la miel africana también se ha observado en cultivos de frambuesa de La Patagonia

22 https://www.eustat.eus/elementos/ele0006200/tipos-de-cultivo-de-las-tierras-labradas-de-la-ca-de-euskadi-por-territorio-historico-y-comarca/tbl0006284_c.html (último acceso: 05/07/2023).

23 https://www.euskadi.eus/plan_programa_proyecto/plan-de-fomento-de-la-produccion-ecologica-fope/web01-a2elikal/es/ (último acceso: 05/07/2023).

24 https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/publicaciones/publicaciones/CC%20y%20Exoticas%20invasoras_tcm30-70264.pdf (último acceso: 29/01/2024).

y en cultivos de café de América Central, respectivamente (Aizen et al. 2020).

En una investigación realizada en diversos cultivos de Brasil (algodón, anacardo, melón, manzana, nuez, etc.), la abeja de la miel africana invasora fue la más abundante entre todas las especies de abejas muestreadas. La dominancia de esta subespecie fue mayor en los cultivos que en los hábitats adyacentes (incluyendo hábitats naturales o seminaturales) (Garibaldi et al. 2021). Esta dominancia también se vio incrementada con la homogenización del paisaje y la cobertura de cultivo con manejo convencional, indicando una clara relación con la degradación del paisaje. Con las abejas autóctonas, las tendencias observadas fueron justo las contrarias.

La avispa asiática *Vespa vellutina* ssp. *nigrithorax* es una especie invasora depredadora capaz de capturar entre 25 y 50 abejas al día. En un estudio realizado en el norte de España, la presencia y actitud depredadora de la avispa asiática en manchas de *Mentha suaveolens* indujo cambios en el comportamiento de forrajeo de muchos grupos de polinizadores: la frecuencia de visitas de *Apis mellifera* a las manchas, la frecuencia de visitas de pequeños himenópteros a las flores y el tiempo de visita de *Bombus* sp. y de sírfidos se redujeron significativamente en presencia de la avispa asiática (Rojas-Nossa and Calviño-Cancela 2020). Como consecuencia, la cantidad de polen conoespecífico en los estigmas de la planta nativa de la menta decreció en las manchas visitadas por *Vespa vellutina*. Para el control de esta especie invasora existen Programas de Control que contemplan medidas de vigilancia para la detección y eliminación de nidos y trampeo de reinas, entre otras²⁵.

Muchas especies de himenópteros, hemípteros y lepidópteros, así como algunas de tisanópteros y coleópteros son especialistas durante algunas o todas las fases de su ciclo vital, por lo que pueden verse muy afectadas por el aumento de la abundancia de plantas invasoras (Litt et al. 2014).

Dado que muchas plantas invasoras son generalistas en cuanto a la polinización, los cambios que provocan en la composición de la vegetación pueden alterar las relaciones funcionales entre polinizadores y plantas (Litt et al. 2014). Esto puede aumentar las posibilidades de transferencia de polen heteroespecífico y reducir aún más la reproducción y el dominio de las plantas nativas.

Las invasiones de plantas también pueden facilitar la colonización por polinizadores no nativos (Litt et al. 2014).

Aunque los artrópodos depredadores no dependen de las plantas como alimento, pueden verse afectados indirectamente por la presencia de plantas invasoras, a través de cambios en las comunidades de sus presas o en la estructura de la vegetación (Litt et al. 2014).

En base a los hallazgos previamente descritos, es importante el desarrollo de marcos legales para la protección de la biodiversidad autóctona frente a la amenaza de las invasiones biológicas, así como dotarlos de medios económicos para su efectivo cumplimiento (Montero-Castaño et al. 2018). Concretamente, es urgente regular la comercialización de polinizadores y fomentar una mejora activa de la infraestructura ecológica, tanto a nivel de los cultivos como del paisaje circundante, para así reducir futuras invasiones, fomentar la abundancia y diversidad de artrópodos nativos, y mejorar el rendimiento de los cultivos. Debido a que la erradicación de plantas invasoras es a menudo una medida poco práctica o imposible de llevar a cabo, una posible alternativa podría ser la de crear o mantener un mosaico heterogéneo de parches de vegetación y microhábitats (Litt et al. 2014). Además, crear o mantener parches relativamente pequeños de plantas nativas en áreas invadidas por plantas exóticas pueden ser suficiente para algunos grupos de artrópodos como los polinizadores (Litt et al. 2014).

En la CAPV, la Asociación ERBEL (Erle Beltza Hazleen Elkarte) puso en marcha en 2017 un programa de mejora de la abeja negra local o erle beltza²⁶, una subespecie adaptada a la vegetación autóctona, cuyo ciclo de vida está muy relacionado con la flora autóctona local. El objetivo del programa es prevenir la entrada de reinas mejoradas pertenecientes a estirpes exóticas, ya que esta subespecie está altamente capacitada para extraer los recursos locales. Aunque la existencia de estos programas es clave, también sería necesario el desarrollo de un marco de gestión de especies exóticas invasoras en la CAPV, que estableciese prioridades de actuación y directrices para que los diferentes sectores trabajen conjuntamente en la prevención y control de estas especies²⁷.

25 https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/publicaciones/estrategias/estrategia_vespavelutina_tcm30-69976.pdf (último acceso: 20/06/2024).

26 <https://www.erbel.eus/> (último acceso: 06/07/2023).

27 https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/biodiversidad2030/es_def/adjuntos/EstrategiaBiodiversidad2030.pdf (último acceso: 29/01/2024).

4.1.8. Educación y concienciación de la ciudadanía

La mayor parte de la ciudadanía carece de información suficiente sobre las amenazas, tanto climáticas como no climáticas, que afectan a los polinizadores y la fauna auxiliar presente en los agroecosistemas, su importancia para los mismos, las posibles consecuencias futuras de dichas amenazas y su impacto en los seres humanos. Por este motivo, diversas iniciativas intentan abordar esta necesidad a través de la educación y la sensibilización de las personas agricultoras y de la ciudadanía en general, para fomentar su implicación, y ayudar a promover la protección y conservación de estos importantes artrópodos en el paisaje agrario.

Recientemente, en España se repartieron encuestas entre personas agricultoras de 4 zonas con diferentes cultivos dependientes de insectos polinizadores (p. ej. manzanares de sidra, campos de girasol) para conocer las percepciones, nivel de conocimiento y prácticas llevadas a cabo en el sector para promover la polinización (Hevia et al. 2021). El 92,7% de las personas entrevistadas reconocieron que los insectos polinizadores son importantes para la producción de los cultivos. El 73,4% percibió, además, un declive en los polinizadores de sus cultivos. En general, las personas agricultoras demostraron tener un conocimiento moderado sobre los polinizadores (en una escala de 1-10: 6,1). Aunque muchos reconocieron a la abeja de la miel como una especie importante, una menor proporción conocía la importancia de las abejas silvestres u otros grupos como los lepidópteros o coleópteros. Las prácticas más empleadas entre las personas entrevistadas para mantener las poblaciones de polinizadores fueron reducir el uso de insecticidas, aumentar la diversidad de los cultivos y aumentar las zonas de barbecho. Este tipo de iniciativas permiten hacer partícipe al sector agrario e incorporar sus conocimientos sobre el terreno en las políticas agrarias relacionadas con evitar el declive de los artrópodos beneficiosos, así como incrementar la educación y la concienciación de aquellos profesionales que estén menos sensibilizados.

En Austria, el Programa Agroambiental ÖPUL ofrece formación a las personas agricultoras austriacas para el conocimiento y la conciencia sobre la importancia de la agrobiodiversidad, incluyendo a los artrópodos beneficiosos²⁸. En este Programa participan el 80% de los y las agricultoras del país.

La *North American Pollinator Protection Campaign*²⁹ es una iniciativa que cuenta con la colaboración de más de 170 entidades para plantear cuestiones relacionadas con los polinizadores y proteger la diversidad de especies, particularmente las más amenazadas. Entre sus campañas destaca la de sensibilización para las personas que administran pesticidas en los cultivos, con el objetivo de transmitir qué son los polinizadores, cuál es su importancia y cómo evitar dañarlos con la administración de pesticidas³⁰.

Siguiendo con esta línea, la herramienta *Beecheck–Apiary Registration by Fieldwatch*³¹ es una web de mapeo destinada a ayudar al personal aplicador de pesticidas y apicultores y apicultoras de Norteamérica a comunicarse de manera más efectiva para ayudar a prevenir y manejar los efectos de la administración de productos químicos. Presenta una potente interfaz de mapa que muestra claramente a las personas aplicadoras las ubicaciones de las colmenas para que puedan tenerlo en cuenta antes de aplicar los tratamientos.

La herramienta de la ciencia ciudadana nos permite abarcar múltiples localizaciones y detectar tendencias basadas en una gran cantidad de datos, así como acercar a la población a determinados ámbitos que pueden percibir como alejados y sensibilizarla. En un estudio de Estados Unidos, el uso de esta herramienta permitió comprobar que para proteger a la abeja *Peponapis pruinosa* que poliniza la calabaza es necesario realizar unas prácticas agrícolas que no sean agresivas con el suelo del propio cultivo (Appenfeller et al. 2020). Los resultados de este trabajo se obtuvieron de la recopilación de datos realizada por personal de jardinería entrenado para la identificación de la abeja y de las prácticas agrarias realizadas en relación con el suelo, lo que permitió detectar una mayor abundancia de esta especie de abeja en cultivos sin roturación o con roturación reducida con respecto a los cultivos con roturación convencional.

Sería de gran valor la puesta en marcha de una campaña de sensibilización en el paisaje agrario de la

28 <https://faolex.fao.org/docs/pdf/aut192244.pdf> (último acceso: 06/07/2023).

29 <https://www.pollinator.org/nappc> (último acceso: 10/07/2023).

30 https://www.pollinator.org/pollinator.org/assets/generalFiles/NAPPC_pesticide_broch_Applicators17_170529_112429.pdf (último acceso: 20/06/2024).

31 <https://beecheck.org/> (último acceso: 10/07/2023).

CAPV, fomentando la concienciación y la realización de prácticas adecuadas para favorecer a los polinizadores y a la fauna auxiliar. También sería de especial interés desarrollar campañas de sensibilización e implicación para profesionales del sector agroganadero cuya actividad pueda afectar negativamente a los artrópodos beneficiosos.

4.2. EN VIÑEDOS Y HÁBITATS PASCÍCOLAS

4.2.1. Monitoreo y seguimiento

4.2.1.1 Viñedos

El proyecto *Monitoring Arthropods in Azorean Agroecosystems: the project AGRO-ECOSERVICES*³² tiene como objetivo evaluar la importancia relativa de los organismos autóctonos y exóticos como proveedores de servicios ecosistémicos (control de plagas, polinización) y de perjuicios (fitofagia, depredación de semillas) para los cultivos, combinando herramientas novedosas, directas y cuantitativas para el monitoreo de la agrobiodiversidad. A través de este proyecto se ha obtenido un inventario de artrópodos en distintos agroecosistemas del archipiélago de Azores, incluyendo viñedos, lo cual ha contribuido al conocimiento previamente existente y ha servido como base para futuras monitorizaciones encaminadas hacia un seguimiento a largo plazo de las comunidades de artrópodos. Los resultados obtenidos durante el seguimiento permitieron descubrir las especies predominantes de cada agroecosistema. En el caso de los viñedos, las especies más abundantes fueron la hormiga nativa *Lasius grandis*, la araña introducida *Zodarion atlanticum* y la hormiga nativa *Tetramorium caespitum*.

En un estudio llevado a cabo en dos áreas vitícolas del este de Austria, la monitorización de casi 90 especies de abejas silvestres durante dos años consecutivos permitió elucidar que la disponibilidad de recursos florales era el factor que potenciaba más significativamente

la diversidad y abundancia de las abejas en este agroecosistema (Kratschmer et al. 2018). Además, se pudo comprobar que las prácticas de roturación alterna aumentaron ligeramente la diversidad y abundancia de las abejas silvestres en comparación con la ausencia de roturación. Las abejas silvestres eusociales fueron más abundantes en las calles no roturadas, mientras que las abejas silvestres solitarias estaban más estrechamente asociadas a calles de roturación alterna. Hábitats como los bosques, los árboles solitarios y los pueblos con jardines en el paisaje circundante (en un radio de 750 metros) también aumentaron la abundancia y diversidad de abejas silvestres en los viñedos estudiados. Gracias al seguimiento realizado se pudo detectar que el servicio de polinización proporcionado por las abejas silvestres en las zonas vitícolas puede mejorarse manteniendo diferentes estrategias de gestión del suelo para mejorar la disponibilidad de recursos en los viñedos (Kratschmer et al. 2018). Además, se concluyó que los elementos seminaturales que proporcionan recursos florales y hábitats de anidación deben preservarse dentro de los paisajes vitícolas (Kratschmer et al. 2018).

4.2.1.2 Hábitats pascícolas

A nivel europeo, el “Indicador de mariposas de pradera”, que recoge datos obtenidos en España y otros países mediante transectos y conteos de 15 minutos, ha permitido detectar que las poblaciones de estos polinizadores han disminuido en un 39% entre 1990 y 2017³³.

El proyecto *PASTURCLIM (Impact of climate change on pasture's productivity and nutritional composition in the Azores)*³⁴ tiene por objeto evaluar las consecuencias del cambio climático (p. ej., aumento de la temperatura) en la producción de pastos y su calidad para el forraje, así como evaluar los cambios en las comunidades de artrópodos asociados con los pastos intensivos de las Azores. A través de este proyecto se ha obtenido un inventario de artrópodos en pastos dominados por *Lolium multiflorum* Lam. y *Holcus lanatus* L., lo que ha supuesto una contribución con datos de distribución y abundancia a un conocimiento de referencia sobre las futuras consecuencias del cambio climático en las comunidades de artrópodos en estos pastos.

32 <https://www.gbif.org/dataset/822f3765-6950-40c5-9353-1f335599007c#description> (último acceso: 10/07/2023).

33 [https://butterfly-monitoring.net/sites/default/files/Publications/Technical%20report%20EU%20Grassland%20indicador%201990-2017%20June%202019%20v4%20\(3\).pdf](https://butterfly-monitoring.net/sites/default/files/Publications/Technical%20report%20EU%20Grassland%20indicador%201990-2017%20June%202019%20v4%20(3).pdf) (último acceso: 20/06/2024).

34 <https://gba.uac.pt/research/projects/ver.php?id=111> (último acceso: 11/07/2023).

4.2.2. Conservación de hábitats

4.2.2.1 Viñedos

Es de especial interés fomentar una gestión del paisaje vitícola centrada en el mantenimiento y la gestión favorable tanto de hábitats naturales y seminaturales (como bosques y matorrales) próximas al límite de las parcelas de los viñedos, como de la cubierta vegetal presente en los propios viñedos para favorecer la biodiversidad de artrópodos en este agroecosistema (Carlos et al. 2019). Es probable que estas medidas reduzcan los costes de gestión de las viñas y produzcan efectos positivos en la diversidad de muchos grupos taxonómicos, incluyendo organismos que mejoran los servicios ecosistémicos, como el control biológico de especies fitófagas (Carlos et al. 2019). Por ejemplo, se ha demostrado que en buffers de 500, 750 y 1000 metros en torno a los viñedos, la presencia de zonas con vegetación seminatural aumentan significativamente la abundancia de coleópteros pertenecientes a la familia Coccinellidae en los viñedos (Taranto et al. 2022a). La abundancia de ejemplares de género *Scymnus* también se relacionó positivamente con la presencia de áreas seminaturales dentro de los buffers de 500, 750, 1500 y 2000 m (Taranto et al. 2022a).

