



EUROPEAN COMMISSION DG ENVIRONMENT

LIFE18 NAT/ES/000930

LIFE CAÑADAS

Entregable D1.3

“Seguimiento de los indicadores de estructura y biodiversidad de los tramos de vía pecuaria en 2022”



Data Project

Project location:	Spain
Project start date:	<15/10/2019>
Project end date:	<30/06/2019>
Total budget:	1,848,211€
EU contribution:	1,108,925€
(%) of eligible costs:	60

Data Beneficiary

Name Beneficiary:	Universidad Autónoma de Madrid
Contact person:	Francisco Martín Azcárate
Postal address:	Calle Darwin nº2 28049
Telephone:	914973513
E-mail:	fm.azcarate@uam.es
Project Website:	https://www.lifecanadas.es/
Associated Beneficiaries:	<p>Dirección General de Medio Natural y Biodiversidad de la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha.</p> <p>Dirección General de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Comunidad de Madrid.</p> <p>Sociedad Española de Ornitología (SEO/BirdLife).</p> <p>Asociación Campo Adentro.</p>

Información del entregable

Título: Seguimiento de los indicadores de estructura y biodiversidad de los tramos de vía pecuaria en 2022.

Nombre de la organización del beneficiario responsable del entregable: UAM

Autor/es: Francisco Martín Azcárate, Violeta Hevia Martín, Paula Solascasas Cazorla

Acciones a las que contribuye este entregable: D1

Fecha: 31 de octubre de 2022

Número total de páginas: 24 (sin anexos); 27 (con anexos).

Tabla de contenidos

Summary	5
1. Introducción	6
2. Indicadores incluidos en el informe	7
3. Superficie de suelo desnudo	7
4. Biomasa herbácea	8
5. Número de germinaciones en setos de leñosas	8
6. Estado de las tapias de piedra seca	12
7. Estado de los nidales para abejas silvestres.....	14
8. Propiedades físico-químicas del suelo.....	15
9. Comunidades de pastizal: composición taxonómica.....	16
10. Comunidades de reptiles en tapias.....	23
11. Conclusiones	24
ANEXO	25



Summary

This deliverable reports on the progress of the monitoring plan for drove roads in the Community of Madrid, focusing on structural and biodiversity variables. The report covers the period from October 2021 to October 2022. It includes both the measurements made in that period, as well as the progress made in the analysis of data collected in the previous period. The indicators or groups of indicators included are (1) cover of bare ground, (2) herbaceous biomass, (3) number of germinations in woody hedges, (4) condition of the stone walls, (5) condition of wild bee nests, (6) physical-chemical properties of the soil, (7) taxonomic composition of grassland communities, and (8) reptile communities in stone walls. The work has been evaluated as very satisfactory, given that all the samples and data planned for 2021 have been taken, and the data analyses that have been carried out show positive responses to the restoration actions carried out.



1. Introducción

El plan de seguimiento de las actuaciones de restauración y mejora de vías pecuarias en la Comunidad de Madrid (*ENTREGABLE A4.2*) incluía un conjunto de indicadores que debían ser medidos antes, durante y después de las intervenciones, con el fin de evaluar su éxito. Estos indicadores son de tres tipos: (1) *estructurales y de biodiversidad*, (2), *funcionales* y (3) *de percepción social*. La acción D.1 establece que se emitirá un informe anual dando cuenta del avance de los indicadores *estructurales y de biodiversidad* (tabla 1), en el que se incluya qué mediciones han sido realizadas, así como el estado del procesado de las muestras y de los análisis de datos realizados.

El presente entregable tiene como objetivo informar del seguimiento realizado de los indicadores de estructura y biodiversidad en vías pecuarias de la Comunidad de Madrid hasta octubre de 2022. Es continuación de los entregables D1.1. y D1.2, en los que se informaba de las medidas tomadas hasta octubre de 2021, y, por ello, se incluye tanto información de nuevas mediciones como actualizaciones sobre el procesado de los datos y muestras recogidos en el periodo anterior.

2. Indicadores incluidos en el informe

Entre octubre de 2021 y octubre de 2022 se realizaron mediciones sobre siete indicadores estructurales y de biodiversidad (tabla 1), y se avanzó en el análisis estadístico de las *propiedades físico – químicas* de los suelos. Para el resto de los indicadores no se han realizado nuevas mediciones ni se dispone de novedades en relación con los datos que se hubieran recabado en 2020, y por tanto no se incluirán en el presente informe.

	Indicadores estructurales y de biodiversidad
Indicadores tempranos	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie de suelo desnudo. • Biomasa herbácea. • Densidad de hormigueros. • Número de germinaciones en setos de leñosas. • Estado de las tapias de piedra seca. • Estado de los nidales.
Indicadores a medio plazo	<ul style="list-style-type: none"> • Propiedades físico - químicas del suelo. • Comunidades de pastizal: composición taxonómica. • Setos de leñosas: composición taxonómica. • Comunidades de invertebrados epigeos: composición de familias. • Comunidades de hormigas: composición taxonómica. • Comunidades de reptiles en tapias: composición taxonómica. • Comunidades de abejas silvestres: composición taxonómica.
Indicadores a largo plazo	<ul style="list-style-type: none"> • A concretar en el plan post-Life (acción .4).

Tabla 1. Lista de indicadores estructurales y de biodiversidad seleccionados para el seguimiento de la restauración de vías pecuarias en Madrid. En gris se muestran los que no se incluyen en el presente informe por no haber sido medidos en 2022 ni haberse producido ninguna actualización o análisis de mediciones previas.

3. Superficie de suelo desnudo

La superficie de suelo desnudo en los tramos de vía pecuaria en restauración se midió en paralelo a los muestreos de vegetación realizados en abril y mayo de 2022, que se discuten en el apartado 9 de este entregable. Dado que el análisis de esta variable es más fácil de interpretar si se hace de forma conjunta con la propia vegetación y con el resto de las variables de cobertura muestreadas (musgo y hojarasca), y con el fin de evitar reiteraciones y una excesiva extensión de este documento, nos remitimos a dicho apartado, en el que incluimos tanto figuras como una descripción pormenorizada de la evolución de esta variable.

4. Biomasa herbácea

La tercera recogida de muestras de biomasa herbácea (posterior al desarrollo de acciones de restauración de pastizales) fue llevada a cabo en julio de 2022. Como en 2021, se tomaron 10 muestras por cada una de las 60 parcelas vinculadas con el seguimiento de estas actuaciones (ver *ENTREGABLE D.1.2* para figura y diseño detallado), con la ayuda de un cuadrante metálico de 20 cm x 20 cm, y una segadora inalámbrica. El material recogido en cada muestra se correspondió, por tanto, con la biomasa aérea de una superficie de 400 cm². Este material se guardó en bolsas de papel y se almacenó en laboratorio en condiciones frescas y secas, a la espera de su procesado, que consistirá en el pesado previo paso por estufa durante 48h a 60°C.

5. Número de germinaciones en setos de leñosas

Las siembras de setos (de dos tipos: “altos” y “bajos”) se realizaron a finales de 2020 y comienzos de 2021 (*ENTREGABLE C3.3*), de acuerdo con el diseño previsto en el plan de restauración (*ENTREGABLE A4.2*). Entre el momento de las siembras y la fecha de entrega del informe anterior (*ENTREGABLE D.1.2*) se realizaron 3 conteos de plantas, el último de ellos en septiembre de 2021. Desde entonces, se ha realizado un nuevo conteo en junio de 2022 (figura 1), lo que ha permitido evaluar la supervivencia de las plantas durante el primer periodo otoño-invierno-primavera completo. Está en curso un nuevo conteo otoñal, que permitirá evaluar la mortalidad el periodo estival. Dado que este último conteo no ha finalizado a fecha de entrega del presente informe, sus resultados se discutirán en el informe de 2023, junto con el conteo que se realicen en ese año.

