



Fotografía: Javier Hernández Gallardo

Protocolos de Seguimiento a escala de paisaje y de campo en el proyecto Life Adaptamed (LIFE14 CCA/ES/000162)



Beneficiario coordinador:



Junta de Andalucía
Comunidad de Agricultura, Ganadería,
Pesca y Desarrollo Sostenible

Beneficiarios asociados:



Junta de Andalucía
Comunidad de Agricultura, Ganadería,
Pesca y Desarrollo Sostenible



Colaborador:



El presente manual se ha redactado en el marco del proyecto Life Adaptamed y tiene como objetivo describir las metodologías de seguimiento a escala de paisaje y de campo desarrolladas en las acciones A9, A10, D7 y D8 del proyecto. Mayo del 2020.

www.lifeadaptamed.eu





ÍNDICE

	Pág.
Introducción.....	4
Diseño de las actuaciones.....	6
Metodologías de seguimiento ecológico.....	23
Protocolos de seguimiento a escala de paisaje, mediante teledetección.....	24
Seguimiento de variables vinculadas al intercambio de carbono.....	27
Seguimiento de variables vinculadas con el ciclo del agua.....	29
Seguimiento de variables vinculadas con el balance de energía.....	30
Protocolos a escala de campo.....	31
Seguimiento de fauna.....	31
Seguimiento de la comunidad de aves paseriformes.....	31
Dispersión de semillas por mamíferos carnívoros.....	34
Estructura y composición de la comunidad de micromamíferos.....	36
Seguimiento de reptiles.....	38
Abundancia de polinizadores e insectos beneficiosos para la agricultura.....	38
Seguimiento de mariposas diurnas.....	41
Seguimiento de artrópodos terrestres.....	42
Seguimiento forestal y de la vegetación.....	44
Inventario dasométrico y seguimiento mediante imágenes hemisféricas.....	44
Cambios en la diversidad y regeneración vegetal.....	47
Crecimiento vegetativo, la capacidad reproductora y defoliadores.....	48
Cobertura de la vegetación y plots de herbáceas.....	50
Seguimiento del suelo.....	52
Recogida y análisis de muestras del suelo.....	52
Referencias.....	54

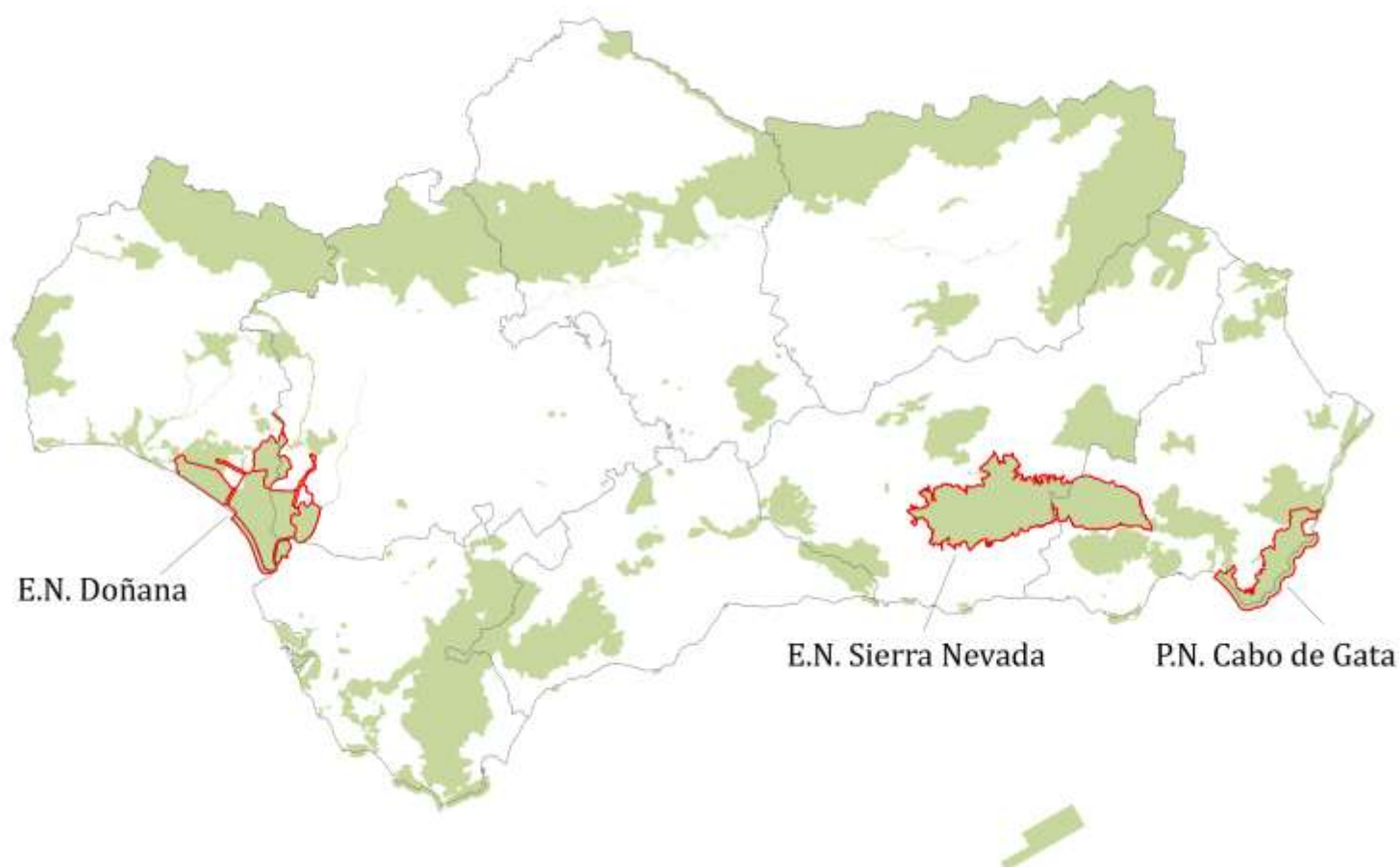
I. INTRODUCCIÓN

Las acciones A9 y 10 y D7 y 8 de Life Adaptamed tienen como finalidad evaluar tanto a escala de campo como a escala de paisaje, la efectividad de las acciones centrales del proyecto. El objetivo es evaluar las repercusiones de las acciones de gestión planteadas sobre las funciones del ecosistema. Estas funciones en último término se expresan en forma de servicios ecosistémicos. Los procesos ecológicos están vinculados a funciones del ecosistema, a servicios y a beneficios a través del esquema conceptual que representa la cascada de los servicios ecosistémicos (Haines-Young y Potschin, 2010). En este, se ordenan las relaciones entre los ecosistemas y el bienestar humano a través de una secuencia lógica que comienza en las características funcionales de la biodiversidad (ver Cazorla et al. 2019) y termina en los beneficios que la sociedad obtiene a partir de ella. A pesar de la sencillez de este modelo, sus implicaciones para la gestión de la biodiversidad son enormes, ya que revela que, para comprender los vínculos entre la biodiversidad y la sociedad, y, por tanto, para poner en marcha acciones de conservación basadas en ellos, es necesario combinar la investigación ecológica con la social y económica.

Las acciones centrales de Life Adaptamed son muy diversas, y, en consecuencia, los tipos de tratamientos, diseños y actuaciones dependen del tipo de ecosistema y de la localidad. Las ac-

ciones preparatorias A9 y A10 (evaluación ex-ante del estado de los servicios ecosistémicos afectados por el proyecto a escala de paisaje y de campo) comprenden la toma de datos previa a la implementación de las actuaciones, mientras que las acciones de seguimiento y evaluación D7 y D8 (seguimiento a escala de paisaje y de campo de las acciones centrales C1 a C6) implican el seguimiento posterior al desarrollo de las actuaciones. Los métodos y procedimientos contemplados en ambos tipos de acciones, preparatorias y de seguimiento, no difieren. Ambas acciones son complementarias y presentan continuidad a lo largo del tiempo. Estos seguimientos deben de continuar una vez concluido el proyecto ya que los procesos que están siendo evaluado presentan una respuesta lenta y sus resultados solamente se podrán obtener en el largo plazo. Se trata, por tanto, de la puesta en marcha de un seguimiento a largo plazo, cuyo punto de partida son las iniciativas particulares desarrolladas en los diferentes Observatorios de Cambio Global de Andalucía. Esta continuidad ha de contemplarse en el plan post Life (acción F4).

En el presente manual se hace inicialmente una revisión de los tipos de tratamientos contemplados en las acciones centrales del proyecto Life Adaptamed, lo cual supone el punto de partida y el contexto para posteriormente detallar los diferentes seguimientos propuestos.



■ **Figura 1.** Ubicación de los tres espacios en donde se desarrollan las acciones de gestión del proyecto Life Adaptamed.



■ Ambiente litoral en el Parque Natural del Cabo de Gata-Níjar (Fotografía: J. Hernández).

2. DISEÑO DE LAS ACTUACIONES

Los tratamientos contemplados en las acciones centrales del proyecto a los que ha de ajustarse el seguimiento ecológico aparejado para su evaluación pueden resumirse como sigue:

Acción C1. Adaptación al cambio climático de pinares de repoblación: protección de la provisión de servicios ecosistémicos

Esta acción se desarrollará en los tres Espacios Protegidos involucrados en Life Adaptamed. Se trata, por tanto, de la única acción de manejo de ambientes forestales transversal a los tres sitios de trabajo, por lo que se ha procurado la máxima homogeneidad posible en los seguimientos de campo que se implementen. A través de esta acción se desarrollan medidas de gestión adaptativa de las masas forestales de pino de repoblación con el objetivo de proteger los servicios ecosistémicos que proveen, definiendo el modelo de gestión del pinar que mayores servicios proporcione. Esta acción pro-

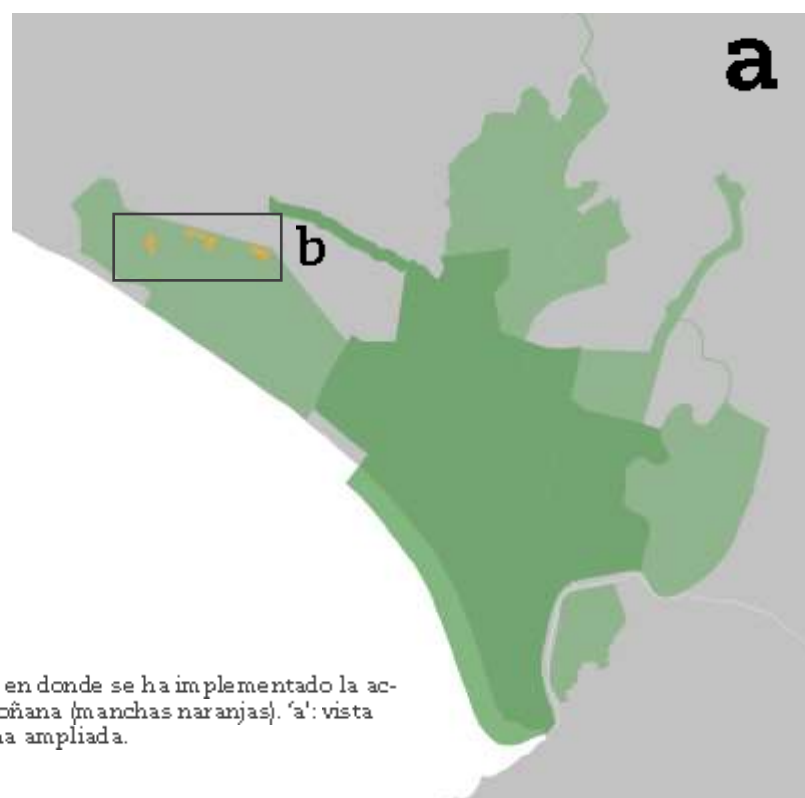
mueve un uso más eficiente de los recursos en estos ambientes mediante la dosificación de la competencia. Por tanto, dotamos a la masa forestal de una mayor capacidad de resistir procesos sequía e incremento de temperatura. A través de esta acción se favorecerá el desarrollo de estructuras verticales y horizontales heterogéneas, la diversidad de clases de edad y se potenciará la implantación y desarrollo de comunidades biológicas diversificadas. Adicionalmente, mediante la dosificación de la competencia, se pretende potenciar una estructura de bosque con una densidad adecuada para optimizar los recursos, garantizando la disponibilidad de agua, luz y nutrientes teniendo en cuenta las condiciones climáticas previstas. Esto redundará en una mejora en el estado fisiológico del arbolado, al mismo tiempo que facilitará la entrada natural de semillas de otras especies vegetales.



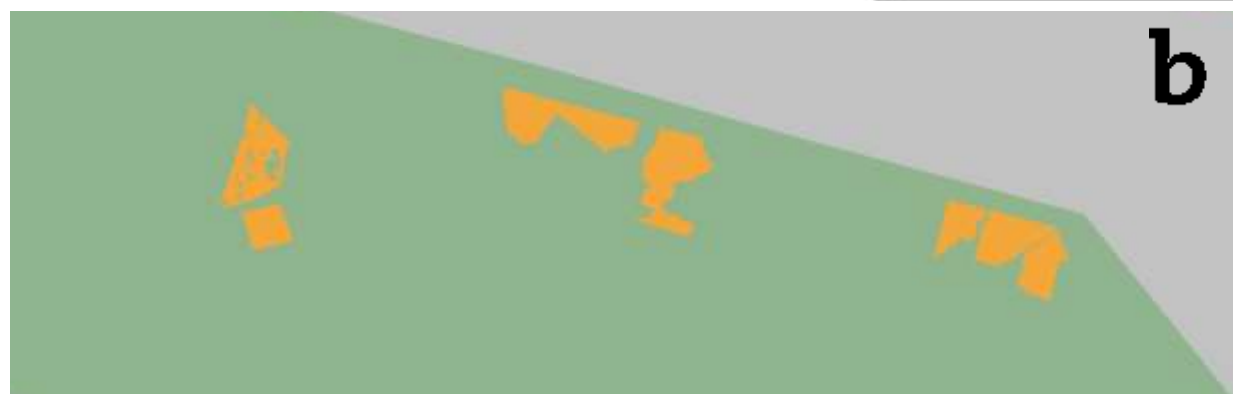
■ Pinares de pino piñonero en el Parque Natural de Doñana (Fotografía: J.M. Barea).

Desarrollo de la acción C1 en Doñana: exclusivamente sobre *Pinus pínea*. Se llevarán a cabo clareos de diferente intensidad para reducir la densidad de la masa forestal en 36 ha de pinar distribuidas en diferentes enclaves del Espacio Protegido (Fig. 2). Cada una de las parcelas de actuación será de 4 ha y a su vez se subdividirá en 4 subparcelas de 1 ha, dónde se llevarán a cabo las siguientes actuaciones siguiendo el esquema representado en la Figura 3:

- Instalación de cercados de protección para proteger la vegetación frente a la herbivoría. El total de superficie totalmente excluida a ungulados silvestres y ganado doméstico será de 9 ha.



■ **Figura 2.** Ubicación de los lugares en donde se ha implementado la acción C1 en el Espacio Natural de Doñana (manchas naranjas). 'a': vista general del área protegida y 'b' zona ampliada.





■ **Figura 3.** Esquema del tratamiento que se llevará a cabo en las parcelas de acción C1 en el Espacio Protegido de Doñana.

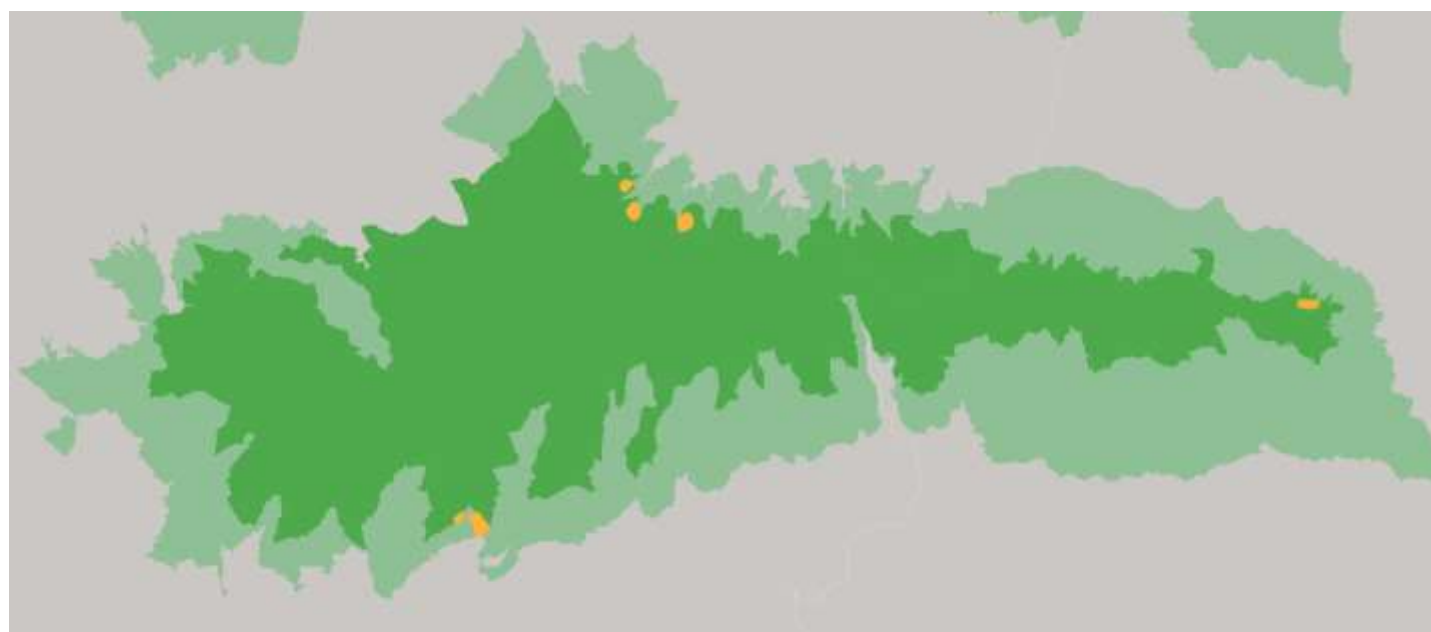
- Entaramados con restos vegetales. Estos entaramados tendrán una doble función. Por un lado, protegerán a las plantas frente a los herbívoros y por otro aportarán espacios de sombra para que resistan mejor los periodos de máxima insolación. Se colocarán unos 2 entaramados/ha con una superficie aproximada de 300 m² cada uno de ellos.
- Siembras de semillas y plantación de plántulas de alcornoque, acebuche y lentisco. Se contempla plantaciones de alcornoces, acebuches y lentiscos, que se reparten en las siguientes proporciones: 60 % de alcornoque, 20% de acebuches y 20 % de lentiscos.

Respecto a las siembras (no contempladas en el Proyecto de Ordenación) se seguirá lo dispuesto en el proyecto Life Adaptamed (5.000 semillas/ha de las 3 especies en las mismas proporcio-

nes mencionadas más arriba). Se realizará un modelo de plantación basado en un diseño de celdillas de plantación que se replicará a lo largo de la totalidad de las zonas de actuación.

Desarrollo de la acción C1 en Sierra Nevada: se centra en tratamientos en *Pinus halepensis*, *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* y *Pinus pinaster*. En total se contemplan cuatro enclaves diferentes: en Pórtugos, Lanteira, Jerez del Marquesado y Nacimiento (Fig. 4). En cada sitio, el sistema de implementación de la actuación comprende parcelas de 4 hectáreas con tratamientos de diferente intensidad (Fig. 5). Las intensidades de tratamiento son variables y dependen de las características iniciales de la masa. Como indi-

cador de la densidad del rodal se utilizó el índice de Reineke (Reineke, 1933). A grandes rasgos puede considerarse que los tratamientos se agrupan en intensidades bajas, medias y elevadas. Tal y como se esquematiza en la Figura 5, cada parcela de 4 ha será tratada con una misma intensidad. Dentro de esta unidad de 4 ha, las subunidades de 1 ha presentarán diferentes alternativas de gestión del residuo. Esto implica cuatro opciones por parcela: residuos gruesos y acordonados (una sola pasada de maquinaria,



■ **Figura 4.** Ubicación de los lugares en donde se ha implementado la acción C1 en el Espacio Natural de Sierra Nevada (manchas naranjas).

Desarrollo de la acción C1 en Cabo de Gata: la zona en la que se va a actuar comprende una superficie aproximada de 52 ha (Fig. 6), en las que el pinar se asienta sobre un terreno aterrazado, embebido en una matriz de espartal y con densidades de arbolado muy variables. El fin último de la actuación consiste en la naturalización de la masa mediante la incorporación de islas de fertilidad junto a fruticedas como estadio estructural y funcional óptimo en las formaciones de espartal. En definitiva, se implementarán actuaciones selectivas que integren al pino de Aleppo como parte de las islas de fertilidad. En concreto, se pretende aprovechar los pinos como núcleos de generación de nue-

vas islas de fertilidad. Las islas de fertilidad inducen cambios en el funcionamiento del ecosistema a través de la creación de microambientes que favorecen entre otros, el desarrollo de costras biológicas sobre el suelo, las cuales a su vez proveen servicios ecosistémicos clave en ambientes áridos.

Se propone un protocolo de actuación basado en los diferentes grados de cobertura que presenta el pino:

Parcelas cuya cobertura dominante son grupos agregados de pinos: aclareo del pinar.

Parcelas cuya cobertura dominante son pinos dispersos: aclareo + plantación de arbustos nativos.



- **Figura 5.** Esquema del tratamiento que se ha llevado a acabo en las parcelas de acción C1 en el Parque Nacional y Parque Natural de Sierra Nevada.



