



2025 | **16-20**
GIJÓN | **JUNIO**

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1978

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





Proyecto BOSQUES: Evaluación temporal de la funcionalidad y biodiversidad en pinares tras aclareos

CHARCO, J. (1), GARCÍA-ARNÉS, J. (1), QUERO, J.L. (2), BASTIAS, C.C. (1), GONZÁLEZ-MORENO, P. (2), HERNÁNDEZ-CLEMENTE, R. (2), VILLAR, R. (1), BONET, F.J. (1), DE LA ESTRELLA, M. (1), CARRANZA, J. (4), GALÁN, C. (1), OTEROS, J.A. (1), SALAZAR, P. (1), RODRÍGUEZ, G. (1), ARENAS-CASTRO, S. (1), SEOANE, J.M. (4), BARRÓN, V. (3), ROMERA, D. (1), NAVARRO, S. (2), TOMÁS-RIERA, F.J. (2), MARCOS, M.J. (2) y NIETO-LUGILDE, D. (1).

(1) Dpto. Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias. Universidad de Córdoba.

(2) Dpto. de Ingeniería Forestal. ETSIAM Universidad de Córdoba.

(3) Ud. De Edafología. Dpto. Agronomía. Facultad de Ciencias. Universidad de Córdoba.

(4) Unidad de Investigación en Recursos Cinegéticos y Piscícolas. Universidad de Córdoba.

Resumen

Entre los años 1939 y 1982, el Plan Nacional de Repoblaciones promovió la plantación de pinares en alta densidad que, en una segunda fase del Plan, en años posteriores, requerirían una gestión adecuada para evitar el colapso de los ecosistemas forestales. Las prácticas selvícolas consistentes en la reducción selectiva del número de árboles deben ser cuidadosamente planificadas para maximizar los beneficios ecosistémicos y minimizar los impactos negativos. Estas prácticas promueven la creación de ambientes más heterogéneos, mejoran la disponibilidad de recursos como luz, agua y nutrientes al reducir la competencia entre los árboles, pero también pueden modificar el microclima y reducir la disponibilidad de refugios para la fauna. El proyecto BOSQUES tiene como objetivo evaluar la evolución del funcionamiento ecosistémico y la biodiversidad de los pinares tras la aplicación de prácticas selvícolas para su renaturalización. Para este estudio, se han definido 10 parcelas circulares de 25 m de radio, situadas al NE de la provincia de Córdoba, dominadas por *Pinus pinaster* Ait., que han sido sometidas a distintos regímenes de manejo, una aclarada en junio de 2024, cuatro aclaradas entre 2007 y 2009, y cinco que no han sido aclaradas desde su repoblación. Este enfoque permitirá analizar la influencia temporal de las prácticas selvícolas en la renaturalización y en la dinámica de estos ecosistemas.

Palabras clave

Prácticas selvícolas, funcionamiento ecosistémico, renaturalización, monitoreo, *Pinus pinaster* Ait.

1. Introducción

La secular deforestación de España, acentuada en el siglo XIX por los procesos de desamortización, promovidos por las políticas liberales, acarrió una erosión, desertificación, riadas e inundaciones que alarmaron a la sociedad en su conjunto (e.g. BOSCH y JULIÁ, 1866). Para paliar en la medida de lo posible esta gran deforestación, y consiguiente desertificación, se tomaron diversas iniciativas para



reforestar las cabeceras de las cuencas hidrográficas en particular y demás tierras baldías en general. Así, tras la creación del Servicio Hidrológico Forestal en 1901 y sus Divisiones Hidrológico-Forestales, se desarrolla el primer Plan Nacional de Repoblación Forestal, entre 1926 y 1936, al que poco después le seguiría un segundo Plan, de 1939 a 1982, mucho más ambicioso y dotado de mayor presupuesto. A partir de entonces, con el traspaso de las competencias forestales a las CCAA, se siguió plantando en el marco de diferentes iniciativas y programas como el aún vigente de Reforestación de Tierras Agrarias a partir de 1992 [Reglamento (CEE) 2080/92, RD 6/2001 y posteriores RD y Ordenes de las CCAA] y/o plantaciones de empresas privadas para compensar su huella de carbono. En total, a lo largo del siglo XX se plantaron más de 4.000.000 de ha. En cuanto a las especies usadas, en casi un 80% fueron especies de pinos (*Pinus pinaster*, *P. halepensis*, *P. pinea* ...) y un 11% eucaliptos (ANUARIOS DE ESTADÍSTICA AGRARIA, 1940-1999).

Actualmente estas plantaciones, a veces con más de 1000 pies/ha supervivientes, con una reducida biodiversidad (DÍAZ *et al.* 1998; ROMERO-ALCARAZ y ÁVILA, 2000; ANDRES y OJEDA 2002; ALRABABAH *et al.* 2007), alta pirofilia (eg GUIJARRO *et al.* 2001), máxime si las copas se tocan entre ellas, y muy expuestas a sequías, plagas y enfermedades que incluso provocan alarma social (CONEXIÓN COP, 2017; DÍAZ, 2024; HEREDIA, 2024; DIARIO DE SEVILLA, 2024) se están aclarando, además de para obtener madera, para reducir precisamente esos efectos perniciosos. El resultado de estos aclareos se presupone positivo para el ecosistema en general pero pocas veces ha sido estudiado en profundidad. Un adecuado monitoreo plurianual es necesario para evaluar esos efectos, a priori positivos, de estas prácticas selvícolas de aclareo y renaturalización de montes.

El monitoreo o seguimiento a largo plazo y planificado adecuadamente es una de las más eficaces herramientas para la toma de decisiones en materia ambiental en general y, en lo que aquí concierne, también en materia forestal (RASMUSSEN & JEPSEN, 2018). La importancia es tal que se han publicado manuales de gran trascendencia orientando para que este monitoreo sea lo más eficaz y útil posible (e.g. ARTIOLA *et al.*, 2004; KRAPIVIN & SHUTKO, 2012; LINNDENMAYER & LIKENS, 2018). Sobre el intervalo de tiempo para que los datos sean realmente operativos, algunos autores como LINNDENMAYER & LIKENS (2018) consideran un mínimo de 10 años. A priori cuanto mayor sea el volumen de datos tomados mayor consistencia tendrán los resultados pero si la toma de datos se refiere a un espacio temporal puntual solo se estará caracterizando el área (que puede ser de gran interés). Sin embargo para conocer la evolución del ecosistema se hace necesario el monitoreo continuo. En casos como las praderas herbáceas o lagunas temporales, la variabilidad intraanual (estacional) puede ser clave para entender sus ciclos biológicos. Sin embargo, para conocer la evolución de los bosques del presente son necesarios periodos de al menos esos 10 años citados.