El número total de plantas contabilizadas en los setos bajos fue de 729, es decir, en torno a la mitad de las que se encontraban vivas (1442) en septiembre de 2021. Cabe deducir, por tanto, que los setos continúan ejecutando de forma autónoma un proceso de entresacado consecuencia de los fenómenos de competencia entre plantas, lo que incluye la competencia entre las plantas sembradas y la competencia con las especies herbáceas del entorno. Además, en algunos casos se apreció mortalidad asociada a la herbivoría por conejos, y en determinados setos se observaron destrucciones derivadas de invasiones por parte de agricultores. Las dos especies de *Thymus* continúan siendo las más exitosas de entre todas las que se sembraron, con 296 individuos de *T. mastichina* y 289 de *T. zygis* (figura 2).



Figura 1. Imágenes tomadas en julio de 2022 del estado de algunas plantas sembradas en lindes de vía pecuaria, un año y medio después del momento de la siembra. Arriba a la izquierda, combinación de *Cistus ladanifer*, *Retama sphaerocarpa*, *Genista hirsuta* y *Cytisus scoparius* al abrigo de una alineación de rocas; a la derecha, *Thymus zygis* en flor, junto a tapia; abajo a la izquierda, *Rosmarinus officinalis* junto a tapia; y a la derecha *Lavandula stoechas* junto a tapia. En las tres últimas imágenes es patente la importante acumulación de biomasa herbácea.

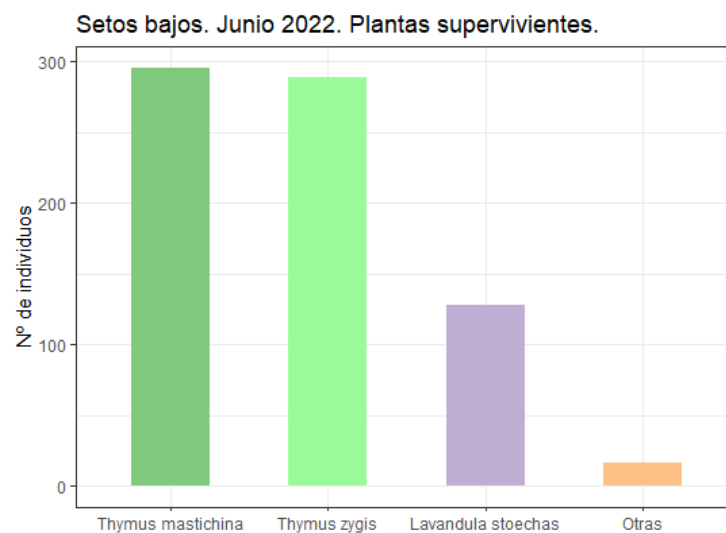


Figura 2. Número de individuos supervivientes contabilizados en los setos bajos en el seguimiento de junio de 2022. Las cifras indican los totales de los 16 tramos de vía pecuaria, incluyendo por tanto los 8 tramos en los que las siembras se realizaron junto a tapias de piedra seca y los 8 tramos en los que las siembras se realizaron directamente en el lindero. En cada tramo se realizaron 3 siembras de 5 m de longitud.

Las siembras junto a tapias de piedra seca han sido, hasta la fecha, claramente más exitosas que las realizadas en linderos sin tapia (figura 3), a pesar de que el número de semillas inicialmente germinadas fue mayor en estos últimos (figura 4). Este resultado sugiere que las tapias juegan un papel crítico en la supervivencia de las plantas jóvenes, posiblemente como consecuencia de un amplio conjunto de efectos, entre ellos la mejor conservación de la humedad bajo las piedras de la tapia o la reducción en la competencia radicular.

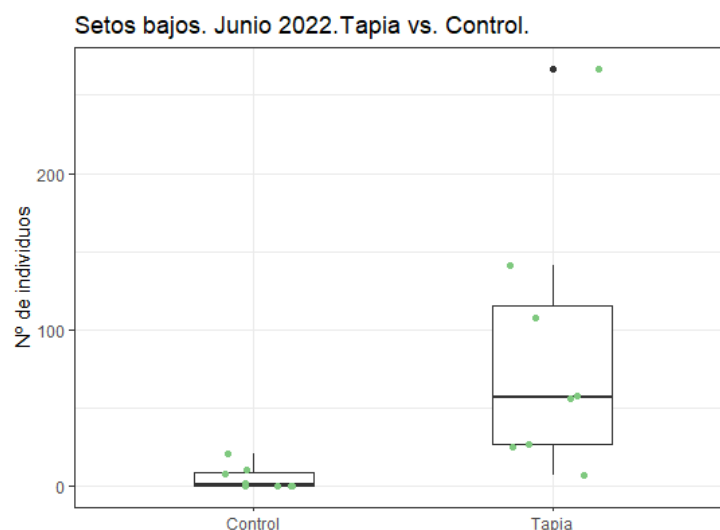


Figura 3. Diagramas de caja del número de individuos supervivientes contabilizados en los setos bajos en el seguimiento de junio de 2022 por cada tramo de vía pecuaria y en función del tratamiento (tapias de piedra seca vs. controles sin tapia). En cada tramo se realizaron 3 siembras de 5 m de longitud.

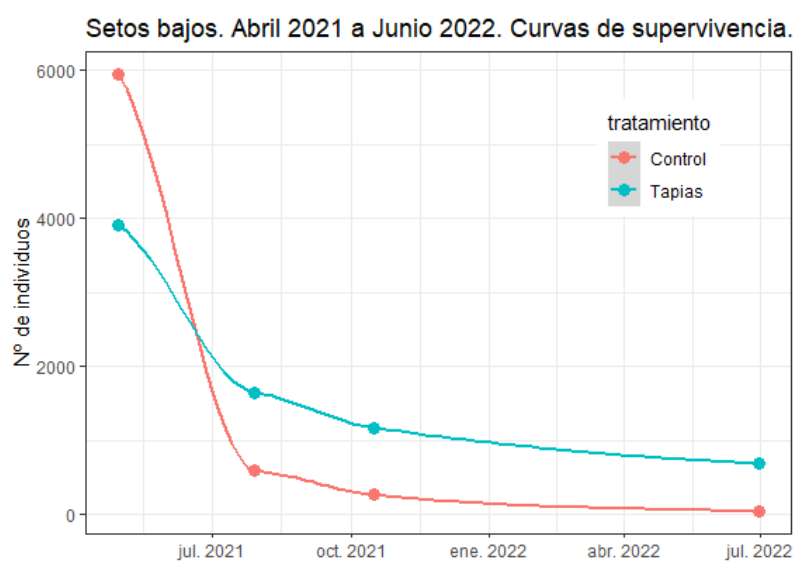


Figura 4. Curvas de supervivencia de las plántulas germinadas en las siembras de setos bajos en vías pecuarias. Las cifras indican los totales de los 8 tramos en los que las siembras se realizaron junto a tapias de piedra seca y los 8 tramos en los que las siembras se realizaron directamente en el lindero (controles). En cada tramo se realizaron 3 siembras de 5 m de longitud.

En cuanto a los setos altos, los resultados de 2022 revelan también una marcada estabilización en el número de individuos supervivientes, tras las elevadas mortalidades de 2021 (figura 5). Probablemente estas mortalidades fueron consecuencia de la intensa competencia entre plántulas, derivada de la alta densidad de germinaciones, a la que habría que añadir la mortalidad particularmente elevada que se observó en algunos tramos, y que podría deberse a la desigual densidad de conejos observada en la zona de estudio.