- Pinos silvestres de Sierra Nevada (*Pinus sylvestris* subsp. *nevadensis*) en el Valle del río Monachil (Fotografía: J.M. Barea).

Parcelas en las que hay ausencia de pinos, o con pocos pies de pinos y de escaso porte: plantación de arbustos nativos.

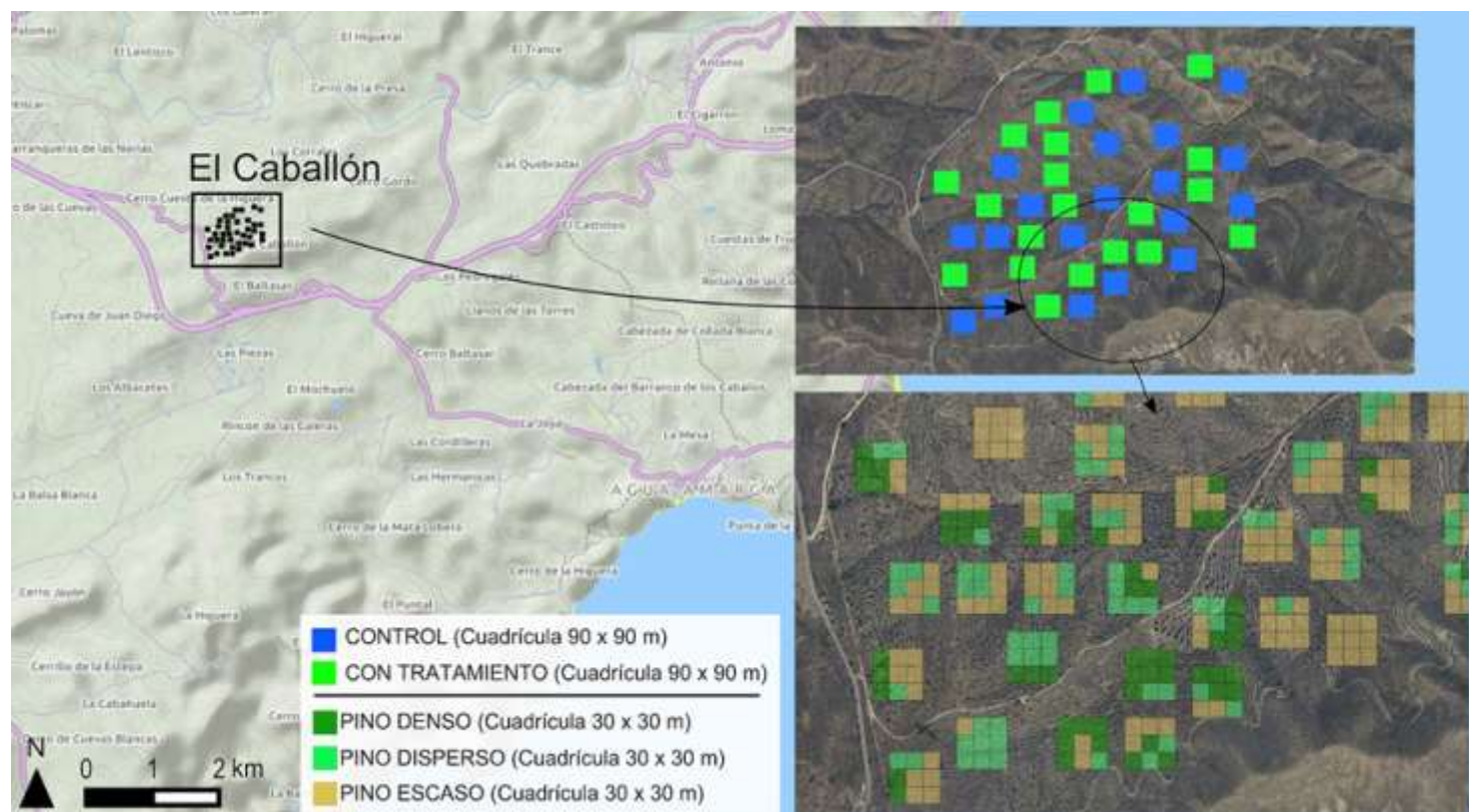
El objetivo es por un lado, favorecer el crecimiento de las especies arbustivas naturales (*Pistacia lentiscus*, *Rhamnus lycioides*, etc...) bajo la protección del pino, y por otro, desarrollar nuevas islas mediante la plantación de individuos allí donde los arbustos sean escasos.

El diseño experimental tiene como objetivo testar si el tratamiento selvícola propuesto para la naturalización de las plantaciones de pinos como componente de las islas de fertilidad y su aprovechamiento como núcleos de generación de nuevas islas mejora la provisión de servicios del espartal-pinar.

Considerando la actuación en este único sitio, se plantea un diseño unifactorial sobre 40 parcelas de 90 x 90 metros seleccionadas al azar dentro de la finca pública El Caballón (AL70037AY)(Fig. 7). Como se desprende de dicho esquema, en 20 de estas parcelas se llevarán a cabo tratamientos selvícolas y el resto servirán como control(sin tratamiento).



■ **Figura 6.** Ubicación de los lugares en donde se implementará la acción C1 cabo de en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar (m anchazul).



■ **Figura 7.** Procedimiento de actuación de la acción C1 en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar.

Acción C2. Regeneración del monte mediterráneo para la mejora de servicios ecosistémicos y su adaptación al cambio climático.

Esta acción se desarrolla íntegramente en Doñana y tiene como principal objetivo fomentar la heterogeneidad del monte mediterráneo de Doñana y mejorar su estructura, con el fin de incrementar su capacidad de respuesta frente al cambio climático, minimizando el impacto ante la impredecibilidad climática mediterránea, la pérdida de agua, control de la erosión e incremento de recursos útiles para la población mediante el aumento en disponibilidad de refugios. Se parte de la premisa de que un monte más heterogéneo, en términos de estructura (creación de nichos ecológicos) y de diversidad específica, con densidades óptimas de árboles y matorral noble y un mejor estado fitosanitario, proporcionará una mayor variedad y calidad de servicios ecosistémicos. La producción de materias primas como corcho, productos apícolas, plantas aromáticas, pastos o recursos cinegéticos se verá favorecida por las actuaciones planteadas en la presente acción. También mejorarán los servicios indirectos, como la producción de oxígeno, la captación de CO₂, la retención de suelo, la regulación hídrica, la provisión de hábitat para la fauna y flora o los valores paisajísticos.

Los tratamientos forestales contemplados en la acción C2 tienen como finalidad principal incrementar la densidad de alcornoques (*Quercus suber*) y otras especies propias del monte mediterráneo como lentisco (*Pistacea lentiscus*) y acebuche (*Olea europea*). Para ello es necesario implementar una estrategia de regeneración asistida mediante la plantación de ejemplares jóvenes, esquejes o siembras procedentes de individuos reproductivos locales. En esta acción se fomentará el empleo de semillas para preservar la integridad genética y la vitalidad de las futuras plantas, su mayor capacidad de adaptación al medio, el menor riesgo de propagación de plagas y su rentabilidad económica. Fundamentalmente se trabajará en la recupera-

ción de las tres especies anteriormente mencionadas: alcornoque, acebuche y lentisco.

El manejo de ecosistemas mediterráneos para usos ganaderos a través del fuego y la herbivoría ha provocado una reducción significativa de su complejidad y de su capacidad de respuesta frente al cambio climático, siendo los principales estratos afectados los correspondientes al matorral alto y al arbolado.

En el manto eólico de Doñana, esto se ha traducido en la reducción de zonas cubiertas por matorral noble, alcornocales y acebuchales, y el resultado es un paisaje dominado actualmente por especies de matorral de porte bajo. Con la desaparición de este matorral "matriz" también se ha empobrecido la biodiversidad ligada a este tipo de estructuras: modeladores del paisaje dispersores de semillas y especies-presa clave para predadores (lince ibérico o águila imperial). La gestión actual ha cambiado en los últimos años y, tanto el tipo de ganado, como la desaparición del uso del fuego, deberían favorecer la recuperación natural de estas formaciones. No obstante, la escasez de plantas madre, unido a una elevada presión de herbivoría (doméstica y silvestre), y a la escasez de dispersores naturales, limitan el reclutamiento de estas especies y ralentiza este proceso, pudiendo llegar a hipotecarlo. Además, las técnicas habitualmente empleadas para plantar (con uso de maquinaria y planta de vivero) provocan alteraciones en los ecosistemas en los que se emplean, presentan costes elevados y aumentan el riesgo de introducción de neobiotas (incluyendo patógenos). Hasta la fecha no se han evaluado alternativas de siembra, por lo que identificar técnicas eficientes (ecológica y económicamente), debe ser una prioridad de gestión y una posibilidad demostrativa de esta acción.

Para la implementación de estas actuaciones se han seleccionado 3 zonas con 3 parcelas cada una en áreas ocupadas por alcornocal o zonas de monte blanco/pastizal con reductos de alcornocal. Todas estas zonas, según se muestra en la figura 8, están situadas en Parque Nacio-

nal (Matasgordas y Cañada Mayor, Eucaliptar de Domeq, Sotos de Doñana, y Algaida y Mogeas).

Esta selección se enmarca en una serie de montes públicos sujetos a un Proyecto de Ordenación en tramitación (Nº Expte. 573/09/M/00). Los montes Matasgordas y Cañada Mayor pertenecen a la agrupación de montes denominada "Matasgordas y el Pinto", con matrícula HU11019JA, del término municipal de Hinojos y el resto (Eucaliptar de Domeq, Sotos, Algaida y Mogeas) pertenecen a la agrupación de montes denominada "La Rocina", con matrícula HU61001JA, del término municipal de Almonte. Se han seleccionado parcelas situadas en zonas potenciales para el alcornocal, aunque según las características concretas de cada rodal el Proyecto de Ordenación recoge que deberán someterse a un modelo de gestión diferente.

La superficie de actuación de esta acción es de 54 ha, en las que se incluyen las actuaciones de mejora del monte mediterráneo en las parcelas tratadas en la Acción C1. Cada una de las parcelas de actuación será de 4 ha y a su vez se subdividirá en 4 subparcelas de 1 ha donde se

llevarán a cabo las siguientes actuaciones (Fig. 9):

- Instalación de cercados de protección de 1ha o 2 ha (dependiendo del ecosistema donde se localicen; 1ha para las zonas de pinar y 2 ha para las zonas de monte mediterráneo), para proteger la vegetación frente a la herbivoría. Como son 18 parcelas (9 en pinar y 9 en monte mediterráneo), el total de superficie totalmente excluida a ungulados silvestres y ganado doméstico será de 27 ha.
- Entaramados con restos vegetales: estos entaramados tendrán una doble función, por un lado, protegen a las plantas frente a los herbívoros y por otro aportan espacios de sombra para que resistan mejor los periodos de máxima insolación. Se colocarán unos 2 entaramados/ha. con una superficie aproximada de 300 m² cada uno de ellos.
- Siembras de semillas y plantación de plántulas de alcornoque, acebuche y lentisco: en el Plan de Ordenación se prevé densificaciones en torno a 100 pies/ha.



■ **Figura 8.** Ubicación de los lugares en donde se ha implementado la acción C2 en el Espacio Natural de Doñana.

con especies como alcornoques, acebuches, piruétanos o madroños. Se contemplan plantaciones de alcornoques, acebuches y lentiscos, que se reparten en las siguientes proporciones: 60 % de alcornoque, 20% de acebuches y 20 % de lentiscos. Respecto a las siembras (no contempladas en el Proyecto de Ordenación) se seguirá lo dispuesto en el proyecto Life Adaptamed (5000 semillas/ha. de las 3 especies en las mismas proporciones mencionadas).

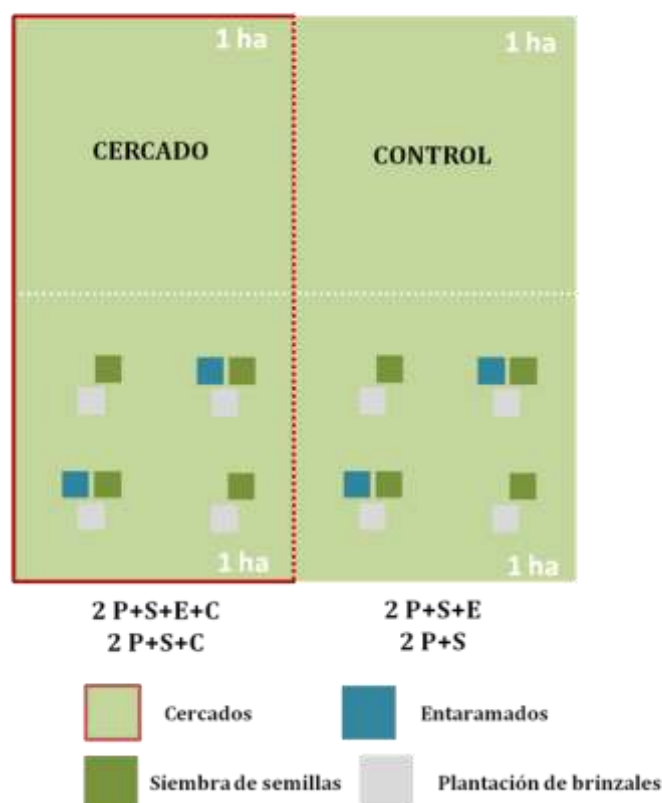
En cada uno de los bloques de actuación se han seleccionado 3 parcelas de 3 ha. cada una, donde se llevarán a cabo siembras y plantaciones, existiendo también una parcela testigo en cada una de las zonas sin ningún tipo de tratamiento. Con esta acción se prevé la regeneración de 27 ha. de monte mediterráneo en 9 parcelas. Si tenemos en cuenta las parcelas control de 1ha, esta acción comprende una superficie total de 36 ha. Si además, contemplamos también la superficie de actuación en las zonas de pinar

contempladas en la acción C1 (donde se fomentará la heterogeneidad del pinar introduciendo especies propias del monte mediterráneo), la superficie de actuación resultante es de 54 ha. El modelo experimental a escala de la cuadrícula de 4 ha queda esquematizado en la figura 10:

- P+S: plantación y siembra (sin entaramado y sin cercado).
- P+S+E: plantación, siembra y entaramado (sin cercado).
- S: siembra (sin plantación, ni cercado, ni entaramado).
- S+E: siembra protegida por entaramado (sin cerramiento, ni plantación).
- P+S+C: plantación y siembra en cerramiento (desprovistos de entaramado).
- P+S+E+C: siembras y plantaciones protegidas por cerramiento y entaramado.
- S+C: siembra protegida por cerramiento (sin entaramado, ni plantación).
- S+E+C: siembra protegida por cerramiento y por entaramado (sin plantación).
- C: solamente cercado.

■ **Figura 9.** Esquema del tratamiento que se ha llevado a cabo en las parcelas de acción C2 en el Espacio Protegido de Doñana.

4 ha



Acción C3. Aumento de la resiliencia y de la capacidad de provisión de servicios ecosistémicos en un hábitat prioritario: el azufaifar.

El objetivo de esta acción es asegurar el mantenimiento en la cantidad y calidad de servicios ecosistémicos que proveen las formaciones de azufaifo. El mantenimiento de estos servicios se favorecerá mediante la densificación y reestructuración de las manchas de azufaifar y la retirada de plantas CAM invasoras (*Agave* spp.). La totalidad de la acción se implementará en la finca pública Amoladeras, en el Parque Natural del Cabo de Gata-Níjar (Almería)(Fig. 10a). Se plantaron ejemplares de *Zizíphus lotus* con ejemplares procedentes de vivero (2/3 savias) y plantas germinadas a través de semillas recolectadas en la zona. Para la plantación se seleccionan 54 parcelas experimentales de 30x30 m (27 donde se retiran agaves y 27 en las que se dejan). Las parcelas en donde se realizará retirada de *Agave* spp. comprende una superficie total de 10 hectáreas. En cada una de estas parcelas se plantan 14 plántones: 6 azufaifos, 4 alcázaras y 4 retamas, estas últimas dos especies con el fin de atraer un mayor número de polinizadores y acelerar de este modo la recuperación. La mitad de los ejemplares se plantan utilizando especie nodriza (*Lycium intricatum* y/o *Agave* spp.) y la otra mitad en suelo desnudo.

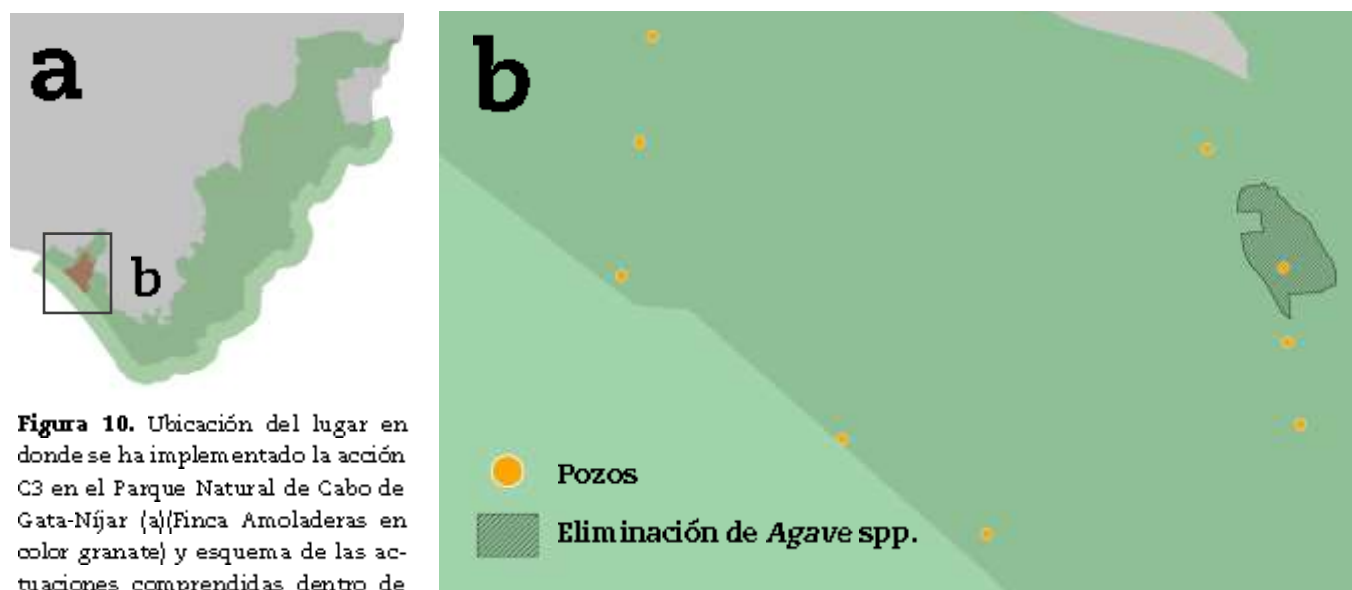
Siguiendo este mismo esquema se plantan XX semillas de azufaifo protegidas de los herviboros en el interior de jaulas protectoras con unas dimensiones de 15 cm de ancho y 30 cm de largo.

Paralelamente se ha establecido una red de seguimiento del agua freática y superficial como indicador de situaciones de alerta temprana, mediante la instalación de nueve pozos de sondeo en los que se instalará registradores de profundidad del nivel freático y 30 piezómetros/sensores de humedad de registro continuo a profundidad inferior a 3 m.

Finalmente, se han eliminado *Agaves* spp. en 10 ha.

A modo de resumen, estos son los principales productos que se esperan como fruto de esta acción (Fig. 10b):

- Instalación de 9 pozos de sondeo con registradores de profundidad del nivel freático y 30 piezómetros/sensores de humedad de registro continuo a profundidad inferior a 3 m. El fin último es la puesta en marcha de un sistema de obtención de datos sobre la dinámica del complejo ecohidrológico en tiempo real para gestión de ambientes áridos.
- Plantación de 150 a 200 individuos de *Z. lotus*.
- Eliminación de 10 ha de *Agaves* spp.



■ **Figura 10.** Ubicación del lugar en donde se ha implementado la acción C3 en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar (a)(Finca Amoladeras en color granate) y esquema de las actuaciones comprendidas dentro de la acción C3 (b).

Acción C4. La conservación de suelo y el manejo agrario como herramientas para la protección de servicios y la adaptación al cambio climático de ecosistemas semiáridos.

La totalidad de la acción se desarrolla en el Parque Natural del Cabo de Gata-Níjar, más concretamente en la finca de titularidad pública "Los Escullos" (Fig. 12).

El objetivo general de esta acción es mejorar las condiciones de las microcuencas para aumentar la capacidad de retención hídrica y conservación del suelo, esperándose de este modo, un incremento de la productividad y biodiversidad del ecosistema al actuar sobre los dos de los principales factores limitantes en ecosistemas áridos: disponibilidad de agua y de suelo.