Asimismo, se ha observado que la presencia de hábitats no agrícolas cercanos a los viñedos como bosques, matorrales y vegetación herbácea, así como el fomento de la vegetación natural en los propios viñedos favorece la presencia de artrópodos del suelo omnívoros, detritívoros y depredadores (Carlos et al. 2019).

En áreas vitícolas de Israel, se ha observado que la conservación de vegetación herbácea natural alrededor y dentro de los viñedos es necesaria para fomentar la diversidad de enemigos naturales en este tipo de cultivo (Shapira et al. 2018). La abundancia de las dos especies de plagas estudiadas en esta investigación, *Lobesia botrana* (polilla del racimo) y *Planococcus ficus* (cochinilla harinosa de la vid), era mayor dentro de los viñedos, lejos de los hábitats naturales. Sin embargo, la proporción de enemigos naturales fue mayor en los hábitats naturales. Cabe destacar que la diversidad de parasitoides fue más alta en los hábitats naturales, intermedia en la vegetación herbácea dentro de los viñedos, y más baja en las vides, y su abundancia fue mayor en la vegetación herbácea que en las vides.

La presencia de hábitats naturales como los setos juega un papel clave en el agroecosistema del viñedo, al actuar como fuente de avispas del género *Anagrus* que

colonizan las viñas (Ponti et al. 2003). Algunas especies de *Anagrus* son parasitoides de los huevos del mosquito verde de la vid *Empoasca vitis*, una plaga que daña las hojas provocando la bajada de la cosecha. Dado que el mosquito pasa el invierno como adulto, el parasitoide *Anagrus*, que pasa el invierno en los huevos de su hospedador, depende de los huevos de hospedadores alternativos (Ponti et al. 2003). Los setos son una fuente de huéspedes alternativos, lo que evita la extinción local de parasitoides durante el invierno y permite un control temprano y efectivo del mosquito en la siguiente temporada (Ponti et al. 2003). En viñedos de Italia se ha observado una distribución complementaria de *Anagrus* entre la viña y setos naturales de zarzamora (*Rubus umlifolius* Schott), lo que implica un movimiento periódico entre ambos hábitats (Ponti et al. 2003). Este movimiento, que permite al parasitoide explotar adecuadamente la disponibilidad complementaria de huevos hospedadores en los dos hábitats a lo largo de la temporada, es posible gracias a la composición de un agroecosistema donde los setos han sido parte del paisaje agrícola durante miles de años (Ponti et al. 2003).

4.2.2.2 Hábitats pascícolas

En Bélgica se ha puesto en marcha una propuesta de gestión de praderas seminaturales mediante siegas sinuosas, frente a las tradicionales enmarcadas en un perímetro fijo. Estas siegas sinuosas se realizan en cada ocasión cubriendo un área diferente, de modo que existen espacios con diferente grado de intervención y diferente composición florística (Couckuyt 2019). Esta propuesta se ha desarrollado para la gestión de praderas que fomenten la resiliencia de lepidópteros, puesto que es importante mantener todos los recursos necesarios para las diferentes etapas de su desarrollo. Al realizar siegas sinuosas, muchas fuentes de néctar todavía están disponibles para los ejemplares adultos, así como especies de plantas que sirven de alimento para larvas y como refugio para huevos y pupas (Couckuyt 2019). Además, mediante este tipo de manejo, todos los recursos para cada etapa están presentes durante todo el año y se consigue formar una gama de microclimas, creando condiciones óptimas para que las hembras pongan huevos en las plantas hospedadoras presentes (Couckuyt 2019).

En el caso de especies especialistas, la conservación de su hábitat natural es fundamental para garantizar su resiliencia. Un ejemplo sería el del lepidóptero amenazado *Euphydryas desfontainii*, que al ser una especie monófaga, requiere tanto la conservación de parches de vegetación con su planta hospedadora (*Dipsacus comosus*) como garantizar la heterogeneidad microclimática de los mismos para poder amortiguar los

cambios microclimáticos futuros (Pennekamp et al. 2014). Esto se ha observado en un estudio llevado a cabo en parches de *Dipsacus comosus* detectados en un mosaico paisajístico constituido mayoritariamente por prados de manejo extensivo, donde se ha demostrado que los cambios y pérdidas del hábitat tienen más probabilidades de afectar negativamente la viabilidad de las poblaciones de esta mariposa (Pennekamp et al. 2014).

Aunque se ha demostrado que las praderas permanentes juegan un papel importante para la diversidad de abejas silvestres en el paisaje agrario, también se ha destacado que los hábitats de tipo leñoso complementan el papel de dichas praderas (Rivers-Moore et al. 2020). Los setos y los bordes de los bosques albergan especies específicas de abejas y plantas, entre las que se incluyen especies cuyo polen es altamente recolectado por las abejas silvestres a pesar de su baja disponibilidad (Rivers-Moore et al. 2020). Además, estos hábitats seminaturales arbolados soportan interacciones planta-abeja específicas que no se observan en las praderas permanentes (Rivers-Moore et al. 2020).

4.2.3. Creación de hábitats adecuados

4.2.3.1 Viñedos

La siembra de flores silvestres perennes entre las calles de las viñas o permitir la regeneración natural en las mismas tiene el potencial de promover la biodiversidad de insectos beneficiosos en los viñedos. Recientemente se ha comparado el efecto de distintas mezclas de semillas, la regeneración natural de la vegetación y la siega bimensual entre las calles sobre la abundancia y diversidad de abejorros, abejas, avispa, sírfidos y otros insectos beneficiosos (Griffiths-Lee et al. 2023). Los resultados obtenidos mostraron que la abundancia y la riqueza de recursos florales en el tratamiento de regeneración natural fueron el doble que en el tratamiento de siega y que, en el segundo año de estudio, la abundancia de insectos muestreados fue significativamente mayor en las calles sembradas con una mezcla de semillas diseñada para abejas silvestres que en aquellas segadas frecuentemente (Griffiths-Lee et al. 2023). Asimismo, el tipo de tratamiento tuvo un efecto significativo en la riqueza de los polinizadores, observándose una riqueza media mayor con la siembra de la mezcla de semillas para abejas silvestres (Griffiths-Lee et al. 2023).

En Nueva Zelanda se ha observado que la plantación reciente de especies autóctonas no favorece la diversidad y abundancia de mariposas diurnas en los viñedos, pero que estas sí pueden potenciarse mediante la creación y mantenimiento prolongado de “parches” de vegetación nativa (Gillespie and Wratten 2012).

Hallazgos similares se han observado en viñedos de Europa, donde independientemente del tipo de manejo, el mantenimiento de infraestructuras verdes circundantes y de manejo ecológico como los márgenes herbáceos y las bandas florales de los senderos favorece la abundancia y diversidad de plantas y de artrópodos beneficiosos (arácnidos, coleópteros, dípteros, heterópteros, neurópteros), consiguiendo un agroecosistema más sostenible (Franin et al. 2016).

Utilizar diversas mezclas de semillas (incluyendo especies autóctonas) también es esencial para mejorar la diversidad floral en las calles de los viñedos, y así aumentar la riqueza de artrópodos en los paisajes vitícolas. Esto se ha observado en regiones tan diversas como Centroeuropa y Sudáfrica, donde el manejo ecológico de los viñedos aumentó la riqueza funcional de las plantas con flores y de las abejas silvestres (Kratschmer et al. 2021). En esta investigación también se pudo observar que una mayor proporción de estructuras leñosas en los paisajes circundantes propiciaron menos abejas solitarias y corbiculadas en Austria, pero más especies de nidificación sobre el suelo en Sudáfrica (Kratschmer et al. 2021).

Y es que junto con la plantación de las bandas florales para promover los recursos de forrajeo, también es necesario favorecer la presencia de recursos para la nidificación de las abejas, por ejemplo, manteniendo zonas de suelo expuesto para abejas que nidifican en el suelo y elementos leñosos y matorrales para las que nidifican sobre el suelo. Esto se ha observado en Alemania, donde se comprobó que las abejas silvestres responden mejor a la disponibilidad de lugares de nidificación que a los recursos florales (Wersebeckmann et al. 2023). Mientras que las abejas que nidifican en el suelo se vieron afectadas por la idoneidad de los aspectos del suelo para nidificar independientemente de los tipos de manejo del viñedo (vertical, en terrazas, abandonado), las abejas que nidifican sobre el suelo se beneficiaron de los viñedos abandonados y de la invasión del matorral en los viñedos en barbecho (Wersebeckmann et al. 2023). En contraste, la disponibilidad de recursos florales en los viñedos en uso solo tuvo efectos marginales en las abejas que nidifican sobre el suelo.

4.2.3.2 Hábitats pascícolas

En paisajes agrícolas muy modificados, los hábitats pascícolas pueden suponer los únicos que proporcionen recursos para distintos grupos de artrópodos, como los polinizadores. Es por ello por lo que la creación de hábitats adecuados en este tipo de agroecosistemas puede ayudar a favorecer la presencia de artrópodos beneficiosos en el paisaje agrario.

El proyecto INTERREG de la Región del Mar del Norte BEESPOKE³⁵ promueve la creación de hábitats adecuados para los polinizadores mediante el desarrollo de bandas florales con mezclas de semillas adaptadas a más de una decena de agroecosistemas, incluyendo los pastos, para fomentar la presencia de las especies de polinizadores que requiere cada uno.

En el proyecto *Bee-friendly beef*³⁶ se trabaja para crear hábitats adecuados para los polinizadores en pastos de ganado, mediante la siembra de una mezcla de semillas nativas que no sea tóxica para los animales y que favorezca la presencia de recursos florales para los polinizadores durante todo el año: *Agastache foeniculum*, *Chamaecrista fasciculata*, *Coreopsis lanceolata*, *Lanceleaf coreopsis*, *Dalea candida*, *Dalea purpurea*, *Desmanthus illinoensis*, *Desmodium canadensis*, *Desmodium paniculatum*, *Echinacea purpurea*, *Gaillardia pulchella*, *Helianthus maximiliani*, *Heliopsis helianthoides*, *Lespedeza capitata*, *Lespedeza virginica*, *Ratibida columnifera*, *Ratibida pinnata*, *Rudbeckia hirta*, *Silphium perfoliatum*, *Solidago canadensis*.

Ante la falta de recursos disponibles para las abejas silvestres en los prados convencionales, la mezcla de múltiples especies de vegetación en los mismos puede proporcionar dichos recursos para las especies generalistas. Además, la existencia de franjas exentas de pastoreo en estos prados favorece la abundancia de abejorros. Esto se ha demostrado en una investigación realizada por Beye y colaboradores, en la cual se estudió el efecto en las abejas silvestres del pastoreo y de tres mezclas de semillas de gramíneas y trébol con diferentes niveles de diversidad de plantas (mezcla binaria, terciaria y multiespecie). No se detectaron abejas silvestres en los prados convencionales, mientras que en los prados enriquecidos con mezclas de gramíneas y trébol sí (Beye et al. 2022). La abundancia de abejas silvestres y la riqueza de especies no difirieron entre las tres mezclas estudiadas de gramíneas y trébol, pero la abundancia de abejas silvestres sí que aumentó con el incremento de flores de trébol blanco (*Trifolium repens*) (Beye et al. 2022). Las franjas sin pastar de la mezcla multiespecie

atraían a un número significativamente mayor de individuos de abejas silvestres que las franjas sin pastar de la mezcla binaria, y se observó una tendencia de más abejas silvestres en las franjas no pastadas de la mezcla multiespecie que en las franjas pastadas (Beye et al. 2022). Además, se detectaron más abejas raras en las franjas sin pastar de las mezclas binaria y multiespecie que en las franjas pastadas de la mezcla multiespecie (Beye et al. 2022).

Aumentar la cantidad total de recursos florales en los hábitats herbáceos seminaturales no es necesariamente una estrategia efectiva para lograr el éxito de la conservación de los polinizadores y la polinización en los agroecosistemas, mientras que la identificación cuidadosa de las especies de planta clave (las visitadas de forma desproporcionada teniendo en cuenta su abundancia) para grupos específicos sí que es fundamental. En un estudio realizado en Suiza se demostró que la plantación de especies de *Trifolium* en hábitats seminaturales como los prados con manejo convencional o extensivo, entre otras, pueden recomendarse como medida de conservación de abejas silvestres y domésticas en los agroecosistemas (Sutter et al. 2017). Concretamente, en este trabajo se detectaron cuáles son las plantas clave en este tipo de hábitats para tres grupos que polinizan los cultivos: las abejas silvestres raras, las abejas silvestres más predominantes y las abejas domésticas. Por ejemplo, *Origanum vulgare* (L.) y *Achillea millefolium* (L.) fueron identificadas como especies clave para los 3 grupos objetivo de las abejas. Además, las especies de *Trifolium* fueron visitadas con frecuencia, tanto proporcionalmente como desproporcionadamente: los abejorros silvestres, tanto predominantes en cultivos como raros, mostraron preferencias por *Trifolium pratense* (L.), mientras que las abejas de la miel visitaron preferentemente *Trifolium repens* (L.). Por otro lado, *Melilotus albus* (Medik.) fue visitada preferentemente por las abejas de la miel y, por lo tanto, representa una especie de planta que puede no resultar óptima para la conservación de las abejas silvestres. Por último, las abejas silvestres predominantes, pero no las abejas raras, visitaron preferentemente especies de plantas como *Centaurea jacea* (L.) y *Centaurea scabiosa* (L.).

Diferentes medidas de manejo en los márgenes de los prados también pueden favorecer la presencia de distintos grupos de artrópodos en los mismos. En un estudio de Reino Unido identificaron diferentes tipos de manejo en los márgenes de pastos intensivos para favorecer la biodiversidad de abejorros y mariposas. La extensificación de la gestión intensiva de pastos deteniendo la fertilización y el pastoreo en los márgenes,

35 <https://northsearegion.eu/beespoke/> (último acceso: 12/07/2023).

36 <https://beesandbeef.spes.vt.edu/about/> (último acceso 12/07/2023).

y reduciendo la frecuencia de su corte, resulta beneficioso para los lepidópteros como *Maniola jurtina*, *Aglais urticae* y *Pieris rapae* (Potts et al. 2009). Sin embargo, para especies de abejorro como *Bombus terrestris/lucorum*, *Bombus hortorum*, *Bombus lapidarius*, *B. pratorum* y *B. pascuorum*, las medidas deben enfocarse hacia la obtención de márgenes ricos en flores (Potts et al. 2009).

Además de la siembra de recursos florales, existen otras medidas que se pueden llevar a cabo para potenciar los propios recursos de los hábitats pascícolas. Por ejemplo, dentro de sus estrategias para la conservación de mariposas nocturnas y diurnas, la asociación *Butterfly Conservation*³⁷ plantea la creación de un mosaico irregular de vegetación corta y larga al final del período de pastoreo de los prados en Reino Unido (entre 8 y 25 cm de altura en pastizales húmedos y 5-15 cm en pastizales calizos) para frenar el declive de las poblaciones de *Euphydryas aurinia*³⁸. El tipo de ganado introducido en los pastos también puede influir en las poblaciones de las mariposas, ya que se ha observado que en paisajes agrarios poco diversos, el pastoreo de los prados con ganado bovino favorece más la diversidad y abundancia de recursos florales y de mariposas que con ganado ovino (Cutter et al. 2022).

En el caso de algunas especies, la vegetación no es el único factor a tener en cuenta para favorecer sus poblaciones en los hábitats pascícolas. Para los lepidópteros *Phengaris nausithous* y *P. teleius* no solo es importante la planta nutricia, sino también la presencia de nidos de las hormigas *Myrmica scabrinodis* y *M. rubra* respectivamente, ya que en ellos se desarrolla su fase de oruga. El manejo de los pastos enfocado a favorecer a estas mariposas debe incluir momentos de siega dirigidos a aumentar la densidad de nidos de las especies de *Myrmica* y a reducir la densidad de nidos de la hormiga competidora *Lasius niger* (Wynhoff et al. 2011).