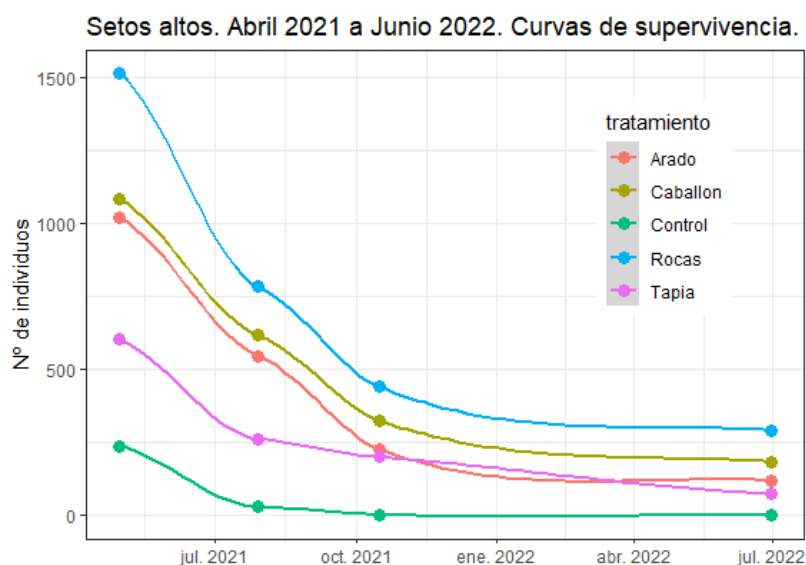


Figura 5. Curvas de supervivencia de las plántulas germinadas en las siembras de setos altos en vías pecuarias. Las cifras indican los totales de los 10 setos de cada tratamiento.

Todos los tratamientos mostraron una germinación y supervivencia de las plantas superior a la de los controles (figura 5). De hecho, en julio de 2022 ya no quedaba ninguna planta superviviente de entre las que germinaron en estos controles, lo que puede explicarse como una consecuencia del ambiente hostil resultante de la fuerte competencia con las herbáceas y la ausencia de estructuras protectoras capaces de mitigar el estrés ambiental. En este sentido, es destacable que los caballones (cordones de tierra) y las hileras de rocas son los tratamientos que mejor resultado han dado hasta la fecha. En ambos casos se realizó un laboreo del terreno, (que probablemente relajó la competencia con herbáceas y favoreció el crecimiento en profundidad de las raíces) y se instaló una estructura capaz de conservar mejor las reservas hídricas del suelo. Las hileras de rocas están funcionando algo mejor que los caballones, quizá por la mayor capacidad de estas estructuras para mantener la humedad y para reducir la competencia con las herbáceas. Por otro lado, el resultado algo mejor del suelo arado con respecto a las tapias indicaría que es algo más importante la actuación sobre el suelo que la protección de la humedad. No obstante, la diferencia entre estos dos tratamientos se ha ido reduciendo con el paso del tiempo, por lo que habrá que esperar a la evolución del seguimiento para obtener conclusiones más sólidas.

En cuanto a las especies, *Genista hirsuta* es, en julio de 2022, la que más individuos vivos presenta (237), ocupando los siguientes puestos *Cistus ladanifer*, *Cytisus scoparius* y *Rosmarinus officinalis* (figura 6). En total, permanecen vivos 661 individuos.

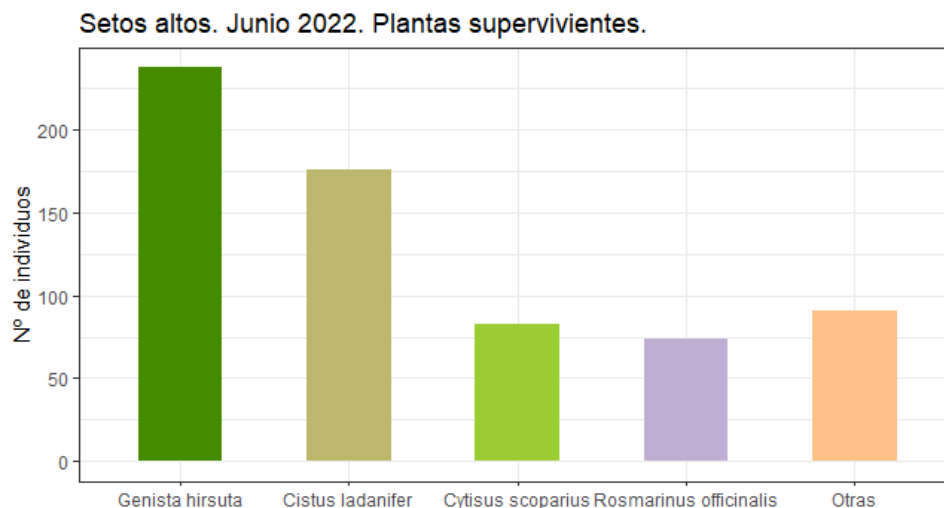


Figura 6. Número de individuos supervivientes contabilizados en los setos altos en el seguimiento de junio de 2022. Las cifras indican los totales de todos los tratamientos experimentales.

6. Estado de las tapias de piedra seca

Entre septiembre y diciembre de 2020, el proyecto LIFE CAÑADAS construyó un total de 68 tramos de tapia de piedra seca de 6 m de longitud (figura 7) en linderos vías pecuarias de la Comunidad de Madrid, es decir, un total de 408 m lineales. Tal y como se propuso en el plan de restauración, se instalaron 2 tapias en cada uno de los 10 tramos con suelos deteriorados, y 3 tapias por cada uno de los 16 tramos seleccionados para realizar acciones diversas en los bordes entre las vías pecuarias y los campos de cultivo colindantes.

A lo largo de los dos años transcurridos desde la construcción de las tapias se han realizado monitoreos trimestrales, cuyo objetivo ha sido registrar toda posible incidencia sobre estos elementos y, en su caso, ejecutar las reparaciones o actuaciones necesarias para enmendar las posibles alteraciones que hubieran podido ser detectadas (figura 8). En siete tapias se registraron derribos parciales achacables a actos vandálicos. En estos casos, el equipo de LIFE CAÑADAS actuó con rapidez, reconstruyendo la tapia tan pronto como se detectó la incidencia. Si bien en tres de estas tapias se reprodujeron los ataques, las sucesivas reparaciones parecen haber acabado por desanimar a los agresores. En otras 18 tapias se observó el hurto de piedras. En 12 de estos casos el número de piedras robado no fue muy significativo, lo que permitió la recolocación del resto de las piedras de forma que la estética y funcionalidad de las

tapias se mantuviese sin cambios relevantes. En 6 tapias (9% del total), sin embargo, la desaparición de piedras ha sido muy notable, lo que ha dado lugar a un deterioro importante y poco reversible de las construcciones. En general, estas tapias se situaron en linderos muy accesibles desde el camino para vehículos de la vía pecuaria, lo que facilitó la actuación de los agresores. Como parte de las actuaciones de mantenimiento del plan de restauración, el equipo de LIFE CAÑADAS está valorando la reinstalación de algunas de estas tapias en posiciones menos vulnerables, así como otras posibles intervenciones encaminadas a proteger el conjunto de las 68 tapias construidas.

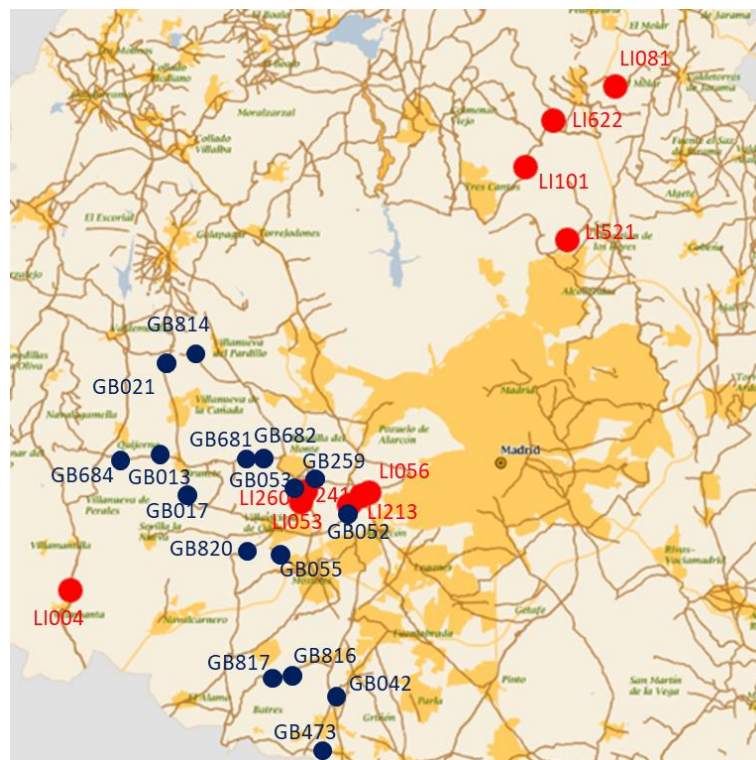


Figura 7. Tramos de vía pecuaria en los que se han instalado tapias de piedra seca. En rojo, los 10 tramos afectados por problemas de degradación y pérdida de suelo en los que se construyeron dos tapias por tramo. En azul, los 16 tramos seleccionados para realizar distintas acciones en los bordes entre las vías pecuarias y los campos colindantes, en los que se construyeron tres tapias por tramo. El mapa muestra la capa de vías pecuarias, extraída del Geoportal de la Infraestructura de Datos Espaciales de la Comunidad de Madrid (<https://www.comunidad.madrid/servicios/mapas/geoportal-comunidad-madrid>).