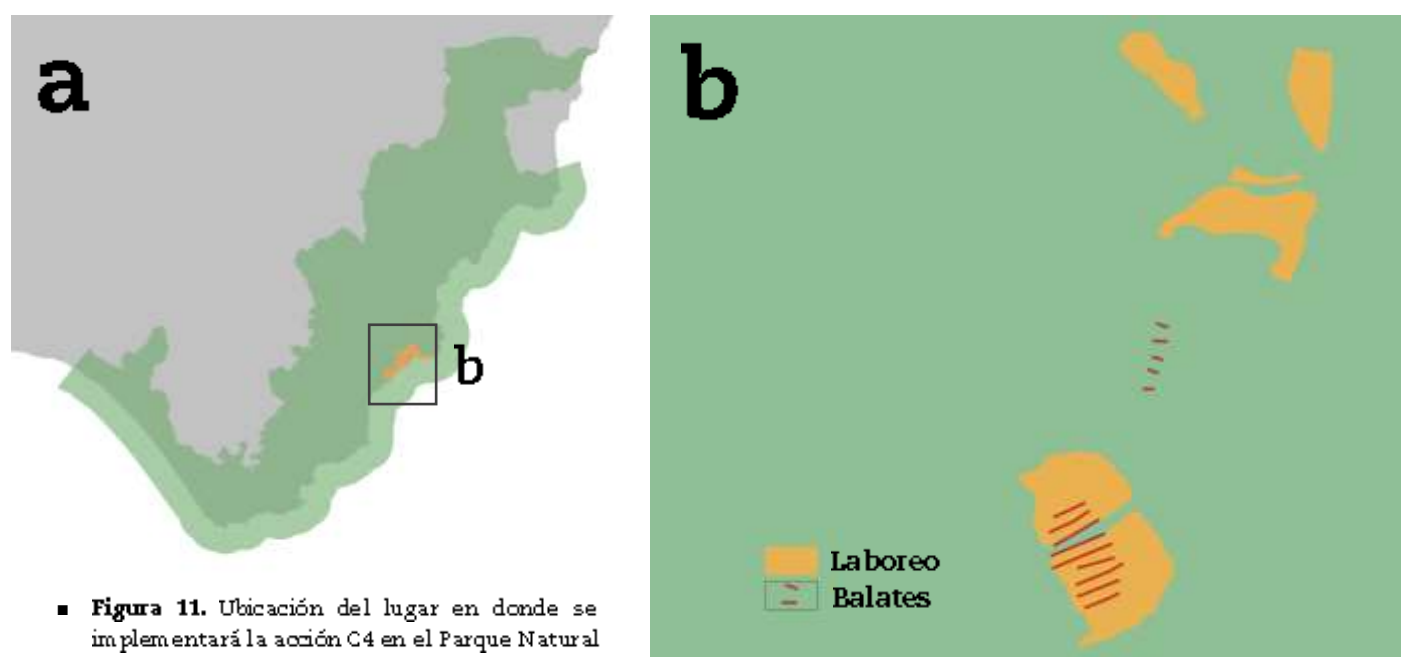
Las acciones que se llevarán a cabo para conseguir estos objetivos son por un lado, la reconstrucción de balates con mampostería en seco mediante el uso de piedra del lugar, y el laboreo de pastizales mediante técnicas tradicionales (Fig. 11).

En total se reconstruirán 1000 m lineales de balates en los que se instalan sensores para la

determinación del contenido hídrico con el fin de medir la capacidad de retención de agua, antes y después de su reconstrucción. En estas estructuras también se han instalado niales de barro para favorecer la nidificación de aves.

En el caso del laboreo, se trabaja sobre un total de 10 ha en 6 parcelas independientes, en tres de las cuales se realiza solo laboreo, mientras que en las otras tres además del laboreo se sembrará cebada en secano. Por otro lado, y con el fin de estudiar el efecto de la herbivoría sobre el desarrollo de la vegetación en estas parcelas, se instalan seis cercados de exclusión de 5x5 m: dos en zonas solo laboreadas, dos en zonas en las que se efectúa laboreo y siembra y, por último, dos en zonas control (no laboreadas). Los cerramientos son eficaces para prevenir la herbivoría por parte de ungulados, pero no son impermeables al acceso de micromamíferos y lagomorfos.

Además de la protección del suelo y la mejora en la eficiencia del uso de recursos hídricos, esta acción también persigue el mejorar las condiciones del hábitat para fauna cinegética, principalmente de conejo y de perdiz roja.



■ **Figura 11.** Ubicación del lugar en donde se implementará la acción C4 en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar (a) (en naranja, la Finca Los Escullos) y esquema de las actuaciones comprendidas dentro de la acción C4 (b).



■ Acequia tradicional de Careo de Bérchules-Trevez, uno de los sitios de actuación y seguimiento del proyecto Life Adaptamed (Fotografía: J.M. Barea).

Acción C5. Gestión adaptativa para la protección de servicios ecosistémicos ante el cambio climático en matorrales de alta montaña mediterránea.

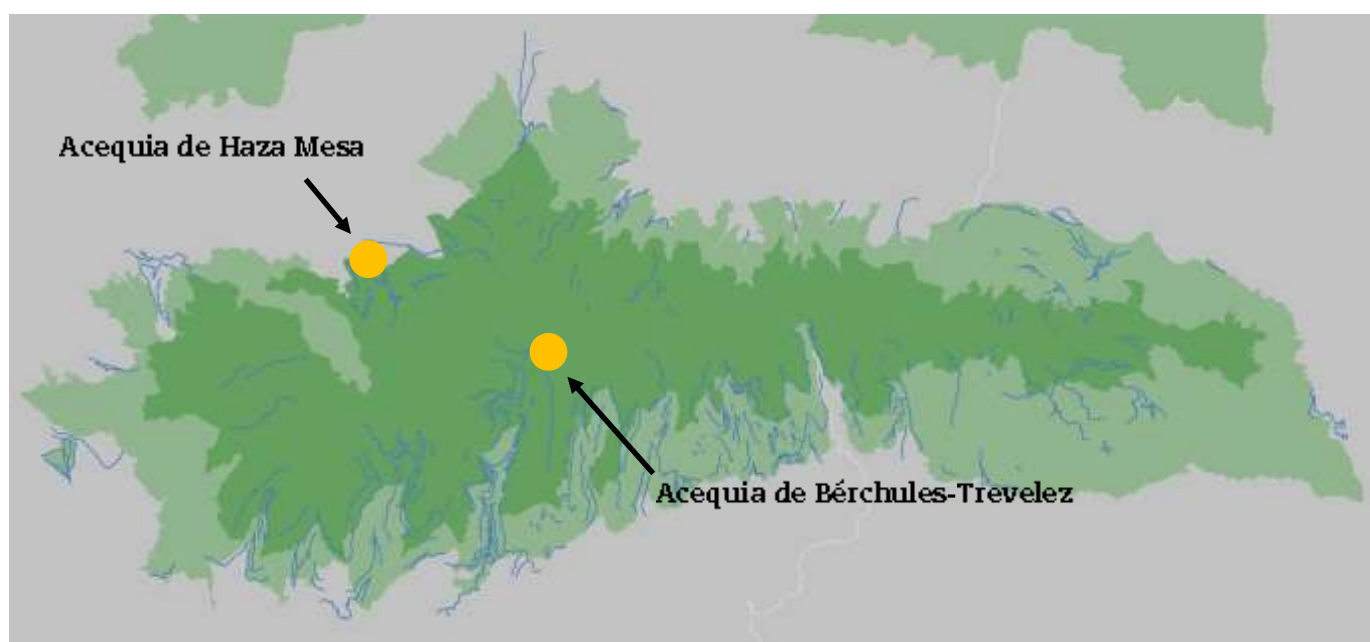
El objetivo general de esta acción es asegurar un mantenimiento en la cantidad y calidad de servicios ecosistémicos que provee la comunidad de matorrales de alta montaña en Sierra Nevada y en un contexto de cambio climático. El mantenimiento de los servicios se favorecerá a partir de un aumento de la resiliencia del ecosistema, de manera que se incrementen sus probabilidades de adaptarse a la situación de cambio que se prevé.

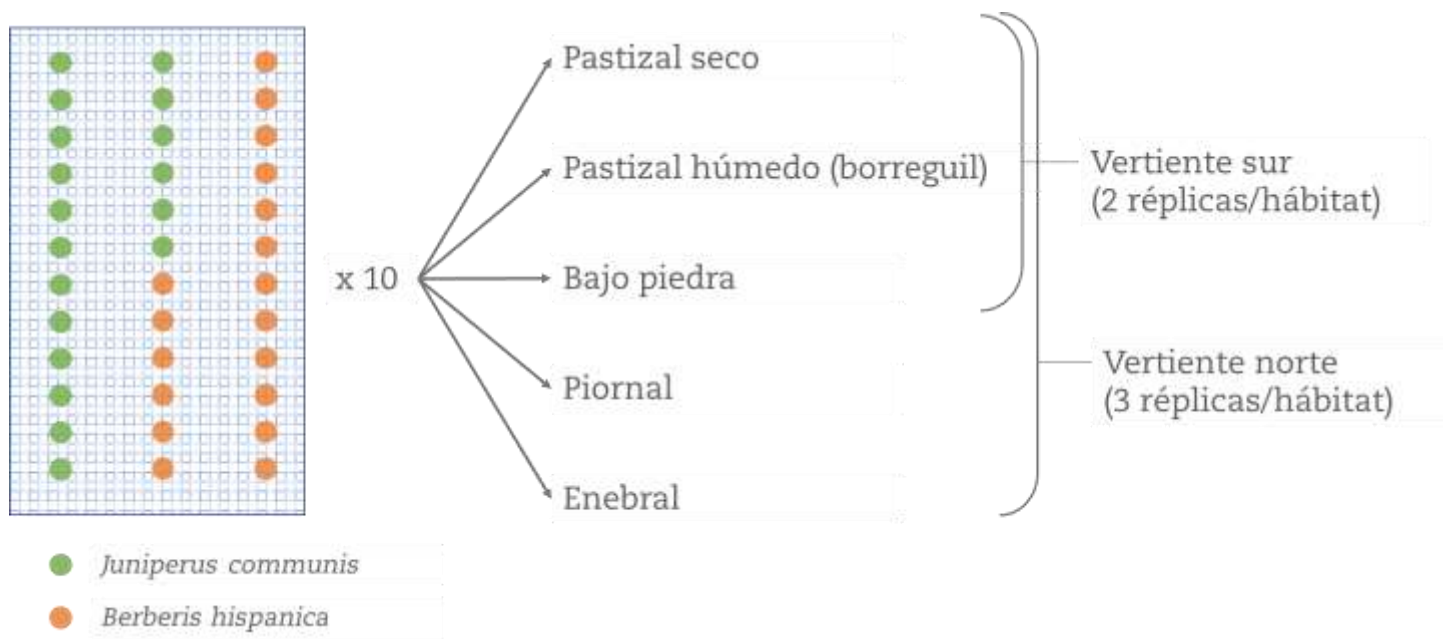
El eje principal de esta acción consiste en la adecuación de dos acequias tradicionales de careo, una en la vertiente norte de Sierra Nevada y otra en la vertiente sur (Fig. 14). Se ha procedido a la realización de siembras de enebro de montaña (*Juniperus communis*) y de agracejo (*Berberis hispanica*) (Fig. 15). Algunas de estas siembras se han asociado a las acequias reparadas a fin de valorar el efecto positivo sobre la regeneración que puede involucrar un eventual incremento de aportes hídricos en los microsi-

tios contemplados. Las siembras se han realizado en grupos de 18 semillas de enebro y otras 18 de agracejo protegidas del pisoteo del ganado gracias a jaulas con unas dimensiones de 15 cm. de ancho, 30 cm. de largo y aproximadamente 5 cm. de alto. Grupos de 10 jaulas con 36 semillas cada una en cada de los microhábitats prospectados. En la vertiente sur se están prospectando 3 microhábitats (borreguil húmedo, bajo roca y matorral seco), mientras que en la vertiente norte se han prospectado 5 microhábitats (enebral, borreguil húmedo, bajo roca, matorral seco y piornal). Este esquema ha sido replicado 2 veces en la vertiente sur (acequia de Bérchules-Trevez) y 3 en la vertiente norte (acequia de Haza Mesa).

Plantaciones.....

- **Figura 12.** Ubicación de las actuaciones desarrolladas en el marco de la acción C5 en el Parque Nacional y Parque Natural de Sierra Nevada en el contexto de la red de acequias tradicionales de careo.





■ **Figura 13.** Esquema de la distribución de semillas en microambientes, réplicas y localidades en el marco de la acción C5.



■ Proceso de siembra de las semillas (a), ubicación con GPS de precisión de cada jaulilla (b), enebro germinado en el interior de una jaulilla y jaulilla en pastizal seco (d) (Fotografía: José Miguel Barea).

Acción C6. Medidas para proteger los servicios que proporcionan encinares y robledales de Sierra Nevada vulnerables al Cambio Climático.

Esta acción se centra en Sierra Nevada. Concretamente se implementa en encinares y robledales de estructura no adecuada (monte bajo y monte medio), donde una densidad excesiva y un porte insuficiente de los individuos dificultan su regeneración sexual y, al mismo tiempo, no permiten un vigor vegetativo adecuado debido al exceso de competencia por agua, luz y nutrientes, lo que confiere a estas masas una gran vulnerabilidad al ataque del complejo defoliador de *Quercus*. A partir de la experiencia adquirida en la gestión, y tras comprobarse una inexistente o mínima regeneración sexual y una alta susceptibilidad ante las plagas forestales, se han seleccionado 50 ha. distribuidas en cuatro gradientes ambientales diferentes:

- Cota alta (10 ha): límite superior de distribución del robledal en la zona, representando el ecotono con ecosistemas dominados por enebro-sabinar y otros matorrales de alta montaña.
- Cota intermedia (10 ha): robledal puro.
- Cota baja (10 ha): masa mixta robledal-encinar.
- Encinar (20 ha): encinar situado en una zona subárida, donde los aportes hídricos que recibe están en el límite inferior de sus requerimientos.

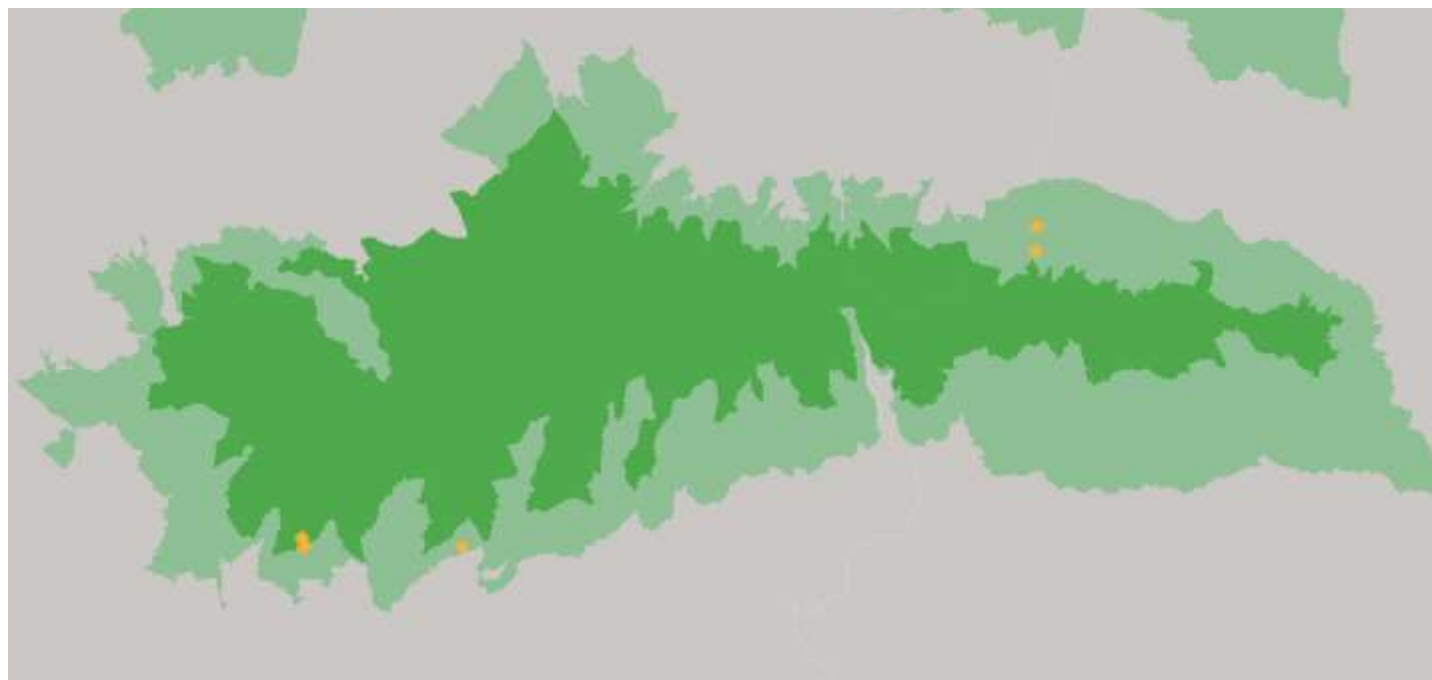
La ejecución de esta acción implica la realización de tratamientos silvícolas orientados a mejorar la estructura de la masa y vigor vegetativo, seleccionando determinados ejemplares por sus características adecuadas para funcionar como árboles padres y realizando sobre ellos actuaciones para eliminar o dosificar su competencia y favorecer su reproducción sexual. Se combinarán resalvos (orientados a reservar los mejores pies o resalvos) y claras selectivas por lo bajo en encinas y robles, tomando como límite indicativo diámetros basa-

les de unos 15 cm. Se extraerán preferentemente los pies dominados, deformes y puntisecos. A igualdad de condiciones de calidad entre todos los pies de una cepa o mata, se extraerán preferentemente los del interior de la misma para aumentar el espaciamiento entre resalvos. Se realizarán 3 tipos de tratamientos de diferente intensidad: moderada-baja (35 ha.), moderada-alta (15 ha.) y control (10 ha, no imputadas en el presupuesto por no requerir tratamiento). La mayor parte de la superficie tratada se corresponderá con tratamientos de intensidad intermedia por haber demostrado ser, en experiencias pasadas, los más adecuados para este tipo de masa. Sin embargo, puntualmente y donde las condiciones locales lo permitan (suelo profundo, pendientes suaves y zonas no expuestas a fuertes vientos), se intensificará la actuación. También se reservarán zonas de pequeñas dimensiones (1 ha) sin tratar para que puedan servir como referencia de la evolución de la masa no tratada (zonas control).

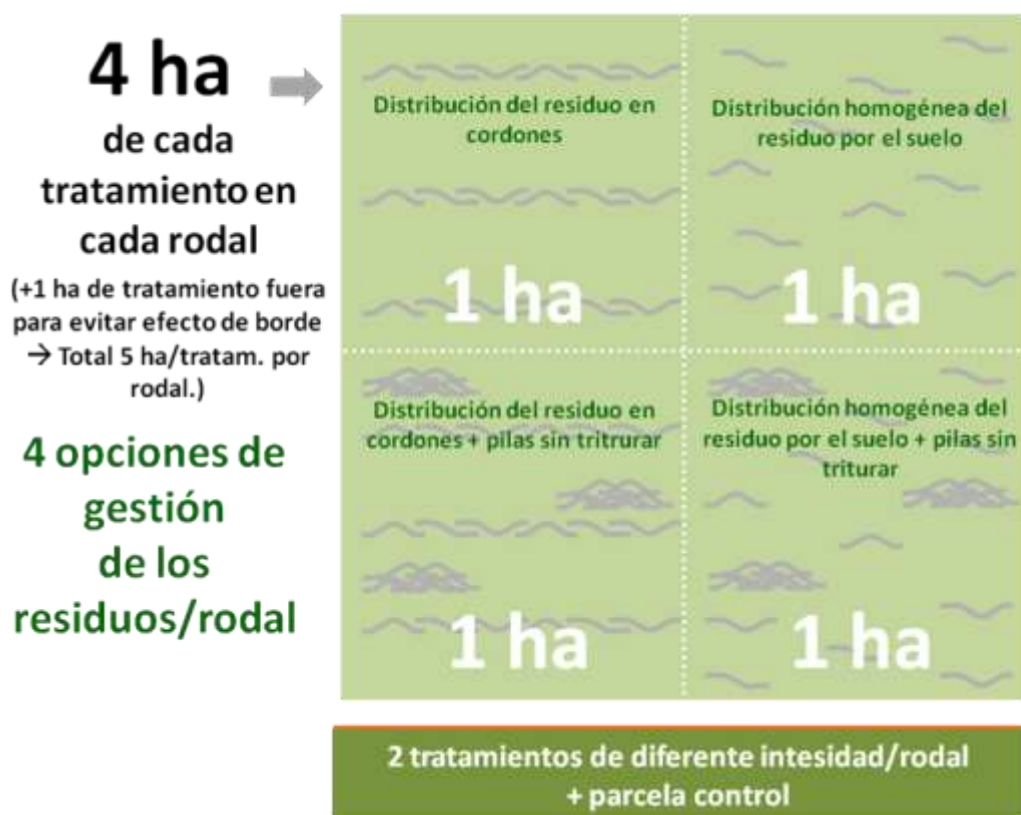
El aporte de los residuos triturados al suelo es fundamental para mejorar la estructura y propiedades físicoquímicas del suelo. El planteamiento a tres niveles (esparcido, en cordones gruesos y cordones finos) va permitir un análisis comparativo de la evolución de la diversidad vegetal, la regeneración y el contenido en carbono orgánico del suelo en cada uno de los tres escenarios. Con el apilado se prevé facilitar, entre otros beneficios ecológicos, la dispersión de frutos, acumulación de semillas y el reclutamiento de nuevos ejemplares tanto de roble y encina como del matorral acompañante.

Los modelos de gestión del residuo que serán evaluados son:

- Distribución del residuo en cordones.
- Distribución homogénea del residuo por toda la superficie de la parcela.
- Distribución del residuo en cordones y en pilas que no serán trituradas.
- Distribución homogénea del residuo por el suelo y pilas que no serán trituradas.



■ **Figura 14.** Ubicación de los lugares en donde se implementará la acción C6 en el Espacio Natural de Sierra Nevada (manchas naranjas).



► **Figura 15.** Esquema del tratamiento que se llevará a cabo en las parcelas de acción C6 en el Parque Nacional y Parque Natural de Sierra Nevada.



■ *Aricia artaxerxes*, un licénido que abunda en Sierra Nevada entre los meses de junio a agosto (Fotografía: J.M. Barea).