4.2.4. Fomento de la conectividad de hábitats

4.2.4.1 Viñedos

Los resultados de un estudio en Portugal sugirieron que la gestión del paisaje vitivinícola dirigida hacia la creación de mosaicos de hábitats menos fragmentados, priorizando la presencia de grandes áreas naturales, puede beneficiar

a especies de coleópteros con papeles importantes en el control biológico de las plagas de viñedos (Taranto et al. 2022b).

Para favorecer la conservación de abejas nidificadoras de cavidades en los viñedos, una de las medidas más efectiva es establecer y mantener elementos leñosos (zonas boscosas, matorrales) próximos y conectados con los viñedos para que las abejas tengan acceso a lugares y recursos como la resina para construir sus nidos. Esto se ha podido comprobar en zonas vitícolas de Alemania, donde la abundancia total de abejas como *Osmia bicornis*, *Heriades truncorum* y *O. cornuta* se vio favorecida por el incremento de zonas seminaturales en un radio de 1 km en torno a los viñedos, y donde la abundancia de *O. bicornis* estaba relacionada con la proximidad a las zonas boscosas, observándose menos individuos en viñedos más aislados (Uzman et al. 2020). La proximidad al bosque también favoreció la diversidad global de estas especies de abejas.

4.2.4.2 Hábitats pascícolas

Crear conexiones entre los hábitats pascícolas de la matriz paisajística puede favorecer la estabilidad y diversidad de grupos de artrópodos como coleópteros, dípteros, hemípteros, himenópteros y lepidópteros. No aislar los prados entre sí, mantener corredores a través de la presencia de matorrales y de la cercanía entre los prados (<50m) son algunas de las medidas que pueden favorecer esta conectividad (Della Rocca et al. 2023). De hecho, se ha observado que prados de siega (tipo de hábitat de interés comunitario 6510) grandes y vecinos favorecen la riqueza de artrópodos beneficiosos como los polinizadores (Della Rocca et al. 2023). La cercanía de estos con prados de otro tipo (concretamente, con los tipos de hábitat de interés comunitario 6130 y 6210) también (Della Rocca et al. 2023). Además, la presencia de matorral en manchas fragmentadas fue importante para mantener la continuidad de recursos florísticos (Della Rocca et al. 2023). Sin embargo, cuanto más pequeños y aislados son estos prados, se vuelven más especialistas y susceptibles a perturbaciones externas (Della Rocca et al. 2023).

Facilitar la conectividad entre pastos de ganado puede favorecer la movilidad y la búsqueda de recursos de las abejas. Esto se ha podido demostrar en un estudio realizado en Suecia, a través del cual se observó que la composición de las comunidades de abejas y sírfidos detectada fue similar en pastos abandonados, restaurados (previamente abandonados) y en uso (Winsa

37 <https://butterfly-conservation.org/our-work> (último acceso: 12/07/2023).

38 https://butterfly-conservation.org/sites/default/files/marsh_fritillary-psf.pdf (último acceso: 12/07/2023).

et al. 2017). Esta composición estaba condicionada por la abundancia de flores, pero, en el caso de las abejas, también por la conectividad con otros pastos en uso presentes en la matriz paisajística (Winsa et al. 2017).

4.2.5. Aumento de la diversidad paisajística

4.2.5.1 Viñedos

Fomentar y preservar la heterogeneidad del paisaje vitícola favorece la diversidad de enemigos naturales. Esto se ha observado en viñedos de La Rioja, donde el estudio de artrópodos depredadores y parasitoides en los propios viñedos, pero también en prados, matorrales, olivares y bosques mediterráneos de la matriz agraria mostró que la heterogeneidad del paisaje y la conectividad de las viñas con elementos naturales favorecen la conservación de la biodiversidad de enemigos naturales en los viñedos (Jiménez-García et al. 2019).

Tendencias similares se han observado en viñedos de Portugal, donde mantener la diversidad en la matriz del paisaje mediante la presencia de viñedos, bosques y matorrales favorece la presencia y diversidad de los artrópodos epigeos que a su vez son beneficiosos para el viñedo (Gonçalves et al. 2018).

El aumento en la heterogeneidad del paisaje (presencia de bosques en una matriz paisajística muy homogénea de viñedos) parece favorecer el aumento de arañas cazadoras de emboscada y depredadoras especializadas, mientras que el aumento de las tejedoras de telas parece estar relacionado con paisajes homogéneos (Isaia et al. 2006). El mantenimiento de la heterogeneidad del paisaje vitícola mediante la presencia de parches naturales como los bosques podría permitir una gran diversificación de las estrategias de caza de las arañas, lo que podría ser importante para el control de diversas plagas en este tipo de agroecosistema (Isaia et al. 2006).

La diversidad a nivel local también tiene un efecto positivo en los artrópodos beneficiosos presentes en los viñedos. Un ejemplo claro es el de la vitiforestera, o agroforestera aplicada a la viticultura, un sistema de gestión que exhibe unos niveles más altos de biodiversidad de insectos (posiblemente vinculados a una mayor complejidad de la vegetación), que es menos dependiente de insumos externos (pesticidas químicos) y que tiende a tener menos

plagas de insectos y menos problemas de enfermedades a pesar de la reducción de insumos (Altieri and Nicholls 2002). Al comparar la vitiforestera con el monocultivo de viñedos, se comprobó que este último presentaba un menor número de especies de artrópodos depredadores y parásitos y, en consecuencia, mayores densidades de dos herbívoros de la vid (*Lobesia botrana* y *Empoasca vitis*) que los viñedos agroforestales (Altieri and Nicholls 2002). Además, la afectación de las viñas por *Botrytis* parecía más frecuente en los sistemas de monocultivo, que también recibieron mayores aplicaciones fungicidas en comparación con los viñedos agroforestales (Altieri and Nicholls 2002). En los viñedos agroforestales, la mayor biodiversidad de insectos se debe probablemente a una mayor heterogeneidad espacial y complejidad de los agrobosques, ya que la presencia de diversidad de cultivos y también de vegetación natural incrementó la cantidad de recursos alimenticios (flores, nectarios florales y presas alternativas), lo que puede explicar la mayor abundancia y diversidad de enemigos naturales (Altieri and Nicholls 2002). En contraste, la falta de biodiversidad de artrópodos en el monocultivo de viñedos se debió probablemente a la falta de diversidad de plantas y a una mayor carga de insecticidas (principalmente organofosforados y carbamatos).

En el caso de algunas abejas silvestres (*Bombus*, *Halictus*, *Lassioglossum*), parece que la existencia de una matriz paisajística diversa en el entorno de los viñedos no tiene ninguna influencia en sus poblaciones (Wilson et al. 2018), lo que se contradice con hallazgos reportados en otros agroecosistemas (ver subapartado 4.1.5 de este documento). Las especies y escalas espaciales estudiadas, entre otros factores, pueden haber influido en estos hallazgos. Igualmente sería de interés profundizar en este aspecto para dilucidar si este tipo de medidas son fundamentales para la resiliencia de los polinizadores en los viñedos.

4.2.5.2 Hábitats pascícolas

Existen distintas estrategias relacionadas con la heterogeneidad paisajística y local que podrían frenar la pérdida de biodiversidad de artrópodos en estos agroecosistemas.

Para la conservación de comunidades diversas de polinizadores como las mariposas de praderas, se recomienda una gestión de las praderas que promueva el mantenimiento de pequeñas parcelas y una diversidad de usos del suelo en el paisaje circundante (dentro de los 250-1000 metros) (Perović et al. 2015).

Cualquier manejo que se realice en estos hábitats (siega, pastoreo) debe crear heterogeneidad ambiental a

diversas escalas. Por ejemplo, se recomienda segar en diferentes fechas parches de gran extensión y dejar otros temporalmente sin segar para asegurar la supervivencia de diversos grupos de artrópodos, así como la reproducción de una gama de especies de plantas con diferente fenología, ya que se ha demostrado que la siega en mosaico combinada con el abandono a corto plazo de pequeñas áreas de las praderas, y posiblemente también el pastoreo posterior ocasional, es la práctica de gestión que apoya simultáneamente la diversidad de plantas, mariposas y polillas (Bonari et al. 2017). En contraste, el pastoreo y el abandono a largo plazo de áreas más grandes tienen un efecto negativo en la diversidad de la mayoría de los grupos estudiados (Bonari et al. 2017).

En el caso de los pastizales calcáreos, la gestión de estos debe apuntar a aumentar la heterogeneidad en, alrededor y entre los pastizales, con el fin de conservar toda la gama de biodiversidad asociada a los mismos. La presencia simultánea de zonas de barbecho (sin segar ni pastar), arbustos, árboles y suelo desnudo en estos pastizales fomenta la biodiversidad de artrópodos. La heterogeneidad del paisaje colindante a estos pastizales obtenida mediante la presencia de setos y zanjas en los lindes y de hábitats adyacentes diversos (otro tipo de pastos, tierras arables, bosques, zonas de barbecho) también es fundamental, así como la heterogeneidad del paisaje que rodea de forma más amplia a estos pastizales (Diacon-Bolli et al. 2012).

4.2.6. Uso de prácticas agrícolas sostenibles

4.2.6.1 Viñedos

En general, existen múltiples evidencias de que el manejo ecológico de los viñedos favorece a las comunidades de artrópodos a escala local (Gaigher and Samways 2010, Caprio et al. 2015, Masoni et al. 2017). Además, el efecto positivo de este tipo de manejo puede potenciarse todavía más si se implementa conjuntamente con otro tipo de medidas, como fomentar la heterogeneidad de la matriz paisajística circundante (Kehinde and Samways 2014a) y la del propio viñedo (Puig-Montserrat et al. 2017), conservar hábitats naturales y seminaturales en el paisaje vitícola (Kehinde and Samways 2014b) y favorecer que estos hábitats estén próximos y conectados a los viñedos (Kehinde and Samways 2012).

En Euskadi, según datos de Ekolurra, hay inscritas un total de 1.150 hectáreas de viñedo certificadas en ecológico, siendo la Rioja Alavesa una de las regiones que avanza a grandes pasos en esta conversión. Un ejemplo de esta región es el de la Granja Nuestra Señora de Remelluri³⁹, finca vitivinícola tradicional en la que fomentan y mantienen setos y plantaciones con árboles que conviven con la viña, además de prescindir desde hace años del empleo de herbicidas, fertilizantes químicos o productos sintéticos, fomentando así la biodiversidad del entorno y beneficiando notablemente a los insectos polinizadores (Ihobe 2021a).

Las prácticas de gestión de la cubierta vegetal de los viñedos son una de las formas de combatir la erosión del suelo, mejorar su calidad y afrontar los problemas derivados del cambio climático en este agroecosistema. Este tipo de prácticas también son una herramienta útil para conservar la biodiversidad de artrópodos y, por tanto, proporcionan a los agricultores una amplia variedad de servicios ecosistémicos.

Varios estudios han resaltado el beneficio que supone establecer cultivos de cobertura, como por ejemplo el abono verde, o mantener la vegetación nativa en las calles de los viñedos (Paiola et al. 2020, Zanettin et al. 2021). Por ejemplo, se ha demostrado que los viñedos con cobertura vegetal albergan una mayor riqueza de especies y abundancia de artrópodos en comparación con los viñedos sin vegetación, especialmente cuando la cubierta vegetal está constituida por plantas nativas (Danne et al. 2010, Pétremand et al. 2017). En este sentido, la cubierta vegetal nativa desempeña un mejor papel que los cultivos de cobertura constituidos por especies exóticas, mejorando el control biológico de plagas en los viñedos (Danne et al. 2010).

El suelo desnudo, por su parte, parece tener un efecto perjudicial para los artrópodos en general (Masoni et al. 2017), ejerciendo un impacto muy negativo en muchos taxones especialmente cuando se debe a prácticas agrícolas intensivas como la roturación del suelo y el uso de herbicidas (Paiola et al. 2020). En Francia se detectó un efecto positivo global de la disminución de la intensidad de perturbación del suelo y su correspondiente incremento de cubierta vegetal sobre la abundancia de artrópodos. La riqueza de especies de plantas fue, dentro de los parámetros asociados a la vegetación, el factor más importante para este incremento de abundancia, con un efecto positivo en la abundancia de arañas, opiliones, hemípteros y escarabajos (Blaise et al. 2022). Ante estos hallazgos, una posible alternativa a la roturación total del suelo podría ser la roturación de calles alternas, o la disminución de la frecuencia de la roturación, puesto

39 <http://www.remelluri.com> (último acceso: 21/07/2023).

que también se ha demostrado que una frecuencia alta de la misma afecta negativamente a las abejas silvestres (Kratschmer et al. 2019).

Finalmente, la aplicación de un acolchado orgánico (mulching) bajo las filas de las viñas como técnica sostenible para retener humedad, compactar el suelo e inhibir el crecimiento de hierbas no deseadas también contribuye positivamente a la biodiversidad de los viñedos, incluyendo la de los artrópodos (Thomson and Hoffmann 2007, Addison et al. 2013).

4.2.6.2 Hábitats pascícolas

El fomento del modelo ecológico en este tipo de hábitats también parece favorecer la agrobiodiversidad de artrópodos. Esto se ha demostrado en diferentes estudios europeos, donde se ha detectado una diversidad global de artrópodos significativamente mayor en prados ecológicos que en convencionales (Klaus et al. 2013), observándose las mismas tendencias al analizar por separado distintos grupos taxonómicos como carábidos, arácnidos u ortópteros (Batáry et al. 2012).

La reducción de la intensidad de pastoreo también puede ser una herramienta útil para la conservación a largo plazo de la biodiversidad de los hábitats pascícolas. En Alemania se ha comprobado que en los prados exentos de pastoreo entre 5 y 10 años hay una mayor riqueza de especies y abundancia de artrópodos con respecto a los prados con pastoreo extensivo (1,5 vacas/ha) e intensivo (5,5 vacas/ha) (Kruess and Tscharntke 2002a). Concretamente, la reducción del pastoreo incrementó la riqueza de especies de mariposas adultas y la abundancia de mariposas adultas y abejas y avispas solitarias, mientras que el pastoreo intensivo afectó a las comunidades de insectos por la interrupción de las interacciones planta-insecto (Kruess and Tscharntke 2002a). Además, el porcentaje de parasitismo de la especie de avispa más abundante (*Trypoxylon figulus*) también fue mayor en prados no pastoreados.

El mismo grupo de investigación también observó que la riqueza de especies de insectos fue mayor en los pastos con pastoreo extensivo que en los de pastoreo intensivo. La diversidad de insectos aumentó a través de cuatro tipos de manejo estudiados, en el siguiente orden: pastoreo intensivo (5,5 vacas/ha) < pastoreo extensivo (1,5 vacas/ha) < sin pastoreo a corto plazo (menos de 3 años) < sin pastoreo a largo plazo (más de 5 años) (Kruess and Tscharntke 2002b). Por lo tanto, la creación de un mosaico de pastizales pastoreados extensivamente y pastizales sin pastoreo durante varios años puede ser una buena estrategia para mantener la agrobiodiversidad

y la vigencia de las interacciones tróficas en los hábitats pascícolas.

Finalmente, se ha visto que la ganadería regenerativa tiene la capacidad de mejorar la salud del suelo, garantizando el desarrollo de una comunidad botánica en buen estado y diversa. Esto a su vez, promovería la diversidad de artrópodos y protegería el funcionamiento de la cadena trófica (Gracia et al. 2021).