Figura 8. Tapia en buen estado fotografiada en mayo de 2022, un año y medio después de su construcción (arriba a la izquierda), tapia con un número significativo de piedras robadas (arriba a la derecha), tapia parcialmente derribada (abajo a la izquierda) y esta misma tapia reconstruida por el equipo de LIFE CAÑADAS (abajo a la derecha).

7. Estado de los niales para abejas silvestres

En primavera de 2021 se colocaron 96 niales en 48 de las tapias de piedra seca (2niales/tapia) construidas en vías pecuarias de la Comunidad de Madrid. Las 48 tapias se encuentran agrupadas en series de 3 en 18 tramos de la red (ver diseño en *ENTREGABLE A4.2*). El seguimiento en la ocupación de

estos nidales se reporta en los entregables dedicados a los indicadores funcionales (D2.1 a D2.5), si bien el estado de dichos nidales fue incluido en el plan de restauración como indicador estructural, y por ello su seguimiento se informa en los entregables de estructura y biodiversidad. (D1.1 a D.1.5).

Desde su instalación hasta la fecha se han realizado 8 visitas a los nidales, 6 en 2021 (cada seis semanas) y 2 en 2022 (cada cuatro meses), estando en curso una tercera visita que se finalizará en noviembre de 2022. A lo largo de las visitas se han reportado 9 nidales destruidos, dañados o robados, que se han ido sustituyendo por nuevos nidales a la vez que se realizaban las visitas. En general, los nidales afectados se encontraban en tapias que también habían sufrido agresiones.

8. Propiedades físico - químicas del suelo

Se ha avanzado en el análisis estadístico de las variables físico-químicas de las muestras recogidas en 2020 en las 60 parcelas vinculadas a la restauración de pastizales. Estas muestras se recogieron antes de la ejecución de los tratamientos de descompactado y majadeo, y por tanto dan idea de las condiciones de partida de los tres estados de conservación (tramos de *referencia*, *embastecidos* y *erosionados*).

A través de modelos GLM, se ha podido comprobar la existencia de diferencias significativas en algunas de las variables entre los suelos de los tramos erosionados y los suelos de los otros dos tipos de tramo (figura 9). En concreto, los tramos erosionados presentaron valores mucho más bajos en carbono orgánico, nitrógeno total, fósforo total, y tasa de descomposición de la materia orgánica. Las diferencias entre los tramos de referencia y los tramos abandonados fueron menos claras. No se observaron diferencias entre ninguno de los tres tramos en pH, conductividad eléctrica y factor de estabilización.

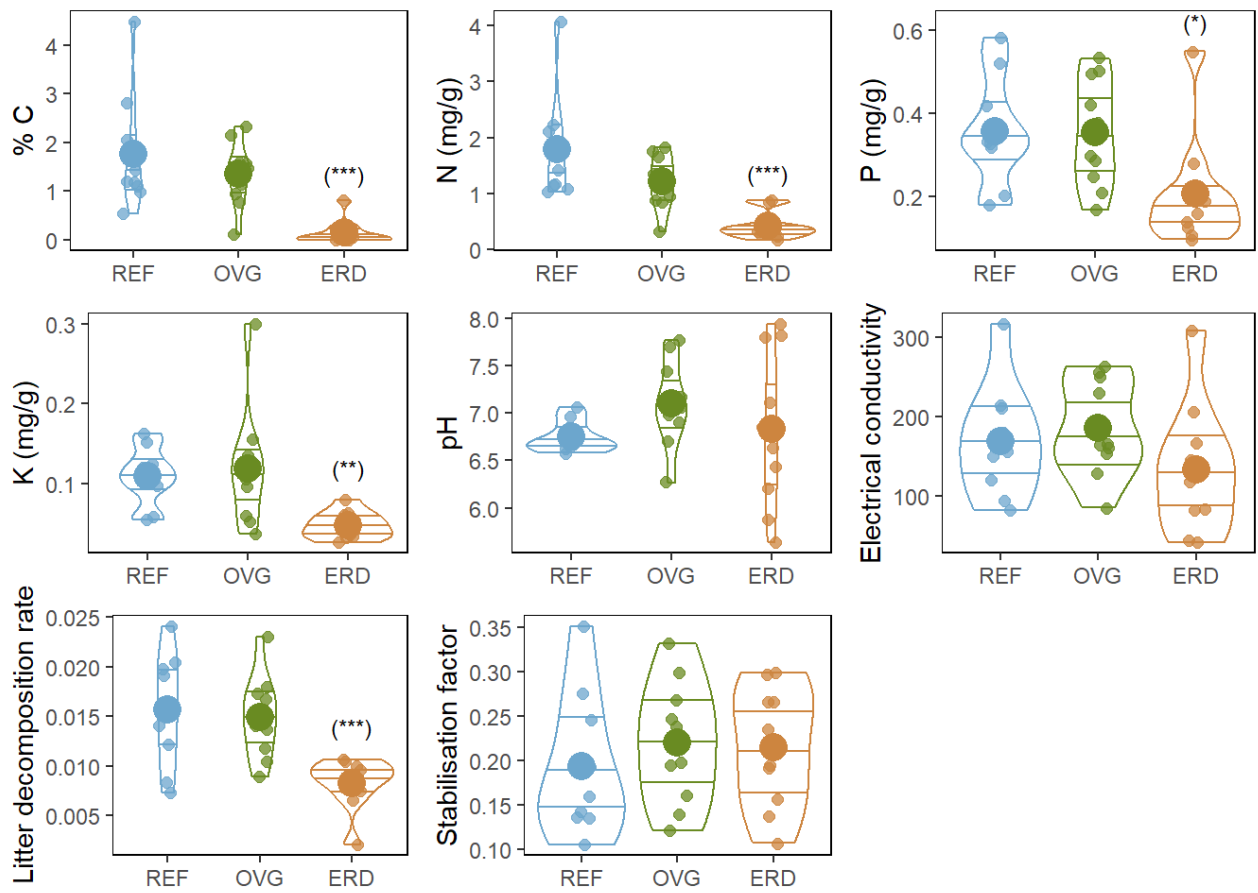


Figura 9. Gráficos de violín del contenido de carbono orgánico del suelo (% C), nitrógeno total (N), fósforo total (P), potasio disponible (K), pH, conductividad eléctrica, tasa de descomposición de materia orgánica muerta (k) y factor de estabilización (S) en los tres estados de conservación de las vías pecuarias (erosionado = ERD, cubierto de vegetación = OVG y referencia = REF). Las medias se representan como puntos más grandes y los asteriscos indican diferencias significativas a niveles de $p < 0.05$ (*), $p < 0.01$ (**), y $p < 0.001$ (***)

9. Comunidades de pastizal: composición taxonómica

Tal y como se explica con detalle en el *ENTREGABLE A4.2*, el proyecto está trabajando en 30 tramos de vía pecuaria, 10 de ellos considerados como referentes (debido a que han conservado un cierto uso ganadero), 10 con problemas de embastecimiento de la vegetación (como consecuencia del abandono del uso ganadero en los últimos años) y 10 con problemas de erosión y deterioro del suelo (provocados, en general, por la circulación de diversos tipos de vehículo fuera de la pista principal). En cada tramo de referencia se delimitó una única parcela de 10 m x 15 m, cuya función es la de documentar el estado de la vegetación considerado como adecuado y, a la vez, registrar las fluctuaciones temporales experimentadas por los pastizales. En las vías pecuarias embastecidas se delimitaron dos parcelas por tramo, una de ellas se mantuvo vallada y in intervención (“control”), y en la otra se inició, en 2021, un tratamiento de restauración a base de pastoreos. En las vías pecuarias erosionadas se establecieron 3

parcelas por tramo: Una se mantuvo como control sin intervención (abierta al paso de vehículos), y en las otras dos se realizó un tratamiento de descompactado con arado, previo cierre al paso de vehículos. En una de las parcelas el tratamiento se completó con majadeos iniciados en 2021, mientras que la otra se mantuvo cerrada al ganado. En total, por tanto, se dispone de 60 parcelas sobre las que se hace el seguimiento.