Metodologías de seguimiento ecológico



3. PROTOCOLOS DE SEGUIMIENTO

3.1. PROTOCOLOS DE SEGUIMIENTO A ESCALA DE PAISAJE, MEDIANTE TELEDETECCIÓN.

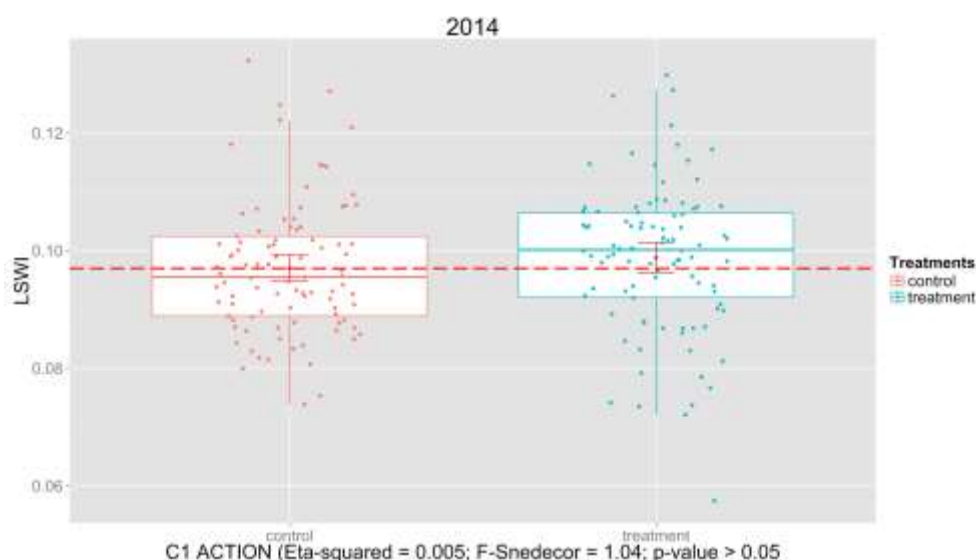
La teledetección ofrece enormes ventajas a la hora de seguir y evaluar el efecto de las intervenciones propuestas en las acciones centrales del proyecto, ya que constituye un método muy efectivo y de reducido coste para la obtención de información biofísica de una forma reiterada, para largas series temporales y a lo largo de grandes extensiones de terreno.

Debido a la perspectiva regional que ofrecen los productos de teledetección, las metodologías aplicadas al seguimiento de las acciones centrales son fundamentalmente similares a lo largo de los 3 nodos del proyecto: Doñana, Sierra Nevada y Cabo de Gata:

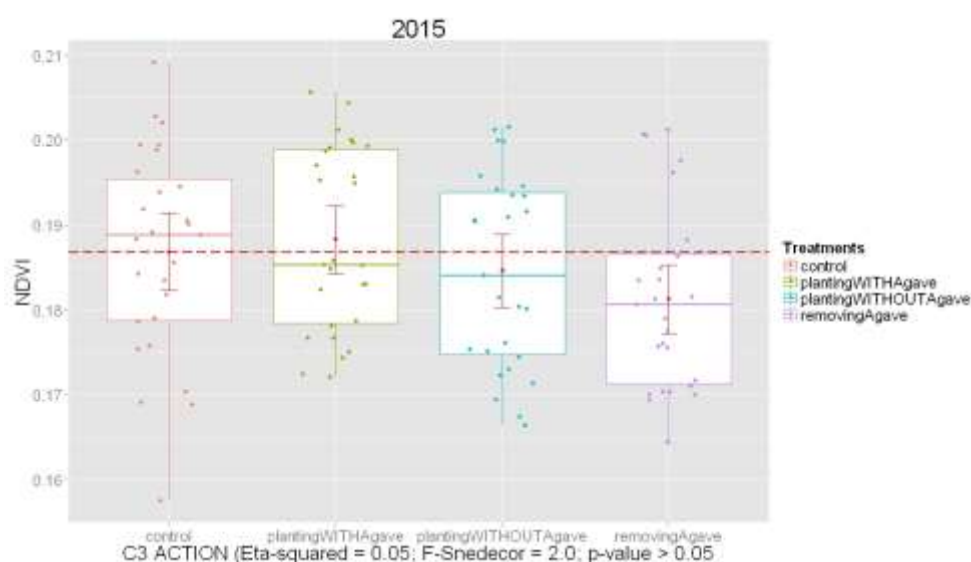
1. Se analizan variables relacionadas con el balance de carbono (índice de vegetación), el ba-

lance hídrico (índice de contenido de agua) y el balance de energía (Albedo y temperatura superficial).

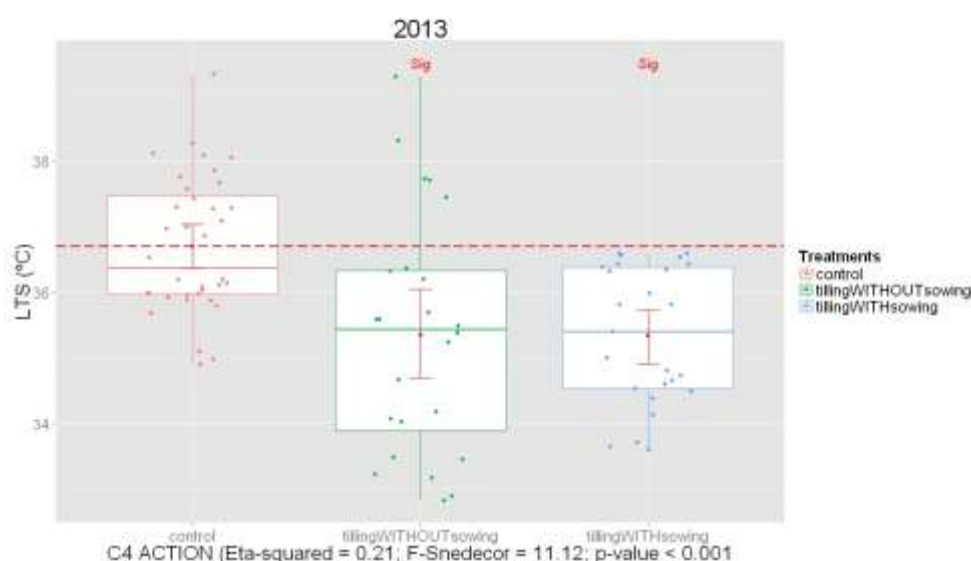
2. Se emplea la serie temporal de imágenes **Landsat 8 OLI (2013-actualidad)** como imágenes de entrada. Esta serie temporal se compone de imágenes con una resolución temporal de 16 días (23 al año aproximadamente) que contiene información en 11 bandas correspondientes a regiones del espectro electromagnético (desde el visible hasta el térmico, pasando por el infrarrojo) con una resolución espacial de 30 metros (la unidad más pequeña de espacio es un cuadrado regular de 30 metros de lado). La serie temporal es filtrada imagen a imagen mediante la banda de calidad incluida para eliminar aquellos píxeles que presentan algún problema



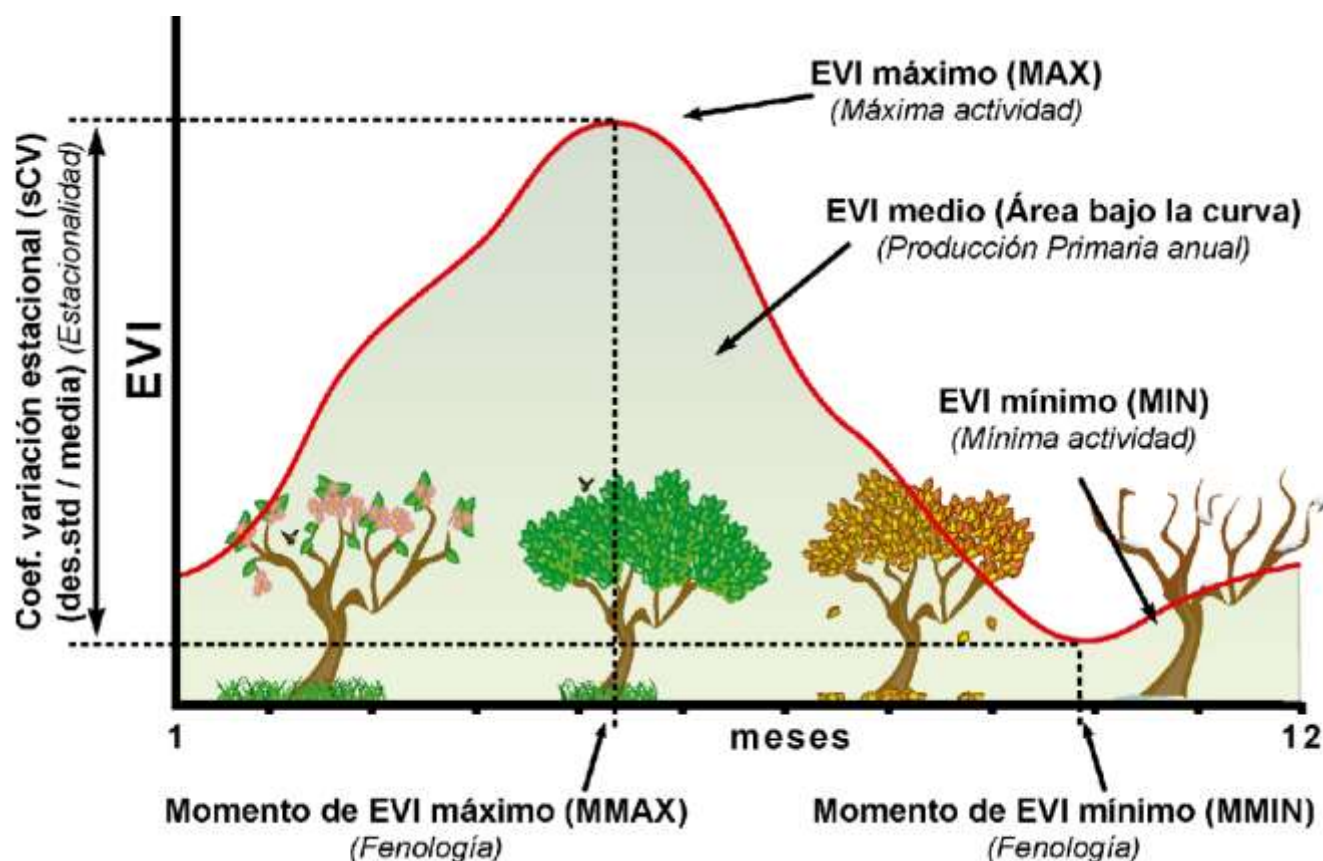
■ **Figura 16** Ejemplo de resultados del análisis previo a la ejecución de la acción C1 en el Parque Natural del Cabo de Gata-Níjar: valores del índice LSWI previos a la ejecución de las acciones para los píxeles control y tratamiento.



■ **Figura 17.** Valores de NDVI en el año 2015 (previos a las actuaciones) para las 4 categorías de parcela de actuación de la acción C3: control, plantación sin agave, plantación con agave y eliminación de agave.



■ **Figura 18.** Valores de LST (temperatura superficial) media para las parcelas de actuación y control de la acción C4 en el año 2013.



■ **Figura 19.** Dinámica anual del EVI (índice de vegetación mejorado) con las métricas que pueden derivarse de ella. Para el seguimiento con teledetección de las acciones centrales de ADAPTAMED se emplearán la media y el coeficiente de variación.

o una calidad del dato más baja de lo requerido. En el caso de los indicadores con el carbono y con el agua, los periodos sin información a causa del filtrado fueron rellenados mediante un **filtro Kalman** que empleaba las imágenes del sensor MODIS de la fecha correspondiente.

3. Para cada imagen disponible en la serie temporal se calculan, usando una aritmética simple con las bandas que contienen, diferentes índices que se relacionan estrechamente con variables biofísicas del ecosistema. Agrupando las imágenes por **año hidrológico** (o directamente promediando las imágenes disponibles de una misma fecha en distintos años) se genera una curva (figura 1, en este caso se muestra la dinámica del índice de vegetación EVI) con la dinámica anual de la variable estudiada. De dicha curva extraemos dos descriptores o atributos: la media y el sCV o coeficiente de varia-

ción estacional que se relacionan con aspectos biofísicos clave.

4. Con las métricas calculadas por año y nodos, se lleva a cabo la extracción de valores de las distintas variables y métricas de cada una. Para ello, se emplearán como unidades de interés las áreas de actuación de las acciones centrales. Estas áreas (en formato shapefile .SHP) están diseñadas previamente teniendo en cuenta la componente espacial de la teledetección, por lo que se ajustan perfectamente al tamaño de los píxeles de las imágenes satelitales. Mediante un software GIS, se extrae la información de las regiones de interés teniendo en cuenta la categoría de dicho píxel: Control o Tratamiento (y los distintos tipos y/o niveles de tratamiento). Dicha información se grafica para poder comparar los distintos años pre o post-actuación.

Seguimiento de variables vinculadas al intercambio de carbono.

Cuantificar el intercambio de carbono entre la vegetación y la atmósfera resulta clave para conocer la provisión de servicios por parte de los ecosistemas (producción de biomasa, regulación del clima...). A través de los índices espectrales de vegetación, podemos relacionar la actividad fotosintética de la vegetación con la producción primaria neta (PPN) y, por lo tanto, con las pérdidas de carbono, que integra y representa el funcionamiento general del ecosistema.

El EVI (*Enhanced vegetation Index*, índice de vegetación mejorado) (Huete et al., 2002) representa el *verdor* de la vegetación. Es un índice espectral que tiene en cuenta la diferente absorción de la radiación solar por parte de la vegetación en las bandas del rojo e infrarrojo cercano (además de incluir la banda del azul como corrección) dentro del espectro electromagnético. Su fórmula además incorpora la banda del azul y una serie de constantes para corregir ciertos efectos de la atmósfera y el suelo:

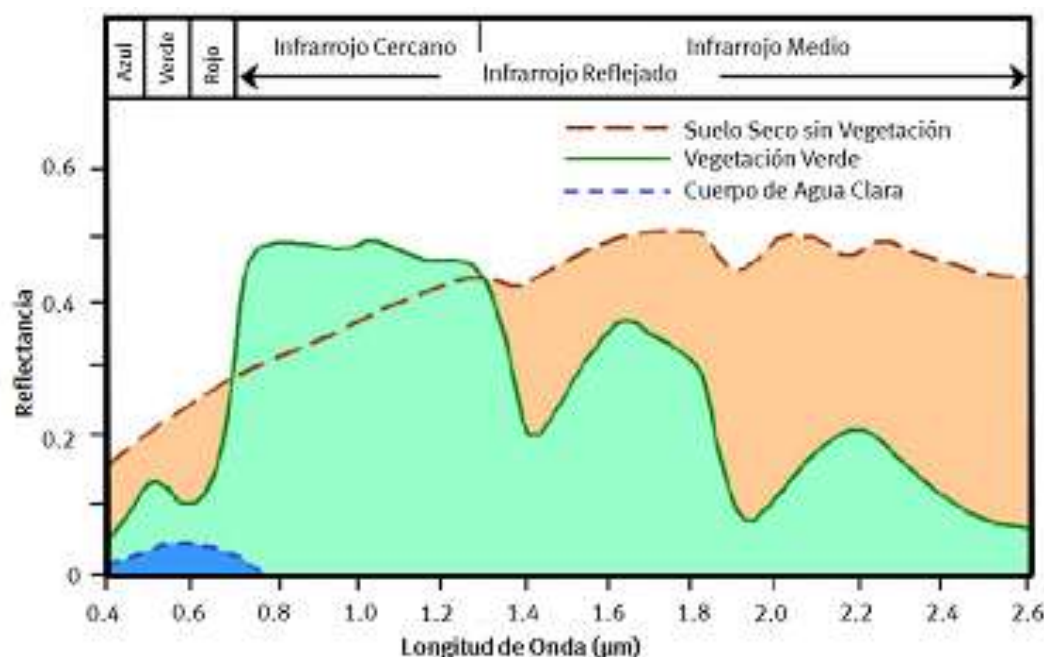
$$EVI = 2.5 * \frac{(NIR - RED)}{(NIR + C_1 * RED - C_2 * BLUE + L)}$$

El NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*, Índice de vegetación normalizado) representa el *verdor* de la vegetación. Es un índice espectral que tiene en cuenta la diferente absorción de la radiación solar por parte de la vegetación en las bandas del rojo (Red) e infrarrojo (NIR) cercano dentro del espectro electromagnético. Al tratarse de un índice normalizado, sus límites teóricos son -1 y 1, representando a la vegetación los valores superiores a cero.

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

Objetivo:

Generar información espacialmente explícita sobre EVI y NDVI, cuantificable y aportando información sobre los intercambios de carbono en los 3 nodos del proyecto para evaluar el efecto de los diferentes tratamientos propuestos en las acciones centrales del proyecto.



■ Figura 20. Curvas de reflectancia para 3 tipos diferentes de coberturas: vegetación verde, suelo desnudo y cuerpo de agua. En el caso de los índices de vegetación utilizan el diferencial entre el pico en de absorción en el rojo y de reflectancia en el infrarrojo cercano. Cuanto mayor sea esta diferencia, mayor es el *verdor* de la vegetación.



■ **Figura 21.** Ejemplo de capa espacial de EVI (Índice de vegetación mejorado) medio en el Espacio Natural de Sierra Nevada. Esta capa representa el valor medio de EVI a partir de la colección de imágenes Landsat 8 para el período 2014-2017.

Métodos y esfuerzo:

Se calcularán las métricas EVI y NDVI medio (relacionada con la producción vegetal promedio) y EVI y NDVI sCv (Coeficiente de variación, relacionada con la estacionalidad en las ganancias de carbono). La unidad temporal empleada para el cálculo de dichas métricas es el año hidrológico (finales de Septiembre a Octubre del año siguiente). El cálculo de dichas variables se realizó sobre la plataforma Google Earth Engine.

Periodicidad:

Anual (D7)

Variables que se registran:

EVI medio y EVI sCv (coeficiente variación) y NDVI medio y NDVI sCv (coeficiente variación). Dado que ambos índices aportan información similar sobre la vegetación, en la base de datos final se incluirá sólo uno de los dos.

Seguimiento de variables vinculadas con el ciclo del agua.

La fotosíntesis es responsable de una parte importante del flujo de agua entre el suelo (y la vegetación) y la atmósfera. Para el seguimiento de las dinámicas de contenido de agua en la vegetación se ha empleado el índice LSWI (*Land Surface Water Index*, índice de agua en superficie terrestre, también aparece en la literatura como NDWI) (Chandrasekar et al., 2010). **El LSWI representa el contenido de agua del suelo y de la vegetación**; es un índice espectral normalizado que utiliza la diferencia normalizada (de forma similar a los índices de vegetación) entre bandas del infrarrojo cercano (NIR, *Near Infra-Red*) y el infrarrojo de onda corta (SWIR, *Short Wave Infra-Red*). El LSWI puede relacionarse fácilmente con las ganancias y pérdidas en el contenido de agua durante ciclos intra e inter- anuales.

$$LSWI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{swir}}{\rho_{nir} + \rho_{swir}}$$

Objetivo:

Generar información espacialmente explícita sobre LSWI, cuantificable y aportando información sobre el contenido de agua en los 3 nodos del proyecto para evaluar el efecto de los diferentes tratamientos propuestos en las acciones centrales del proyecto.

Métodos y esfuerzo:

Para ello, se calcularán las métricas LSWI medio (relacionada con la producción vegetal promedio) y LSWI sCv (Coeficiente de variación, relacionada con la estacionalidad en el contenido de agua). La unidad temporal empleada para el cálculo de dichas métricas es el año hidrológico (finales de Septiembre a Octubre del año siguiente).

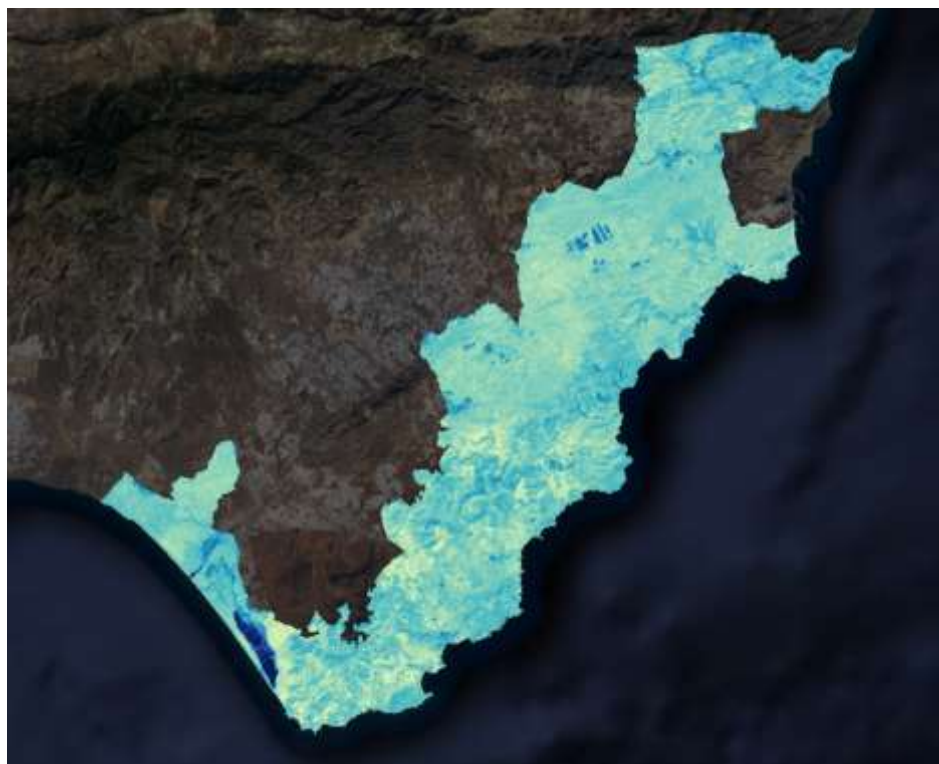
Periodicidad:

Anual (D7)

Variables que se registran:

LSWI medio y LSWI sCv (coeficiente variación).