En este sentido, en el marco del proyecto “Diseño de una infraestructura científica para monitorear la biodiversidad de bosques de Sierra Morena a distintas escalas espaciales” (proyecto BOSQUES) de la Universidad de Córdoba, se está estudiando la evolución en el tiempo de numerosos parámetros, bióticos y abióticos, tras aclarar diversas parcelas que contaban con una alta densidad de pinos (*Pinus*



pinaster Ait.).

2. Objetivos

El objetivo general del proyecto es garantizar la disponibilidad de los datos y la información de largo plazo de masas manejadas mediante aclareos y la posterior evolución de relevantes funciones ecosistémicas. Las actividades se centrarán en las capacidades, tecnologías e infraestructuras de datos en materia de observación y vigilancia de la Tierra, tanto a través de sensores remotos como de mediciones sobre el terreno de factores bióticos y abióticos, que pueden ofrecer continuamente información exacta y puntual, sobre la que se puedan elaborar previsiones y proyecciones. Se fomentará un acceso libre, abierto y sin trabas a la información y los datos interoperables. Las actividades contribuirán a definir futuras actividades operativas del Programa Europeo de Vigilancia de la Tierra (Copernicus) y a impulsar el uso de los datos de Copernicus para las actividades de investigación.

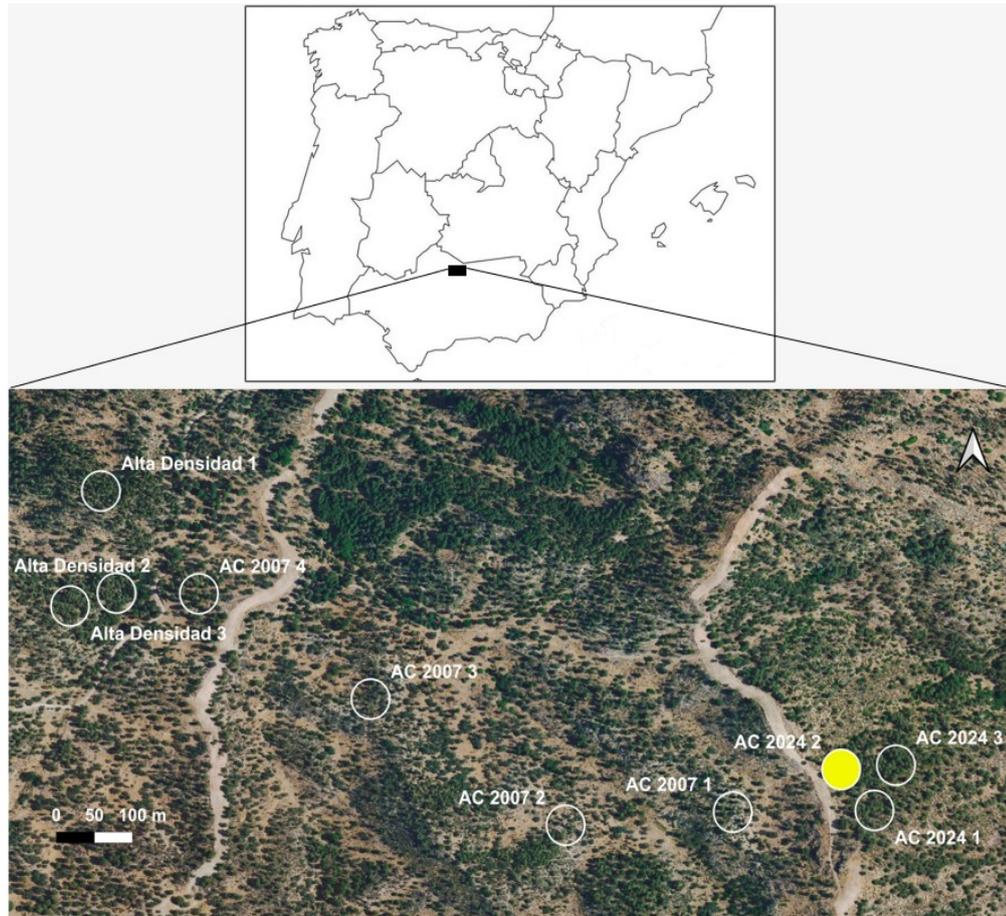
Como objetivos específicos del proyecto pueden destacarse 3 en particular:

1. Aprovechando los aclareos de plantaciones de pinos que se están llevando a cabo en buena parte de España, el proyecto BOSQUES tiene entre sus objetivos investigar y conocer la evolución temporal del funcionamiento ecosistémico y de la biodiversidad que se producen en este tipo de pinares tras su aclareo.
2. Analizar las variaciones y anomalías que se están ya empezando a producir en los ecosistemas mediterráneos como efecto del cambio climático e interrelacionarlas con el efecto de los aclareos.
3. Validar la eficacia y utilidad del monitoreo intensivo y a medio-largo plazo como potente herramienta de ayuda para la toma de decisiones, para los gestores de montes en particular y de ecosistemas forestales en general.

Como objetivo de esta comunicación, principalmente se pretende informar del inicio de este proyecto de largo recorrido y ofrecer unos primeros resultados de algunas de las técnicas empleadas de monitoreo ambiental.

3. Metodología

Para el estudio se han seleccionado 10 parcelas circulares de 25 m de radio localizadas en la vertiente cordobesa de Sierra Morena, en concreto en el monte público Vegueta del Fresno (MUP CO-10031-JA), en el término municipal de Cardeña, dentro del Parque Natural Sierra de Cardeña y Montoro. Desde un punto de vista geológico la zona se halla en pleno batolito de Los Pedroches, con sustrato base de granitos biotíticos porfídicos. La altitud de las parcelas oscila entre los 450 y 520 m. Bioclimáticamente se sitúan en el Mesomediterráneo inferior, con una precipitación media anual de unos 500 mm. Las 10 parcelas se han establecido sobre áreas cubiertas por plantaciones de pinos (con algunos ejemplares de *Pinus pinea* y *P. halepensis* pero principalmente *P. pinaster*). De éstas, 4 se aclararon en 2007, 1 en 2024 y las 5 restantes están sin aclarar (Figura 1).