Al igual que con el pastoreo, la gestión de la intensidad de siega puede favorecer a distintos grupos de artrópodos presentes en los hábitats pascícolas, como por ejemplo los lepidópteros. Un ejemplo sería el del lepidóptero *Euphydryas aurinia*, una especie protegida, ya que se ha demostrado que el pastoreo y la siega intensivos de los pastos tienen efectos nocivos sobre la persistencia de las colonias (Hula et al. 2004). Por un lado, el pastoreo intensivo reduce la disponibilidad de néctar y el tamaño de la planta hospedadora de esta especie, mientras que la siega al final de la temporada destruye los nidos de orugas (Hula et al. 2004). Por otro lado, el abandono prolongado de los pastos conduce a su invasión por vegetación alta, arbustos y árboles, alterando el hábitat que requiere esta mariposa (Hula et al. 2004). La existencia de mosaicos de paisajes con diferentes manejos, reduciendo la intensidad de la ganadería en las zonas donde habita la mariposa y restaurando las siegas en las parcelas más abandonadas permitiría que este polinizador persistiera ocupando parches transitoriamente no manejados.

4.2.7. Control de especies exóticas invasoras

4.2.7.1 Viñedos

La globalización del mercado y el cambio climático generan nuevos desafíos para la viticultura debido a, entre otros, el riesgo de introducción de unas especies exóticas invasoras que, a causa de los mencionados cambios globales, han visto modificadas sus áreas de distribución original. Ejemplo de ello son las moscas *Drosophila suzukii* y *Lycorma delicatula*, la polilla *Lobesia botrana*, el pulgón *Hyalosera vastratix*, la chinche *Halyomorpha halys* o la mariquita *Harmonia axyridis* (Daane et al. 2018), las cuales han mostrado una elevada capacidad para causar graves pérdidas económicas en viticultura.

Para hacer frente a estos desafíos, es fundamental desarrollar estrategias integrales que favorezcan la

biodiversidad de los artrópodos nativos y mitiguen el daño medioambiental (Daane et al. 2018). Por ejemplo, la sustitución de insecticidas de amplio espectro por otros más selectivos permite controlar las plagas a la vez que inflige un impacto menor en artrópodos beneficiosos para el cultivo como los polinizadores y la fauna auxiliar (Mansour et al. 2011, Campbell et al. 2016). La adopción del control biológico de plagas puede reducir considerablemente el uso de fitosanitarios, aunque es necesario que los agentes biológicos empleados también sean bastante selectivos y no produzcan un impacto en otros artrópodos beneficiosos. El fomento de la biodiversidad de artrópodos beneficiosos mediante la implantación de las medidas descritas en los apartados anteriores contribuirá a conservar comunidades resilientes que no se vean tan mermadas por las especies invasoras ni por las medidas adoptadas para controlarlas.

El desarrollo de programas para eliminar plantas invasoras también es fundamental para la conservación de los artrópodos nativos en los viñedos. El Programa Vino, Cambio Climático y Biodiversidad es una iniciativa científica del Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB) y la Universidad Austral de Chile para integrar la conservación de la biodiversidad y el desarrollo del sector vitivinícola chileno⁴⁰. Dentro de sus estrategias para fomentar la biodiversidad de los viñedos se encuentra la de eliminar especies invasoras como *Rubus* sp., *Teline monspessulana*, *Acacia melanoxylon* o *Eucalyptus globulus*, para dar espacio a especies de vegetación nativas con bajo requerimiento hídrico. Estas acciones han permitido desarrollar una viticultura más sostenible que permite, por ejemplo, hacer un uso más racional de las medidas de control de plagas debido a la mayor presencia de enemigos naturales.

4.2.7.2 Hábitats pascícolas

Existen múltiples ejemplos de cómo especies de plantas invasoras afectan negativamente a las poblaciones de artrópodos presentes en los hábitats pascícolas. En Polonia, la invasión de praderas por la vara de oro (*Solidago canadensis*, *Solidago gigantea*) tuvo un efecto negativo muy fuerte en la diversidad de polinizadores silvestres como las mariposas, las abejas silvestres y los sírfidos, así como en su abundancia (Moroñ et al. 2009). La diversidad de plantas y su cobertura media también se vieron afectadas negativamente por la invasión de la vara de oro (Moroñ et al. 2009).

En la India, se detectó una fuerte correlación negativa entre la diversidad vegetal global y la cobertura de plantas

invasoras del género *Cassia* (Bolde and Dhulap 2019). Esta correlación también se encontró entre la abundancia de insectos y la cobertura de *Cassia* spp (Bolde and Dhulap 2019).

Ante estos y otros hallazgos, se han propuesto múltiples medidas para eliminar estas especies de los hábitats pascícolas. En el caso de la vara de oro, se recomienda su siega al menos dos veces al año, antes de florecer en la primavera (mayo) y durante la floración en agosto (Moroñ et al. 2009). En general, existe una fuerte demanda para desarrollar planes de protección específicos para polinizadores presentes en hábitats amenazados por plantas invasoras, así como programas para detener las invasiones.

4.2.8. Educación y concienciación de la ciudadanía

4.2.8.1 Viñedos

Un monitoreo de abejas solitarias, mariposas diurnas y escarabajos llevado a cabo por más de 1.000 personas dedicadas a la agricultura, incluida la viticultura, a través de un programa de ciencia ciudadana permitió observar una tendencia negativa global para las poblaciones de taxones voladores (Billaud et al. 2021). El uso de fertilizantes y pesticidas en los cultivos se relacionó negativamente con la abundancia de taxones voladores. En los viñedos, la abundancia de las abejas solitarias se relacionó positivamente con la presencia de zonas boscosas en el paisaje.

El Observatorio de la Biodiversidad Agraria (OBA)⁴¹ es una apuesta por crear una red de monitoreo de la biodiversidad agraria, incluyendo a los polinizadores, que pueda evaluar los impactos de los manejos agrarios, ofreciendo a todos los públicos herramientas para evaluar la biodiversidad. Se dirige principalmente a profesionales de la agricultura y ganadería, protagonistas y beneficiarios directos de la conservación de la biodiversidad y del patrimonio agrario, pero también a la ciudadanía general. Los viñedos se encuentran entre la variedad de cultivos incluidos actualmente en esta red.

40 <https://vccb.cl/quienes-somos/> (último acceso: 12/01/2024).

41 <https://observatorioagrario.com/> (último acceso: 20/06/2024).

4.2.8.2 Hábitats pascícolas

Gracias al mismo programa de ciencia ciudadana mencionado en el subapartado anterior, se detectó una relación negativa entre el uso de fertilizantes en los prados y la abundancia de taxones voladores (Billaud et al. 2021). En cuanto a los escarabajos, la abundancia de estos se relacionó positivamente con los prados permanentes en comparación con los prados temporales (Billaud et al. 2021).

Por otro lado, los pastos también están actualmente incluidos en la red monitoreo de la OBA.

En Araba, en el marco de las celebraciones del 25 aniversario del Parque Natural de Gorbeia, se celebró en 2019 el primer concurso de prados floridos⁴². Los objetivos de esta iniciativa fueron, por un lado, dar a conocer este hábitat protegido por la Unión Europea; y por otro, poner en valor la labor que realiza el sector ganadero con explotaciones en extensivo, acoplando la producción de forraje con la preservación de la agrobiodiversidad.

⁴² <https://web.araba.eus/es/web/gorbeiaparkea/-/25-aniversario-del-parque-natural-de-gorbeia> (último acceso: 10/08/2023).

Análisis de la información obtenida de los estudios de referencia

Con el propósito de identificar, seleccionar y proponer medidas de adaptación apropiadas, se ha llevado a cabo una revisión de la literatura y de estudios de referencia en relación con los efectos del cambio climático en los artrópodos beneficiosos. Concretamente, esta búsqueda se ha centrado en un grupo representativo de insectos polinizadores y otro de fauna auxiliar presentes en los agroecosistemas de Euskadi. Para ello se han seleccionado los grupos detectados en mayor proporción durante los muestreos de campo realizados con trampas de caída en viñedos y hábitats pascícolas de la CAPV (informe de campo): en el caso de los polinizadores, la búsqueda de información se ha centrado en los halictidos, una familia de himenópteros de la superfamilia Apoidea. Para la fauna auxiliar, se ha recopilado información acerca de la familia Tachinidae, una familia de dípteros parasitoides de otros insectos. Además de por el gran número de ejemplares capturados en los muestreos de campo, estos grupos han sido seleccionados debido a su implicación en los servicios ecosistémicos de polinización y control biológico de plagas, y a su sensibilidad frente al cambio climático. A partir del análisis bibliográfico realizado, se han identificado los principales impactos del cambio climático en los grupos seleccionados y se ha discutido acerca de la evolución de sus poblaciones en los escenarios climáticos previstos para la CAPV. A

continuación, se presenta un resumen de la información recopilada a partir de los estudios de referencia.

5.1. El cambio climático en la CAPV

En Euskadi, donde las proyecciones de cambio climático auguran una progresiva mediterraneización del clima (Ihobe 2021b), se prevé un aumento de las temperaturas y variaciones en el régimen de precipitaciones a lo largo del siglo XXI. En el caso de las temperaturas, se esperan aumentos de entre 1,5°C y 5°C dependiendo de los escenarios y modelos analizados⁴³, siendo el incremento de las máximas más acusado en el sur y sudoeste de la CAPV (Ihobe 2021a). En cuanto a las precipitaciones, es probable que, a finales de siglo, disminuyan alrededor de un 15%, efecto que será más acusado en el sur y sudoeste de la CAPV (Ihobe 2021a). Al analizar las proyecciones de precipitaciones extremas en Euskadi, sin embargo, se pronostica un incremento de en torno al 20% asociado al cambio climático para éstas, además de un incremento de las inundaciones pluviales de alrededor del 10%-20%⁴⁴.

43 http://escenariosklima.ihobe.eus/#&model=multimodel&variable=tas&scenario=rcp85&temporalFilter=YEAR&layers=MUNICIPALITIES&period=MEDIUM_FUTURE&anomaly=RAW_VALUE (último acceso: 24/10/2023).

44 <https://www.euskadi.eus/noticia/2023/ihobe-presenta-estudio-inundaciones-pluviales-lluvia-intensa-aumento-eventos-extremos-euskadi/web01-ejeduki/es/> (último acceso: 31/01/2024).

Si bien a finales del siglo XX, el macrobioclima predominante en Euskadi era el templado, seguido del templado submediterráneo y con la presencia del mediterráneo únicamente en el sur de Araba (Ihobe 2021b), a corto-medio plazo se espera que la variante submediterránea alcance gran parte de noroeste de Euskadi y el macrobioclima mediterráneo ocupe la práctica totalidad de Araba. Dicha tendencia, obtenida bajo un escenario climático RCP 8.5, parece acentuarse

progresivamente en los escenarios 2041-2070 y 2071-2100, siendo en este último cuando, asociado al aumento de la sequía estival, el macrobioclima mediterráneo se haga predominante para gran parte de Euskadi. Únicamente Gipuzkoa mantendría la predominancia de la variante submediterránea y tan solo una pequeña parte de su territorio conservaría el macrobioclima templado (Ihobe 2021b) (Figura 1).

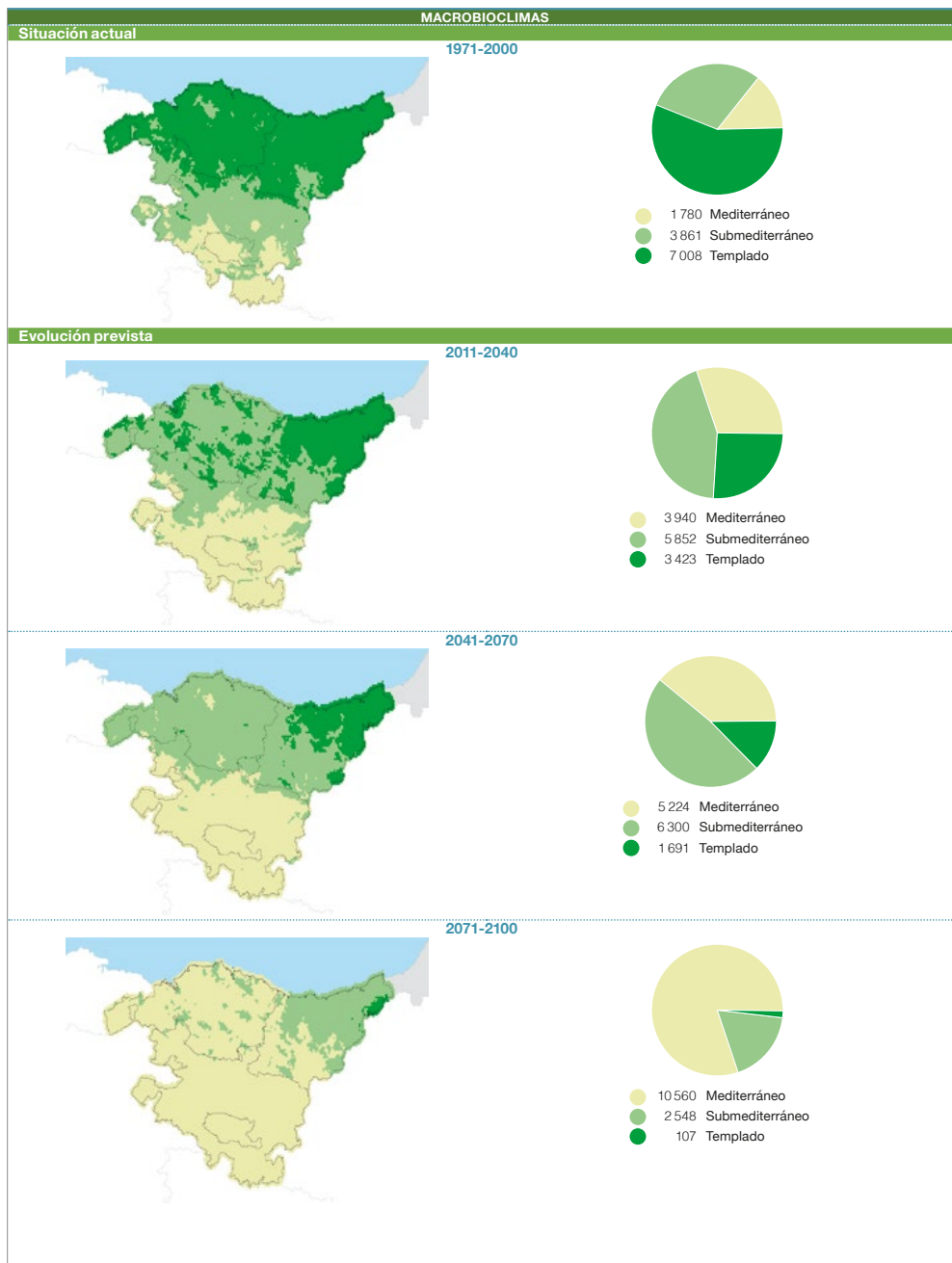


Figura 1. Evolución espacial y cuantitativa de los macrobioclimas en los diferentes periodos de tiempo considerados para el RCP 8.5 (Ihobe 2021b).

Este conjunto de cambios tendrá un impacto tanto sobre los hábitats como sobre las especies que los habitan. De hecho, el 82% de los hábitats localizados en la región biogeográfica mediterránea y el 63% de los hábitats de la región biogeográfica atlántica en Euskadi estarían expuestos al cambio climático (Ihobe 2021a).