En mayo de 2020 se realizaron los primeros muestreos, previos a las intervenciones, que permitieron documentar las diferencias iniciales (*ENTREGABLE D1.2*). Entre abril y mayo de 2022 se realizaron los primeros muestreos tras un año y medio desde el inicio de las intervenciones, incluyendo los manejos ganaderos de 2021. Los muestreos consistieron en la estimación de la cobertura de todas las especies presentes en 10 cuadrados de muestreo de 20 cm x 20 cm distribuidos al azar en cada parcela. Junto con la identidad de las especies se registró la superficie de suelo desnudo (ver más arriba) y otras 6 variables estructurales de la vegetación (altura media, altura máxima, cobertura de plantas vasculares, cobertura de musgo, cobertura de líquen y cobertura de biomasa muerta). En el ANEXO se muestra un listado de las especies identificadas hasta ahora, que incluyen un total de 178 táxones, a los que hay que añadir algunos más que están en proceso de identificación (lo que no ha impedido que se usen para estos análisis, con nombres provisionales).

La figura 10 muestra el resultado de un escalado multidimensional con las 120 observaciones (60 de 2020 y 60 de 2022) realizadas desde que se iniciaron los seguimientos. La ordenación se ha realizado a partir de las distancias de Bray Curtis calculadas con las coberturas promedio por parcela de las especies vegetales registradas. Las distancias en el plano bidimensional mostraron una correlación de $r=0,714$ con las distancias de Bray Curtis originales, lo que permite afirmar que la figura representa de manera razonablemente satisfactoria la similitud o disimilitud entre observaciones.

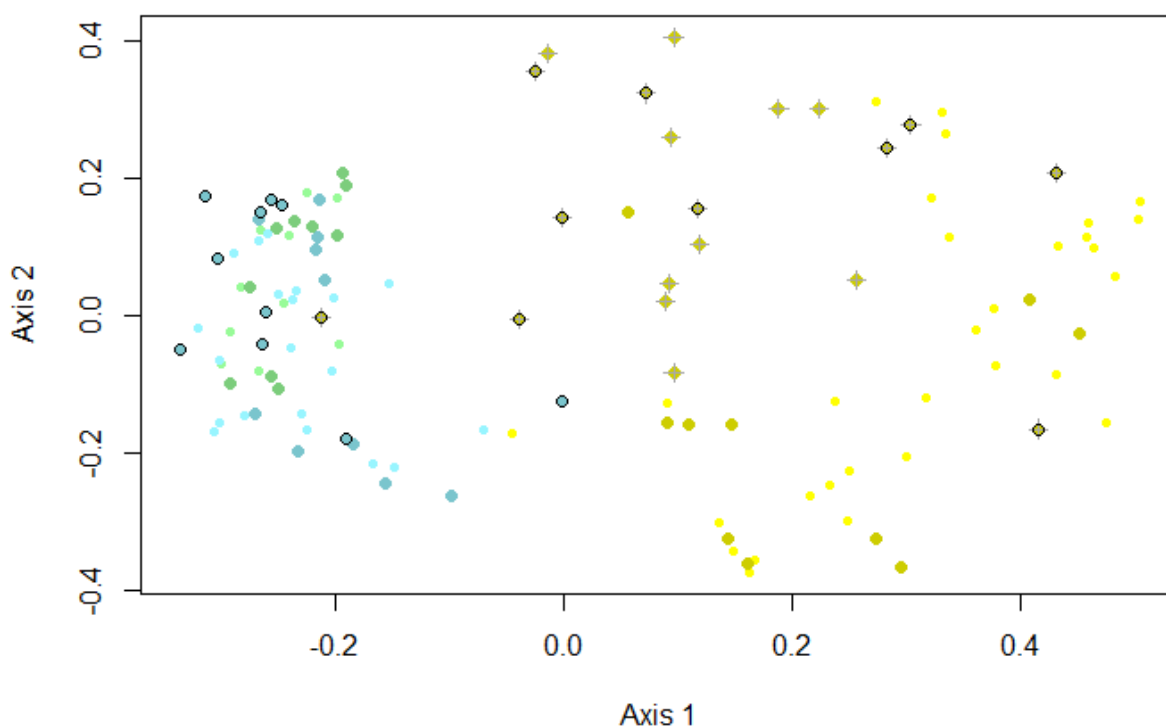


Figura 10. Escalado multidimensional con las 120 observaciones (60 de 2020 y 60 de 2022) realizadas desde que se iniciaron los seguimientos, basado en distancias de Bray-Curtis entre las parcelas. Verde: referencias; azul: tramos embastecidos; amarillo: tramos erosionados. Los círculos pequeños y con colores claros representan las observaciones de 2020, y los círculos grandes y con colores oscuros las de 2022. En los tramos embastecidos pastoreados se ha remarcado la circunferencia en negro. En los tramos erosionados en los que se realizó un descompactado en 2021 aparece sobreimpresionada una cruz, y en los que, además, se practicaron majadeos, se ha marcado la circunferencia en negro.

Los tramos de referencia (en verde) aparecen agrupados en la parte izquierda del espacio bidimensional, con aparentemente pocas diferencias entre 2020 (círculos más pequeños y en verde más claro) y 2022. Los tramos embastecidos de 2020 (puntos pequeños en azul claro) no están muy alejados de los referentes, pero tienden a ocupar valores más bajos en el eje 2, lo que indica algunas diferencias en composición florística. Es interesante observar cómo evolucionan estas observaciones en 2022 (puntos grandes en azul oscuro): los controles permanecen en posiciones semejantes a las de 2020, mientras que las parcelas pastoreadas (reborde negro) tienden a aproximarse a los referentes, lo que da idea del éxito de la intervención. Por último, las observaciones erosionadas (en amarillo) ocupan el sector derecho del espacio bidimensional (valores altos del eje X), si bien también observamos una evolución en 2022 (puntos grandes en amarillo oscuro), dependiente del tratamiento. Así, mientras las observaciones control permanecen cercanas a los valores de 2020 (con un cierto desplazamiento hacia

abajo), las manejadas se mueven hacia la parte superior del espacio y hacia la izquierda, lo que implica un acercamiento neto a los referentes. No se observan diferencias claras entre los dos tratamientos (descompactado vs. descompactado + majadeos). Con el fin de mostrar con más claridad estas tendencias globales (aunque sacrificando la variabilidad entre observaciones, la figura 11 muestra la posición de los centroides de los grupos de observaciones que hemos descrito.