*Figura 1. Localización del área de estudio y distribución de las 10 parcelas. En amarillo la parcela de *Pinus pinaster* AC-2024 2, analizada antes y después del aclareo de septiembre-2024. Alta densidad y AC 2024 1, parcelas sin aclarar. AC 2007, parcelas aclaradas en 2007. AC 2024 3, parcela aclarada en 2024 sin datos previos.*

Aunque con el paso del tiempo se irán incorporando nuevos objetivos de estudio, como la sensorización, la instalación de cámaras Phenocam, captadores de polen, esporas y de otros elementos aeronavegantes, se expone a continuación la metodología sobre los trabajos ya iniciados.

Se han recogido 15 muestras de suelo/parcela: 5 para densidad aparente de suelo, 5 para diversidad de microbiota y las 5 restantes para contenido de macro y micronutrientes y otros parámetros. Se recogió el suelo de 5 zonas seleccionadas al azar previa retirada de la hojarasca. Para la microbiota se tomó de la muestra de la parte superficial del suelo. Este análisis se externalizó, todos los demás se realizan en los laboratorios de los Dptos. de Edafología y de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias de la UCO. Para la densidad se ha optado por el método del cilindro de acero (toma de muestra con el mismo y posterior secado en estufa a 105 °C durante 48 horas y pesado para determinar su masa (BLAKE & HARTGE, 1986). Para nutrientes, textura y otros parámetros la muestra se tomó a



una mayor profundidad (de 5 a 15 cm). Los valores a obtener son: densidad, pH, conductividad eléctrica, humedad higroscópica, textura, materia orgánica, micronutrientes (Fe, Cu, Zn y Mn), macronutrientes (K, Mg, Ca y Na) y presencia de carbonato cálcico.

En cada una de las parcelas se realizó un inventario exhaustivo de las especies arbóreas (datos de ubicación respecto al centro de la parcela, diámetro y altura) y una identificación de la diversidad de especies arbustivas. En un área de 10 m de radio con respecto al centro de cada parcela se anotó el reclutamiento arbóreo, el número de árboles jóvenes (hasta 1,60 m de altura).

Se realizaron 3 transectos lineales, paralelos, trasversales a la pendiente, de 20 m de longitud y separados entre ellos por 10 m. Se recorrieron, metro a metro, con un marco portátil de 1 m², como marco de referencia. Estos transectos, diseñados para estimar la proyección de copa en vertical de las distintas especies arbóreas y arbustivas, también sirvieron luego para medir la altura de las especies del matorral, recolectar invertebrados del follaje arbustivo, medir el índice de área foliar (LAI) con un ceptómetro (LI-COR) y establecer los puntos para medir la profundidad del suelo.

Se realizaron 2 tipos diferentes de muestreo de microfauna. El primero sobre la microbiota, de la que se han tomado 5 muestras de suelo antes del aclareo y otras 5 después. Por otro lado, se han capturado, mediante aspiración, los invertebrados del follaje del matorral en los 3 transectos lineales a lo largo de un total de 60 m, también antes y después del aclareo.

Para conocer la riqueza y abundancia de mesofauna se colocaron cámaras de fototrampeo y grabadoras de sonido. Las cámaras son herramientas esenciales para el monitoreo de fauna silvestre, proporcionando datos muy valiosos en cuanto a presencia y comportamiento de especies sin la necesidad de intervención humana, facilitando así, obtener información sobre los animales sin interferir con su comportamiento, lo que es crucial para especies difíciles de observar (ROVERO & MARSHALL, 2009a). Las grabadoras permiten identificar y monitorizar especies que dependen del sonido para su comunicación, como aves, algunos mamíferos y anuros. Es particularmente útil para especies nocturnas o que se encuentran en zonas de vegetación densa donde su observación directa se complica. También aplica para conocer fenología de especies invernantes o estivales (aves migradoras) o especies que usan vocalizaciones en época reproductiva como los cérvidos (SMITH & JOHNSON, 2020). Con el uso combinado de cámaras y grabadoras a largo plazo, el objetivo es obtener datos sobre la presencia de especies, su fenología y evaluar índices de biodiversidad, comparando entre parcelas e identificando posibles diferencias o cambios según el grado de intervención, detectando posibles variaciones asociadas a las prácticas de manejo forestal. Se han colocado 3 cámaras de fototrampeo y 3 grabadoras de sonido. Las cámaras han sido configuradas, además de su fecha y hora actualizada correspondiente, para que hagan 2 fotos y 1 video de 10 segundos por cada detección. Se prioriza la calidad de los datos para minimizar redundancias y sesgos en los registros y maximizar la eficiencia en el manejo de gran volumen de datos.



(TOBLER *et al.*, 2008). Las grabadoras, se han programado para que hagan 2 grabaciones diarias de 30 minutos cada una. Como uno de los objetivos de las grabadoras es detectar avifauna por el canto, se han configurado para que lo hagan 30 minutos después del amanecer y 30 minutos antes del anochecer aprovechando la máxima actividad en aves. Se identificarán aves por su canto e igualmente se obtendrán diversos índices de biodiversidad, además de un análisis descriptivo.

Para conocer la biomasa arbórea y arbustiva, se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura de todos los árboles adultos de la parcela. La inclusión de un árbol adulto en la muestra se hizo de acuerdo con los criterios establecidos en los muestreos de las parcelas del inventario forestal nacional. Para estimar la biomasa de las distintas partes del árbol (copa, tronco y raíz) se usarán las ecuaciones alométricas específicas para cada especie (MONTERO *et al.*, 2005).