El estudio “Análisis de riesgo climático de los hábitats terrestres de Euskadi. Resultados” (Ihobe 2021c), además, destaca las zonas de frontera climática como los espacios donde los hábitats presentan el mayor riesgo climático en la CAPV. Es por esta razón por la que parte de los muestreos llevados a cabo en el informe de campo que complementan este documento analizaron diferentes parcelas de viñedo y hábitats pascícolas adyacentes a ellos en las inmediaciones de Orduña, zona de transición entre el clima mediterráneo y el atlántico, y próxima a la Zona Especial de Conservación (ZEC) Gorbeia (ES2110009) (Figura 2), categorizada como uno de los espacios de la Red Natura 2000 con mayor riesgo climático de la CAPV (Ihobe 2021c). El análisis que el mencionado informe realiza para los hábitats de interés de la ZEC Gorbeia, además, incluye ciertos hábitats cuyas características y riesgo climático pudieran asemejarse al de los hábitats pascícolas adyacentes a los viñedos y que son objeto de este estudio. Así, para la ZEC Gorbeia, se asigna un riesgo medio-alto a los pastos mesófilos con *Brachypodium pinnatum* con abundantes orquídeas (6210*), un riesgo medio a los pastos petranos calcícolas

(6170), y un riesgo bajo a los prados de siega atlánticos (6510) (Ihobe 2021c).

Asimismo, con el objetivo de completar el análisis del efecto que tienen diferentes contextos climáticos en la abundancia y diversidad de artrópodos beneficiosos, los muestreos realizados en la zona de transición climática se complementaron con otros llevados a cabo en la vertiente atlántica. Concretamente, en torno al municipio de Gernika y a la ZEC Red fluvial de Urdaibai (ES2130006) (Figura 2), categorizada con un riesgo menor frente al cambio climático en comparación con la ZEC Gorbeia (Ihobe 2021c). En este caso, el estudio asigna un riesgo medio a los pastos mesófilos con *Brachypodium pinnatum* con abundantes orquídeas (6210*) y un riesgo bajo a los prados de siega atlánticos (6510) (Ihobe 2021c).

Si bien los hábitats de interés considerados por su similitud respecto a los hábitats pascícolas adyacentes a los viñedos presentan, en las dos zonas analizadas, un riesgo medio o bajo frente al cambio climático (Ihobe 2021c), todos ellos constituyen agroecosistemas muy intervenidos en el paisaje agrario vasco, lo que podría aumentar su riesgo real. Esto supondría una amenaza para las comunidades de artrópodos que los habitan, los cuales pueden ser indispensables para la actividad agrícola, y requiere de medidas que aseguren la conservación de los hábitats y de los artrópodos beneficiosos que tienen asociados.

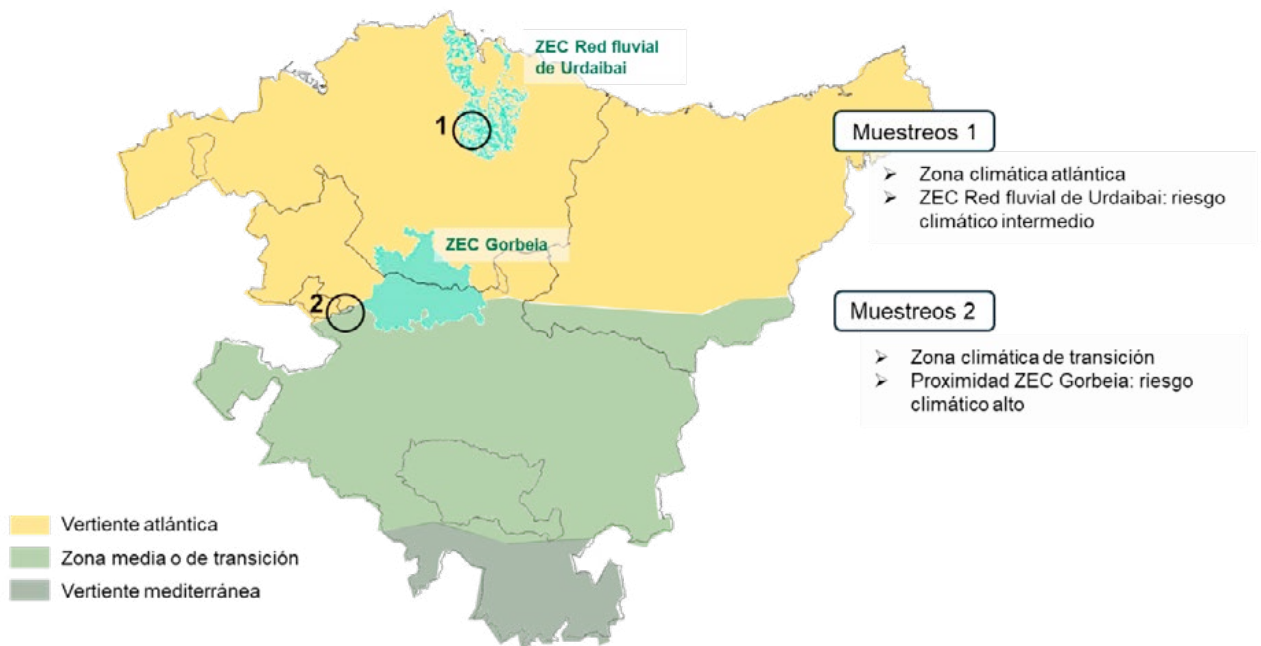


Figura 2. Área de estudio del informe de campo. Localización de las dos zonas de muestreo respecto a las zonas climáticas de la CAPV y a los dos espacios de la Red Natura 2000 próximos a ellas.

5.2. El impacto del cambio climático en los halíctidos

Los halíctidos (Halictidae) (Figura 3) son una familia de himenópteros apócritos de la superfamilia Apoidea. Se trata de una familia de abejas silvestres muy diversa, en la que la mayoría de las especies son solitarias, unas pocas semisociales y algunas eusociales. Generalmente hacen sus nidos en el suelo, aunque algunas especies también aprovechan la corteza de troncos viejos. La mayoría son polilécticas, es decir, colectan el polen de una gran diversidad de grupos taxonómicos de plantas. Las crías se alimentan exclusivamente de polen y néctar, y, por ello, los halíctidos son importantes polinizadores.

Al tratarse de polinizadores, los mecanismos mediante los cuales el cambio climático podría afectar a los halíctidos son (a) el desplazamiento del área de distribución de las especies y el subsiguiente desajuste espacial con las plantas con las que interactúan y (b) los desajustes temporales entre la fenología de la floración de las plantas y la actividad de los halíctidos (Obeso and Herrera 2018).

En términos generales, se ha observado en diferentes escenarios climáticos (RCP 4.5 y RCP 8.5) que a medida que aumente la temperatura, el área de distribución de las abejas silvestres se expandirá y desplazará a latitudes más altas. Sin embargo, la calidad de los hábitats adecuados para dichas abejas podría disminuir (Rahimi et al. 2021). Además, este desplazamiento latitudinal causará un desajuste entre las zonas agrícolas y el

área de distribución de las abejas silvestres, afectando negativamente a la polinización de los cultivos (Rahimi et al. 2021).

Si bien tanto las abejas halíctidas como las plantas pueden responder positivamente a cierto incremento de la temperatura, un ascenso acusado de la misma podría traducirse en una disminución de la productividad de las plantas, lo que supondría una disminución de los recursos florales disponibles y de la actividad de forrajeo de las abejas (Schürch et al. 2016). De hecho, este incremento de la temperatura está también relacionado con una disminución en la abundancia de las abejas silvestres (incluyendo las halíctidas), así como de su tamaño, lo cual repercute negativamente en el servicio de polinización que proporcionan (Kammerer et al. 2021, Herrera et al. 2023).

Puesto que las abejas halíctidas nidifican en el suelo, gran parte de su ciclo biológico tiene lugar bajo tierra. Es por tanto esperable que el cambio climático influya también en sus poblaciones alterando la disponibilidad y calidad de los lugares de nidificación. Sin embargo, los efectos del cambio climático dentro de los nidos han sido menos estudiados. Lo que sí se ha comprobado es que la temperatura en la entrada del nido puede influir en el inicio del forrajeo de las abejas por la mañana, mientras que las temperaturas bajo tierra pueden afectar al desarrollo de las larvas antes del final de la temporada de crecimiento (Antoine and Forrest 2021). Además, se ha observado que el aumento de las temperaturas al inicio del invierno afecta a la mortalidad y al tamaño de los ejemplares, mientras que el aumento de las temperaturas en verano afecta a la eclosión de los huevos, lo que podría afectar

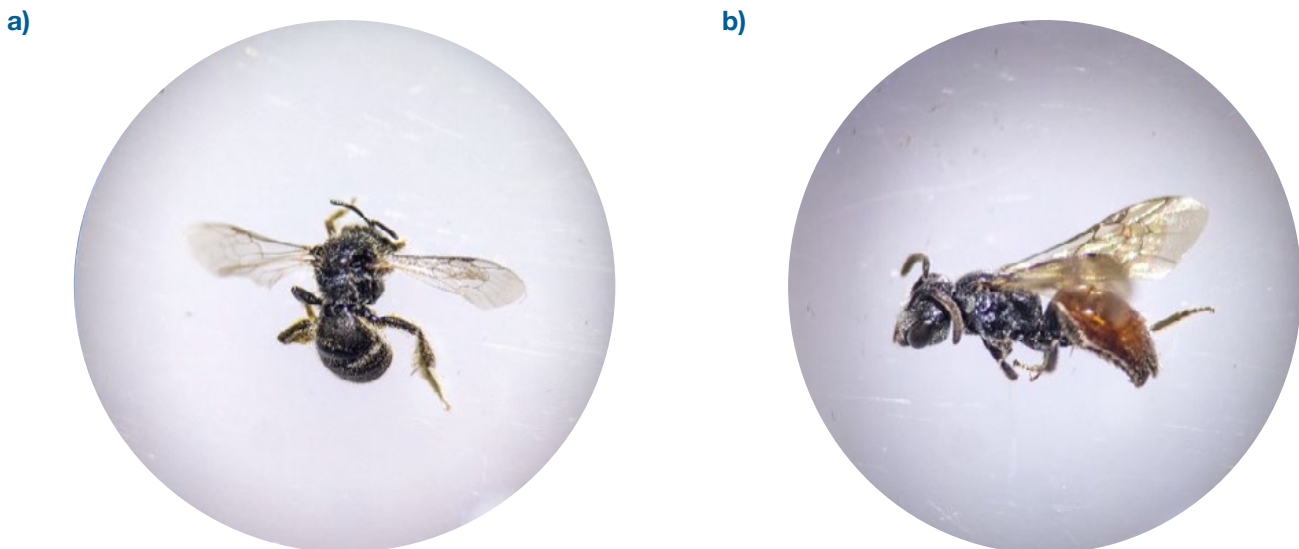


Figura 3. Fotografías de algunos ejemplares de la familia Halictidae muestreados en el trabajo de campo: a) género *Lasiosglossum*, b) género *Sphecodes*. Fotografías realizadas por Claudia Comparini (Vectobal).

negativamente a su supervivencia (Harmon-Threatt 2020). Por todo esto, es esperable que la temperatura influya fuertemente en la calidad del sitio del nido para las abejas que anidan en el suelo. La profundidad de los nidos, la textura del suelo, la pendiente, la orientación y la cobertura del suelo podrían ayudar a amortiguar algunos efectos al proporcionar aislamiento o ayudar a mantener el contenido de humedad.

Al igual que la temperatura, las precipitaciones también están variando a nivel mundial, con diferencias significativas entre regiones geográficas. Por ello se espera que algunas áreas experimenten aumentos significativos de las precipitaciones, mientras que otras experimenten disminuciones (Obeso and Herrera 2018). En aquellas regiones donde aumente la frecuencia e intensidad de precipitaciones extremas y sus consiguientes inundaciones, como es el caso de Euskadi, podría producirse un declive de numerosas especies que anidan en el suelo como las abejas halíctidas (Obeso and Herrera 2018).

5.3. El impacto del cambio climático en los taquínidos

Los taquínidos (Tachinidae) (Figura 4) son una familia de dípteros braquíceros de gran diversidad. Estos juegan un papel importante en los ecosistemas, ya que las larvas de la mayoría de las especies son parasitoides de insectos

herbívoros, por lo que contribuyen al control biológico de plagas. Aunque unos pocos taxones son especialistas de una sola especie hospedadora, la mayoría pueden parasitar a varias especies diferentes. Los adultos se alimentan de néctar y polen, por lo que pueden tener una función importante en la polinización, sobre todo a elevadas altitudes, donde las abejas pueden ser más escasas.

Debido a su estrecha relación con los insectos que parasitan, se prevé que los taquínidos sufran efectos directos e indirectos del cambio climático a través del impacto que sufran sus hospedadores, con consecuencias para las dinámicas de las poblaciones de artrópodos, la estructura de sus comunidades y el funcionamiento de los ecosistemas.

Como consecuencia de las actividades humanas y sus efectos sobre el clima a nivel global, las concentraciones de gases como el CO₂ y el ozono (O₃) están en aumento. Si bien estas elevadas concentraciones tienen un efecto directo sobre las plantas, también afectan a insectos herbívoros y a sus enemigos naturales, como los parasitoides (Cornelissen 2011). Concretamente, se ha comprobado que unas concentraciones elevadas de O₃ en comparación con los niveles actuales pueden reducir la abundancia total de insectos en un 17% (Hillstrom and Lindroth 2008), además de influir en la tasa de supervivencia de las larvas. En el caso de los taquínidos, por ejemplo, se ha detectado una disminución en la supervivencia de sus larvas bajo condiciones de O₃ elevadas (Holton et al. 2003), mientras que la de sus hospedadores ha aumentado en dichas condiciones. Esto



Figura 4. Fotografías de algunos ejemplares de la familia Tachinidae muestreados en el trabajo de campo: a) género *Gymnosoma*, b) género *Phryxe*. Fotografías realizadas por Claudia Comparini (Vectobal).

conllevaría un cambio en sus dinámicas poblacionales y funciones tróficas.

El incremento de la temperatura y de la deposición de nitrógeno también influyen sobre las comunidades de plantas e insectos, habiéndose relacionado ambos factores con un aumento desproporcionado de la biomasa de los herbívoros en comparación con la de las plantas y, en particular, con la de los parasitoides (de Sassi and Tylanakis 2012). En un mundo cada vez más cálido, esta disminución del parasitismo puede suponer importantes implicaciones para la regulación de los agroecosistemas, ya que podría propiciar el aumento de plagas herbívoras.

En el contexto del cambio climático, las modificaciones en las condiciones invernales tales como la disminución de la severidad del frío invernal, la disminución de la duración del invierno y el aumento de eventos climáticos estacionales extremos pueden alterar los patrones fenológicos estacionales de los organismos parasitoides y de sus hospedadores (Tougeron et al. 2020). Para hacer frente a esas nuevas condiciones ambientales, los insectos poseen diferentes estrategias, como reducir la expresión de la diapausa, adaptarse a las señales cambiantes para iniciar o terminar la misma, o aumentar el voltinismo. Sin embargo, las respuestas de los parasitoides estarán muy limitadas por las de sus hospedadores (Tougeron et al. 2020). Así, el cambio climático puede provocar una desincronización entre la diapausa de los parasitoides y sus hospedadores. Esta asincronía podría suponer una alteración en las comunidades de insectos herbívoros y parasitoides, con la consecuente perturbación del funcionamiento de la cadena trófica y por tanto del control biológico de plagas (Tougeron et al. 2020).

Los taquinidos se encuentran en todo tipo de ambientes terrestres, incluyendo las montañas. Las especies de artrópodos que habitan en las montañas son altamente sensibles al cambio climático (Di Marco et al. 2023). De hecho, se ha podido observar cómo la proporción de parasitoides especialistas ha aumentado en un 70% en bajas altitudes y disminuido en un 20% en las altas (Di Marco et al. 2023). Esto está relacionado con una homogeneización progresiva de la dieta de los taquinidos a medida que aumenta la altitud. Esta homogeneización podría remodelar la función ecológica de las comunidades de insectos de montaña, aumentando el riesgo de plagas herbívoras a altitudes elevadas (Di Marco et al. 2023). Por lo tanto, en la medida en que el cambio climático avance, la desaparición de parasitoides especialistas a altitudes elevadas podría acelerarse.