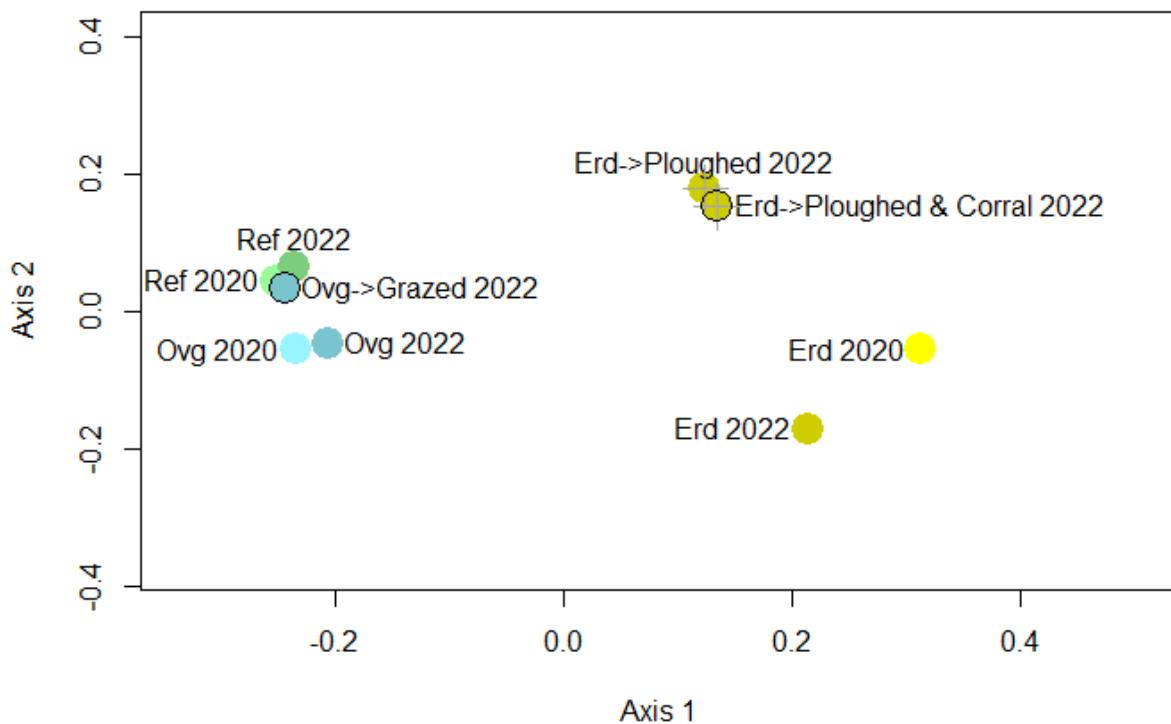


Figura 11. Centroides de los 9 grupos de observaciones representados en la figura 10. Verde: referencias; azul: tramos embastecidos; amarillo: tramos erosionados. Los colores claros representan las observaciones de 2020, y los colores oscuros las de 2022. En los tramos embastecidos pastoreados se ha remarcado la circunferencia en negro. En los tramos erosionados en los que se realizó un descompactado en 2021 aparece sobreimpresionada una cruz, y en los que, además, se practicaron majadeos, se ha marcado la circunferencia en negro.

Además de la composición florística, se analizaron algunas variables de síntesis informativas de la estructura y diversidad de los pastizales. En la figura 12 se muestra, mediante diagramas de caja, el cambio en los valores de estas variables entre 2020 y 2022 (la diferencia aritmética), lo que nos permitirá conocer la respuesta dada por los pastizales a cada tratamiento, mediante la comparación con los controles, que ilustran la respuesta dada al mero paso del tiempo. En la figura 13 se muestra el valor alcanzado por estas variables para todos los grupos experimentales en 2022.

La **riqueza en especies** se midió tanto a escala de detalle (nº de especies por cuadrado de 20cm x 20cm) como a escala de parcela. La gráfica de diferencias entre 2022 y 2020 muestra que, en todas las parcelas de referencia se perdieron algunas especies, tanto a escala de cuadrado como de parcela. Este tipo de fluctuaciones son habituales en pastizales mediterráneos y responden tanto a factores meteorológicos del año en curso como a efectos acumulados de años anteriores. Lo más interesante, sin embargo, fue que, a pesar de esta tendencia temporal a la baja, los tratamientos experimentales respondieron con marcados incrementos en el número de especies, especialmente en el caso de las vías pecuarias erosionadas. Así, en el tratamiento de descompactado se aumentó en torno a 10 especies por parcela y por cuadrado, y en el de descompactado y majadeo en torno a 15 por parcela y 5 por cuadrado. En el caso de las embastecidas pastoreadas, los incrementos fueron más modestos, si bien hay que tener en cuenta que la tendencia general fue a la baja, por lo que estas pequeñas mejoras en la riqueza suponen una gran diferencia con respecto al control no pastoreado. Como consecuencia de estas respuestas, y tal y como muestra la figura 13, los pastizales embastecidos sometidos a pastoreo alcanzaron un número de especies en 2022 similar al de los pastizales de referencia, lo que, unido a los resultados antes expuestos acerca de su composición florística, indicaría una restauración prácticamente conseguida en un plazo de tiempo muy corto. En el caso de los pastizales erosionados, la diferencia con los pastizales de referencia es aún notable, si bien el incremento en la riqueza observado en los tratamientos experimentales sitúa a estos tramos de vía pecuaria en una senda clara de recuperación.

La **altura de los pastizales** se analizó mediante dos variables: la altura media por cuadrado y la altura máxima por cuadrado. En ambos casos, se observó una respuesta muy similar, y por ello en las gráficas solo se muestran las alturas medias. La tendencia de las referencias y controles entre 2020 y 2022 fue hacia una reducción en la altura, posiblemente como consecuencia de un abril más lluvioso en 2020 que en 2022. La reducción fue mayor, lógicamente, en los sistemas embastecidos, en los que la altura de la vegetación oscila en un rango de valores más alto. En cuanto al efecto de los tratamientos, el pastoreo de los pastizales embastecidos se tradujo, como es lógico, en una reducción más marcada de su altura, facilitando así la llegada de luz al suelo y más oportunidades para especies de hábito más humilde. Los pastizales erosionados descompactados también aumentaron su altura, si bien con una mayor diversidad de respuestas, especialmente en los casos con majadeo. Como consecuencia de estas respuestas, en 2022 los pastizales manejados mostraron alturas medias similares a las de referencia.

DIFERENCIAS 2022-2020

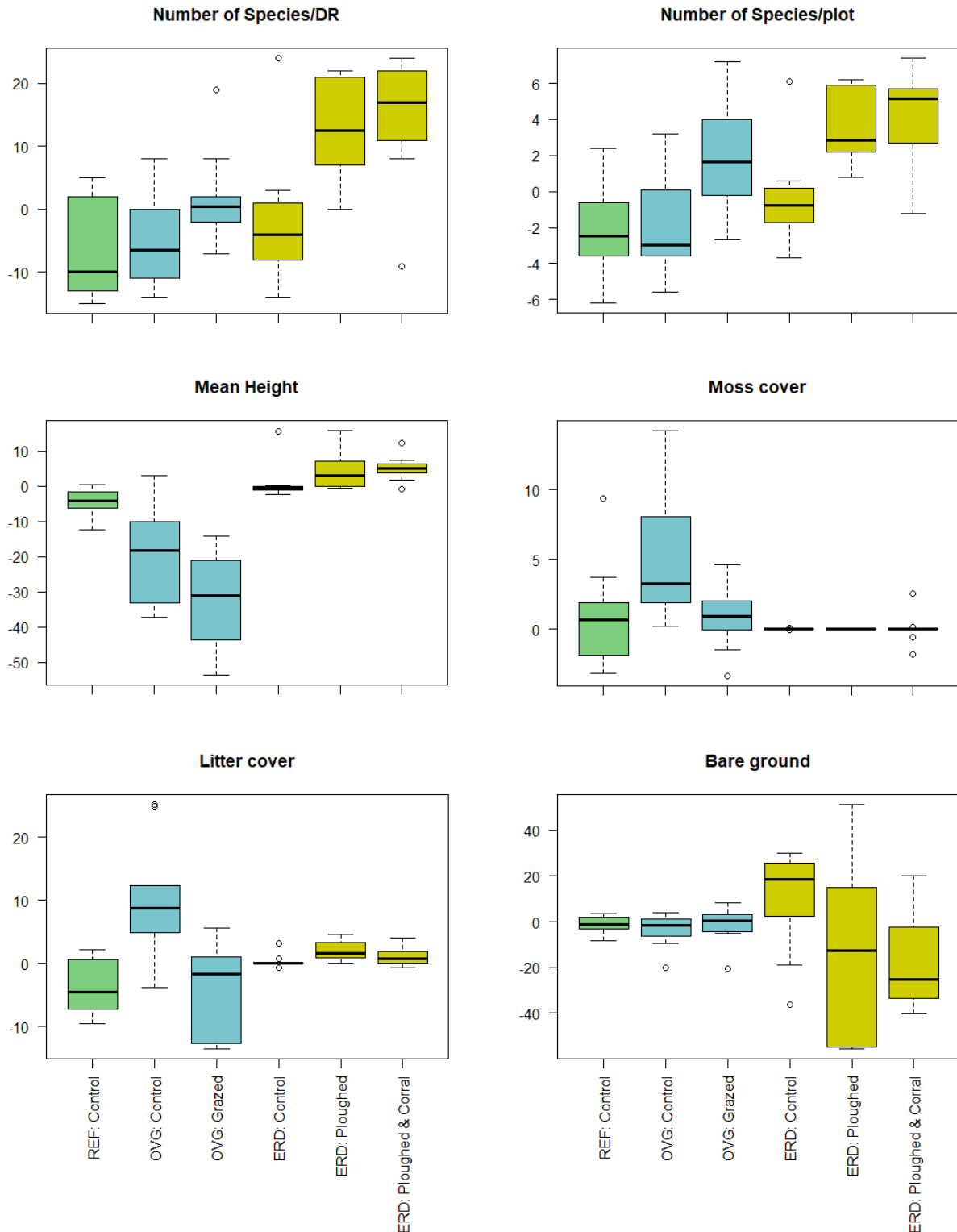


Figura 12. Gráficos de cajas con las diferencias observadas entre 2022 y 2020 para las variables *riqueza a escala de parcela*, *riqueza a escala de cuadrado*, *altura media de la vegetación*, *cobertura de musgo*, *cobertura de hojarasca* y *cobertura de suelo desnudo* para los 6 tratamientos realizados en vías pecuarias de la Comunidad de Madrid.

VALORES OBSERVADOS EN 2022

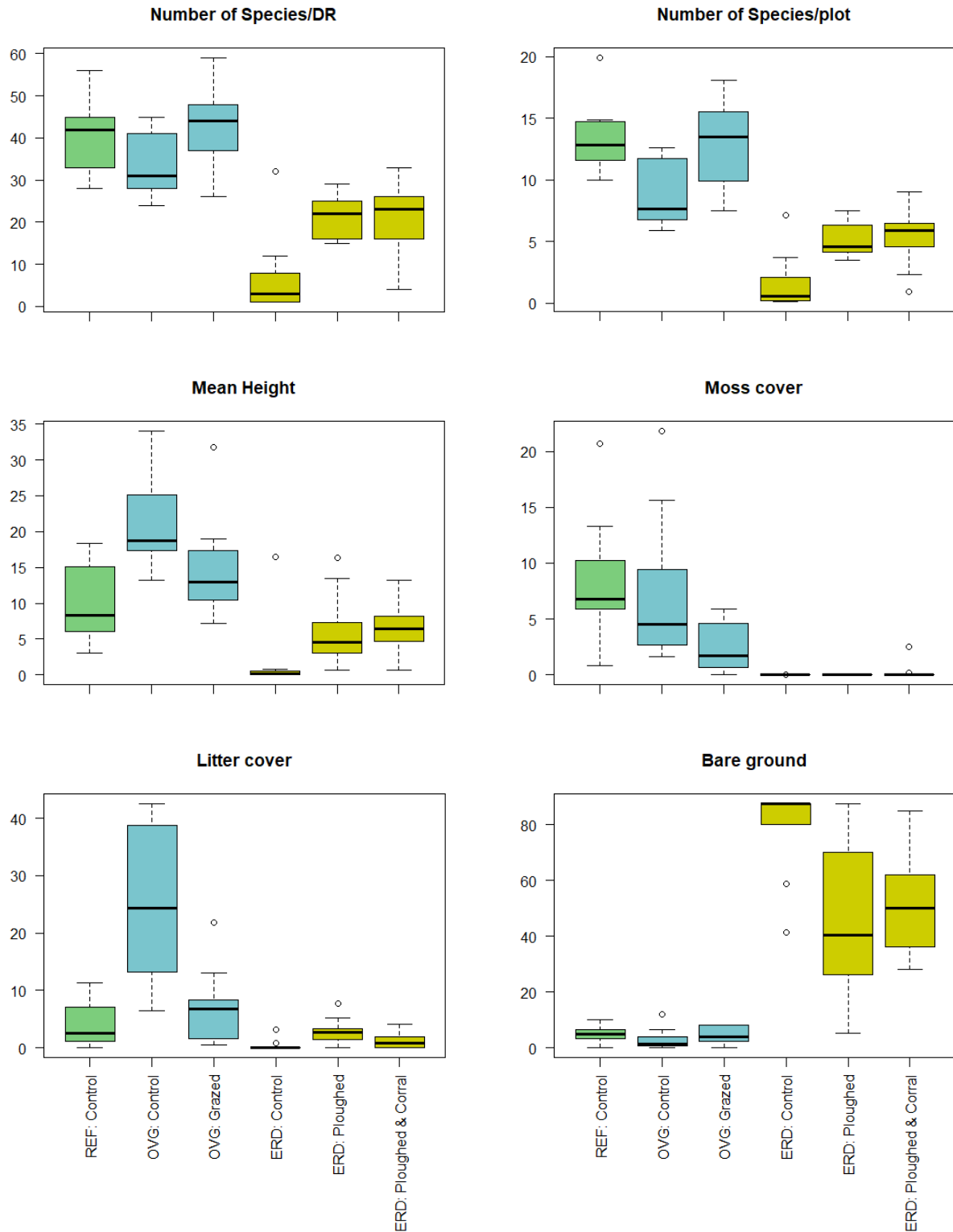


Figura 13. Gráficos de cajas con los valores observados en 2022 para las variables *riqueza a escala de parcela*, *riqueza a escala de cuadrado*, *altura media de la vegetación*, *cobertura de musgo*, *cobertura de hojarasca* y *cobertura de suelo desnudo* para los 6 tratamientos realizados en vías pecuarias de la Comunidad de Madrid.

Las **coberturas de musgo, hojarasca y suelo desnudo** tuvieron comportamientos algo más irregulares. Los referentes apenas cambiaron en musgo y suelo desnudo, pero sí en hojarasca, que se redujo en 2022. Por el contrario, los controles embastecidos aumentaron tanto en cobertura de musgo como en hojarasca. Es probable que estas respuestas acumulen efectos relacionados con la producción comunitaria neta de años de anteriores. Los pastizales embastecidos sometidos a pastoreo respondieron de una forma similar a los referentes, lo que se tradujo en un leve acercamiento de sus valores de hojarasca, pero en un mantenimiento de su diferencia en cuanto a los valores de cobertura de musgo. Los controles de los pastizales erosionados no mostraron cambios en cuanto a cobertura de musgo y hojarasca (que era prácticamente nula), y presentaron una cierta diversidad de respuestas en cuanto a cobertura de suelo desnudo, quizá relacionables con efectos aleatorios derivados del paso de vehículos. Los descompactados se tradujeron en leves incrementos de la hojarasca y en reducciones netas de suelo desnudo, más consistentes cuando el tratamiento se acompañó de majadeos. En consecuencia, mientras que en 2022 los controles erosionados mantienen en torno a un 90% de suelo desnudo, en los manejados esta variable se sitúa en torno al 50%.

10. Comunidades de reptiles en tapias

A lo largo de 2022 se continuó con el seguimiento de la efectividad de las actuaciones en las vías pecuarias de Madrid para proporcionar refugio a reptiles, mediante la realización de muestreos sistemáticos en tramos con tapias de piedra seca. De acuerdo con el diseño expuesto en los *ENTREGABLES A4.2 y D1.2*, se realizaron observaciones visuales en transectos de 200 m de longitud y se compararon situaciones de "actuación" y "control". Los muestreos se realizaron en días soleados, evitando el calor extremo, durante 30 minutos por transecto. Los resultados no han sido aún analizados, pero se ha constatado un uso destacable de las tapias por varias especies de reptiles (FIGURA 14).