Por último, a través de la teledetección se explorarán las relaciones entre los servicios ecosistémicos derivados de las mediciones de campo con los datos de satélite (Sentinel-S2) junto con datos de suelo y terreno. Para ello se han realizado 2 vuelos con avioneta provista con cámaras hiperespectrales y térmica. Se seleccionará el modelo que mejor se ajuste a cada servicio ecosistémico, y se mapeará tanto a escala local como regional, lo cual ayudará a mejorar el seguimiento y la evaluación de cada servicio. Para ello, se usarán diferentes aplicaciones y software libre y de código abierto como InVEST o SOLVES. Los resultados de estos estudios de teledetección se irán publicando según vayan estando disponibles.

4. Resultados

De las 10 parcelas seleccionadas para el proyecto, en una de ellas (AC 2024 2) ya se ha producido el aclareo previamente programado por los servicios forestales de la Junta de Andalucía. El aclareo se ejecutó en septiembre de 2024. La parcela se muestreó el 21 de mayo de ese año y, tras el aclareo, de nuevo el 3 de octubre del mismo año. Aunque este proyecto es a largo plazo, los muestreos pre y post aclareo de esta parcela ya nos permiten ir esbozando unos primeros resultados aunque, obviamente, con tan poco tiempo han de tomarse con cautela.

La parcela hasta septiembre de 2024 contaba con una fracción cabida cubierta (FCC) estimada del 51,25% con una alta densidad de pinos (*P. pinaster*) cuyas copas eran las dominantes sobre el resto de especies leñosas. En total había 53 árboles, de los que 47 eran pinos con una altura media estimada de 21,2 m. De éstos se extraen 32 (un 68,1%), por lo que ahora sobreviven 15 pinos. Los 6 árboles restantes son 3 encinas (*Quercus ilex*), 2 madroños (*Arbutus unedo*) y 1 enebro (*Juniperus oxycedrus*), estas especies muestran una altura media muy inferior, próxima a 4,38 m (Tabla 1).

Tabla 1. Número de árboles, altura media y FCC de la parcela 2-2024 antes y después del aclareo.

Tabla resumen del resultado del aclareo de 2024								
Inventario preaclareo	21-05-2024			Inventario postaclareo 03-10-2024				
Nº arboles	Altura media (m)	FCC	(%)	Nº arboles	Altura media (m)	FCC	(%)	
Pinus pinaster	47	21,2	51,25	15	18,0	16,17		
Quercus ilex	3	3,7	3			3,7		
Arbutus unedo	2	4,8	2			4,8		
Juniperus oxycedrus	1	5,2	1			5,2		
53				21				

Tras el aclareo, además de la esperable reducción de la FCC, se reduce también ligeramente la altura media de los pinos pues los extraídos normalmente han sido los más altos. La FCC se sitúa ahora por debajo del 20%, límite para que una masa pueda considerarse como bosque o forestal. Con esta baja FCC se espera un mayor beneficio para las especies heliófilas y un perjuicio para las umbrófilas, si bien, la drástica reducción de competencia también podría beneficiar a estas últimas. En cualquier caso, es pronto para sacar conclusiones.

4.

a. Efectos del aclareo sobre el suelo.

La profundidad del suelo medida, con 9 puntos de muestreo, ha sido de una media de 77,77 cm (con máx. de 125 y min. de 51). La roca (granito) de forma muy puntual puede verse en superficie. Respecto a las características del suelo, ya se han obtenido los 17 valores objetivo de los análisis de los muestreos de suelo preaclareo, sin embargo, para el postaclareo solo se cuenta de momento con los de la densidad, el pH, la conductividad eléctrica y la humedad higroscópica (Tabla 2).

Tabla 2. Resumen del resultado de los análisis de suelos ya disponibles de antes y

después del aclareo. Se muestran los valores absolutos, la media y la desviación estándar (DE).

Tabla resumen del cambio edáfico tras el aclareo de 2024							
Nº de muestra	Densidad (g/cm ³)			PH	CE (dS/m)	Humedad higroscópica	
Parcela	2-2024.	Muestreada 21-5-2024	6	1,67	6,8	0,0134	0,0526
7	1,37	6,72	0,0218			0,0518	
8	1,63	6,71	0,0283			0,0566	
9	1,42	6,7	0,0259			0,0561	
10	1,54	6,56	0,0284			0,0504	
Media	1,53	6,70	0,0236			0,0535	
DE	0,13	0,09	0,0063			0,0027	
Parcela	2-2024. Muestreada 03-10-2024	21	1,55	6,81	0,0581		0,0694
22	1,33	6,87	0,0491			0,1013	
23	1,32	6,62	0,0660			0,0708	
24	1,40	6,59	0,0874			0,0955	
25	1,20	6,67	0,0402			0,0816	
Media	1,36	6,71	0,0602			0,0837	
DE	0,13	0,12	0,0180			0,0144	

Con tan poco tiempo transcurrido tras el aclareo (un mes) valores como la densidad, el pH y la humedad higroscópica no han variado significativamente. No obstante, llama la atención la conductividad eléctrica (CE). Durante el proceso de su análisis, siempre con el mismo conductivímetro, destacó la gran diferencia entre los resultados de las muestras pre y postaclareo. Para asegurar que las mediciones eran correctas se calibró regularmente el medidor y por tanto los resultados sí ofrecen una fiabilidad alta.

Pero si hay un elemento no estudiado que ha mostrado ser el de mayor peso en la alteración de las condiciones edáficas ha sido el impacto de las obras de aclareo. Prácticamente el 100% de la superficie del suelo de la parcela ha sido removido (ver comparativa entre las Figuras 2 y 3). La importancia de esta alteración de los perfiles edáficos superiores para la biodiversidad está aún por determinar. Pero lo

que si puede ya constatarse claramente es el inicio de procesos erosivos que no existían antes de las obras que, de no tomarse medidas, podrían incrementarse gravemente en el futuro dado que la parcela cuenta con una pendiente próxima al 60%.



Figura. 2. A . Aspecto general antes del aclareo, con hasta 15 especies arbustivas. Foto: José García Arnés. B. Aspecto general después del aclareo. En áreas con alta pendiente los trabajos de aclareo si no se ejecutan con precaución pueden generar serios procesos erosivos del suelo y pérdida de biodiversidad. Foto: Rafael Villar.

De momento y hasta que los suelos vuelvan a recuperar su vegetación natural, un elemento que puede ayudar a combatir la erosión es la necromasa. Inapreciable a simple vista en los transectos previos al aclareo y con valores muy altos después (24,88% de cobertura de suelo). Esta alta cobertura de necromasa procede tanto de los restos de los pinos extraídos como del matorral que se ha eliminado durante el proceso. Esta gran cantidad de residuos forestales generados por la extracción de pinos no es suficiente para frenar la erosión que se está produciendo, pero si contribuye al menos parcialmente a mitigarla.

4.

a. Efectos del aclareo sobre la flora y vegetación

Un efecto importante sobre los pinos supervivientes, que se manifiesta repetidamente por toda la geografía española (e.g. DEL RÍO *et al*, 2017) y que ha sido también observado, en la zona de las 4 parcelas que se aclaró en 2007 /Figura 4), es la masiva caída de pinos por el viento. Fenómeno que ocurre muy poco o nada antes de los aclareos. En la parcela AC 2024 2 más intensamente monitoreada (por tener datos de antes y después del aclareo) aún es pronto para comprobar este efecto.





Figura 4. Tras el aclareo y/o serias afecciones por plagas, el viento se convierte en un factor de selección natural al derribar a los pies más endebles. En casos extremos, la proporción de árboles caídos puede llegar a ser similar a la de los extraídos durante el aclareo. Foto: Jesús Charco.

Los inventarios de especies leñosas se hicieron antes y después del aclareo de 2024 pero aún no se han realizado los de las especies herbáceas, por lo que los resultados en este apartado son también de momento parciales. Además, como ya se dijo en el apartado anterior, el impacto de las obras ha sido muy alto no solo en cuanto a remoción del suelo en prácticamente toda la superficie de la parcela, sino que también han arrasado casi toda la vegetación preexistente no arbórea. El impacto del aclareo sobre la flora y vegetación tras el aclareo ha sido realmente negativo, de unas especies se han perdido la mayor parte de sus pies y otras han desaparecido por completo (Tablas 3 y 4).

Tabla 3. Resumen de los datos de FCC obtenidos de 3 transectos lineales de 20 m² cada uno (60 m² en total), antes y después del aclareo.

FCC expresada en % de las especies arbustivas, antes y después del aclareo							
Fecha muestreo	<i>Salvia rosmarinus</i>	<i>Daphne gnidium</i>	<i>Cistus ladanifer</i>	<i>Cistus albidus</i>	<i>Lavandula stoechas</i>	<i>Erica arborea</i>	<i>Quercus ilex</i>
21/05/2024	6,25	0,16	1,58	0,25	0,25	0,16	0,33
03/10/2024	2,25				0,25		

La FCC total del matorral se estimó antes del aclareo en un 9% y, después del aclareo, en un 2,5%. Se aprecia una clara reducción de cobertura de matorral. Además 5 de las 7 especies han desaparecido debido a las obras del aclareo. La inclusión de la encina (*Q. ilex*) se debe a que se consideran parte del matorral los árboles jóvenes menores de 2 m de altura que pudieran aparecer.

Tabla 4. Resumen de las alturas del matorral obtenidas de 3 transectos lineales de 20 m cada uno (60 m en total), antes y después del aclareo.

Altura de las especies arbustivas (cm), antes y después del aclareo de 5 individuos por especie							
Fecha muestreo	1	2	3	4	5	Media	
21/05/2024	<i>Salvia rosmarinus</i>	153	192	84	46	44	103,80
	<i>Cistus ladanifer</i>	43	68	138	194	175	123,60
	<i>Cistus albidus</i>	72	65	106	36	-	69,75

Daphne gnidium	76	46	-	-	-	61,00
Lavandula stoechas	56	-	-	-	-	56,00
Erica arborea	340	-	-	-	-	340,00
Quercus ilex	12	16	8	-	-	12,00
03/10/2024	Salvia rosmarinus	76	84	74	-	78,00
Cistus albidus	44	-	-	-	-	44,00

La altura media de las especies de matorral se ha visto reducida pero no por ser recortada ni natural ni artificialmente, sino por la desaparición de numerosos ejemplares. Durante los transectos lineales de un total de 60 m se medía la altura de un máximo de 5 especies y, algunas tan comunes como el romero (*Salvia rosmarinus*) o la jara (*Cistus ladanifer*), tras el aclareo se enrarecen hasta el punto de que tras el aclareo solo se encuentran 3 ejemplares (romero) o ninguno (jara). En las tablas 4 y 5 aprecia como 5 de las 7 especies, desaparecen tras el aclareo.

4.

a. Efectos del aclareo sobre la fauna.

Se han realizado ya los muestreos de microfauna, en concreto de la microbiota (microfauna, algas, hongos, etc.) y de los invertebrados del follaje del matorral, capturados mediante aspiración. Pero la determinación de las numerosas y a veces poco conocidas especies que la componen necesita tiempo para su correcta determinación. Los resultados de estos muestreos estarán disponibles en los próximos meses.

La mesofauna ha sido seguida con cámaras de fototrampeo y grabadoras. Hasta el momento se ha realizado un breve análisis descriptivo de las cámaras que consiste en las especies registradas, números de eventos y total de individuos registrados (Tablas 5, 6 y 7). En las siguientes tres tablas pueden verse los resultados, divididos por cámara y periodo de muestreo, con las especies que han ido apareciendo desde finales de mayo de 2024 hasta mediados de diciembre del mismo año.

Tabla 5. Resultados fototrampeo de mesofauna de la Cámara 1 divididos por periodos de captura. Periodo 1: 21-5-2024 al 31-5-2024. Periodo 2: 31-5-2024 al 24-9-2024. Periodo 3: 24-9-2024 al 16-12-2024.



Cámara 1. Zona aclarada en 2024			
Periodo	Especie	Eventos	Nº Individuos
1	Sciurus vulgaris	1	1
	Columba palumbus	1	1
	Alectoris rufa	2	2
2	-	-	-
3			

Tabla 6. Resultados fototrampeo de mesofauna de la Cámara 2 divididos por periodos de captura. Periodo 1: 21-5-2024 al 31-5-2024. Periodo 2: 31-5-2024 al 24-9-2024. Periodo 3: 24-9-2024 al 16-12-2024.