5.4. Conclusiones del análisis realizado

El cambio climático puede poner en riesgo a las poblaciones de halíctidos y taquinidos en los agroecosistemas de la CAPV, afectando a los servicios ecosistémicos asociados de polinización y control biológico de plagas. Es por tanto necesario poner en marcha medidas para la adaptación de estos grupos de artrópodos.

Las principales claves que se deberían tener en cuenta para realizar una gestión enfocada a la adaptación al cambio climático de los halíctidos y taquinidos en los agroecosistemas son:

1. Generación de conocimiento sobre ambos grupos, abarcando aspectos sobre su biología, distribución y fenología. También es necesario comprender en profundidad cómo responden estos grupos al cambio climático para poder diseñar estrategias de conservación que contrarresten sus posibles efectos negativos. El monitoreo sistemático y continuo es, por tanto, fundamental.
2. Fomento de la heterogeneidad tanto a nivel de paisaje como a nivel local, favoreciendo la existencia de recursos alimenticios y de nidificación, así como de refugios a lo largo de todo el año y conectados entre sí.
3. Priorización del manejo ecológico y extensivo de los agroecosistemas frente al convencional e intensivo, promoviendo la implementación de prácticas agrícolas más sostenibles enfocadas hacia el equilibrio entre la producción y la conservación de la biodiversidad.

06

Relación de medidas aplicables en la CAPV para el fomento de artrópodos beneficiosos

Con el propósito de fortalecer la capacidad de adaptación de los polinizadores y la fauna auxiliar frente a los efectos derivados del cambio climático en los agroecosistemas de la CAPV, el presente apartado propone un conjunto de medidas estratégicas. Dichas medidas, fundamentadas tanto en el análisis crítico de la revisión bibliográfica realizada como en el trabajo de campo llevado a cabo en paralelo en el paisaje agrario vasco (informe de campo), buscan establecer un marco de actuación eficaz y ajustado a las necesidades específicas del contexto vasco. Si bien la propuesta se centra en viñedos y hábitats pascícolas, en muchos casos su implementación es transferible a otro tipo de agroecosistemas.

Cabe también indicar que las medidas que a continuación se presentan pretenden favorecer a los polinizadores y a la fauna auxiliar en su conjunto, siendo por tanto aplicables también a los halíctidos y a los taquínidos.

6.1. En viñedos

6.1.1 Desarrollo, compleción e instauración del **monitoreo de distintos grupos de polinizadores y fauna auxiliar**, tales como dípteros, lepidópteros diurnos y nocturnos, coleópteros, himenópteros y arañas. Sería recomendable la utilización de distintos métodos de monitoreo que se complementen entre sí para obtener una representación más certera de la abundancia y diversidad de estos grupos.
Bloque de medidas: monitoreo y seguimiento.

6.1.2 Elaboración de **bases de datos** que permitan centralizar todas las observaciones obtenidas durante los monitoreos y analizarlas en su conjunto, para obtener mapas de distribución de especies y realizar proyecciones futuras de las mismas. Esto ayudaría a diseñar medidas de gestión y conservación más adaptadas a la realidad de cada escenario.
Bloque de medidas: monitoreo y seguimiento.

6.1.3 **Estudio de qué plantas nativas resultan de mayor interés** para los polinizadores en las calles de los viñedos. Esto sería posible mediante la realización de estudios de interacciones planta-insecto, ya que de esta forma se podría extraer la información relativa a las plantas más visitadas por cada grupo de polinizadores.
Bloque de medidas: monitoreo y seguimiento.

- 6.1.4** Fomento de una **gestión del paisaje vitícola** centrada en el mantenimiento y la gestión favorable de hábitats naturales y seminaturales como bosques, matorrales y hábitats pascícolas que rodean a los viñedos. De esta manera se ayudaría a que los polinizadores y la fauna auxiliar tengan suficiente alimento y refugio para sobrevivir a lo largo de todo el año en las inmediaciones del cultivo.
Bloque de medidas: conservación de hábitats.
- 6.1.5** Plantación de **setos, bandas florales y/o árboles solitarios** en los márgenes y/o en las calles de los viñedos, promoviendo la diversidad de especies nativas y que además florezcan durante diferentes épocas del año, para proporcionar un suministro constante de alimento y refugio en las viñas. Una alternativa o complemento a la siembra de flores mediante siembra de mezclas de semillas autóctonas podría ser permitir la regeneración natural de la vegetación en las calles de las viñas. Esta cubierta vegetal nativa desempeña un mejor papel que los cultivos de cobertura constituidos por especies exóticas, mejorando el control biológico de plagas en los viñedos.
Bloque de medidas: creación de hábitats adecuados.
- 6.1.6** Fomento de la presencia de **recursos para la nidificación de artrópodos** en los viñedos, por ejemplo, manteniendo zonas de suelo expuesto para aquellos grupos que nidifican el suelo, como los halíctidos, y elementos leñosos y matorrales para los que nidifican sobre el suelo.
Bloque de medidas: conservación de hábitats, creación de hábitats adecuados, y uso de prácticas agrícolas sostenibles.
- 6.1.7** **Conexión de las parcelas de viñedo** entre sí y también con otros cultivos y manchas de vegetación distintas para favorecer el desplazamiento de los artrópodos, especialmente el de aquellas especies que requieren diversos tipos de hábitats para encontrar recursos o desarrollar las fases de su ciclo. Esto podría plantearse de forma integrada, utilizando los setos, bandas florales e infraestructuras verdes implantados en los márgenes como corredores ecológicos que conecten los viñedos entre sí y con otro tipo de hábitats presentes en el paisaje agrario vasco.
Bloque de medidas: creación de hábitats adecuados, y fomento de la conectividad de hábitats.
- 6.1.8** Promoción y preservación de la **heterogeneidad del paisaje vitícola** para favorecer la diversidad de los artrópodos beneficiosos, mediante la creación de un mosaico de diversos cultivos, entendiendo esta diversidad a nivel funcional (no según la especie sembrada), y hábitats seminaturales. Reducir el tamaño de los cultivos para propiciar esta heterogeneidad paisajística y facilitar el desplazamiento de los artrópodos a los hábitats que se encuentran en los márgenes de los viñedos.
Bloque de medidas: aumento de la diversidad paisajística.
- 6.1.9** Promoción de la **heterogeneidad también a nivel local**, no solo paisajístico, pues también tiene un efecto positivo en los artrópodos beneficiosos presentes en los viñedos. La vitiforestería, o agroforestería aplicada a la viticultura, es un ejemplo claro de cómo la heterogeneidad a nivel local exhibe unos niveles más altos de biodiversidad de insectos, posiblemente debida a una mayor complejidad de la vegetación.
Bloque de medidas: uso de prácticas agrícolas sostenibles.
- 6.1.10** Potenciamiento de **prácticas de manejo ecológico** en los viñedos frente al manejo convencional para promover la conservación de los artrópodos.
Bloque de medidas: uso de prácticas agrícolas sostenibles.
- 6.1.11** Utilización de **productos fitosanitarios selectivos** que produzcan un impacto menor en las comunidades de artrópodos beneficiosos.
Bloque de medidas: uso de prácticas agrícolas sostenibles.
- 6.1.12** **Disminución de la frecuencia de siega y de roturación del suelo**, o siegas/roturaciones de calles alternas, y disminución del uso de herbicidas en las calles de los viñedos.
Bloque de medidas: uso de prácticas agrícolas sostenibles.
- 6.1.13** Desarrollo de **planes de protección específicos para polinizadores y fauna auxiliar** presentes en hábitats pascícolas amenazados por diferentes especies invasoras (flora, fauna), así como programas para prevenir las invasiones o controlar las propias especies invasoras.
Bloque de medidas: control de especies exóticas invasoras.

- 6.1.14** Desarrollo de **campañas de sensibilización** para profesionales del sector vitivinícola cuya actividad pueda afectar negativamente a los polinizadores y a la fauna auxiliar.
Bloque de medidas: educación y concienciación de la ciudadanía.
- 6.1.15 Participación en la monitorización de artrópodos beneficiosos y fomento de la ciencia ciudadana** tanto de la sociedad vasca como de los vitivinicultores y vitivinicultoras, desarrollando planes de formación y protocolos de seguimiento adaptados a sus conocimientos en la materia. De esta manera se contribuiría a fomentar su implicación en la conservación de los artrópodos en el paisaje agrario.
Bloque de medidas: educación y concienciación de la ciudadanía.
- 6.2.**
En hábitats pascícolas
- 6.2.1** Desarrollo, compleción e instauración del **monitoreo de distintos grupos de polinizadores y fauna auxiliar**, tales como dípteros, lepidópteros diurnos y nocturnos, coleópteros, himenópteros y arañas. Sería recomendable la utilización de distintos métodos de monitoreo que se complementen entre sí para obtener una representación más certera de la abundancia y diversidad de estos grupos.
Bloque de medidas: monitoreo y seguimiento.
- 6.2.2** Elaboración de **bases de datos** que permitan centralizar todas las observaciones obtenidas durante los monitoreos y analizarlas en su conjunto, para obtener mapas de distribución de especies y realizar proyecciones futuras de las mismas. Esto ayudaría a diseñar medidas de gestión y conservación más adaptadas a la realidad de cada escenario.
Bloque de medidas: monitoreo y seguimiento.
- 6.2.3 Estudio de qué plantas nativas resultan de mayor interés** para los polinizadores en los hábitats pascícolas. Esto sería posible mediante la realización de estudios de interacciones planta-insecto, ya que de esta forma se podría extraer la información relativa a las plantas más visitadas por cada grupo de polinizadores.
Bloque de medidas: monitoreo y seguimiento.
- 6.2.4** Fomento de una **gestión del paisaje** centrada en el mantenimiento y la gestión favorable de hábitats naturales y seminaturales, como bosques, matorrales y vegetación herbácea que rodean a los hábitats pascícolas.
Bloque de medidas: conservación de hábitats.
- 6.2.5 Conservación del hábitat natural de los artrópodos especialistas** para garantizar su resiliencia, mediante la conservación de parches de vegetación clave dentro del mosaico paisajístico.
Bloque de medidas: conservación de hábitats.
- 6.2.6** Plantación de **bandas florales y setos de plantas nativas** a lo largo de los bordes de sus prados. Para ello, resultaría necesario identificar las especies de plantas apropiadas, teniendo en cuenta tanto su fenología, para asegurar la disponibilidad de recursos a lo largo de todo el año, como su toxicidad, para no sembrar especies que puedan ser perjudiciales en caso de presencia de ganado. También sería necesario facilitar a las personas agricultoras semillas autóctonas.
Bloque de medidas: creación de hábitats adecuados.
- 6.2.7 Enriquecimiento de la vegetación** del interior de los hábitats pascícolas mediante la siembra de mezclas de diferentes tipos semillas autóctonas para aumentar la cantidad de recursos.
Bloque de medidas: creación de hábitats adecuados.
- 6.2.8** Creación de **conexiones entre los hábitats pascícolas de la matriz paisajística** para favorecer la estabilidad y diversidad de distintos grupos de artrópodos. Para crear esta conectividad, mantener corredores a través de la presencia de matorrales y de la cercanía entre los prados y pastos del mismo tipo y diferentes. Cuanto menos aislados estén los hábitats pascícolas, más generalistas serán los artrópodos, así como más resistentes a perturbaciones externas.
Bloque de medidas: fomento de la conectividad de hábitats.

- 6.2.9** Promoción de **siegas sinuosas**, frente a las tradicionales enmarcadas en un perímetro fijo, segando en cada ocasión un área diferente, de modo que existan espacios de vegetación seminatural con diferente grado de intervención y diferente composición florística. De esta manera, diferentes tipos de recursos estarán presentes durante todo el año y se conseguirá formar una gama de microclimas, creando condiciones óptimas para los diferentes estadios de artrópodos beneficiosos.
Bloque de medidas: conservación de hábitats, y uso de prácticas agrícolas sostenibles.
- 6.2.10** **Disminución de la frecuencia de siega** para favorecer a distintos grupos de artrópodos presentes en los hábitats pascícolas.
Bloque de medidas: uso de prácticas agrícolas sostenibles.
- 6.2.11** Fomento de la **ganadería extensiva y regenerativa** y estudio de qué tipo de ganado es el más compatible con una comunidad resiliente de artrópodos beneficiosos. Creación de un mosaico de pastizales pastoreados extensivamente y/o con una gestión regenerativa. Además, la gestión de pastizales sin pastoreo durante varios años puede ser una buena estrategia para proteger la salud del suelo y mantener la agrobiodiversidad y las interacciones tróficas en los hábitats pascícolas.
Bloque de medidas: aumento de la diversidad paisajística, y uso de prácticas agrícolas sostenibles.
- 6.2.12** Mantenimiento de **franjas exentas de pastoreo** en los pastos.
Bloque de medidas: conservación de hábitats, y uso de prácticas agrícolas sostenibles.
- 6.2.13** Fomento del **modelo ecológico** frente al convencional para favorecer la diversidad de artrópodos en este tipo de hábitats.
Bloque de medidas: uso de prácticas agrícolas sostenibles.
- 6.2.14** Desarrollo de **planes de protección específicos para polinizadores y fauna auxiliar** presentes en hábitats pascícolas amenazados por diferentes especies invasoras (flora, fauna), así como programas para prevenir las invasiones o controlar las propias especies invasoras.
Bloque de medidas: control de especies exóticas invasoras.
- 6.2.15** Desarrollo de **campañas de sensibilización** para profesionales del sector agroganadero cuya actividad en los hábitats pascícolas pueda afectar negativamente a los polinizadores y a la fauna auxiliar.
Bloque de medidas: educación y concienciación de la ciudadanía.
- 6.2.16** **Participación en la monitorización de artrópodos beneficiosos y fomento de la ciencia ciudadana** tanto de la sociedad vasca como de los y las profesionales de la agricultura y la ganadería, desarrollando planes de formación y protocolos de seguimiento adaptados a sus conocimientos en la materia. De esta manera se contribuiría a fomentar su implicación en la conservación de los artrópodos en el paisaje agrario.
Bloque de medidas: educación y concienciación de la ciudadanía.

Bibliografía

- Addison, P., A. Baauw, and G. Groenewald. 2013. An initial investigation of the effects of mulch layers on soil-dwelling arthropod assemblages in vineyards. *South African Journal of Entology and Viticulture* 34:266–271.
- Aguilera, G., T. Roslin, K. Miller, G. Tamburini, K. Birkhofer, B. Caballero-Lopez, S. A. M. Lindström, E. Öckinger, M. Rundlöf, A. Rusch, H. G. Smith, and R. Bommarco. 2020. Crop diversity benefits carabid and pollinator communities in landscapes with semi-natural habitats. *Journal of Applied Ecology* 57:2170–2179.
- Aizen, M. A., M. P. Arbetman, N. P. Chacoff, V. R. Chalcoff, P. Feinsinger, L. A. Garibaldi, L. D. Harder, C. L. Morales, A. Sáez, and A. J. Vanbergen. 2020. Invasive bees and their impact on agriculture. Page *Advances in Ecological Research*. First edition. Elsevier Ltd.
- Albrecht, M., D. Kleijn, N. M. Williams, M. Tschumi, B. R. Blaauw, R. Bommarco, A. J. Campbell, M. Dainese, F. A. Drummond, M. H. Entling, D. Ganser, G. Arjen de Groot, D. Goulson, H. Grab, H. Hamilton, F. Herzog, R. Isaacs, K. Jacot, P. Jeanneret, M. Jonsson, E. Knop, C. Kremen, D. A. Landis, G. M. Loeb, L. Marini, M. McKerchar, L. Morandin, S. C. Pfister, S. G. Potts, M. Rundlöf, H. Sardiñas, A. Sciligo, C. Thies, T. Tschardtke, E. Venturini, E. Veromann, I. M. G. Vollhardt, F. Wäckers, K. Ward, A. Wilby, M. Woltz, S. Wratten, and L. Sutter. 2020. The effectiveness of flower strips and hedgerows on pest control, pollination services and crop yield: a quantitative synthesis. *Ecology Letters* 23: 1488–1498.
- Altieri, M. A., and C. I. Nicholls. 2002. The simplification of traditional vineyard based agroforests in northwestern Portugal: some ecological implications. *Agroforestry Systems* 56:185–191.
- Antoine, C. M., and J. R. K. Forrest. 2021. Nesting habitat of ground-nesting bees: a review. *Ecological Entomology* 46:143–159.
- Appenfeller, L. R., S. Lloyd, and Z. Szendrei. 2020. Citizen science improves our understanding of the impact of soil management on wild pollinator abundance in agroecosystems. *PLoS ONE* 15:1–15.