Figura 14. Fotografías de lagartija colilarga (*Psammotriton aurantiacus*), lagarto ocelado (*Timon lepidus*) y salamanesca (*Tarentola mauritanica*) tomadas en tapias de piedra seca construidas por LIFE CAÑADAS en vías pecuarias de la Comunidad de Madrid.



Los muestreos de reptiles continuarán a lo largo de 2023, y se espera proporcionar un primer análisis de las observaciones realizadas en el *ENTREGABLE D1.4*.

11. Conclusiones

El seguimiento de los indicadores estructurales de las acciones de restauración en la Comunidad de Madrid se ha realizado con normalidad a lo largo de 2022. Todos los muestreos de campo previstos para este periodo se han ejecutado con normalidad, y los análisis preliminares de los datos muestran respuestas positivas a la mayoría de las actuaciones realizadas. Llama incluso la atención la rapidez en la evolución de las respuestas positivas de algunos indicadores, y singularmente los relacionados con la vegetación de los pastizales en restauración.

ANEXO

Listado provisional de especies de plantas vasculares identificadas en vías pecuarias de la Comunidad de Madrid.

<i>Aegilops triuncialis</i>	<i>Cerastium glomeratum</i>
<i>Agrostis castellana</i>	<i>Cerastium ramosissimum</i>
<i>Aira caryophyllea</i>	<i>Cerastium semidecandrum</i>
<i>Alyssum granatense</i>	<i>Chamaemelum nobile</i>
<i>Anacyclus clavatus</i>	<i>Chondrilla juncea</i>
<i>Anagallis arvensis</i>	<i>Cirsium arvense</i>
<i>Anchusa azurea</i>	<i>Cladanthus mixtus</i>
<i>Andryala integrifolia</i>	<i>Cleonia lusitanica</i>
<i>Anthemis arvensis</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>
<i>Anthyllis sp.</i>	<i>Corrigiola telephiifolia</i>
<i>Anthyllis cornicina</i>	<i>Corynephorus fasciculatus</i>
<i>Anthyllis lotoides</i>	<i>Crassula tillaea</i>
<i>Aphanes microcarpa</i>	<i>Crepis capillaris</i>
<i>Arenaria leptoclados</i>	<i>Crepis vesicaria subsp. taraxacifolia</i>
<i>Asterolinon linum-stellatum</i>	<i>Crucianella angustifolia</i>
<i>Astragalus hamosus</i>	<i>Cynodon dactylon</i>
<i>Avena barbata</i>	<i>Cynosurus echinatus</i>
<i>Avena sterilis</i>	<i>Dactylis glomerata</i>
<i>Bartsia trixago</i>	<i>Daucus durieae</i>
<i>Biserrula pelecinus</i>	<i>Desmazeria rigida</i>
<i>Brassica barrelieri</i>	<i>Diplotaxis catholica</i>
<i>Bromus diandrus</i>	<i>Echium plantagineum</i>
<i>Bromus hordeaceus</i>	<i>Erodium ciconium</i>
<i>Bromus madritensis</i>	<i>Erodium cicutarium</i>
<i>Bromus rubens</i>	<i>Eryngium campestre</i>
<i>Bromus tectorum</i>	<i>Euphorbia exigua</i>
<i>Calendula arvensis</i>	<i>Euphorbia matritensis</i>
<i>Calendula officinalis</i>	<i>Evax carpetana</i>
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	<i>Filago pyramidata</i>
<i>Carduus pycnocephalus</i>	<i>Galium aparine</i>
<i>Carduus tenuiflorus</i>	<i>Galium parisiense</i>
<i>Carex divisa</i>	<i>Geranium molle</i>
<i>Carlina corymbosa</i>	<i>Hedypnois cretica</i>
<i>Carthamus lanatus</i>	<i>Helianthemum ledifolium</i>
<i>Centaurea aristata</i>	<i>Herniaria glabra</i>
<i>Centaurea calcitrapa</i>	<i>Holcus setiglumis</i>
<i>Centaurea melitensis</i>	<i>Holosteum umbellatum</i>
<i>Centranthus calcitrapae</i>	<i>Hordeum murinum</i>

<i>Hypochaeris glabra</i>	<i>Polygala monspeliaca</i>
<i>Jasione montana</i>	<i>Psilurus incurvus</i>
<i>Lactuca serriola</i>	<i>Raphanus raphanistrum</i>
<i>Lamarckia aurea</i>	<i>Reseda virgata</i>
<i>Lathyrus angulatus</i>	<i>Rostraria cristata</i>
<i>Leontodon</i>	<i>Rumex acetosa</i>
<i>Leontodon longirostris</i>	<i>Rumex acetosella subsp. angiocarpus</i>
<i>Leontodon saxatilis subsp. rothii</i>	<i>Rumex bucephalophorus</i>
<i>Linaria spartea</i>	<i>Rumex pulcher</i>
<i>Logfia gallica</i>	<i>Rumex pulcher subsp. woodsii</i>
<i>Logfia minima</i>	<i>Rumex roseus</i>
<i>Lolium rigidum</i>	<i>Sagina apetala</i>
<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Sanguisorba minor</i>
<i>Lupinus angustifolius</i>	<i>Scandix australis</i>
<i>Malva neglecta</i>	<i>Scolymus hispanicus</i>
<i>Mantisalca salmantica</i>	<i>Scorzonera laciniata</i>
<i>Medicago orbicularis</i>	<i>Sedum caespitosum</i>
<i>Medicago polymorpha</i>	<i>Sherardia arvensis</i>
<i>Medicago rigidula</i>	<i>Silene conica</i>
<i>Medicago sativa</i>	<i>Silene gallica</i>
<i>Micropyrum tenellum</i>	<i>Silene inaperta</i>
<i>Misopates orontium</i>	<i>Silene scabriflora</i>
<i>Neatostema apulum</i>	<i>Silybum marianum</i>
<i>Ononis spinosa</i>	<i>Sisymbrium austriacum subsp. contortum</i>
<i>Onopordon illyricum</i>	<i>Sisymbrium officinale</i>
<i>Ornithogalum umbellatum</i>	<i>Sonchus asper</i>
<i>Ornithopus compressus</i>	<i>Spergularia purpurea</i>
<i>Papaver rhoeas</i>	<i>Spergularia rubra</i>
<i>Papaver somniferum</i>	<i>Stipa lagascae</i>
<i>Parentucellia latifolia</i>	<i>Taeniatherum caput-medusae</i>
<i>Paronychia argentea</i>	<i>Thapsia villosa</i>
<i>Petrorhagia nanteuillii</i>	<i>Thymus zygis</i>
<i>Phlomis herba-venti</i>	<i>Tolpis barbata</i>
<i>Plantago afra</i>	<i>Torilis nodosa</i>
<i>Plantago coronopus</i>	<i>Tragopogon porrifolius</i>
<i>Plantago lagopus</i>	<i>Trifolium angustifolium</i>
<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Trifolium arvense</i>
<i>Poa annua</i>	<i>Trifolium campestre</i>
<i>Poa bulbosa</i>	<i>Trifolium cernuum</i>
<i>Polycarpon tetraphyllum</i>	<i>Trifolium cherleri</i>

Trifolium gemellum
Trifolium glomeratum
Trifolium hirtum
Trifolium striatum
Trifolium suffocatum
Trifolium sylvaticum
Trifolium tomentosum
Trisetum paniceum
Tuberaria guttata
Valerianella coronata
Valerianella locusta
Veronica arvensis
Veronica polita
Vicia peregrina
Vicia sativa
Vicia villosa
Viola kitaibeliana
Vulpia bromoides
Vulpia ciliata
Vulpia muralis
Vulpia myuros
Vulpia unilateralis