Cámara 2. Zona aclarada en 2007			
Periodo	Especie	Eventos	Nº Individuos
1	Cervus elaphus	9	12
2	Cervus elaphus	75	84
	Dama dama	7	8
	Sus scrofa	31	46
	Columba palumbus	1	1
	Vulpes vulpes	1	1
3	Cervus elaphus	219	305
	Dama dama	5	6
	Sus scrofa	30	37
	Vulpes vulpes	1	1

Tabla 7. Resultados fototrampeo de mesofauna de la Cámara 3 divididos por periodos de captura. Periodo 1: 21-5-2024 al 31-5-2024. Periodo 2: 31-5-2024 al 24-9-2024. Periodo 3: 24-9-2024 al 16-12-2024.

Cámara 3. Zona de alta densidad (sin aclarar)			
Periodo	Especie	Eventos	Nº Individuos

1	Cervus elaphus	10	12
	Sus scrofa	1	1
	Vulpes vulpes	1	1
2	Cervus elaphus	43	49
	Sus scrofa	32	42
3	Cervus elaphus	235	348
	Dama dama	1	1
	Sus scrofa	107	157
	Canis familiaris	1	1

En el caso del suelo, la flora, la vegetación, y su microfauna asociada, el impacto del aclareo si puede implicar algunos cambios importantes apreciables a corto plazo, pero para la mesofauna, a pesar de que pueda parecer que hay ciertas tendencias, es necesario un seguimiento a más largo plazo para poder sacar conclusiones.

Se sigue trabajando, sobre el terreno y con teledetección (ya se han realizado 2 vuelos con cámaras hiperespectrales y térmica) y en breve se podrán ir ofreciendo muchos más datos sobre los efectos del aclareo. Todos los datos que genere el proyecto serán públicos, de acceso libre, abierto, sin trabas a la información y los datos interoperables.

5. Discusión

Dada la problemática ambiental asociada a las plantaciones de pinos de alta densidad suele haber consenso de que es positivo su aclareo, máxime si lo que se pretende a largo plazo es la renaturalización del monte o, dando un paso más, la recuperación del bosque autóctono. Este tipo de actuaciones (regímenes de claras) pueden servir para simular perturbaciones naturales que a su vez incrementen la renaturalización y restauración de procesos ecológicos. Los datos hasta ahora obtenidos, un mes después de un primer e intenso aclareo, no son determinantes para poder confirmar el pretendido beneficio ambiental de este tipo de actuaciones, pero si dejan ya entrever algunos aspectos importantes.

Poco después del aclareo de 2007, en toda la zona aclarada (incluyendo las 4 parcelas de este proyecto), se produjo una masiva caída de pinos (previamente debilitados por plagas) provocada por el viento. Es este un fenómeno ya conocido en el mundo forestal, principalmente producido tras los aclareos. Los pinos al haber crecido en densidades muy altas crecen aceleradamente en altura con troncos desproporcionadamente altos y delgados con respecto a su pequeña copa.



Mientras crecen muy densos las corrientes de aire pasan sobre sus copas, que forman una masa casi uniforme, pero tras el aclareo quedan aislados y un viento con cierta intensidad golpeando lateralmente su copa, puede derribarlos con relativa facilidad. La relación entre el diámetro del tallo y la altura del árbol tiene un fuerte efecto en la resistencia al viento (CREMER *et al.*, 1982). Los pinos que crecen en alta densidad son más propensos a caídas y roturas debido a su extrema esbeltez (e.g. TELEWSKI, 1995, BONNESOEUR *et al.*, 2016). Tras el aclareo los pinos ya no necesitan crecer en altura pues pueden captar la luz solar por todo el contorno de su copa, crecerán en anchura y reducirán considerablemente su velocidad de crecimiento en altura. Pasadas unas décadas el pino será más robusto y menos estilizado, pero hasta entonces será muy susceptible de ser derribado por el viento. La caída de estos pinos no ha de ser necesariamente negativa para el ecosistema pues se terminarán descomponiendo en el suelo, añadiéndole estabilidad y nutrientes.

Sobre los cambios en las características físico-químicas del suelo tras el aclareo, estudiado en la parcela 2-2024, lo más significativo de los parámetros con que ya se cuenta, de resultados de los análisis, ha sido el cambio en la conductividad eléctrica (CE). Esto podría explicarse tanto por la remoción del suelo y pérdida de cubierta vegetal (que detiene la absorción de nutrientes) como al aumento de temperatura del suelo tras haber estado soportando intensas olas de calor durante el verano (rachas de varios días consecutivos con temperaturas superiores a 40° C. Una CE demasiado alta (y alta salinidad) puede dificultar el desarrollo de la vegetación, pero aquí, en cualquier caso, los valores están por debajo de 1 y por tanto parecen poco preocupantes.

Un efecto importante del aclareo ha sido la alteración de los perfiles superficiales del suelo en prácticamente el 100% del monte aclarado. Con las primeras lluvias del otoño se han iniciado procesos erosivos antes inexistentes. De forma intencionada para facilitar los trabajos, o accidental, no solo se ha removido el suelo, sino que también se ha arrasado con la casi totalidad de la vegetación herbácea y arbustiva. Los trabajos de corta y extracción de los pinos deberían realizarse con el máximo respeto a los suelos y vegetación natural que es al fin y al cabo lo que se pretende mejorar con estos aclareos para renaturalizar los montes. En este caso ha sido particularmente grave el impacto causado a suelos y vegetación, pero con unos suelos relativamente sueltos, arenosos y una pendiente que ronda el 60%, hay que reconocer que es complicado no dañarlos. En estos casos, con pendientes tan pronunciadas, habría que emplear métodos de extracción lo menos lesivos posible para suelos y vegetación y, en casos extremos, incluso replantearse si merece la pena la extracción de la madera tras la corta.

La FCC del matorral era baja antes del aclareo (9%) y casi desaparece después (2,5%). De las 7 especies del matorral, 2 se enrarecen y el resto desaparece. Aparte de la cobertura de suelo perdida también la zona pierde valor para la fauna y entre esta para, por ejemplo, los polinizadores.

Dado el reciente inicio del proyecto los resultados ya disponibles y “operativos” son pocos y han de tomarse con precaución. Este es el caso claramente de la



mesofauna. Los datos de momento solo están sirviendo para empezar a conocer la presencia más o menos habitual de las especies locales.

La cámara colocada en la zona del aclareo de septiembre-2024 tan solo estuvo puesta 10 días antes de comenzar los trabajos, por lo que apenas existen datos del estado anterior en cuanto a biodiversidad se refiere. Una vez terminados los trabajos se reinstala la cámara y desde entonces no ha habido ningún evento registrado, lo que puede indicar, que dichos trabajos afectan considerablemente a la fauna de la zona, haciendo que se desplace a otros lugares más “tranquilos” durante un tiempo aún por verificar en el futuro. Pero en los 10 días previos al aclareo, tampoco hay muchos registros lo que puede mostrar que, independientemente de los trabajos, podría tratarse de una zona pobre de alimento y/o de escaso tránsito por lo que apenas es frecuentada por casi ninguna especie. Habrá que esperar más tiempo para ver como evoluciona en el futuro.

Con respecto al monitoreo de las otras dos zonas, llama la atención la cantidad de ungulados (*Cervus elaphus*, *Dama dama*, *Sus scrofa*) existentes en contrapartida, por ejemplo, del escaso número de mesocarnívoros detectados, siendo tan solo 3 zorros (*Vulpes vulpes*). Escasa o nula presencia de conejo (*Oryctolagus cuniculus*), donde además de no obtener registros en las cámaras, apenas hemos visto rastro de excrementos, rascaduras, huellas o madrigueras, lo que podría justificar la casi ausencia de las especies anteriormente señaladas. Influye que los ungulados tienden a ser los grupos más frecuentemente captados debido a su tamaño corporal y patrones de movimiento, lo que facilita su detección por sensores de movimiento, en comparación con pequeños mamíferos o especies crípticas (e.g. ROVERO & MARSHALL, 2009b).

Un aspecto importante observado, es que la fenología reproductiva del ciervo ha mostrado patrones de asincronía. Se han observado crías de muy corta edad (de días) en periodos que abarcan de mayo a noviembre, lo que evidencia una falta de sincronización marcada en el celo de esta especie. Por otro lado, los registros de machos persiguiendo a hembras y emitiendo berridos, comportamientos característicos del periodo de celo, se extienden desde finales de agosto hasta casi finales de diciembre (con menos intensidad, pero existente). Este comportamiento, lejos de ser un caso aislado, parece ser una tendencia generalizada en la población de la zona general de estudio. La prolongación del periodo reproductivo podría estar asociada a variaciones en factores ambientales, como la disponibilidad de recursos, así como a la densidad poblacional o estructura social de esta especie. Estos resultados sugieren una plasticidad fenológica que permite a la especie adaptarse a diferentes condiciones ecológicas, aunque con posibles implicaciones en la sincronización del parto y la supervivencia de las crías. (CLUTTON-BROCK *et al.*, 1982).

Aunque en el corto plazo pueden obtenerse algunos resultados y conclusiones válidas, como norma se constata, una vez más, la importancia y necesidad de estudios multidisciplinares, con análisis multiparamétricos y a largo plazo para poder obtener datos suficientemente útiles para entender los complejos procesos ecológicos y forestales. Es necesario seguir estudiando a medio y largo plazo para



empezar a comprender el impacto real del aclareo de plantaciones de alta densidad sobre suelos, flora, vegetación, fauna y demás funciones ecosistémicas propias de los bosques. Este tipo de estudios son cada vez más necesarios y están más que justificados. En la actualidad, hay unas 4.000.000 ha de plantaciones de pinos y eucaliptos en España y la progresiva renaturalización de estas masas monoespecíficas es tendencia en las políticas ambientales europeas y nacionales (e.g. Nueva Estrategia de la UE en favor de los Bosques para 2030). Abordar la transformación basándose en criterios científicos, ayudará a minimizar impactos negativos y aumentar la resistencia y resiliencia de los nuevos bosques frente a los retos del cambio climático. Entre estos criterios destaca el monitoreo a largo plazo de la evolución de los suelos y la biodiversidad, para comprender el nuevo modelo de transición forestal que se impone ante los retos que plantea el aumento de las temperaturas y los extremos climáticos, cada vez más frecuentes e impactantes.

6. Conclusiones

No puede pretenderse extraer conclusiones rápidas de un proceso de perturbación ambiental, como es un intenso aclareo de un pinar, que elimina un 68% de sus árboles. Sin embargo, a pesar de la juventud de este proyecto BOSQUES se presentan aquí y se discuten los primeros resultados pues algunos de ellos sí que pueden servir ya de ayuda a los responsables de este tipo de actuaciones. Pero, aun así, en esta comunicación, primera del proyecto, más que ofrecer una amplia serie de resultados, de los que aún apenas se dispone, lo que se pretende es poner el foco en la metodología de estudio y diseño experimental para este tipo de perturbaciones. Así, en primer lugar, se propone disponer de una completa caracterización del medio abiótico y biótico antes del aclareo, para poder luego comparar con el antes y el después. En segundo lugar, también es importante disponer de parcelas testigo cerca, de pinares sin aclarar, para poder realizar un seguimiento a largo plazo comparable. Es decir, si una intensa y prolongada sequía elimina a numerosas especies de la zona aclarada, a los 5 años del aclareo, podrá pensarse, por ejemplo, que ha sido efecto de la sequía o de ésta y el aclareo actuando juntos, pero estará el pinar no aclarado para comparar y saber qué es lo que realmente está pasando. Por tanto, el buen diseño experimental y una subsecuente metodología plurianual de seguimiento de, al menos 10 años, son necesarios para extraer conclusiones que permitan gestionar de la forma más eficaz posible la renaturalización de los montes.

7. Agradecimientos

Esta publicación se enmarca en el proyecto “Diseño de una infraestructura científica para monitorear la biodiversidad de bosques de sierra morena a distintas escalas espaciales”, promovido por la Universidad de Córdoba y cofinanciado por la Administración de la Junta de Andalucía, con código de expediente BIOD22_00033_21_PPCB, y por la Unión Europea a través de los fondos NextGenerationEU del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. En su desarrollo cabe destacar la colaboración del director del P.N. Sierra de Cardeña y Montoro, Pedro Torres, así como que siempre y con agrado facilitan el trabajo de campo.