- **Figura 22.** Ejemplo de capa espacial de LSWI (contenido de agua en superficie) medio obtenido a partir de la serie temporal 2014-2017 de Landsat 8 OLI en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar.



Seguimiento de variables vinculadas con el balance de energía.

Además de los intercambios de materia (vegetación, agua), los intercambios de energía son especialmente sensibles a los efectos del cambio climático. A través de dos variables relacionadas, el **albedo** y la **temperatura** de la superficie terrestre (**LST**, *Land Surface Temperature*) se pueden cuantificar indirectamente los servicios ecosistémicos en los que el balance de energía está implicado.

El albedo representa la cantidad de energía reflejada por la superficie de la Tierra, y sus variaciones y dinámicas juegan un papel importante a la hora de monitorizar el balance de radiación y energía en la superficie. Se calcula mediante un algoritmo que realiza una sumatoria ponderada de la reflectividad de determinadas bandas del sensor. El albedo se ha calculado en R, mediante el paquete de funciones *Water* (Olmedo et al., 2016), que incluye una función para el cálculo de albedo a partir del empleo de series temporales de reflectancia de la superficie del sensor Landsat 8 OLI.

Para el cálculo de LST se emplea la técnica *Split Window (SW)* que aprovecha la ventaja que presentan las 2 bandas térmicas que ofrece el sensor TIRS de Landsat 8 (Jiménez-Muñoz et al., 2014). Esta técnica se basa en las diferentes atenuaciones en la radiación solar provocadas por diferentes absorciones atmosféricas en diferentes longitudes de onda (las 2 bandas térmicas). Además, el cálculo de la LST con SW requiere el empleo del Índice de Vegetación Normalizado (NDVI), concretamente sus valores máximos y mínimos de NDVI para la región de estudio.

Objetivo:

Generar información espacialmente explícita sobre albedo y LST (*Land Surface Temperature*, temperatura de la superficie terrestre), cuantificable y aportando información sobre estas 2 variables en los 3 nodos del proyecto para evaluar el efecto de los diferentes tratamientos propuestos en las acciones centrales del proyecto.



■ Figura 23. Ejemplo de capa espacial de Albedo medio en el Espacio Natural de Doñana.

Métodos y esfuerzo:

Se calculan las métricas Albedo medio y LST media y además, Albedo sCv y LST sCv (Coeficiente de variación, relacionada con la estacionalidad). La unidad temporal empleada para el cálculo de dichas métricas es el año hidrológico (finales de Septiembre a Octubre del año siguiente).

Periodicidad:

Anual (D7)

Variables que se registran:

Albedo medio, LST medio, Albedo sCv y LST sCv (coeficiente variación)



3.2. PROTOCOLOS DE SEGUIMIENTO A ESCALA DE CAMPO.

3.2.1. Seguimiento de fauna

3.2.1.1. Seguimiento de la comunidad de aves paseriformes

Objetivos: las aves son buenos indicadores de los cambios ambientales. Sus poblaciones responden con rapidez a las actuaciones de manejo del hábitat y por ello han sido identificadas como indicadores de la restitución de determinadas funciones ecológicas en las parcelas tratadas en el marco del proyecto Life Adaptamed.

Métodos y esfuerzo: la metodología variará según localidades:

En Sierra Nevada (Fig. 23): los censos se realizan en masas forestales de 4 especies de *Pinus* (*Pinus sylvestris*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* y *Pinus nigra*) objeto de la acción C1 y en masas de *Quercus* (*Quercus pyrenaica* y *Quercus rotundifolia*) contempladas en la acción C6. La detectabilidad de las especies de

aves en estas masas forestales es reducida, por lo que se hace necesario emplear un método que permita discriminar el mayor número de especies (Gallina & López-González, 2011). Los conteos en puntos fijos permiten estudiar los cambios anuales en las poblaciones de aves, las diferentes composiciones específicas según el tipo de hábitat, y los patrones de abundancia de cada especie. En estos puntos (estaciones de escucha), el observador toma nota de todas las aves vistas y escuchadas en un área limitada durante un periodo de tiempo determinado (Ralph et al., 1996). En nuestro caso, se contabilizan todos los individuos vistos o escuchados en un radio de 25 m y durante un periodo de 10 minutos (adaptado de Ralph et al., 1995).

La masa específica de pinar seleccionada está compuesta o subdividida en 9 parcelas de 4 hectáreas (3 parcelas por cada tipo de tratamiento) más tres parcelas control (no tratadas) de una hectárea. La estación de escucha se ubi-



ca en el centro de cada una de estas parcelas. Se anota la dirección del contacto (NE, NO, SE ó SO) permitiéndonos concretar la ubicación en cada una de las 4 subparcelas de 1 hectárea. Los censos se realizan en las primeras horas de la mañana, que es periodo de mayor actividad para la mayor parte de las especies que esperamos registrar.

Las parcelas control son las mismas para todos los seguimientos que se realicen en el marco del proyecto a fin de estandarizar los métodos empleados para evaluar la efectividad de las acciones centrales.

En las masas de encina y de roble se implementa la misma metodología que en pinares, pero solamente se miden aquellas parcelas donde los tratamientos sean de una intensidad media-alta, más su control.

Se propone un conteo mensual desde abril a junio y otro de septiembre a noviembre. De este modo se captaría la respuesta de las comunidades de aves reproductoras (primavera) y de los migrantes otoñales y dispersores de semillas (periodo otoñal). El seguimiento de aves comienza en todas las parcelas y localidades un año previo al inicio de los tratamientos y continúa 4 años consecutivos después de los tratamientos. Este planteamiento permitirá conocer una situación de partida y conocer la implicación de los tratamientos realizados en este proyecto.

En Doñana (Fig. 24): se realizan censos en todas las parcelas de pinar (C1) y matorral (C2), lo que hace un total de 72 parcelas (incluyendo 24 parcelas control). Se contabilizarán todos los individuos vistos o escuchados en un radio de 100 metros cuyo centro se situará en el punto central de la parcela de seguimiento de 4 hectáreas (adaptado de Ralph et al., 1995). Además, se asignará cada observación a su respectiva subparcela de 1 ha, de forma que los análisis podrán realizarse a nivel de parcela (abundancia y diversidad) y de subparcela (uso del hábitat). Los censos se realizarán dos veces al año, con objeto de censar aves reproductoras (abril-junio) y potenciales dispersores (septiembre-noviembre).

En Cabo de Gata (Fig. 25): El método empleado es el conteo de individuos a lo largo de transectos lineales. Este método es similar a los conteos por puntos pero aquí el observador registra las aves detectadas mientras se camina a lo largo de una línea de progresión del transecto. Este método es muy útil en hábitats abiertos. En el marco de la acción C3 (focalizada en el azufaiar) se realizan 8 transectos: 3 en azufaiar, 3 en áreas invadidas por sisal y 2 en la zona donde se llevan a cabo los tratamientos de eliminación de sisal. El ancho de banda se fija en 25 m y la longitud de los transectos es de 500 m. Se anotan las aves que se ven y escuchan a ambos lados del observador (25 m a cada lado) y a una velocidad siempre inferior a 3 km/h durante los 500 m definidos.

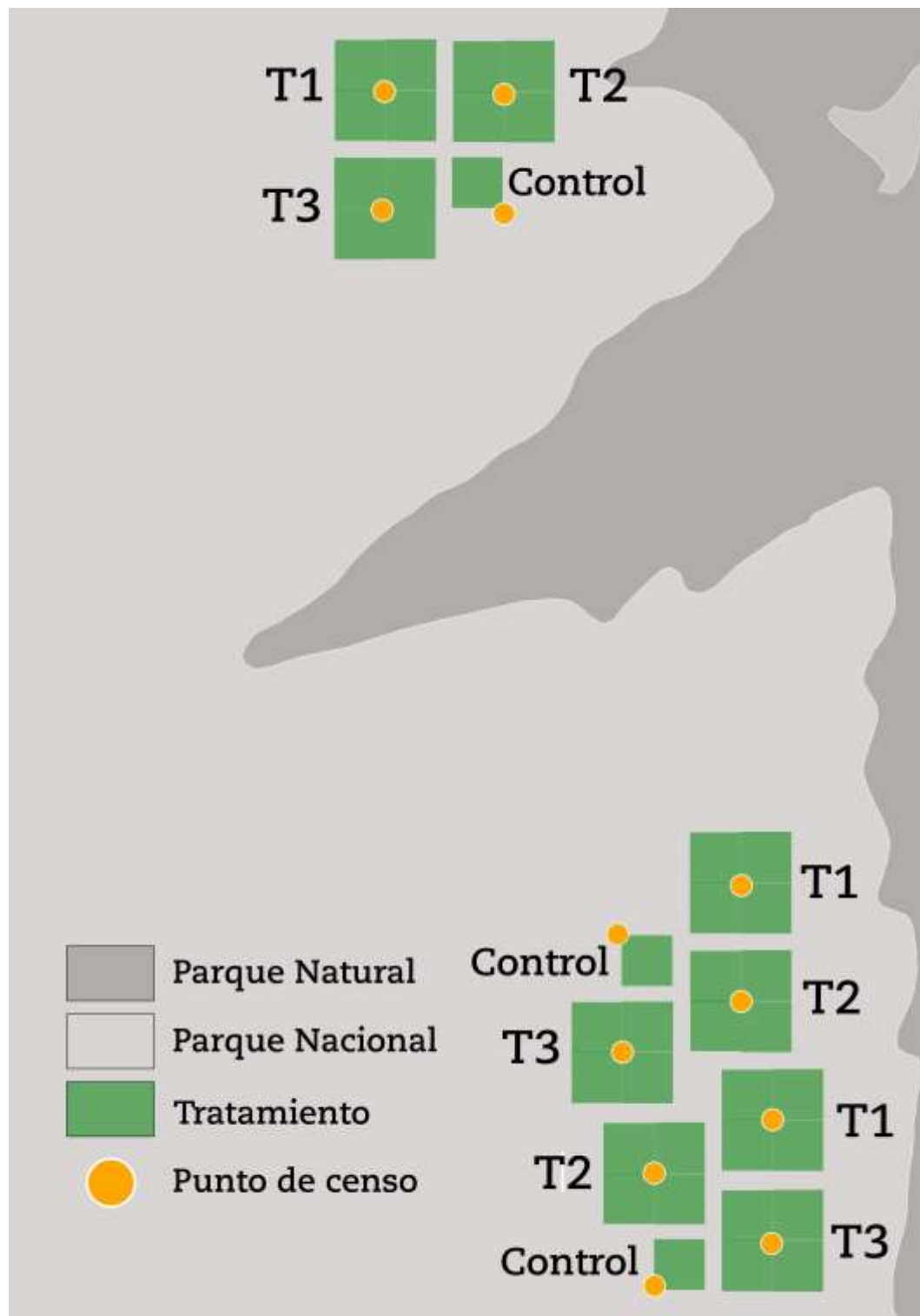
En el caso de la acción C1 (pinar del Caballón, parcelas de pinar y matorral circundante) y acción C4 (zona de cultivo tradicional, parcelas en áreas laboreadas, cultivadas y control), se ha optado por la realización de estaciones de escucha como método de censo más apropiado. Se establecen 3 parcelas de seguimiento de 4 ha para cada sitio más la parcela control. En el centroide de cada una de estas parcelas se invertirán 10 minutos por visita, contabilizándose todos los individuos vistos y oídos. Se realizará un conteo mensual desde abril a junio y de septiembre a noviembre.

Localidades: los tres sitios involucrados en el proyecto: Cabo de Gata, Sierra Nevada y Doñana.

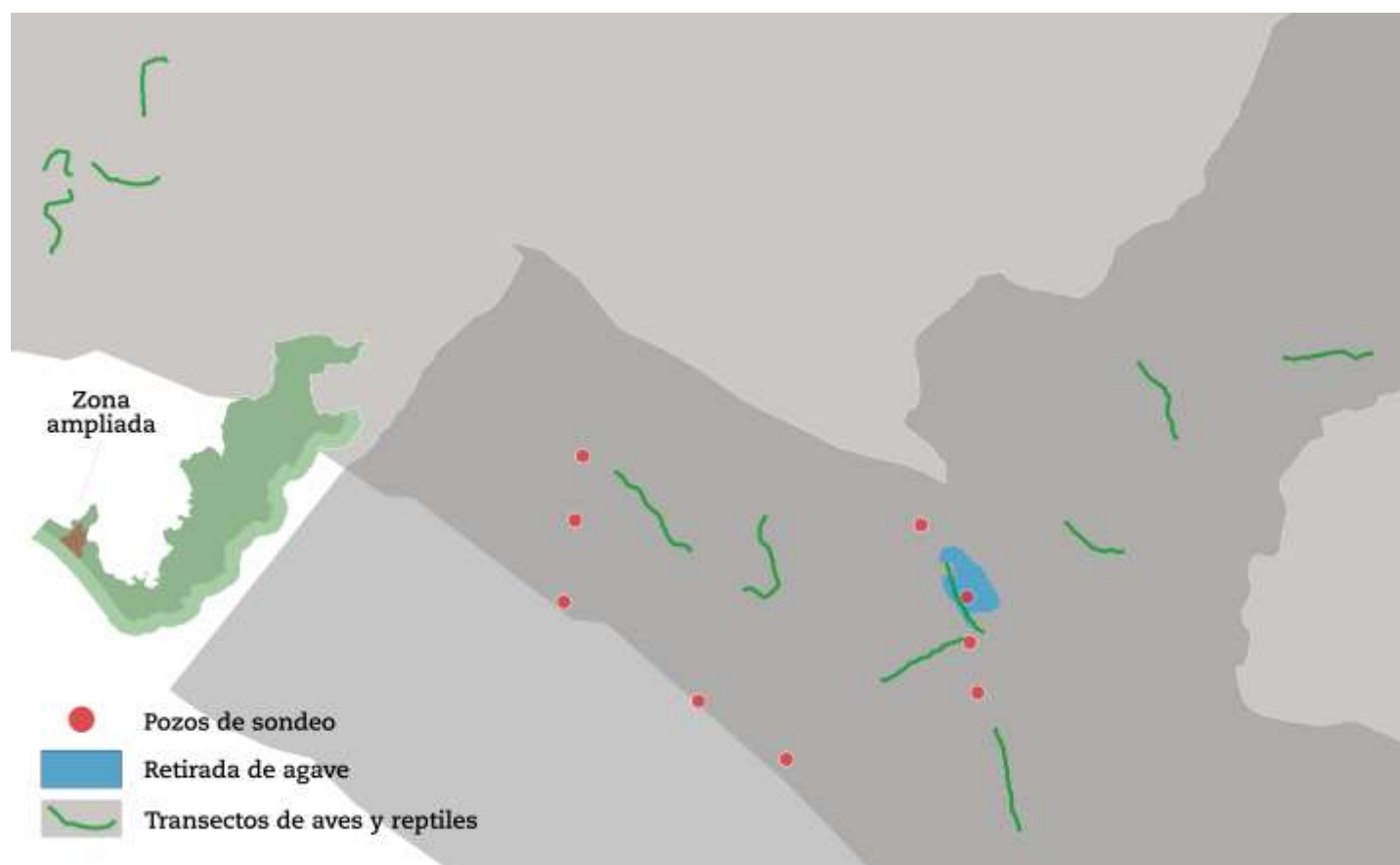
Acciones involucradas: Acción C1, Acción C2, Acción C3 y Acción C6.

Cuando se mide: se capta la señal ofrecida por la comunidad de especies reproductoras durante la primavera (abril a junio) y la señal ofrecida por las especies involucradas en los procesos de dispersión de semillas durante el otoño (septiembre-noviembre). En las acciones C1 y C4 en Cabo de Gata el periodo de censo primaveral es entre abril y mayo.

Variables que se registran: diversidad de especies, índice de abundancia y/o densidad de cada especie.



■ **Figura 24.** Esquema del seguimiento de aves paseriformes en Sierra Nevada. Se muestran a modo de ejemplo los seguimientos en pinares de *Pinus pinaster*. El sistema de muestreo es equivalente en el resto de especies de pino y en las masas de *Quercus* de montaña.



■ **Figura 25.** Esquema del seguimiento de aves paseriformes y de reptiles en el azufar de Cabo de Gata. Se incluyen los pozos de sondeo (en rojo) y la superficie de 10 ha en donde han sido eliminados los agaves (polígono azul).

3.2.1.2. Dispersión de semillas por mamíferos carnívoros.

Objetivos: este seguimiento está vinculado a la función ecológica de dispersión de semillas por parte de mamíferos carnívoros. Se centra exclusivamente en el zorro y la garduña y, en menor medida, en el tejón. La importancia del papel de los carnívoros como dispersantes de semillas y su implicación en el proceso de naturalización de masas forestales de repoblación puede ser considerable (Matias et al., 2010). También se ha constatado la importancia de los mamíferos carnívoros como dispersores en formaciones de azufar (Cancio et al., 2016).

Métodos y esfuerzo: los transectos de conteo de indicios de presencia, concretamente de excrementos, son un método apropiado para cuantificar densidades relativas (Webbon et al., 2004) e incluso absolutas (Sadler et al., 2004) en

zorro. Además de un método poco costoso, son un estimador fiable para detectar variaciones en la abundancia de dicha especie (GMA, 2010), dado que la abundancia de excrementos ha de ser proporcional al tamaño de la población de vertebrados que los produce (Tellería, 1986). Sin embargo, este tipo de muestreos están sometidos a ciertas limitaciones, y se ven influidos por determinados factores ambientales como la lluvia, que puede modificar los resultados de los muestreos (Cavallini, 1994), la distribución de los restos fecales y las tasas de defecación y de descomposición (Tellería, 1986), además de que la técnica no permite la detección de pequeñas variaciones de abundancia (Sharp et al., 2001).

Se recolectan los excrementos hallados en re-

corridos establecidos en las zonas de actuación. Para este tipo de muestreos, los recorridos a pie se suelen realizar en carriles debido a que son puntos estratégicos para la movilidad de las especies objeto de este seguimiento (Monclús & De Miguel, 2003). Sin embargo, en el seguimiento realizado en este proyecto, los recorridos se realizaron dentro de las parcelas de actuaciones forestales contempladas en las acciones centrales.

Se marcó tanto el punto inicial como el punto final de cada transecto de recogida de excrementos, así como numerosos puntos intermedios. Previamente a los muestreos se realizó una limpieza de excrementos en cada transecto, con el fin de retirar cualquier muestra anterior a la realización de los trabajos.

La longitud de los recorridos de muestreo es de 200 m por cada 4 ha de zona de trabajo. En cada tipo de masa forestal se estableció además una zona control (3 controles) (en la que no se realizan tratamientos forestales). Se muestrearon 1,5 metros a cada lado de la línea de progresión del observador (los trabajos fueron realizados por dos observadores), lo que supuso un muestreo mensual de 600 m² en cada zona de actuación. Los muestreos se efectuaron en las dos bandas laterales de los itinerarios establecidos, prospectando también las zonas adyacentes al mismo y anotando en estadillo las observaciones de huellas, excrementos y otros indicios de presencia de carnívoros. Cada excremento de zorro, garduña y tejón fue adscrito a una especie y almacenado de manera individual para su posterior análisis. Todos los indicios encontrados fueron retirados, con el fin de asegurar el no volver a contarlos en el siguiente muestreo. En el azufaifar de Cabo de Gata (acción C3) se escogieron 3 parcelas de 4 ha cada una, todas ellas situadas en formaciones de azufaifo son invadir por *Agave* spp.

La recogida de excrementos se realizó durante las épocas de producción de frutos (en Sierra Nevada sería de septiembre a noviembre) y se realizó una campaña de recogida al mes. Tras los muestreos, los excrementos recolectados se congelaron para su posterior análisis en la-

boratorio. Previamente a su análisis, fueron pesados y posteriormente secados en estufa durante 36 horas a 90°C con el fin de eliminar la humedad contenida, tras lo cual fueron pesados nuevamente. Los excrementos se disgregaron bajo un chorro de agua sobre un tamiz, y sus contenidos se separaron manualmente.

En el caso de las fracciones de frutos y semillas aparecidas en los excrementos se contabilizó el número de semillas que contenía cada excremento (empleando categorías) y se diferenciaron las especies consumidas, para conocer el número de excrementos con semillas, especies dispersadas, cantidad de semillas dispersada, frecuencia de aparición. Todo esto por visita y por cada especie de carnívoro.

En Cabo de Gata, especialmente en el azufaifar, proponen incluir en este seguimiento los excrementos de lagarto ocelado porque esta especie puede jugar un papel sustancial en la dispersión de semillas (González-Miras, com. pers.).

Localidades: los tres sitios involucrados en el proyecto: Cabo de Gata, Sierra Nevada y Doñana.

Acciones involucradas: acción C1, acción C2, acción C3 y acción C6.

Cuando se mide: se propone la recogida de excrementos durante las épocas de producción de frutos (p.e. en Sierra Nevada y en azufaifar de Cabo de Gata sería de septiembre a noviembre). Se realizará una campaña de recogida al mes, durante los meses indicados.

Variables que se registran: número de excrementos con semillas, especies dispersadas, cantidad de semillas dispersada, frecuencia de aparición.