- Bartomeus, I., J. S. Ascher, D. Wagner, B. N. Danforth, S. Colla, S. Kornbluth, and R. Winfree. 2011. Climate-associated phenological advances in bee pollinators and bee-pollinated plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108:20645–20649.
- Batáry, P., A. Holzschuh, K. M. Orci, F. Samu, and T. Tschardtke. 2012. Responses of plant, insect and spider biodiversity to local and landscape scale management intensity in cereal crops and grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 146:130-136.
- Beye, H., F. Taube, K. Lange, M. Hasler, C. Kluß, R. Loges, and T. Diekötter. 2022. Species-Enriched Grass-Clover Mixtures Can Promote Bumblebee Abundance Compared with Intensively Managed Conventional Pastures. *Agronomy* 12:1080.
- Billaud, O., R. L. Vermeersch, and E. Porcher. 2021. Citizen science involving farmers as a means to document temporal trends in farmland biodiversity and relate them to agricultural practices. *Journal of Applied Ecology* 58:261–273.
- Blackburn, T. M., P. Pyšek, S. Bacher, J. T. Carlton, R. P. Duncan, V. Jarošík, J. R. U. Wilson, and D. M. Richardson. 2011. A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution* 26:333-339.
- Blaise, C., C. Mazzia, A. Bischoff, A. Millon, P. Ponel, and O. Blight. 2022. Vegetation increases abundances of ground and canopy arthropods in Mediterranean vineyards. *Scientific Reports* 12:1–10.
- Bolde, P., and V. Dhulap. 2019. Impact of Invasive shrub species (Cassia Spp.) on Plant Diversity and Insect Abundance in Grasslands from Solapur region Monitoring presence of Great Indian Bustards in Solapur region View project. *International Journal of Basic and Applied Research* 9:310–320.
- Bonari, G., K. Fajmon, I. Malenovský, D. Zelený, J. Holuša, I. Jongepierová, P. Kočárek, O. Konvička, J. Uříčář, and M. Chytrý. 2017. Management of semi-natural grasslands benefiting both plant and insect diversity: The importance of heterogeneity and tradition. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 246:243–252.
- Burkle, L. A., J. C. Marlin, and T. M. Knight. 2013. Plant-pollinator interactions over 120 years: Loss of species, co-occurrence, and function. *Science* 340:1611–1615.
- Campbell, J. W., A. R. Cabrera, C. Stanley-Stahr, and J. D. Ellis. 2016. An Evaluation of the Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Safety Profile of a New Systemic Insecticide, Flupyradifurone, Under Field Conditions in Florida. *Journal of Economic Entomology* 109:1967–1972.
- Caprio, E., B. Nervo, M. Isaia, G. Allegro, and A. Rolando. 2015. Organic versus conventional systems in viticulture: Comparative effects on spiders and carabids in vineyards and adjacent forests. *Agricultural Systems* 136:61–69.
- Cardarelli, E., and G. Bogliani. 2014. Effects of grass management intensity on ground beetle assemblages in rice field banks. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 195:120–126.
- Carlos, C., F. Gonçalves, L. Crespo, V. Zina, I. Oliveira, A. Crespi, and L. Torres. 2019. How does habitat diversity affect ground-dwelling arthropods assemblages in Douro Demarcated Region terraced vineyards? *Journal of Insect Conservation* 23:555–564.
- Cole, L. J., D. Kleijn, L. V. Dicks, J. C. Stout, S. G. Potts, M. Albrecht, M. V. Balzan, I. Bartomeus, P. J. Bebeli, D. Bevk, J. C. Biesmeijer, R. Chlebo, A. Dautarté, N. Emmanouil, C. Hartfield, J. M. Holland, A. Holzschuh, N. T. J. Knoben, A. Kovács-Hostyánszki, Y. Mandelik, H. Panou, R. J. Paxton, T. Petanidou, M. A. A. Pinheiro de Carvalho, M. Rundlöf, J. P. Sarthou, M. C. Stavrinides, M. J. Suso, H. Szentgyörgyi, B. E. Vaissière, A. Varnava, M. Vilà, R. Zemeckis, and J. Scheper. 2020. A critical analysis of the potential for EU Common Agricultural Policy measures to support wild pollinators on farmland. *Journal of Applied Ecology* 57:681–694.
- Cornelissen, T. 2011. Climate change and its effects on terrestrial insects and herbivory patterns. *Neotropical Entomology* 40:155–163.
- Couckuyt, J. 2019. Sinus management , grassland mowing in an agricultural environment : how to improve and adapt the management in favour of butterflies and insects ? *Phegea* 47:111–120.
- Cutter, J., T. Hovick, D. McGranahan, J. Harmon, R. Limb, J. Spiess, and B. Geaumont. 2022. Cattle grazing results in greater floral resources and pollinators than sheep grazing in low-diversity grasslands. *Ecology and Evolution* 12:1–15.

- Daane, K. M., C. Vincent, R. Isaacs, and C. Ioriatti. 2018. Entomological Opportunities and Challenges for Sustainable Viticulture in a Global Market. *Annual Review of Entomology* 63:193–214.
- Danne, A., L. J. Thomson, D. J. Sharley, C. M. Penfold, and A. A. Hoffmann. 2010. Effects of native grass cover crops on beneficial and pest invertebrates in Australian vineyards. *Environmental Entomology* 39:970–978.
- Devkota, K. 2020. Conservation of natural and semi-natural habitat providing resources for pollinators. Pages 151–158 *Towards the sustainable crop pollination services*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Diacon-Bolli, J., T. Dalang, R. Holderegger, and M. Bürgi. 2012. Heterogeneity fosters biodiversity: Linking history and ecology of dry calcareous grasslands. *Basic and Applied Ecology* 13:641–653.
- Dilts, T. E., S. H. Black, S. M. Hoyle, S. J. Jepsen, E. A. May, and M. L. Forister. 2023. Agricultural margins could enhance landscape connectivity for pollinating insects across the Central Valley of California, U.S.A. *PLoS ONE* 18:e0267263.
- Edde, P. A. 2021. *Field Crop Arthropod Pests of Economic Importance*. Elsevier Inc.
- Eigenbrode, S. D., S. Adhikari, E. Kistner-Thomas, and L. Neven. 2022. Introduction to the Collection: Climate Change, Insect Pests, and Beneficial Arthropods in Production Systems. *Journal of Economic Entomology* 115:1315–1319.
- European Commission. 2023. *Common Agricultural Policy for 2023-2027 28 Cap Strategic Plans at a Glance*. Agriculture and rural development:5–8.
- Fahrig, L., J. Girard, D. Duro, J. Pasher, A. Smith, S. Javorek, D. King, K. F. Lindsay, S. Mitchell, and L. Tischendorf. 2015. Farmlands with smaller crop fields have higher within-field biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 200:219–234.
- Foley, J. A., N. Ramankutty, K. A. Brauman, E. S. Cassidy, J. S. Gerber, M. Johnston, N. D. Mueller, C. O'Connell, D. K. Ray, P. C. West, C. Balzer, E. M. Bennett, S. R. Carpenter, J. Hill, C. Monfreda, S. Polasky, J. Rockström, J. Sheehan, S. Siebert, D. Tilman, and D. P. M. Zaks. 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478:337–342.
- Folly, A. J., D. Dorey-Robinson, L. M. Hernández-Triana, L. P. Phipps, and N. Johnson. 2020. Emerging Threats to Animals in the United Kingdom by Arthropod-Borne Diseases. *Frontiers in Veterinary Science* 7:1–19.
- Fountain, M. T. 2022. Impacts of Wildflower Interventions on Beneficial Insects in Fruit Crops: A Review. *Insects* 13:304.
- Franin, K., B. Barić, and G. Kuštera. 2016. The role of ecological infrastructure on beneficial arthropods in vineyards. *Spanish Journal of Agricultural Research* 14:e0303.
- Franklinos, L. H. V., K. E. Jones, D. W. Redding, and I. Abubakar. 2019. The effect of global change on mosquito-borne disease. *The Lancet Infectious Diseases* 19:e302–e312.
- Gaigher, R., and M. J. Samways. 2010. Surface-active arthropods in organic vineyards, integrated vineyards and natural habitat in the Cape Floristic Region. *Journal of Insect Conservation* 14:595–605.
- Galante, E., and Á. Marcos. 1997. Detrívoros, coprófagos y necrófagos. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 20:57–64.
- Garibaldi, L. A., N. Pérez-Méndez, G. D. Cordeiro, A. Hughes, M. Orr, I. Alves-dos-Santos, B. M. Freitas, F. Freitas de Oliveira, G. LeBuhn, I. Bartomeus, M. A. Aizen, P. B. Andrade, B. Blochtein, D. Boscolo, P. M. Drummond, M. C. Gaglianone, B. Gemmill-Herren, R. Halinski, C. Krug, M. M. Maués, L. H. Piedade Kiill, M. Pinheiro, C. S. S. Pires, and B. F. Viana. 2021. Negative impacts of dominance on bee communities: Does the influence of invasive honey bees differ from native bees? *Ecology* 102:e03526.
- Gillespie, M., and S. D. Wratten. 2012. The importance of viticultural landscape features and ecosystem service enhancement for native butterflies in New Zealand vineyards. *Journal of Insect Conservation* 16:13–23.
- Gonçalves, F., C. Carlos, J. Aranha, and L. Torres. 2018. Does habitat heterogeneity affect the diversity of epigaeic arthropods in vineyards? *Agricultural and Forest Entomology* 20:366–379.
- Goulson, D. 2003. Effects of Introduced Bees on Native Ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34:1–26.

- Gracia, M., M. J. Broncano, and J. Retana. 2021. Manual para el diseño e implementación de un modelo agroalimentario regenerativo: el sistema Polyfarming. Barcelona.
- Griffiths-Lee, J., B. Davenport, B. Foster, E. Nicholls, and D. Goulson. 2023. Sown wildflowers between vines increase beneficial insect abundance and richness in a British vineyard. *Agricultural and Forest Entomology* 25:139–151.
- Haan, N. L., Y. Zhang, and D. A. Landis. 2020. Predicting Landscape Configuration Effects on Agricultural Pest Suppression. *Trends in Ecology and Evolution* 35:175–186.
- Harmon-Threatt, A. 2020. Influence of nesting characteristics on health of wild bee communities. *Annual Review of Entomology* 65:39–56.
- Henríquez-piskulich, P. A., C. Schapheer, N. J. Vereecken, and C. Villagra. 2021. Agroecological strategies to safeguard insect pollinators in biodiversity hotspots: Chile as a case study. *Page Sustainability (Switzerland)*.
- Herrera, C. M., A. Núñez, J. Valverde, and C. Alonso. 2023. Body mass decline in a Mediterranean community of solitary bees supports the size shrinking effect of climatic warming. *Ecology* 104:1–9.
- Hevia, V., F. M. Azcárate, E. Oteros-Rozas, and J. A. González. 2013. Exploring the role of transhumance drove roads on the conservation of ant diversity in Mediterranean agroecosystems. *Biodiversity and Conservation* 22:2567–2581.
- Hevia, V., J. Bosch, F. M. Azcárate, E. Fernández, A. Rodrigo, H. Barril-Graells, and J. A. González. 2016. Bee diversity and abundance in a livestock drove road and its impact on pollination and seed set in adjacent sunflower fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 232:336–344.
- Hevia, V., M. García-Llorente, R. Martínez-Sastre, S. Palomo, D. García, M. Miñarro, M. Pérez-Marcos, J. A. Sanchez, and J. A. González. 2021. Do farmers care about pollinators? A cross-site comparison of farmers' perceptions, knowledge, and management practices for pollinator-dependent crops. *International Journal of Agricultural Sustainability* 19:1–15.
- Hillstrom, M. L., and R. L. Lindroth. 2008. Elevated atmospheric carbon dioxide and ozone alter forest insect abundance and community composition. *Insect Conservation and Diversity* 1:233–241.
- Holland, J. M., B. M. Smith, J. Storkey, P. J. W. Lutman, and N. J. Aebischer. 2015. Managing habitats on English farmland for insect pollinator conservation. *Biological Conservation* 182:215–222.
- Holton, M. K., R. L. Lindroth, and E. V. Nordheim. 2003. Foliar quality influences tree-herbivore-parasitoid interactions: Effects of elevated CO₂, O₃, and plant genotype. *Oecologia* 137:233–244.
- Holway, D. A., L. Lach, A. V. Suarez, N. D. Tsutsui, and T. J. Case. 2002. The causes and consequences of ant invasions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 33:181–233.
- Hula, V., M. Konvicka, A. Pavlicko, and Z. Fric. 2004. Marsh Fritillary (*Euphydryas aurinia*) in the Czech Republic: Monitoring, metapopulation structure, and conservation of an endangered butterfly. *Entomologica Fennica* 15:231–241.
- Ihobe. 2021a. Medidas de adaptación al cambio climático de insectos polinizadores en Euskadi. Caso práctico de las mariposas en la Red Natura 2000. Ihobe, Bilbao.
- Ihobe. 2021b. Análisis bioclimático de Euskadi en escenarios de cambio climático. Ihobe, Bilbao.
- Ihobe. 2021c. Análisis de riesgo climático de los hábitats terrestres de Euskadi. Resultados. Ihobe, Bilbao.
- Ihobe. 2024. Artrópodos beneficiosos en el paisaje agrario vasco bajo el contexto del cambio climático. Estudio piloto en viñedos y hábitats pascícolas. Elaborado por NEIKER y BC3.
- IPCC. 2023. Summary for Policymakers. *Page Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland.
- Isaia, M., F. Bona, and G. Badino. 2006. Influence of landscape diversity and agricultural practices on spider assemblage in Italian vineyards of Langa Astigiana (Northwest Italy). *Environmental Entomology* 35:297–307.

- Jiménez-García, L., Y. G. García-Martínez, V. Marco-Mancebón, I. Pérez-Moreno, and D. Jiménez-García. 2019. Biodiversity analysis of natural arthropods enemies in vineyard agroecosystems in La Rioja, Spain. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 22:308–315.
- Kammerer, M., S. C. Goslee, M. R. Douglas, J. F. Tooker, and C. M. Grozinger. 2021. Wild bees as winners and losers: Relative impacts of landscape composition, quality, and climate. *Global Change Biology* 27:1250–1265.
- Kehinde, T., and M. J. Samways. 2012. Endemic pollinator response to organic vs. conventional farming and landscape context in the Cape Floristic Region biodiversity hotspot. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 146:162–167.
- Kehinde, T., and M. J. Samways. 2014a. Management defines species turnover of bees and flowering plants in vineyards. *Agricultural and Forest Entomology* 16:95–101.
- Kehinde, T., and M. J. Samways. 2014b. Effects of vineyard management on biotic homogenization of insect-flower interaction networks in the Cape Floristic Region biodiversity hotspot. *Journal of Insect Conservation* 18:469–477.
- Klaus, V. H., T. Kleinebecker, D. Prati, M. M. Gossner, F. Alt, S. Boch, S. Gockel, A. Hemp, M. Lange, J. Müller, Y. Oelmann, E. Pašalić, S. C. Renner, S. A. Socher, M. Türke, W. W. Weisser, M. Fischer, and N. Hölzel. 2013. Does organic grassland farming benefit plant and arthropod diversity at the expense of yield and soil fertility? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 177:1–9.
- Klein, A. M., C. Brittain, S. D. Hendrix, R. Thorp, N. Williams, and C. Kremen. 2012. Wild pollination services to California almond rely on semi-natural habitat. *Journal of Applied Ecology* 49:723–732.
- Klein, A. M., B. E. Vaissière, J. H. Cane, I. Steffan-Dewenter, S. A. Cunningham, C. Kremen, and T. Tscharntke. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274:303–313.
- Kratschmer, S., B. Pachinger, R. Gaigher, J. S. Pryke, J. van Schalkwyk, M. J. Samways, A. Melin, T. Kehinde, J. G. Zaller, and S. Winter. 2021. Enhancing flowering plant functional richness improves wild bee diversity in vineyard inter-rows in different floral kingdoms. *Ecology and Evolution* 11:7927–7945.
- Kratschmer, S., B. Pachinger, M. Schwantzer, D. Paredes, M. Guernion, F. Burel, A. Nicolai, P. Strauss, T. Bauer, M. Kriechbaum, J. G. Zaller, and S. Winter. 2018. Tillage intensity or landscape features: What matters most for wild bee diversity in vineyards? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 266:142–152.
- Kratschmer, S., B. Pachinger, M. Schwantzer, D. Paredes, G. Guzmán, J. A. Gómez, J. A. Entrenas, M. Guernion, F. Burel, A. Nicolai, A. Fertil, D. Popescu, L. Macavei, A. Hoble, C. Bunea, M. Kriechbaum, J. G. Zaller, and S. Winter. 2019. Response of wild bee diversity, abundance, and functional traits to vineyard inter-row management intensity and landscape diversity across Europe. *Ecology and Evolution* 9:4103–4115.
- Kruess, A., and T. Tscharntke. 2002a. Grazing intensity and the diversity of grasshoppers, butterflies, and trap-nesting bees and wasps. *Conservation Biology* 16:1570–1580.
- Kruess, A., and T. Tscharntke. 2002b. Contrasting responses of plant and insect diversity to variation in grazing intensity. *Biological Conservation* 106:293–302.
- Litt, A. R., E. E. Cord, T. E. Fulbright, and G. L. Schuster. 2014. Effects of Invasive Plants on Arthropods. *Conservation Biology* 28:1532–1549.
- Magrach, A., A. Giménez-García, A. Allen-Perkins, L. A. Garibaldi, and I. Bartomeus. 2023. Increasing crop richness and reducing field sizes provide higher yields to pollinator-dependent crops. *Journal of Applied Ecology* 60:77–90.
- Mansour, R., P. Suma, G. Mazzeo, K. G. Lebdi, and A. Russo. 2011. Evaluating side effects of newer insecticides on the vine mealybug parasitoid *Anagyrus* sp. near *pseudococci*, with implications for integrated pest management in vineyards. *Phytoparasitica* 39:369–376.

- Di Marco, M., L. Santini, D. Corcos, H. P. Tschorsnig, and P. Cerretti. 2023. Elevational homogenization of mountain parasitoids across six decades. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 120.
- Marrec, R., I. Badenhauer, V. Bretagnolle, L. Börger, M. Roncoroni, N. Guillon, and B. Gauffre. 2014. Crop succession and habitat preferences drive the distribution and abundance of carabid beetles in an agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 199:282-289.
- Marshall, L., F. Perdijk, N. Dendoncker, W. Kunin, S. Roberts, and J. C. Biesmeijer. 2020. Bumblebees moving up: shifts in elevation ranges in the Pyrenees over 115 years. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 287:20202201.
- Masoni, A., F. Frizzi, C. Brühl, N. Zocchi, E. Palchetti, G. Chelazzi, and G. Santini. 2017. Management matters: A comparison of ant assemblages in organic and conventional vineyards. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 246:175-183.
- McCravy, K. W. 2018. A review of sampling and monitoring methods for beneficial arthropods in agroecosystems. *Insects* 9:1-27.
- Memmott, J., C. Carvell, R. F. Pywell, and P. G. Craze. 2010. The potential impact of global warming on the efficacy of field margins sown for the conservation of bumble-bees. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365:2071-2079.
- Montero-Castaño, A., M. Calviño-Cancela, S. Rojas-Nossa, P. De la Rúa, M. Arbetman, and C. L. Morales. 2018. Invasiones biológicas y pérdida de polinizadores. *Ecosistemas* 27:42-51.
- Morales, C. L., A. Sáez, L. A. Garibaldi, and M. A. Aizen. 2017. Disruption of Pollination Services by Invasive Pollinator Species. Pages 203-220 in M. Vilà and P. Hulme, editors. *Impact of Biological Invasions on Ecosystem Services*.
- Morandin, L. A., and C. Kremen. 2013. Hedgerow restoration promotes pollinator populations and exports native bees to adjacent fields. *Ecological Applications* 23:829-839.
- Moroń, D., M. Lenda, P. Skórka, H. Szentgyörgyi, J. Settele, and M. Woyciechowski. 2009. Wild pollinator communities are negatively affected by invasion of alien goldenrods in grassland landscapes. *Biological Conservation* 142:1322-1332.
- Mottershead, D., and E. Underwood. 2020. Pollinators in the CAP: integrating pollinator conservation into the Common Agricultural Policy.:85.
- Obeso, J. R., and J. M. Herrera. 2018. Polinizadores y cambio climático. *Ecosistemas* 27:52-59.
- Pagola Carte, S. 2018. Los órdenes Diptera e Hymenoptera en Araba. Informe técnico para la Diputación Foral de Álava (informe inédito).
- Pagola Carte, S. 2022. Bases entomológicas para estimar la capacidad de carga de *Apis mellifera* en el P.N. de Valderejo. Informe técnico para la Diputación Foral del Álava (informe inédito).
- Paiola, A., G. Assandri, M. Brambilla, M. Zottini, P. Pedrini, and J. Nascimbene. 2020. Exploring the potential of vineyards for biodiversity conservation and delivery of biodiversity-mediated ecosystem services: A global-scale systematic review. *Science of the Total Environment* 706:135839.
- Parmentier, L. 2023. "Three-Strip Management": Introducing a Novel Mowing Method To Generate Architectural Complexity in Perennial Flower Margins To Better Support Pollinators. *Journal of Pollination Ecology* 33:267-283.
- de Paz, V., J. D. Asís, A. Holzschuh, and L. Baños-Picón. 2023. Effects of Traditional Orchard Abandonment and Landscape Context on the Beneficial Arthropod Community in a Mediterranean Agroecosystem. *Insects* 14:277.
- Pennekamp, F., P. Garcia-Pereira, and T. Schmitt. 2014. Habitat requirements and dispersal ability of the Spanish Fritillary (*Euphydryas desfontainii*) in southern Portugal: Evidence-based conservation suggestions for an endangered taxon. *Journal of Insect Conservation* 18:497-508.
- Perović, D., S. Gámez-Virués, C. Börschig, A. M. Klein, J. Krauss, J. Steckel, C. Rothenwöhrer, S. Erasmí, T. Tschardtke, and C. Westphal. 2015. Configurational landscape heterogeneity shapes functional community composition of grassland butterflies. *Journal of Applied Ecology* 52:505-513.
- Pétrémand, G., M. C. D. Speight, D. Fleury, E. Castella, and N. Delabays. 2017. Hoverfly diversity supported by vineyards and the importance of ground cover management. *Bulletin of Insectology* 70:147-155.

- Ponti, L., C. Ricci, and R. Torricelli. 2003. The ecological role of hedges on population dynamics of *Anagrus* spp. (Hymenoptera: Mymaridae) in vineyards of Central Italy. *IOBC/WPRS Bulletin* 26:117–122.
- Potts, S. G., B. A. Woodcock, S. P. M. Roberts, T. Tscheulin, E. S. Pilgrim, V. K. Brown, and J. R. Tallowin. 2009. Enhancing pollinator biodiversity in intensive grasslands. *Journal of Applied Ecology* 46:369–379.
- Puig-Montserrat, X., C. Stefanescu, I. Torre, J. Palet, E. Fàbregas, J. Dantart, A. Arrizabalaga, and C. Flaquer. 2017. Effects of organic and conventional crop management on vineyard biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 243:19–26.
- Rahimi, E., S. Barghjelveh, and P. Dong. 2021. Estimating potential range shift of some wild bees in response to climate change scenarios in northwestern regions of Iran. *Journal of Ecology and Environment* 45.
- Redlich, S., E. A. Martin, and I. Steffan-Dewenter. 2018. Landscape-level crop diversity benefits biological pest control. *Journal of Applied Ecology* 55:2419–2428.
- Reeves, J. T., S. D. Fuhlendorf, C. A. Davis, and S. M. Wilder. 2021. Arthropod prey vary among orders in their nutrient and exoskeleton content. *Ecology and Evolution* 11:17774–17785.
- Ricketts, T. H., N. M. Williams, and M. M. Mayfield. 2006. Connectivity and ecosystem services: crop pollination in agricultural landscapes. Pages 255–290 *Connectivity Conservation*.
- Rivers-Moore, J., E. Andrieu, A. Vialatte, and A. Ouin. 2020. Wooded semi-natural habitats complement permanent grasslands in supporting wild bee diversity in agricultural landscapes. *Insects* 11:1–21.
- Della Rocca, F., A. Tagliani, P. Milanesi, M. Barcella, and S. P. Assini. 2023. Contrasting Response of Mountain Plant-Pollinator Network to Fragmented Semi-Natural Grasslands. *Land* 12:356.
- Rojas-Nossa, S. V., and M. Calviño-Cancela. 2020. The invasive hornet *Vespa velutina* affects pollination of a wild plant through changes in abundance and behaviour of floral visitors. *Biological Invasions* 22:2609–2618.
- Rundlöf, M., G. K. S. Andersson, R. Bommarco, I. Fries, V. Hederström, L. Herbertsson, O. Jonsson, B. K. Klatt, T. R. Pedersen, J. Yourstone, and H. G. Smith. 2015. Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. *Nature* 521:77–80.
- Sáez, A., C. L. Morales, L. A. Garibaldi, and M. A. Aizen. 2017. Invasive bumble bees reduce nectar availability for honey bees by robbing raspberry flower buds. *Basic and Applied Ecology* 19:26–35.
- de Sassi, C., and J. M. Tylianakis. 2012. Climate change disproportionately increases herbivore over plant or parasitoid biomass. *PLoS ONE* 7:e40557.
- Schürch, R., C. Acclaton, and J. Field. 2016. Consequences of a warming climate for social organisation in sweat bees. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 70:1131–1139.
- Semeraro, T., A. Scarano, A. Leggieri, A. Calisi, and M. De Caroli. 2023. Impact of Climate Change on Agroecosystems and Potential Adaptation Strategies. *Land* 12:1117.
- Settele, J., J. Bishop, and S. G. Potts. 2016. Climate change impacts on pollination. *Nature Plants* 2:16092.
- Shapira, I., E. Gavish-Regev, R. Sharon, A. R. Harari, M. Kishinevsky, and T. Keasar. 2018. Habitat use by crop pests and natural enemies in a Mediterranean vineyard agroecosystem. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 267:109–118.
- Sutter, L., P. Jeanneret, A. M. Bartual, G. Bocci, and M. Albrecht. 2017. Enhancing plant diversity in agricultural landscapes promotes both rare bees and dominant crop-pollinating bees through complementary increase in key floral resources. *Journal of Applied Ecology* 54:1856–1864.
- Tang, C., D. Yang, H. Liao, H. Sun, C. Liu, L. Wei, and F. Li. 2019. Edible insects as a food source: a review. *Food Production, Processing and Nutrition* 1:1–13.
- Taranto, L., I. Rodrigues, S. A. P. Santos, M. Villa, and J. A. Pereira. 2022a. Response of the Coccinellidae Community within Sustainable Vineyards to the Surrounding Landscape. *Agronomy* 12:2140.
- Taranto, L., I. Rodrigues, S. Santos, M. Villa, and J. A. Pereira. 2022b. Intermediate fragmentation surrounding vineyards favours the Coleoptera community within the crop. *Agricultural and Forest Entomology* 25:9–19.

- Thomson, L. J., and A. A. Hoffmann. 2007. Effects of ground cover (straw and compost) on the abundance of natural enemies and soil macro invertebrates in vineyards. *Agricultural and Forest Entomology* 9:173–179.
- Tougeron, K., J. Brodeur, C. Le Lann, and J. van Baaren. 2020. How climate change affects the seasonal ecology of insect parasitoids. *Ecological Entomology* 45:167–181.
- Ullmann, K. S., M. H. Meisner, and N. M. Williams. 2016. Impact of tillage on the crop pollinating, ground-nesting bee, *Peponapis pruinosa* in California. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 232:240–246.
- Ulyshen, M., K. R. Urban-Mead, J. B. Dorey, and J. W. Rivers. 2023. Forests are critically important to global pollinator diversity and enhance pollination in adjacent crops. *Biological Reviews*.
- Uzman, D., A. Reineke, M. H. Entling, and I. Leyer. 2020. Habitat area and connectivity support cavity-nesting bees in vineyards more than organic management. *Biological Conservation* 242:108419.
- Vernooy, R. 2022. Does crop diversification lead to climate-related resilience? Improving the theory through insights on practice. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 46:877–901.
- Volk, G., and B. Irish. 2023. Climate change affects plant interactions with pollinators, pathogens, and pests. Page in K. Chen, editor. *Conserving and Using Climate-Ready Plant Collections*. Colorado State University, Colorado.
- Werling, B. P., and C. Gratton. 2008. Influence of field margins and landscape context on ground beetle diversity in Wisconsin (USA) potato fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 128:104–108.
- Wersebeckmann, V., D. Warzecha, M. H. Entling, and I. Leyer. 2023. Contrasting effects of vineyard type, soil and landscape factors on ground- versus above-ground-nesting bees. *Journal of Applied Ecology* 00:1–13.
- Wilson, H., J. S. Wong, R. W. Thorp, A. F. Miles, K. M. Daane, and M. A. Altieri. 2018. Summer Flowering Cover Crops Support Wild Bees in Vineyards. *Environmental Entomology* 47:63–69.
- Winsa, M., E. Öckinger, R. Bommarco, R. Lindborg, S. P. M. Roberts, J. Wårnsberg, and I. Bartomeus. 2017. Sustained functional composition of pollinators in restored pastures despite slow functional restoration of plants. *Ecology and Evolution* 00:1-11.
- Wynhoff, I., R. van Gestel, C. van Swaay, and F. van Langevelde. 2011. Not only the butterflies: Managing ants on road verges to benefit *Phengaris* (Maculinea) butterflies. *Journal of Insect Conservation* 15:189–206.
- Zanettin, G., A. Bullo, A. Pozzebon, G. Burgio, and C. Duso. 2021. Influence of Vineyard Inter-Row Groundcover Vegetation Management on Arthropod Assemblages in the Vineyards of North-Eastern Italy. *Insects* 12.



www.ihobe.eus