8. Bibliografía

- ALRABABAH, MA.; ALHAMAD, M.A.; SUWAILEH, A. & AL-GHARAIBEH, M. 2007. Biodiversity of semi-arid Mediterranean grasslands: impact of grazing and afforestation. *Appl. Veg. Sci.* 10:257–264.
- ANDRES, C. y OJEDA, F. 2002. Effects of afforestation with pines on woody plant diversity of Mediterranean heathlands in southern Spain. *Biodivers. Conserv.* 11:1511–1520.
- ANUARIOS DE ESTADÍSTICA AGRARIA, 1940-1999.
- <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/default.aspx>.
- ARTIOLA, J.F.; PEPPER, I.L. & BRUSSEAU, M.L.; 2004. Environmental monitoring and characterization. Elsevier Academic Press. 410 pp. Amsterdam, Boston y otras.
- BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. 1986. Bulk Density. *In: A Klute (ed). Methods of soil analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods.* 363-375. *Am. Soc. Agron. and Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, Wisconsin, USA.
- BONNESOEUR, V.; CONSTANT, T.; MOULIA, B. & FOURNIER, M. 2016. Forest trees filter chronic wind-signals to acclimate to high winds. *N. Phytol.*, 210: 850-860.
- BOSCH y JULIÁ, M. 1866. Memoria sobre la inundación del Júcar en 1864. Impreso de Real Orden. Imprenta Nacional. Madrid. 424 pp.
- CLUTTON-BROCK, T.H.; GUINNESS, F.E. & ALBON, S.D. 1982. Red deer: Behavior and ecology of two sexes. *University of Chicago Press.* 400 pp. Chicago.
- CONEXIÓN COP. 2017. Millones de árboles de Granada y Almería sucumben al cambio climático. La proliferación de plagas está provocando la muerte masiva de pinos. <https://conexioncop.com/millones-de-arboles-de-granada-y-almeria-sucumben-al-cambio-climatico/>
- CREMER, K.W.; BOROUGH, C.J.; MCKINNELL, F.H. & CARTER, P.R. 1982. Effects of stocking and thinning on wind damage in plantations. *N. Z. J.Sci.*, 12: 244-268.
- DEL RÍO, M.; BRAVO, J.; PRETZSCH, H.; LÖF, M. & RUIZ-PEINADO, R. 2017. A review of thinning effects on Scots pine stands From growth and yield to new challenges under global change. *Forest systems*, 26(2): 1-19.
- DIARIO DE SEVILLA, 2024. La Junta culpa a la sequía como causa principal de la muerte de pinos en Doñana. https://www.diariodesevilla.es/andalucia/Junta-sequia-principal-muerte-Donana_0_1881712811.html
- DÍAZ, B. 2024. La sequía se ceba con los montes de la Región y acaba con 360.000 pinos. Diario La Opinión. <https://www.laopiniondemurcia.es/comunidad/2024/09/09/sequia-ceba-montes-region-acaba-107901320.html>
- DÍAZ, M.; CARBONELL, R.; SANTOS, T. y TELLERÍA J.L. 1998. Breeding bird communities in pine plantations of the Spanish plateaux: biogeography landscape and vegetation effects. *Journal of Applied Ecology.* 35: 479-619.
- GUIJARRO, M.; HERNANDO, C.; PEREZ-GOROSTIAGA, P.; VEGA, J.A.; FONTURBEL, T.; DIEZ, C.; MARTINEZ, E. y MADRIGAL, J. 2001. Inflamabilidad de la hojarasca de diferentes especies forestales: influencia de la humedad y de la densidad aparente del combustible. *Libro de actas del III Congreso Forestal Español.* Sociedad



Española de Ciencias Forestales.

HEREDIA, J. 2024. Trabajo contrarreloj para frenar la muerte masiva de pinos en Málaga: estas son las causas. Diario Sur.

<https://www.diariosur.es/malaga-capital/trabajo-contrarreloj-frenar-muerte-masiva-pinos-malaga-20241017002433-nt.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>

KRAPIVIN, V.F. & SHUTKO, A.M.; 2012. Information Technologies for Remote Monitoring of the Environment; Springer/Praxis. 498 pp. Chichester.

LINNDENMAYER, D. & LIKENS, G.; 2018. Effective ecological monitoring. CSIRO Publishing. 224 pp. Clayton South.

MONTERO, G.; RUIZ-PEINADO, R. y MUÑOZ, M. 2005. Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles. *Monografías INIA: Serie Forestal* nº 13. 270 pp. Madrid.

RASMUSSEN, L.V. & JEPSEN, M.R. 2018. Monitoring systems to improve forest conditions. *Current Op. Env. Sust.* 32: 29-37.

REAL DECRETO 6/2001, de 12 de enero, sobre fomento de la forestación de tierras agrícolas. BOE nº. 12, de 13 de enero de 2001: 1621-1630.

REGLAMENTO (CEE) núm. 2080/92 del Consejo, de 30 de junio de 1992, por el que se establece un régimen comunitario de ayudas a las medidas forestales en la agricultura. DOCE nº. 215, de 30 de julio de 1992: 96-99.

ROMERO-ALCARAZ, E. y ÁVILA, J.M. 2000. Landscape heterogeneity in relation to variations in epigeic beetle diversity of a Mediterranean ecosystem. Implications for conservation. *Biodiversity and Conservation* 9: 985–1005.

ROVERO, F. & MARSHALL, A.R. 2009a. Camera trapping for wildlife research. *Current Trends in Wildlife Research*, 19: 65-70.

ROVERO, F. & MARSHALL, A.R. 2009b. Camera trapping photographic rate as an index of density in forest ungulates. *Journal of Applied Ecology*, 46(5): 1011–1017.

ROYLE J.A. & NICHOLS, J.D. 2003. Estimating abundance from repeated presence–absence data or point counts. *Ecology*. 84(3): 777-790.

SMITH, J. & JOHNSON, R. 2020. Acoustic monitoring in wildlife research: Applications and methods. *Journal of Wildlife Studies*, 45(3): 123-145.

TELEWSKI, F.W. 1995. Wind-induced physiological and developmental responses in trees. En COUTTS, M. & GRACE, J. *Wind and Trees*, Cambridge University Press: 237 - 263

TOBLER, M.W.; CARRILLO-PERCASTEGUI, S.E.; LEITE, R.; MARES, R. & POWELL, G. 2008. An evaluation of camera traps for inventorying large- and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation*, 11(3): 169–178.