3.2.1.3. Estructura y composición de la comunidad de micromamíferos.

Objetivos: el seguimiento de la abundancia y diversidad de micromamíferos en masas forestales supone un buen indicador de cambios en estas estructuras vegetales (Pardini et al., 2005). De esta manera el seguimiento de este grupo de vertebrados en el proceso de naturalización forestal puede constituir un indicador clave de los cambios sobre la biodiversidad y la calidad de este proceso. Además, los micromamíferos están implicados en procesos de predación y dispersión de semillas (Forget & Milleron, 1991) por lo que la recuperación (naturalización) de un ambiente forestal debe de venir acompañada de un incremento en el número de especies que hacen uso de dichos ambientes. Así mismo, cabría esperar que el número de individuos de las especies menos generalistas se incrementen en correspondencia a una naturalización del hábitat.

Este seguimiento atiende a la función ecológica de recuperación de la biodiversidad.

Métodos y esfuerzo: Se propone la implementación de los métodos utilizados por la red de seguimiento SEMICE (Seguimiento de micromamíferos comunes de España, consultar Torre et al., 2011 para más detalles). El método consiste en la captura-marcaje-recaptura de toda la comunidad de micromamíferos, mediante trampeo en vivo con 36 trampas Sherman por parcela. Estas parcelas serán de 75 m de lado, por lo que las trampas se espaciarán entre sí 15 m siguiendo el esquema propuesto por Flowerdew et al. (2004). Las trampas, cebadas con pan empapado en aceite, permanecerán activas durante 3 días consecutivos y serán revisadas a primera hora de la mañana. Las trampas serán envueltas en papel film transparente en las zonas donde se considere oportuno y se ubicarán a cubierto (ya sea bajo roca, hojarasca o bajo algún tipo de matorral). También se incluirá en cada una de ellas un trozo de algodón hidrófugo que favorezca el aislamiento térmico. Cada captura será identificada a nivel específico, marcada, pesada y sexada. Las marcas consi-

rán en grapas numeradas y serán fijadas al animal en el pabellón auricular (*ear tags*), excepto en el caso de las musarañas, que serán marcadas mediante patrones de afeitado. Los animales se liberarán en el mismo lugar donde fueron capturados.

El seguimiento se desarrollará en una submuestra de las parcelas de las actuaciones C1, C2 y C3 y variará según la zona:

Dofñana: En el caso de las parcelas asociadas a la acción C1 el seguimiento se realizará en cuatro parcelas, correspondientes a los tratamientos de aclarado máximo (60%) y control (0%) de dos de los tres bloques de pinar. En cada parcela, se colocará una retícula de 36 trampas (dejando una banda de 12,5 m alrededor) en tres de las subparcelas de 1 ha, correspondientes a los tratamientos control, vallado (exclusión de herbívoros) y siembra+entaramado. En el caso de las parcelas asociadas a la acción C2 el seguimiento se realizará en dos parcelas, situadas en dos de los tres bloques de matorral/alcornocal. En cada parcela, se colocará una retícula de 36 trampas (dejando una banda de 12,5 m alrededor) en tres de las subparcelas de 1 ha, correspondientes a los tratamientos control, vallado (exclusión de herbívoros) y siembra+entaramado.

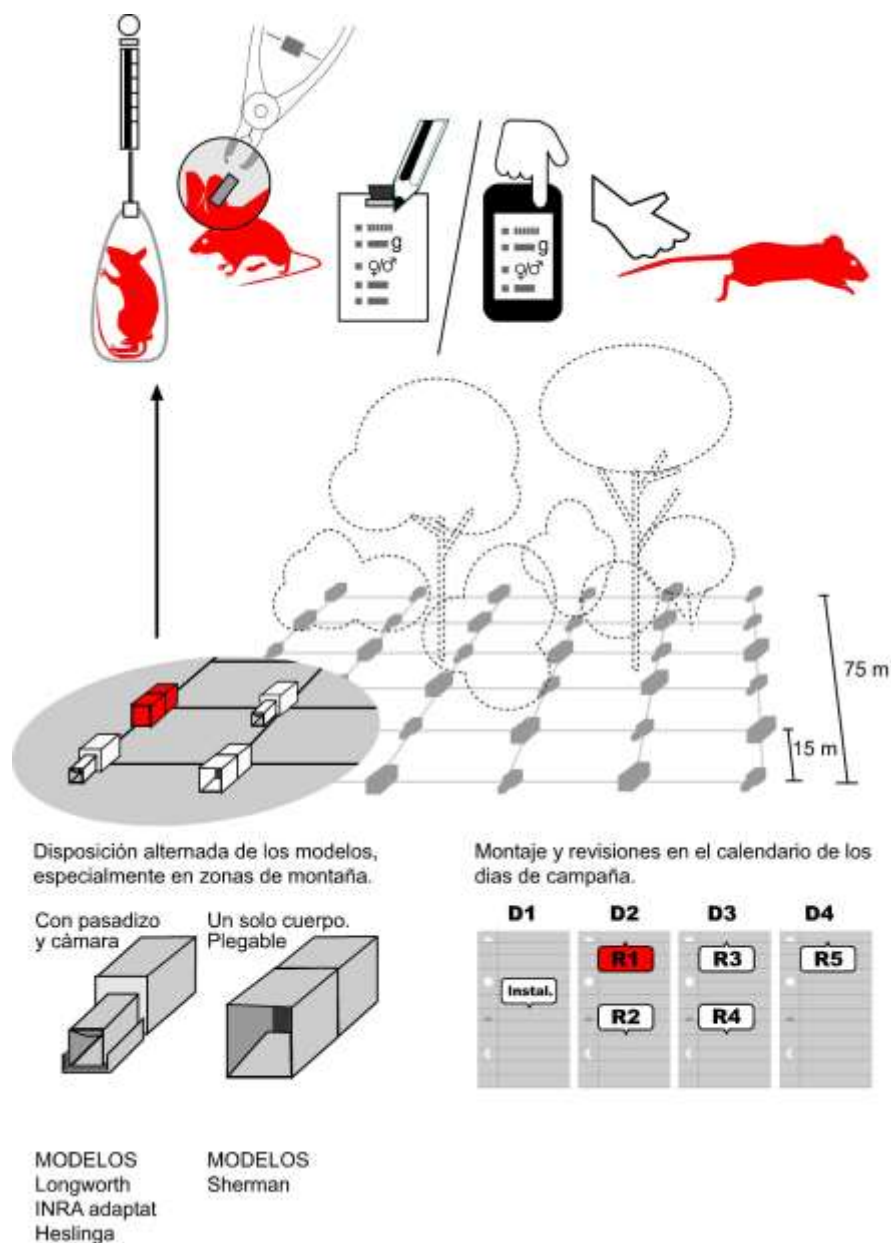
Cabo de Gata: Se va a trabajar exclusivamente en el azufaifar (acción C3), estableciendo tres zonas de seguimiento: manchas de azufaifo sin *Agave* spp., manchas de azufaifo alternadas con *Agave* spp. en donde no se vayan a eliminar los agaves y manchas de azufaifo con *Agave* spp. en donde se van a eliminar los agaves.

Localidades: dos de los tres sitios involucrados en el proyecto, Cabo de Gata y Dofñana.

Acciones involucradas: acción C1, acción C2 y acción C3.

Cuando se mide: un muestreo al año, tres días consecutivos de trampeo cada campaña. El muestreo se repetirá anualmente.

Variables que se registran: diversidad, abundancia y composición específica de la comunidad de micromamíferos.



■ **Figura 26.** Esquema de seguimiento de micromamíferos (tomado de proyecto SEMICE, <http://www.semice.org/metodologia/>). En el caso de los seguimientos planteados en Life Adaptamed, solamente se realizaría un control al día, con un solo tipo de trampa (Sherman).



■ Seguimiento de micromamíferos en el Espacio Natural de Doñana (Fotografía: EBD/CSIC) ..

3.2.1.4. Seguimiento de reptiles.

Objetivos: el objetivo es caracterizar los cambios en la comunidad de reptiles asociados a las acciones que se desarrollan en Cabo de Gata. En estos ecosistemas áridos, los reptiles tienen un enorme protagonismo en la funcionalidad de los ecosistemas y representan buenos indicadores de los cambios en la diversidad biológica de la fauna edáfica (en particular, la comunidad de invertebrados de la que se alimentan).

En Cabo de Gata se realizan transectos aprovechando los mismos establecidos para evaluar los cambios en la comunidad de aves. Estos transectos estarán dirigidos especialmente al conteo de lacertidos. Estos transectos se harán entre las 10 y las 12 h, momento de mayor actividad de los reptiles, por lo que pueden ser complementarios (a la vuelta) de los de aves.

Complementariamente se harán censos nocturnos de camaleón común (en colaboración con la Asociación Serbal) en zonas de azufaifar y en zonas invadidas por *Agave* spp. Se realizará una estima anual de abundancia absoluta mediante captura-marcaje y recaptura. Los censos se harán entre septiembre y octubre. Esta actividad será llevada a cabo por voluntarios.

Métodos y esfuerzo: se realizarían conteos a través de transectos de 500 m, en zonas tratadas y no tratadas. En total se realizan seis transectos, que coinciden con los que se realizan para los conteos de aves (ver figura 29).

Localidades: solamente en Cabo de Gata.

Acciones involucradas: C3.

Cuando se mide: desde marzo a mayo, y de septiembre/octubre.

Variables que se registran: diversidad de especies y abundancia de individuos de cada especie.

3.2.1.5. Abundancia de polinizadores e insectos beneficiosos para la agricultura.

Objetivos: las interacciones mutualistas entre las plantas y los animales que las defienden, las polinizan o dispersan sus semillas, constitu-

yen complejas redes de interdependencia (Bañares, 2008). Las especies vegetales que producen flores polinizadas por animales se ha diversificado mucho más que sus primas hermanas con flores polinizadas por el viento. Las plantas con flor proporcionaron un nuevo nicho ecológico para los insectos, que se diversificaron, lo que a su vez facilitó la diversificación de las plantas (Gordón, 2002).

Sin embargo, el impacto de la pérdida de biodiversidad inducida por el hombre sobre el funcionamiento de las interacciones planta/polinizador no ha sido probado experimentalmente. El aumento de la diversidad funcional tanto de las plantas como de los polinizadores lleva al reclutamiento de comunidades vegetales más diversas (Fontaine, 2005).

El conocimiento de la situación de partida de las masas forestales antropizadas y poco biodiversas de este proyecto y, el seguimiento de polinizadores permitiría captar variaciones en la diversidad como consecuencia de los cambios que se esperan en la estructura del paisaje a raíz de las diferentes actuaciones.

En el marco del proyecto, el azufaifar constituye una situación muy singular debido a que representa un reservorio de biodiversidad beneficiosa para otras plantas cultivadas. Esto es especialmente importante durante el estío, cuando el azufaifo es la principal especie vegetal en este ecosistema con capacidad de proporcionar recursos (polen, protección, refugio microclimático, entre otros) a determinadas especies de artrópodos 'beneficiosos' para las plantaciones de cultivos intensivos bajo plástico. Este seguimiento permitirá evaluar el papel del azufaifo como reservorio de fauna auxiliar proveedora de servicios ecosistémicos y su tendencia en relación a la restauración del ecosistema planteada a través de la acción C3 de Life Adaptamed.

Métodos y esfuerzo: el sistema de muestreo variará según la zona:

Sierra Nevada: seguimiento centrado en la importancia de los polinizadores en los cultivos de montaña (principalmente cerezo y almenadro). En consecuencia, las especies vegetales

objetivo son las rosáceas, además de otras especies con gran capacidad para atraer polinizadores (fabáceas, como *Adenocarpus decorticans*, especies de los géneros *Genista* y *Cytisus*). Se espera que tras los tratamientos se incremente la capacidad para atraer polinizadores (mayor calidad del recurso floral) por parte de estas vegetales y en consecuencia se produzca una mejora en el servicio de polinización, con consecuencias sobre los cultivos de montaña previamente mencionados. Concretamente se propone seleccionar una serie de pies de planta dentro de las parcelas que serán tratadas, así como en las parcelas control. Estos mismos pies de planta serán empleados para medir herbivoría (ver más adelante). Se deben contabilizar los polinizadores que visitan las flores de estos pies de planta durante 10 minutos. Los polinizadores serán adscritos a los siguientes grupos funcionales:

- Abejas grandes (<10 mm).
- Abejas medianas de lengua corta (5-10 mm).
- Abejas pequeñas de lengua corta (<5 mm).
- Hornigas grandes (>2 mm).
- Hornigas pequeñas (<2 mm).
- Avispas de polen (variable).
- Avispas colectoras néctar pequeñas (< 3 mm).
- Moscas abeja (variable).
- Moscas florícolas grandes (>5 mm).
- Moscas florícolas pequeñas (<5 mm).
- Moscas grandes (>5 mm).
- Moscas pequeñas (<5 mm).
- Escarabajos grandes (<7 mm).
- Escarabajos pequeños (<7 mm).
- Escarabajos acuáticos (<3 mm).
- Mariposas diurnas (variable).
- Polillas grandes (>3 mm).
- Polillas pequeñas (<3 mm).
- Esfíngidos (>7 mm).
- Chinchas (variable).
- Otros grupos (variable).

El seguimiento de polinizadores se lleva a cabo tanto en masas de *Quercus* como de *Pinus*. En el caso de las masas forestales de repoblación densas y coetáneas de *Pinus* la abundancia de plantas con flores es muy escasa dada la baja incidencia del sol sobre el sustrato arbustivo y herbáceo (Gómez Sanz, 2002). Así es esperable que con los procesos de naturalización diseñados en el proyecto revierta esta situación y se produzca un incremento de la floración y la capacidad para atraer polinizadores (mayor calidad del recurso floral) y por ende de la biodiversidad.

El seguimiento de polinizadores se hace en una submuestra de las zonas de actuación de Life Adaptamed en Sierra Nevada. Concretamente, en las parcelas de pinar de *Pinus pinaster* y en los bosques de roble de la zona de Cañar-Soportujar. En la masa de pinar hay 9 parcelas de 4 ha que serán objeto de tratamiento, más tres parcelas control. Dentro de cada una de estas 12 parcelas se selecciona un máximo de tres especies de plantas en flor y un máximo de 10 pies de planta por especie. Una vez seleccionados los pies de planta, se contabilizan los polinizadores que visitan las flores durante 3 minutos por pie. Estos mismos pies de planta serán empleados para medir herbivoría (ver más adelante).

En la zona de *Quercus pyrenaica* la metodología es idéntica con la particularidad que son menos las parcelas objeto de seguimiento, solo se hace seguimiento en aquellas parcelas en las que se esperan alteraciones media-alta en la estructura forestal. (y en zonas control).

La identificación taxonómica de las especies que polinizan flores es altamente dificultosa con la metodología planteada (avistamiento), por lo que las especies observadas serán englobadas en los grupos funcionales propuestos por Valverde et al. (2016).

Doñana: se espera que tras los tratamientos de aclarado y/o exclusión de herbívoros se incremente la capacidad para atraer polinizadores de las especies de sotobosque y una mejora en el servicio de polinización. El seguimiento se

centrará en las especies dominantes en los tres periodos de floración principales del año. En cada uno de estos tres periodos, se escogerá una especie focal de flor abierta y otra de flor tubular, como sigue: (1) Invierno: *Ulex parviflorus* o *Sphaeracanthus genistoides*. (2) Primavera temprana: *Cistus salvifolius*, *Halimium comutatum* o *Cytisus grandiflorum*. (3) Primavera tardía: *Halimium halimifolium*. En cada subparcela, se seleccionarán 6 individuos focales, se seleccionará un área de observación de aprox. 50x50 cm dentro de cada individuo, se contabilizará el número de visitas de polinizadores durante 10 minutos, y se registrará el número de flores (tanto en el área de observación como en toda la planta). Al acabar Los polinizadores serán adscritos a los siguientes grupos funcionales:

- Abeja melífera
- Resto de abejas silvestres
- Abejorros
- Mariposas (lepidópteros)
- Escarabajos (coleópteros)
- Moscas, mosquitos y sírfidos (dípteros)
- Hormigas
- Otros

Cabo de Gata: seguimiento centrado en la capacidad del azufaiar para albergar entomofauna beneficiosa o auxiliar. El método consiste en el aspirado de azufaios (3 minutos/individuo)(Fig. 31). Se seleccionaron 18 azufaios en cada una de las siguientes situaciones ecológicas: azufaiar sin agaves, azufaiar con agaves en donde se van a realizar los tratamientos y azufaiar con agaves en donde no se van a realizar tratamientos de eliminación de *Agave* spp.

Localidades: los tres sitios involucrados en el proyecto: Cabo de Gata, Sierra Nevada y Doñana.

Acciones involucradas: C1, C2, C3 y C6

Cuando se mide: tres seguimientos al año coincidiendo con las épocas de máxima floración: de abril a junio en Sierra Nevada, de mayo a julio en Cabo de Gata, y de febrero a junio en Doñana.

■ **Figura 27.** Ubicación de los azufaios en los cuales se han muestreado polinizadores en relación a los pozos de sondeo y la retirada de agave en el Parque Natural del Cabo de Gata-Níjar.



3.2.1.6. Seguimiento de mariposas diurnas.

Objetivos: las mariposas diurnas son buenos indicadores de cambios ambientales (Erhardt y Thomas, 1991). Se trata de establecer un programa de seguimiento asociado a las parcelas de tratamiento que permita servir de indicador de la recuperación de la biodiversidad asociada a dichos tratamientos. La recuperación de la vegetación, la heterogeneización del ambiente y la apertura de claros se esperan que involucren cambios en la composición y estructura de las comunidades de estos insectos.

Métodos y esfuerzo: se realizarán transectos de censo de mariposas diurnas desde marzo a septiembre. El método es el propuesto por Pollard y Yates (1993) y consiste en el recuento visual de individuos adultos de mariposas diurnas. Es un método aceptado internacionalmente y se sigue en otros BMSs en diferentes lugares del mundo. Los recuentos se realizan a lo largo de transectos a pie en donde se contabilizan todas las mariposas que se observan en una caja imaginaria de 2,5 m. a cada lado y de 5 m. por delante y por encima del observador (Fig. 28).

Sierra Nevada: son los mismos transectos que

se implementan para la recogida de excrementos de mamíferos carnívoros (Fig. 30). Es decir, se hacen 9 transectos de zonas tratadas, más 3 transectos de zonas control por cada especie de pino. Por tanto, son 48 transectos con una longitud de 200 m. En los tratamientos de fagáceas (encina y roble) se hacen transectos en el robledal de Cáñar/Soportujar y en el encinar de Fiñana/Abrucena. En cada uno de estos sitios se hacen transectos en las parcelas sometidas a los dos tratamientos y en la parcela control. Se hacen también transectos en las réplicas de cada uno de estos dos tratamientos y en la parcela control.

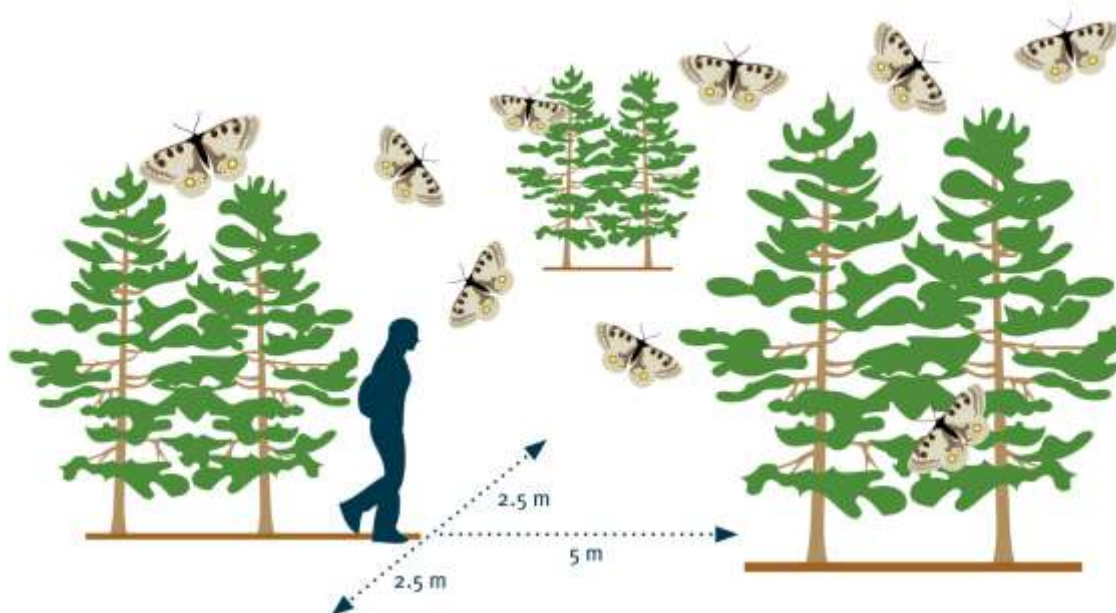
Doñana: Se realizará un transecto de 400 m por parcela (12 parcelas de pinar y 9 de matorral/alcornocal), que recorrerá la parte central de las cuatro subparcelas en dirección S-N (100 m por parcela). Los transectos se repetirán una vez al mes.

Localidades: en Sierra Nevada y Doñana.

Acciones involucradas: C1, C2 y C6

Cuando se mide: cada transecto se realizará una vez al mes, desde marzo a septiembre en Sierra Nevada y de enero a junio en Doñana.

Variables que se registran: número de individuos, diversidad, fenología, abundancia.



■ Figura 28. Metodología de muestreo de mariposas diurnas.

3.2.1.7. Seguimiento de artrópodos terrestres.

Objetivos: el objetivo es captar los cambios en la biodiversidad en la fauna edáfica, que podrían estar asociados a cambios en el funcionamiento del ecosistema edáfico (monitoreado mediante medidas de almacenamiento de agua, carbono o nutriente). En el caso concreto de la vegetación invasora, se espera que tras su eliminación se produzca un cambio favorable en determinados parámetros de referencia para medir la biodiversidad. En el caso de Doñana, se espera que las actuaciones previstas resulten en un aumento de la biodiversidad y la fertilidad del suelo, mediado por el efecto positivo del enriquecimiento de los estratos arbustivos y herbáceo, y el aumento en la heterogeneidad ambiental sobre las comunidades de artrópodos terrestres.

Métodos y esfuerzo: el seguimiento involucra la captura estandarizada de invertebrados del suelo mediante retículas de 15 trampas pitfall, en el periodo primaveral-estival, de marzo a julio. La retícula de muestreo consta de tres líneas paralelas, espaciadas 20-25 m, con cinco trampas por línea, espaciadas 5 m. El material colectado se limpiará y se almacenará en alcohol para su posterior identificación en laboratorio, utilizando la mayor resolución taxonómica posible (para lo que dependemos del apoyo de especialistas en determinados grupos). Doñana: se colocará una retícula de trampas por cada una de las 36 subparcela, lo que hace

un total de 1080 trampas (540 en pinar y 540 en matorral/alcornocal). Las trampas se instalarán una sola vez al año, al final de la primavera (junio-julio), periodo de máxima abundancia y actividad de los grupos taxonómicos focales (hormigas y coleópteros). Las trampas se instalan por la mañana y se recogen 48 h después.

Cabo de Gata: en la actuación que comprende la retirada de vegetación invasora (*Agave* spp.), se propone establecer tres muestras independientes sobre cada uno de los tres tratamientos (azufar, zonas colonizadas por sisal y zonas donde se van a llevar a cabo los tratamientos), lo que hace un total de 135 trampas. Las trampas quedan dispuestas en el campo durante 7 días consecutivos. Los grupos de referencia son los coleópteros de las familias Scarabaeidae, Tenebrionidae y Carabidae, y los arácnidos.

Localidades: en Cabo de Gata y Doñana.

Acciones involucradas: C1 (solamente Doñana) C2 y C3.

Observaciones: en Cabo de Gata se establecerá un acuerdo con la UAL para el uso de instalaciones e instrumental.

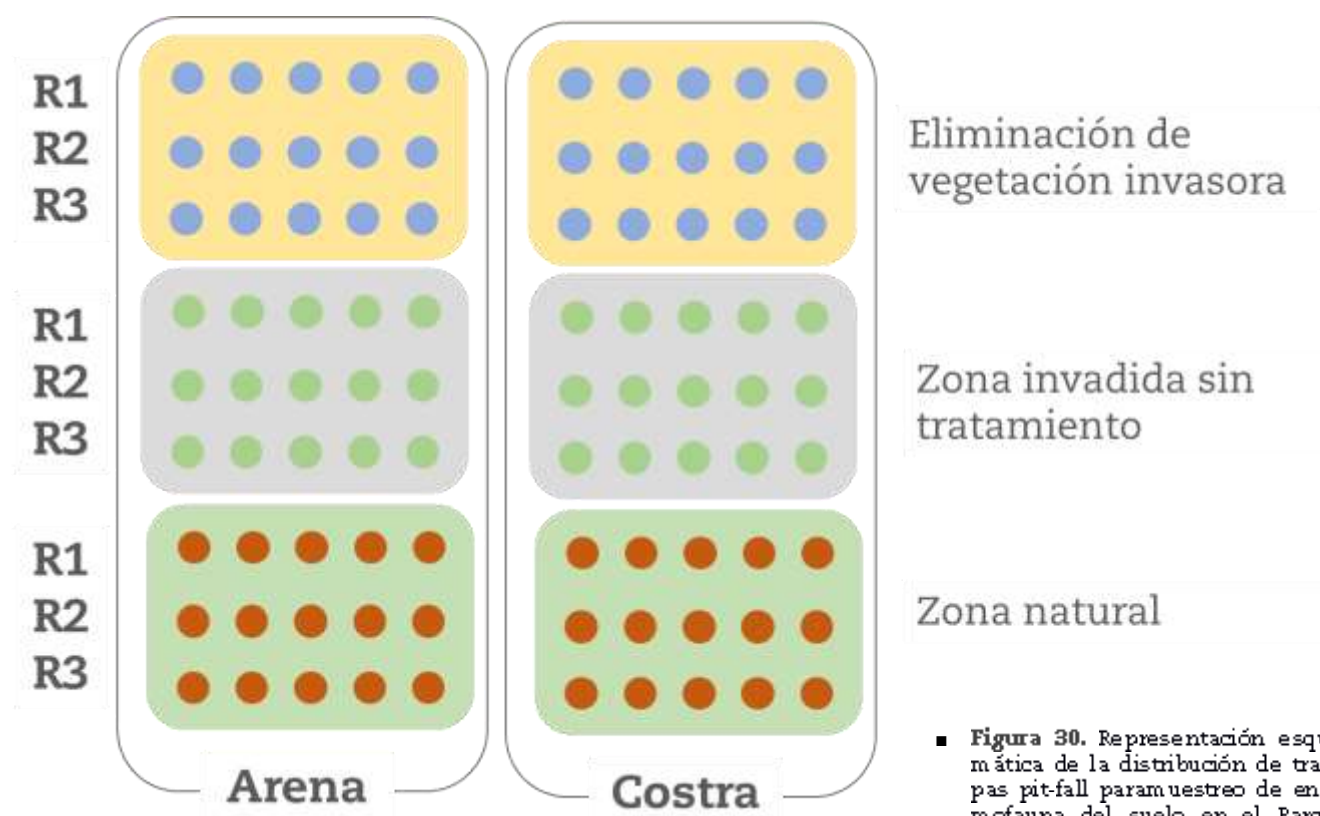
Cuando se mide: en Cabo de Gata se realizaría un muestreo mensual durante marzo, abril y mayo. Hay que ir un día a instalar las trampas y volver al cabo de una semana para recogerlas. En Doñana, un muestreo al año (junio-julio). Variables que se registran: abundancia, riqueza, índice de diversidad de Simpson.



■ Colecta y preparación de muestras de artrópodos del suelo en el Espacio Natural de Doñana (Fotografía: EBD/C SIC)).



■ Figura 29. Localización de las trampas Pitfall para el seguimiento de la entomofauna del suelo en la Finca Las Amoladeras. Puntos azules: azufaiar natural; puntos verdes: azufaiar invadido donde no se realizarán tratamientos; puntos naranjas: azufaiar invadido donde se retirará la vegetación invasora.



■ Figura 30. Representación esquemática de la distribución de trampas pit-fall para muestreo de entomofauna del suelo en el Parque Natural del cabo de Gata-Níjar.

3.2.2. SEGUIMIENTO FORESTAL Y DE LA VEGETACIÓN.

3.2.2.1. Inventario dasométrico y seguimiento mediante imágenes hemisféricas.

Objetivos: en el escenario social y ambiental actual es necesario diseñar modelos de gestión dinámicos e integrales que combinen la gestión de las masas forestales y el fomento de la biodiversidad, acciones que históricamente se han desarrollado por separado. Por esto, el objetivo final de este seguimiento es seleccionar, de entre varios modelos de intensidad de clareo y gestión del residuo, aquellos que conducen a una estructura más resiliente de los pinares de repoblación. Se persigue conocer el nivel de saca selectiva que favorece una heterogeneización de la estructura, potencia la diversidad vegetal y la forma de gestión del residuo que influye favorablemente en la textura del suelo. Todo este proceso obliga a alcanzar una serie de objetivos intermedios. El primero será caracterizar en detalle la masa forestal objeto del tratamiento midiendo cambios en los caracteres funcionales de los vegetales presentes más sensibles a cambios. Después se debe caracterizar el tratamiento realizado y el estado final de la zona tratada. Con la integración analítica de todo el proceso se podrá comparar la evolución de la masa en cada uno de los escenarios dise-

ñados.

En definitiva, este seguimiento permitirá caracterizar en detalle la masa forestal sometida a los diferentes tratamientos selvícolas y evaluar su evolución tras éstos. Por tanto, se pretende captar la reacción de la comunidad vegetal frente a los cambios en la estructura de la masa arbolada generados por el tratamiento.

Métodos y esfuerzo: para cada una de las parcelas forestales de las acciones C1 (solo Doñana y Sierra Nevada), C2 y C6, una vez delimitado el perímetro de las parcelas de 1 ha, se localiza y marca el punto central. Servirá como punto desde el que se capturan las imágenes estereoscópicas hemisféricas y será la principal referencia para la delimitación de la parcela de muestreo dasométrico y de evolución de la diversidad vegetal. Son dos metodologías con un objetivo común que es la caracterización dasométrica y de cobertura arbórea de cada parcela. La primera está basada en la captura y el análisis de imágenes (empleando un equipo cedido en préstamo por Fernando Montes, INIA) y la segunda en la toma directa de datos en campo.

Imágenes estereoscópicas hemisféricas

La metodología (Simón Cid, 2013 y Herrera Cano, 2010) que se lleva a cabo para la obtención de variables dasométricas basado en el proceso de visión estereoscópica consta de los siguientes pasos:



■ Sistema óptico para la captura de imágenes hemisféricas (Fotografía: J.M. Muñoz).



■ Imágenes simultáneas del par estereoscópico (Fotografías: J.M. Muñoz).

Instalación del sistema óptico basado en lentes ojo de pez. Se fija sobre un trípode, nivelado y orientado en el eje Norte-Sur. Se registra la altura de cada objetivo desde el suelo.

Adquisición de imágenes. Una vez se hacen las conexiones oportunas se abre el programa de gestión de las imágenes. Se configura la carpeta de almacenamiento, el encuadre de las imágenes y la intensidad de luz. Se obtienen dos imágenes simultáneas del par estereoscópico.

Identificación de la geometría del sistema. Para determinar las relaciones fisicogeométricas del dispositivo y definir ciertos parámetros que afectan al proceso global de la visión estereoscópica.

Tratamiento de la imagen. Primero por segmentación para extraer las principales características, después se establecerá la correspondencia de características entre ambas imágenes para concluir con la obtención de las distancias a las que se encuentran en la escena 3D.

Inventario dasométrico

En las parcelas de pinar (Acción C1), será el centro de un círculo de 15 metros de radio. Se despliega una cinta métrica trazando todo su diámetro de mínima pendiente. Después, con otra cinta métrica se traza el perpendicular al

anterior. Así, el círculo queda dividido en cuatro secciones (A, B, C y D). Los diámetros quedan partidos en cuatro segmentos que serán usados para trazar sendos transectos (T1, T2, T3, T4). Cada segmento es el eje de simetría de un rectángulo de 2 metros de lado.

Para garantizar la replicabilidad temporal se georreferencia el punto central y el rumbo de cada uno de los cuatro segmentos. Finalmente se fotografía cada segmento desde el punto central hacia el extremo.

Se inicia la toma de datos con una caracterización de la parcela midiendo la cobertura de pinar, la pendiente, Fracción Cobertura Cubierta de pinar, matorral y pastizal.

De los pinos incluidos en el círculo se identifican 5 ejemplares tipo. Se referencia cada uno y se marca. De cada ejemplar tipo se mide rumbo y distancia para su localización. Después la altura, diámetro normal, Fracción de copa viva y la proyección de copa.

Del resto de ejemplares de pino se hace una medición del diámetro normal de los pies mayores identificando el cuadrante en el que se ubican y anotando el nombre si es diferente a la especie dominante que define la masa forestal.

Las parcelas de encinar y robledal (Acción C6) la situación de partida es diferente por lo que obliga a modificar lo descrito para pinares.

De nuevo, tomando como referencia el centro de la parcela, se instala una parcela cuadrada de 5 metros de lado en la que se identifican las especies presentes, la cobertura que presentan siguiendo una escala modificada a Braun-Blanquet, 1979 y asignando el número de ejemplares hasta 5. Si es mayor que 5 se reflejará en el estadillo como el símbolo "8".

Escala de Cobertura (modificada de Braun-Blanquet, 1979):

+: Más de 55 ejemplares, con cobertura inferior al 1% y dispersos por la parcela.

R: Menos de 5 ejemplares, con cobertura inferior al 1% y agregados en una zona de la parcela.

1: Cobertura superior al 1% pero inferior al 5% de la superficie.

2: Cobertura entre el 5 y 25% de la superficie de la parcela.

3: Cobertura entre el 25 y 50% de la superficie de la parcela.

Cobertura superior al 50% pero inferior al 90%.

Cobertura total o con claros que no suponen el 5% de la superficie.

Localidades: en Cabo de Gata, Sierra Nevada y Doñana.

Acciones involucradas: C1 (Sierra Nevada y Doñana), C2 y C6.

Cuando se mide: antes y después de tratamiento. No es necesario medir todas las variables en un rango temporal corto. En general, después de un tratamiento dominan los procesos de descomposición y es escasa la regeneración. Sólo cuando pasan 4 ó 5 años parámetros empieza la regeneración de la diversidad. Sí es necesario constatar el cambio en la masa forestal (densidad de ejemplares) y la gestión del residuo justo después del tratamiento. Un seguimiento previo a las actuaciones, otro inmediatamente posterior a las mismas y un tercero al final del proyecto en 2019.

Variables que se registran: índices estimados: N (pies/ha), Ab (m²/ha), Volumen (m³/ha), LAI, Índices de estructura vertical, Índices de espaciamiento.

Observaciones: en Doñana se va a suscribir un convenio con una escuela de formación profesional (FP) para la realización anual de este seguimiento.



■ Bosque mixto de frondosas en la vertiente norte del Parque Nacional de Sierra Nevada (Fotografía: J.M. Barea).

3.2.2.2. Cambios en la diversidad y regeneración vegetal

Objetivos: el objetivo de este seguimiento consiste en caracterizar la regeneración de la comunidad vegetal autóctona frente a los cambios en la estructura de la masa arbolada alóctona en los diferentes escenarios generados por los tratamientos.

Métodos y esfuerzo: se toma como punto de partida el mismo centro utilizado para el inventario dasométrico y fotos hemisféricas. Se realiza el inventario de la biodiversidad vegetal para registrar la regeneración bajo dos enfoques:

Inicialmente se lleva a cabo una caracterización exhaustiva del matorral presente en cada transecto. Para caracterizar mejor la estructura (regeneración, crecimiento o máximo desarrollo) se establecen tres niveles según la altura. Aquellos ejemplares por debajo de 30 cm, los que están entre 30 y 120 cm y los que superan 120 centímetros. El observador se desplaza por el segmento definido por los cuatro radios de la circunferencia (T1, T2, T3 y T4). Anota el número

de ejemplares de cada especie de matorral presente hasta una distancia de 1 metro a cada lado. Debe diferenciar entre las tres categorías de altura descritas. Además, medirá la altura de hasta tres ejemplares elegidos al azar de entre los ejemplares pertenecientes a cada categoría.

Finalmente, se lleva a cabo un simple inventario de las especies de matorral presentes en cada cuadrante (A, B, C y D).

Localidades: en Cabo de Gata, Sierra Nevada y Doñana.

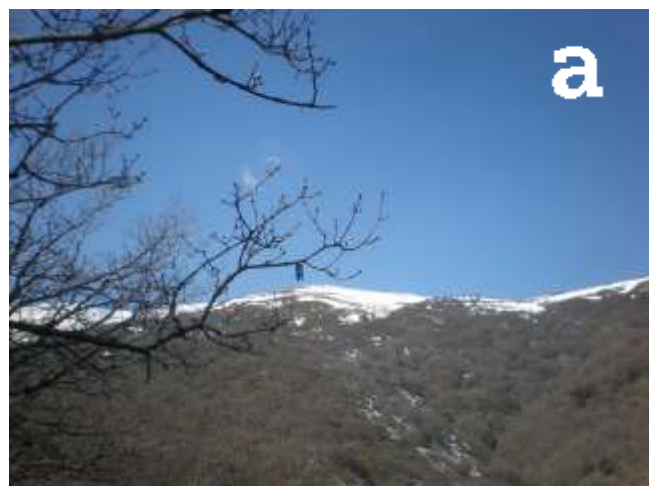
Acciones centrales implicadas: A6, C1 y C6.

Quando se mide: se considera necesario un seguimiento previo a los tratamientos para caracterizar la masa y una repetición 3 años después, ya que es cuando se consideran que se comienzan a observar los primeros cambios. Será necesario hacer un seguimiento de la densidad de ejemplares justo después del tratamiento.

Variables que se registran: diversidad (índices de diversidad), cobertura de herbáceas (%), regeneración arbórea (n) y de matorral (n).



- Línea a lo largo de la cual se realiza la caracterización de la vegetación descrita en este seguimiento (Fotografía: J.M. Muñoz).



Rama marcada en uno de los ejemplares de Dehesa de "El Camarate" (Lugros, Granada) (a), estado óptimo de seguimiento del complejo defoliador (b), dos ejemplos de defoliadores. A la izquierda *Tortricodes torticella* y a la derecha *Orthosia cruda* (c), numerosas agallas de *Neuroterus numismalis* en envés foliar (d) y criterio general de medición de cada bellota de roble € (Fotografías: J.M. Muñoz).



3.2.2.3. Evolución del crecimiento vegetativo, la capacidad reproductora y del complejo defoliador

Objetivos: caracterizar la respuesta de las especies arbóreas y de matorral frente a los cambios en la estructura y la capacidad reproductora de la masa arbolada como consecuencia de los tratamientos. En el primer caso se espera que dichos cambios estén relacionados con cambios en la biomasa como consecuencia de la elongación de las ramas y el desarrollo de nuevas hojas en el caso de la estructura, mientras que en el segundo con la producción de flores y frutos. La evaluación de estos parámetros es útil también para evaluar la influencia de los herbívoros en este proceso.

Métodos y esfuerzo: aunque con objetivo común, se aplica a ejemplares en diferentes acciones. En todos los casos la estructura básica es el seguimiento de un número concreto de ejemplares, generalmente hasta 10. En cada uno se marcan de forma permanente tres ramas. A partir de este punto se mide una u otra variable según la acción.

Para la Acción C1, en el área formada por las 4 ha se identifican y marcan hasta 10 ejemplares





por cada especie de matorral presente. Sobre todo, majuelo (*Crataegus monogyna*), agracejo (*Berberis hispanica*) y diferentes especies del género *Rosa*. En el cada ejemplar se marcan 3 ramas. Si el seguimiento que se hace es el de primavera se anota el número de flores. Si es el de otoño el número de frutos, la elongación del ramillo y los daños por herbivoría.

Para las Acciones A6 y C6 una vez se identifican los 10 ejemplares de roble o encina de cada muestra y las tres ramas por ejemplar se procede de diferente forma según la estación.

En primavera se cuentan el número de flores de encina y roble presentes por rama, el porcentaje de defoliación y el número de orugas de insectos defoliadores presentes. En otoño se procederá a la medición de la elongación que han alcanzado tres yemas diferentes y el tamaño de las hojas finales de cada yema. También se medirá el número de frutos, el número de yemas que han desarrollado y la cantidad de agallas presentes identificándolas según el insecto que las ha generado.

Para la acción C3 se seleccionan 2 individuos de *Ziziphus lotus* cercanos a cada uno de los 10 pozos de sondeo. Dichos pozos están distribui-

dos a lo largo de dos gradientes espaciales: 1) gradiente SN de distancia a la línea de costa y, 2) gradiente EO relacionado con la estructura transversal del acuífero. En cada ejemplar se marcan 24 ramas (6 por cada orientación: 3 ramas de crecimiento vegetativo + 3 ramillas florales). En primavera tardía y verano, coincidiendo con la máxima actividad de esta especie, se anotan el porcentaje de floración, fructificación, daños por herbivoría, defoliación, afección por defoliadores y por plagas en flores. En otoño se mide la elongación final de las ramas y se cuenta el número de frutos por rama y el porcentaje de afección por frugívoros.

Cuando se mide: un seguimiento previo a las actuaciones y posteriormente dos anuales. El primero durante el proceso de floración. El segundo, en otoño, cuando haya concluido el desarrollo de los frutos y empieza la abscisión de las hojas.

Variables que se registran: elongación de las ramas, tamaño de hojas y porcentaje de daños. Acciones C1, C2, C5 y C6 y A6: Estimación de daños por herbivoría, como proporción de ramas (%) afectadas por ramoneo.

Acciones centrales implicadas: C1, C3, C5, C6.

3.2.2.4. Cobertura de matorral y plots de herbáceas

Objetivos: caracterizar la evolución en la cobertura de matorral y en la distribución de herbáceas en relación a los tratamientos llevados a cabo en el marco del proyecto.

Métodos y esfuerzo: este seguimiento se desarrolla exclusivamente en el EN de Doñana. Se han seleccionado 3 bloques (ubicados en las localidades de Matagordas, Manecorro y Algaida) de 3 parcelas de muestreo de 4 ha cada uno. Cada parcela de 4 ha, ha sido codificada con el nombre de las fincas (Matagordas, Manecorro y Algaida) seguido de un número del 1 al 3, de sur a norte (ej. Algaida 1, Algaida 2...). Cada una de las parcelas de muestreo se han dividido en 4 unidades de 1 ha. A cada una de estas subparcelas se le ha asignado una letra (A, B, C y D), en sentido W/E, y N/S, siguiendo el esquema plasmado en la figura 40.

En cada una de estas subparcelas (A, B, C y D), se realiza un itinerario de 75 m de longitud, que partirá de 10/20 metros del borde de cada cuadrícula. Con intención de evitar la continuidad entre los itinerarios de parcelas contiguas, es-

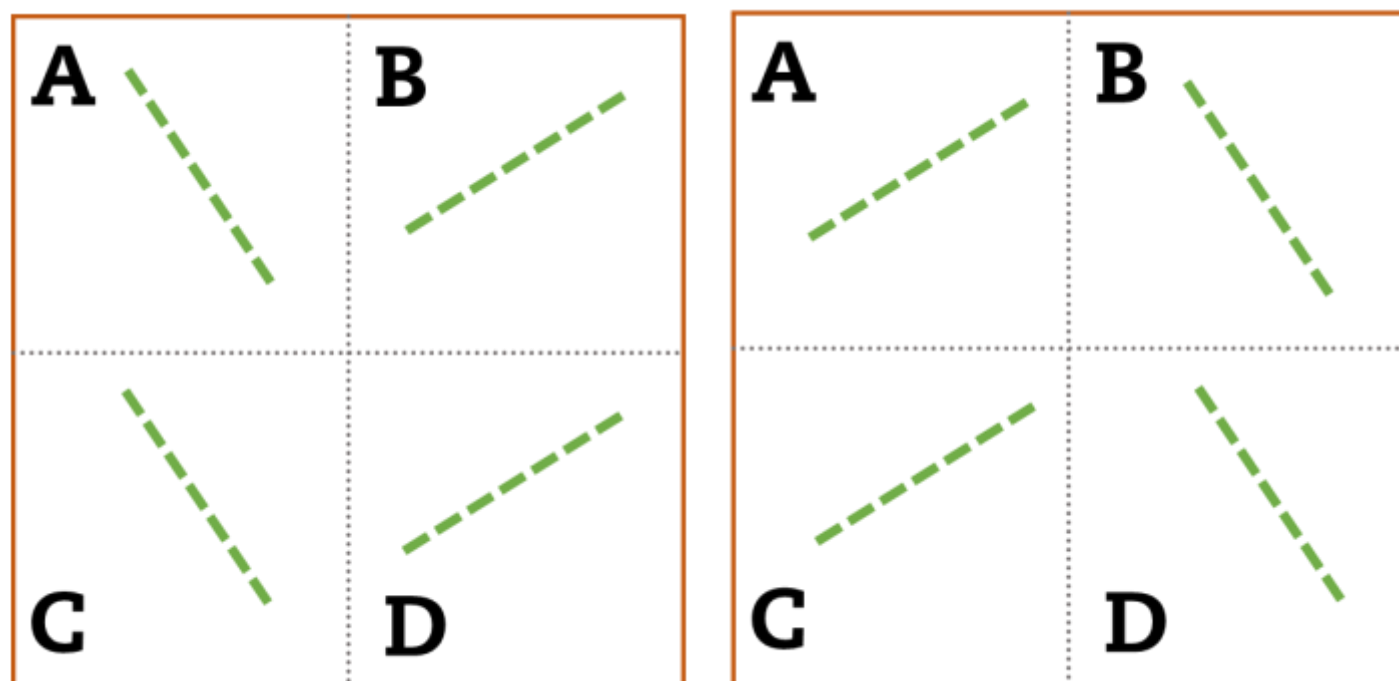
tos se distribuyen de tal modo que sean perpendiculares entre sí, tal y como se muestra en el esquema representado en la figura 31. Tanto el inicio como el fin de cada parcela son marcados con marcas permanentes.

Muestreo de coberturas de matorral:

En el punto de inicio de cada uno de los itinerarios diseñados, se extiende una cinta métrica de 75 m. En una banda total de 1 m de ancho (y su proyección vertical), tomando como punto central la cinta métrica se realizarán las siguientes anotaciones:

- Medida (cm) de inicio en cinta métrica, de un tipo de matorral (sp)
- Medida (cm) de fin en cinta métrica, de un tipo de matorral (sp).
- Altura (m), del punto más alto del tramo medido.
- Medida (cm) de inicio en cinta métrica, de suelo desnudo.
- Medida (cm) de fin en cinta métrica, de suelo desnudo.

En caso de existir solapamiento en un mismo tramo de varias especies, se anotará inicio y fin



■ **Figura 31.** Itinerarios de caracterización del matorral perpendiculares entre sí y distanciados 10-20 metros del límite de la cuadrícula de 1 ha.



■ **Figura 32.** Representación esquemática del muestreo de la cobertura de matorral (Fotografía: J.M. Barea).

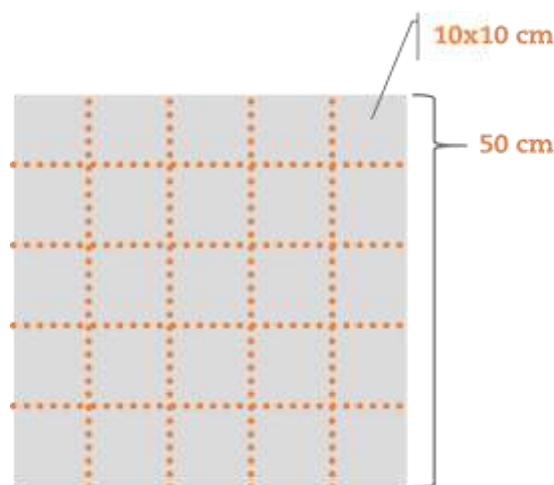
de cada una de las mismas, tal como se indica en el apartado 1, 2 y 3.

En caso de que existan plantas muertas, se anotará inicio y fin de cada una de las mismas, tal como se indica en el apartado 1, 2, siendo el valor de altura (en este caso 0).

Plots de herbáceas:

En el punto de inicio de cada uno de los itinerarios diseñados, se extiende una cinta métrica de 75 m. En las zonas de suelo desnudo detectadas durante el muestreo de coberturas de matorral, se realizarán 10 plots (50 x 50 cm, 25 celdas de 10x10 cm cada uno) de muestreo de herbáceas. Se situará el plot en el entorno de la primera zona de suelo desnudo que encontramos a medida que avanzamos en el itinerario. El siguiente plot se situará a una distancia =7 m.

En caso de que no existiesen suficientes zonas de suelo desnudo, el plot se situará en el entorno inmediato al itinerario, procurando mantener la distancia de al menos 7 m. con respecto a la proyección del plot anterior.



■ **Figura 33.** Plot para la caracterización de herbáceas de 50x50 cm dividido en 25 celdas de 10x10 cm.

Se realizarán las siguientes anotaciones:

Número de celdas ocupada por cada una de las especies presentes en cada plot.

Se cuentan aquellos individuos que están dentro de cada una de las celdas de muestreo. (ver esquema).

Cuando se mide:

Variables que se registran:

Acciones centrales implicadas: C1 (solamente Doñana) y C2

3.2.3. SEGUIMIENTO DEL SUELO.

3.2.3.1. Recogida y análisis de muestras del suelo.

Objetivos: establecer cambios en el stock del carbono orgánico del suelo como consecuencia de las actuaciones realizadas.

Métodos y esfuerzo: las muestras de suelo se tomarán preferiblemente al final de la estación de verano.

Se establecen 3 parcelas de seguimiento para cada uno de los tratamientos. Se recoge una muestra del suelo de los primeros 10 cm de profundidad del centroide de esta parcela, y otras cuatro muestras en un radio de 10 m alrededor de este. Se recogen por lo tanto un total de 5 muestras de suelo hasta obtener un peso aproximado de 2 kg. Las 5 muestras se juntan en una misma bolsa con cierre tipo zip que debe ser correctamente etiquetada.

Preparación de las muestras: el tiempo de traslado de las muestras no es crítico, y pueden ser trasladadas sin necesidad de refrigeración. Las muestras deben ser secadas hasta humedad ambiente, y tamizadas a 2 mm. Es necesario disponer de espacio para secado de las muestras. En cuanto al material, se hacen necesarios rulos de madera para romper el suelo, tamiz de 2 mm de luz, balanza (no necesaria precisión),

y se aconseja disponer de estufas amplio volumen para forzar el secado de las muestras. La muestra tamizada a 2 mm será envasada y enviada laboratorios especializados para la determinación de las variables seleccionadas.

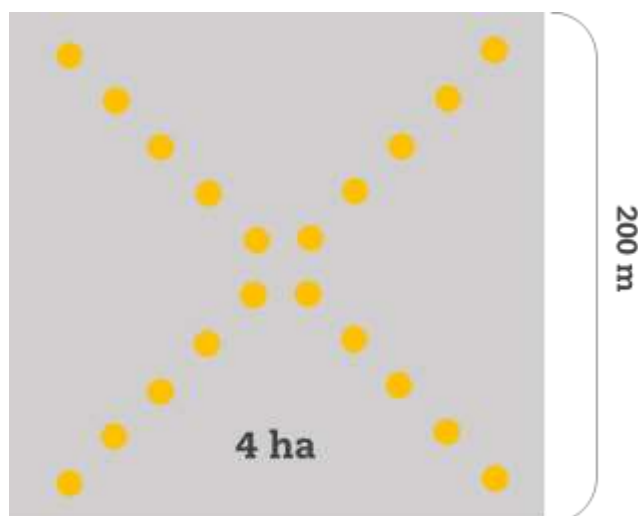
Cuando se mide: un seguimiento previo a las actuaciones, otro inmediatamente posterior a las mismas y un tercero al final del proyecto (2019). Preferiblemente al final del verano.

Variables que se analizan: se determinarán parámetros vinculados al stock total de carbono en suelo, y a diferentes fracciones del carbono con alta sensibilidad a los cambios:

- Carbono orgánico total (COT): Estima del stock total del carbono del suelo. Poco sensible al cambio, sólo a escalas temporales largas.
- Materia Orgánica Particulada (POM): Fracción vinculada al aporte de restos orgánicos. Sensible a cambios a escala temporal medias.
- Fracción Carbono Mineralizable (FCM). Fracción más lábil utilizada a corto plazo por la población microbiana del suelo. Cambios a muy corto plazo. Aconsejable, pero puede ser opcional.
- Nitrógeno Total (NT). Junto a carbono total permite establecer la relación CN de la materia orgánica, y detecta cambios cualitativos en su composición.



- Toma de muestras de suelo en las parcelas en donde se desarrolla la acción C4.



- **Figura 34.** Esquema de los emplazamientos de recogida de muestras del suelo sobre las parcelas de 4 ha con tratamientos incluidos en las acciones C1, C2 y C6.

- Azufai far en la Finca Amcladeras (Parque Natural del Cabo de Gata-Níjar) (Fotografía: J. Hernández).



Referencias

- Amores, F. 1975. Diet of the red fox (*Vulpes vulpes*) in the western Sierra Morena (South Spain). *Doñana Acta Vertebrata*, 2: 221-239.
- Aranda, Y., IsernVallverdú, J. & Pedrocchi, C. 1995. Dieta estival del zorro *Vulpes vulpes* L. en pastos del Pirineo aragonés: relación con la abundancia de artrópodos. Lucas Mallada. *Revista de Ciencias*, 7: 920.
- Baker, P. J. & Harris, S. 2006. Does culling reduce fox (*Vulpes vulpes*) density in commercial forests in Wales, UK? *European Journal of Wildlife Research*, 52: 991-1008.
- Bañares, A., Blanca, G., Güemes, J., Moreno, J. C. & Ortiz, S. 2008. Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España. Adenda 2008. Madrid: Dirección General de Medio Natural y Política Forestal (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino). Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas.
- Barja, I., Miguel, F.J. & Bárcena, F. 2001. Distribución espacial de los excrementos de zorro rojo (*Vulpes vulpes*, Linnaeus 1758) en los Montes Do Invernadeiro (Ourense). *Galemys*, 13 (nº especial): 171-178.
- Blanco, J.C. 1986. On the diet, size and use of home range and activity patterns of a red fox in central Spain. *Acta Theriologica* 31: 547-552.
- Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales [ed. 3]. H. Blume Ediciones, Barcelona.
- Cancio, I., GonzálezRobles, A., Bastida, J.M., Manzaneda, A.J., Salido, T. & Rey, P.J. 2016. Habitat loss exacerbates regional extinction risk of the keystone semiarid shrub *Ziziphus lotus* through collapsing the seed dispersal service by foxes (*Vulpes vulpes*). *Biodiversity and Conservation*, 25(4): 693-709.
- Gastro, D., Monterroso, S., Moreira, P. & Alves, P.C. 2007. ¿Influye la identificación correcta de excrementos en los estudios ecológicos? El ejemplo del gato montés (*Felis silvestris*) y el zorro (*Vulpes vulpes*) en Portugal. VIII Jornadas de la SECEM: Huelva 2007.
- Cavallini, P. & Volpi, T. 1995. Biases in the analysis of the diet of the red fox *Vulpes vulpes*. *Wildlife Biology*, 1: 243-248.
- Cavallini, P. 1994. Faeces counts as an index of Fox abundance. *Acta Theriologica*, 39: 417-424.
- Ghadraserkar, K., Sai, M. V. R. S., Roy, P. S., & Dwevedi, R. S. 2010. Land Surface Water Index (LSWI) response to rainfall and NDVI using the MODIS Vegetation Index product. *International Journal of Remote Sensing*, 31(15), 3987-4005. <https://doi.org/10.1080/01431160802575653>
- Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía). 2010. Estandarización de métodos de captura no crueles de acuerdo con la Normativa ISO 109905. Informe inédito. EgmasaConsejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- Danks, H.V.P. 1992. Arctic insects as indicators of environmental change. *Arctic*, 15: 166.
- DíazRuiz, F., DelibesMateos, M., GarcíaMoreno, J.L., LópezMartín, J.M. & Ferreras, P. 2013. Biogeographical patterns in the diet of an opportunistic predator: the red fox *Vulpes vulpes* in the Iberian Peninsula. *Mammal Review*, 43: 59-70.
- Duarte, J., Farfán, M.A., Fa, J.E. & Vargas, J.M. 2012. How effective and selective is traditional Red Fox snaring? *Galemys*, 24: 111.
- Erhardt, A. & Thomas, J.A. 1991. Lepidoptera as indicators of change in the seminatural grasslands of lowland and upland Europe. The conservation of insects and their habitats: 213-236.
- Fernández, J.M. & Ruiz de Azua, N. 2005. Dieta y solapamiento trófico primaveral del zorro rojo, *Vulpes vulpes*, y de *Martes* Sp. en simpatria en Álava (Norte de España). *Ecología*, 19: 167-182.
- Flowerdew, J.R., Shore, R.F., Poulton, S.M.C. & Sparks, T.H. 2004. Live trapping to monitor small mammals in Britain. *Mammal review*, 34: 3150.
- Fontaine, C., Dajoz, I., Meriguet, J., & Loreau, M. (2005). Functional diversity of plant-pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities. *PLoS biology*, 4(1), e1.
- Forget, P., Milleron, T. 1991. Evidence for secondary seed dispersal by rodents in Panama *Oecologia*, 4: 596.
- Gallina, S. & C. LópezGonzález (editor). 2011. Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro. Instituto de Ecología, A. C. Querétaro, México. 377pp. (Online: <http://www.uaq.mx>)
- Genovesi, P., Secchi, M. & Boitani, L. 1996. Diet of stone martens: an example of ecological flexibility. *Journal of Zoology (London)*, 238: 545-555.
- Gómez Sanz, V. 2002. Micrometeorología de masas forestales de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) y rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) en la vertiente norte del Sistema Central (Montes de Valdeón, Segovia). Consecuencias selvícolas (Doctoral dissertation, Montes).
- Gordón, M. A. R., Atlántico, J. B., & Ordoña, C. 2002. Polinizadores y biodiversidad.
- Goszczynski, J. 1974. Studies on the food of foxes. *Acta Theriologica*, 19(1): 118.
- Goszczynski, J. 1986. Diet of foxes and martens in central Poland. *Acta Theriologica*, 31: 491-506.
- Herrera Cano, P.J. 2010. Correspondencia estereoscópica en imágenes obtenidas con proyección omnidireccional para entornos forestales. Tesis doctoral. Facultad de Informática Universidad Complutense de Madrid.
- Herrera, C.M. 1976. A trophic diversity index for presence-absence food data. *Oecologia*, 25: 187-191.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E., Gao, X., & Ferreira, L. . 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): a new generation of Land Surface Monitoring* 83(1-2), 195-213. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2)
- Jiménez-Muñoz, J. C., Sobrino, J. A., Skokovič, D., Mattar, C., & Cristóbal, J. 2014. Land Surface Temperature Retrieval Methods From Landsat-8 Thermal Infrared Sensor Data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 11(10), 1840-1843.

<https://doi.org/10.1109/LGRS.2014.2312032>

- Johnson, R.A. 1981. Application of the guild concept to environmental impact analysis of terrestrial vegetation. *Journal of Environmental Management*, 13: 205-222.
- Litvaitis, J.A. 2000. Investigating food habits of terrestrial vertebrates. Pp. 165-190 in *Research techniques in animal ecology. Controversies and consequences* (L. Boitani and T. K. Fuller, eds.). Columbia University Press, New York.
- Martín, M. 2008. Caracterització de la dieta de la guineu (*Vulpes vulpes*) al Parc del Garraf. V Trobada d'Estudiosos del Garraf, Barcelona, España.
- Marucco, F. 2003. Wolf Diet Selection in the Western Alps. *Proceedings for the World Wolf Congress*, Banff, Alberta, Canada.
- Matías, L., Zamora, R., Mendoza, I. & Hódar, J.A. 2010. Seed dispersal patterns by large frugivorous mammals in a degraded mosaic landscape. *Restoration Ecology*, 18(5): 619-627.
- McDonald, P.; Edwards, R.A. & Greenhalgh, J.F.D. 2002. *Animal Nutrition*. Longman, London and New York.
- Monclús, R. & De Miguel, F.J. 2003. Distribución espacial de las letrinas de conejo (*Oryctolagus cuniculus*) en el Monte de Valdelatas (Madrid). *Galemys*, 15 (nº especial): 157-165.
- Olmedo, G.F., Ortega-Farías, S., Fuente-Sáiz, D., Fonseca-Luego, D. and Fuentes-Pañalillo, F. 2016. water: Tools and Functions to Estimate Actual Evapotranspiration Using Land Surface Energy Balance Models in R. *The R Journal*, 8(2), pp.352-369.
- Pardini, R.; Marques de Souza, S.; Braga Neto, R.; Metzger, J.P. 2005. The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. *Biological Conservation*, 124(2): 253-266.
- Pérez García, J.M., Pagán, I., Sempere, R.A., Botella, F. & Sánchez Zapata, J.A. 2008. Distribución y Abundancia de las poblaciones de Gato Montés (*Felis silvestris*) en el Sur de Alicante. *Universidad Miguel Hernández*. Generalitat Valenciana.
- Pollar, E. & Yates, T.J. 1993. *Monitoring butterflies for ecology and conservation*. Chapman & Hall, London.
- Ralph, C.J., Droege, S. & Sauer, J.R. 1995. Managing and monitoring birds using point counts: standards and applications. Pages 161-169 in *Monitoring Bird Populations by Point Counts* (Eds.: Ralph, C.J., Sauer, J.R. y Droege, S.). U. S. Department of Agriculture, Forest Service General Technical Report PSWGTR149.
- Ralph, C.J., Geupel, G.R., Pyle, P., Martin, T.E., DeSante, D.F., Milá, B. 1996. *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Gen. Tech. Rep. PSWGTR159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 p.
- Reineke, L.H. 1933. Perfecting a stand density index for evenaged forests. *J. Agric. Res.*, 45(7): 627-637.
- Reynolds, J.C. & Aebischer, N. 1991. Comparison and quantification of carnivore diet by faecal analysis: a critique, with recommendations, based on a study of the Fox *Vulpes vulpes*. *Mammal Review*, 21(3): 97-122.
- Roberts, T.H. 1987. Construction of guilds for habitats assessment. *Environ. Manage.* 11: 473-477.
- Romanowski, J. & Lesinski, G. 1991. A note on the diet of stone marten in southeastern Romania. *Acta Theriologica*, 36 (12): 201-204.
- Sadler, L.M.J., Webbon, C.C., Baker, P.J. & Harris, S. 2004. Methods of monitoring red foxes *Vulpes vulpes* and badgers *Meles meles*: are field signs the answer? *Mammal Review*, 34: 75-98.
- Serafini, P. & Lovari, S. 1993. Food habits and trophic niche overlap of the red fox and the stone marten in a Mediterranean rural area. *Acta Theriologica*, 38 (3): 233-244.
- Sharp, A., Norton, M., Marks, A. & Holmes, K. 2001. An evaluation of two indices of red fox (*Vulpes vulpes*) abundance in an arid environment. *Wildlife Research*, 28(4): 419-424.
- Short, H.L. & Burham, K.P. 1982. Technique for structuring wildlife guilds to evaluate impacts on wildlife communities. *Special Sci. Rep. Wildlife* 244. USDI Fish and Wildlife Service. Washington DC, EEUU.
- Simón Cid, N. 2013. Evaluación mediante imágenes estereoscópicas hemisféricas de tratamientos selvícolas en sistemas forestales restaurados. El caso del Parque Nacional de Sierra Nevada. Trabajo fin de master. Master Universitario en Restauración de Ecosistemas. Universidad de Alcalá, Universidad Complutense, Universidad Rey Juan Carlos y Politécnica de Madrid.
- Such, A. & Calabuig, G. 2003. Dieta de la garduña (*Mustela putorius foina* Erxleben, 1777) En la Serra de la Solana (Sur del País Valencià). *Galemys*, 15 (nº especial): 167-180.
- Tellería, J.L. 1986. *Manual para el censo de los vertebrados terrestres*. Editorial Raíces. Madrid.
- Torre, I., Arrizabalaga, A., Freixas, L., Perterra, D. y Raspall, A. 2011. Programa de seguimiento de micromamíferos comunes de España (SEMICE). *Galemys*, 23 (NE): 81-89.
- Valverde, J. et al. 2016. The temporal dimension in individual-based plant pollination networks. *Oikos* 125: 468-479, 2016.
- Webbon, C.C., Baker, P.J. & Harris, S. 2004. Faecal density counts for monitoring changes in red fox numbers in rural Britain. *Journal of Applied Ecology*, 41: 768-779.



Beneficiarios coordinadores:



Beneficiarios operativos:



Colaboradores:

