

EVOLUCIÓN VEGETAL DEL PUERTO DE SANTA OROSIA Y SU RESPUESTA A LAS QUEMAS PRESCRITAS DE MATORRAL

Noel CITOLER¹

RESUMEN.— La matorralización es uno de los procesos que mayor impacto están teniendo en las áreas del Pirineo y el Prepirineo aragonés, consecuencia del descenso de la población rural y de la cabaña ganadera. La quema prescrita de matorral de *Echinopartum horridum* se plantea como una solución a este problema. El análisis de la vegetación y las dinámicas naturales que han provocado la densificación de las áreas de matorral y arbolado, así como su comportamiento tras la realización de las quemas prescritas, se consideran aspectos de especial interés a la hora de proteger los montes. Los resultados verifican que la recuperación del pasto tras el fuego, junto con una mayor colonización del matorral, va poniendo en duda la efectividad de su uso sin ninguna actuación simultánea.

ABSTRACT.— The scrubbing is one of the processes with the greatest impact in the Aragonese Pyrenees and Pre-Pyrenees areas, as a consequence of the decline of rural population and livestock. The prescribed burning of *Echinopartum horridum* scrub is proposed as a method to solve this issue. The analysis of vegetation and natural dynamics that have caused the densification of the scrub and tree areas, and their behavior after completing the prescribed burns, are considered as critical points to protect the forests. The results confirm that the recovery of the grass after the fire, together

Recepción del original: 11-11-2019

¹ Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 Huesca. noel.citoler@gmail.com

with the greater colonization of the scrub, lead to question the effectiveness of the use of fire without any simultaneous action.

KEYWORDS.— Natural dynamics. Prescribed fire. *Echinopartum horridum*. Pasture. Pyrenees (Aragón, Spain).

INTRODUCCIÓN

La ganadería ha tenido históricamente un papel esencial en España. El territorio se explotaba de manera extensiva por cabañas ganaderas familiares de forma trashumante, aprovechando diferentes espacios que se alternaban según el periodo del año. Los puertos pirenaicos, las praderas de fondo de valle, los barbechos agrícolas, las riberas de los ríos y los montes comunales han alimentado al ganado español durante siglos (MONTSERRAT, 1981; LASANTA, 1989a; VICENTE-SERRANO, 2001).

Desde finales del siglo XIX hasta la actualidad, especialmente durante el siglo XX, se llevan a cabo numerosos movimientos de población en los pueblos pirenaicos. La comarca del Alto Gállego, al igual que el resto de las comarcas pirenaicas oscenses, también se ve afectada por el proceso de éxodo rural que se lleva a la población de los pueblos a las ciudades. Los vecinos de estas comarcas, dedicados tradicionalmente al desempeño de actividades del sector primario como la agricultura, la ganadería y la explotación forestal, abandonan sus localidades y los espacios que ocupaban.

Como consecuencia del descenso de la población rural, que aprovechaba los recursos naturales en los espacios pirenaicos y prepirenaicos (especialmente los pastos para la alimentación del ganado y los recursos madereros para venta, combustible y construcción), se produce un descenso de las cabañas ganaderas que se alimentan en los puertos y en los montes. Al reducirse la población, las necesidades de producción alimentaria se reducen, lo que favorece el abandono y el descenso de la presión sobre los espacios menos apropiados para el aprovechamiento agroganadero, además de la concentración de las actividades de un modo más intensivo en los mejores puertos para el ganado y los fondos de los valles para la alimentación humana. Por lo tanto, este descenso de la presión ganadera acelera el proceso natural de sucesión vegetal y favorece los cambios en la estructura de los montes y los puertos, perdiéndose así la cultura del pastoreo y los vestigios de

los modos de vida ancestrales (MONTSERRAT, 1968, 1979 y 1981; LASANTA, 1989a; VICENTE-SERRANO, 2001; GARCÍA RUIZ y LASANTA, 2018).

Los cambios en las cubiertas vegetales, en las zonas en las que tradicionalmente han existido pastos y han estado dominadas por herbáceas, se denominarán a lo largo de este artículo *proceso de matorralización*. Este proceso se define como el aumento en cobertura, densidad y biomasa de las plantas leñosas autóctonas sobre los espacios de pasto (MONTSERRAT y cols., 2017).

En este proceso de matorralización son protagonistas los matorrales de erizón, también conocidos en otros espacios como *alizón* o *arizón* (*Echinopartum horridum*). El descenso de la presión ganadera permite que esta planta descienda desde sus hábitats primarios, que se caracterizan por ser crestas y laderas pedregosas con poca profundidad de suelo, a los llanos y espacios de pasto aprovechados y gestionados tradicionalmente por el ganado y los pastores (BADÍA y cols., 2017).

La falta de registro, de localización, de normativas y de planes de actuación para las extensas áreas pirenaicas y prepirenaicas donde habitualmente se ha llevado a cabo una gestión tradicional de los recursos naturales a todos los niveles por parte de los habitantes locales, expone a una gran parte del territorio oscense a observar la densificación de los montes y los puertos sin control por el abandono de las prácticas usuales ganaderas (LASANTA, 1989a; ALADOS y cols., 2011).

Conocido el problema, las alteraciones que generan los procesos de despoblación en el medio natural y las actuaciones de quemas prescritas realizadas por el Gobierno de Aragón en zonas concretas del puerto de Santa Orosia (Yebra de Basa) donde el matorral avanzaba a gran velocidad colonizando los pastos, se tenía un escenario con las condiciones y las variables necesarias para desarrollar un estudio en esta línea de trabajo planteada.

El seguimiento de las quemas puede permitir conocer la eficacia de estas prácticas, establecer si es necesario plantear métodos de trabajo diferentes o seguir la misma línea de gestión proactiva, con el objetivo final de alcanzar una gestión eficiente de los recursos naturales en los términos de los pueblos del Pirineo y el Prepirineo. Esta gestión eficiente es la que debe contribuir positivamente en el ámbito socioeconómico y ambiental, favoreciendo

desde el mantenimiento de la población y el aprovechamiento de los recursos naturales de los pueblos, hasta la reducción del riesgo de incendio por reducción de la cantidad de biomasa, al mismo tiempo que se mantiene el componente cultural de los usos tradicionales de los puertos y se preservan los paisajes (CANCER, 1995; LASANTA y ERREA, 1997; VICENTE y cols., 2000a; ALDEZÁBAL, 2001; VICENTE-SERRANO, 2001; SARDAÑA y REINÉ, 2015; GARTZÍA y cols., 2016; BADÍA y cols., 2017).

La matorralización de espacios emblemáticos de la comarca como es el puerto de Santa Orosia amenaza con homogeneizar el territorio, eliminando el componente cultural de siglos de tradición de pastoreo y el paisaje resultante de este uso (CANCER, 1995). Este proceso y su alteración natural con la pérdida de carácter de los espacios pirenaicos se plantean como una amenaza al gran desarrollo que se ha llevado a cabo del sector servicios en esta comarca, donde destacan el turismo y las actividades de ocio y descanso (CANCER, 1995; ALDEZÁBAL, 2001).

Numerosa bibliografía muestra los resultados de estudiar los pastos del Pirineo y su evolución, con una gran producción científica en diferentes disciplinas, pero destaca la generada por la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos a través de su revista *Pastos*, y son abundantes los estudios en lugares de especial interés como el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (PNOMP).

Las características de Ordesa lo convierten en un enclave destacado por su interés turístico, cultural y científico, además de la importancia que tiene socioeconómicamente para las localidades que lo rodean. La cercanía del PNOMP a la zona de trabajo de este estudio (25 kilómetros sobre el plano) permite plantear patrones similares de comportamiento vegetal, ya que en la bibliografía consultada de este sector pirenaico se estudia la matorralización y las variaciones en la vegetación, entre otros aspectos (ALDEZÁBAL, 2001; ALADOS y cols., 2011 y 2016; MONTSERRAT y cols., 2017).

Pero, en este contexto, también encontramos trabajos de estudio de la evolución a escala de valle, como los de Aísa (LASANTA y cols., 2010), Boráu (VICENTE y cols., 2000a y 2000b; VICENTE-SERRANO, 2001; LASANTA y cols., 2000), Broto, Gistaín o Bestué (LASANTA, 1989b; MANRIQUE y REVILLA, 2011), o la ecogeografía de toda la comarca del Alto Gállego (CANCER, 1995), que permiten contextualizar las dinámicas y los aspectos de uso y

aprovechamiento. Y existen algunos que ponen su enfoque en el área de estudio de este artículo, en concreto en el término de Yebra de Basa (SARDAÑA y REINÉ, 2015; BADÍA y cols., 2017; GÓMEZ y cols., 2018).

Para toda la cordillera pirenaica en su vertiente española también encontramos numerosa bibliografía que trata sobre la evolución de los usos del suelo, las dinámicas ganaderas, los aprovechamientos tradicionales y los cambios que se han llevado a cabo en distintos puntos (PUIGDEFÁBREGAS y FILLAT, 1986; MONTSERRAT, 1979; BIELZA DE ORY, 1993; MÉTAILIÉ, 2006; GARCÍA-RUIZ y cols., 2015; GARTZÍA y cols., 2016; LASANTA y cols., 2017); algunos trabajos abordan en detalle el estudio de las comunidades de erizón (MONTSERRAT y cols., 1984; BADÍA y cols., 2017; GÓMEZ y cols., 2018) y otros se centran en la quema y el desbroce de matorral (BAEZA y cols., 2005; ZEA y cols., 2007; DOPAZO y cols., 2012; BADÍA y cols., 2014), la comparación entre quema y desbroce en los cercanos montes de Tella (ALADOS y cols., 2018) o la respuesta del suelo al paso del fuego (ARMAS-HERRERA y cols., 2016; GIRONA y cols., 2018).

Todos estos trabajos presentan un nexo de unión común: la existencia, el avance y la capacidad de colonización de los matorrales de *Echinopartum horridum* sobre los pastos y los espacios donde históricamente se realiza una actividad de pastoreo, así como los modos de gestión tradicional de los puertos con uso del fuego.

En este contexto se sitúa este artículo, dentro de una temática con una tradición amplia en su estudio, como hemos podido ver, pero sin embargo afrontándola desde nuevas perspectivas, generadas, por un lado, por la aparición de nuevas políticas de gestión del territorio y al mismo tiempo por la disponibilidad de nuevos enfoques favorecidos por las nuevas tecnologías, que permiten la obtención de imágenes de mayor detalle y precisión para la cartografía.

La experiencia y la historia del pastoreo en los montes y los puertos altoaragoneses reflejan que la realización de quemas para el control de matorral era una actuación que se repetía de manera periódica sobre el territorio (MONTSERRAT, 1978 y 1979). Las nuevas figuras de protección, que abarcan diferentes espacios, presentan un reto a la hora de preservar el equilibrio entre actividades ganaderas tradicionales (pastoreo de carácter

extensivo), conservar el paisaje modelado por el hombre y la componente cultural que esto conlleva.

El objetivo de partida de este artículo es analizar los procesos de colonización y de densificación de las masas de matorral y de arbolado en el entorno de la ermita de Santa Orosia, en la localidad de Yebra de Basa, desde el año 1945 hasta la actualidad, mediante el análisis cartográfico de fotografías aéreas e imágenes de satélite. Con esta base, que nos permite contextualizar los cambios a nivel general, se podrían destacar los siguientes objetivos: cuantificar y localizar espacialmente los diferentes procesos de colonización y de densificación de matorral y de arbolado, y representarlos en cartografía; analizar la dinámica vegetal a detalle tras las quemas de erizón, y evaluar la eficacia de las quemas prescritas realizadas con el objetivo de controlar el matorral y recuperar el pasto. Además, se plantea la formulación de propuestas que posibiliten una gestión eficiente del entorno de Yebra de Basa, con una repercusión socioeconómica y ambiental directa, y establecer directrices que permitan extrapolar los resultados de este estudio a otras áreas pirenaicas afectadas por la matorralización.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área donde se desarrolla este estudio es el puerto de Santa Orosia. Se ubica en el extremo norte de la localidad a la que pertenece en su mayoría, Yebra de Basa, aunque también abarca superficies de Sabiñánigo en el sector occidental (fig. 1). Este espacio se localiza en la mitad sur de la comarca del Alto Gállego, una de las cuatro comarcas altoaragonesas que hacen de frontera con el país galo, limitando al este con el Sobrarbe y al oeste con la Jacetania. La localidad presenta una clara tendencia a la despoblación desde principios del siglo xx (INE). Este proceso de éxodo rural y el consiguiente descenso de la cabaña ganadera son elementos que tendrán una afección directa sobre el fenómeno de matorralización.

El puerto de Santa Orosia presenta altitudes que rondan desde los 1400 a los 1900 msnm, con la máxima altitud en el pico Oturia (1921 m). En cuanto a las características litológicas y estructurales, predominan los conglomerados masivos en el extremo norte del sinclinal de Basa, constituido por calizas y areniscas procedentes del *flysch*, donde se localiza la

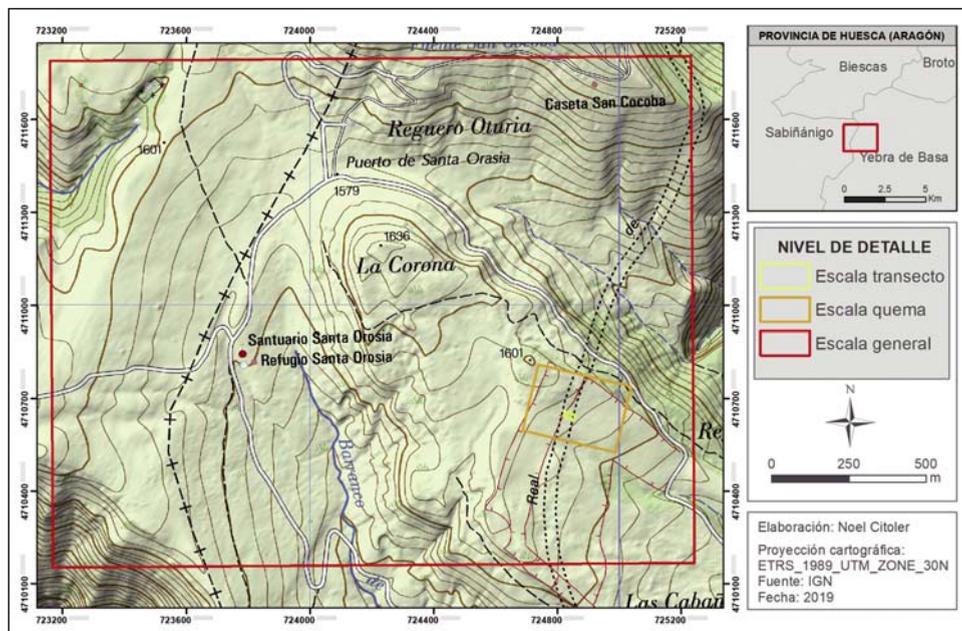


Fig. 1. Mapa de localización del área de estudio.
Base topográfica IGN 1 : 25 000, hoja 210.

zona de estudio en el puerto de Santa Orosia (SOLER-SAMPERE y PUIGDEFÁBREGAS, 1972; IGME; PEÑA y cols., 2002). La ladera del puerto se caracteriza por la erosión diferencial entre conglomerados, areniscas y margas. El espacio sobre el que se trabaja corresponde al dominio bioclimático eurosiberiano. Las condiciones climáticas del entorno son las propias de un espacio de transición del clima mediterráneo al oceánico. En cuanto a los valores de temperatura, la media es de 8,5 °C y un promedio anual de precipitación de 1050 milímetros (CUADRAT y cols., 2007). Durante el invierno, son comunes las heladas y la precipitación en forma de nieve. En cuanto a los suelos del área de estudio, nos encontramos sobre un suelo tipo cambisol, endoléptico, éutrico (franco, húmico), y una profundidad de entre 50 y 100 centímetros, con una textura francoarenosa (BADÍA y cols., 2017).

Los elementos climáticos y los suelos descritos condicionan la vegetación existente; estos espacios representan ambientes subhúmedos, favorables para la presencia de bosques de coníferas y montes donde la aparición

de pastos es extendida. Dentro de estos espacios, en las zonas donde los suelos tengan menos profundidad, mayor energía de relieve y pedregosidad, las coníferas no tienen capacidad de enraizar. Estos lugares serán el hábitat primario y más característico donde encontramos el erizón.

En la actualidad, las superficies en el entorno del pico Oturia y la ermita de Santa Orosia reflejan un paisaje de transición donde se ve un dominio de base del pastizal (*Bromion erecti*), el cual ha sido y es conservado por el interés económico para los ganaderos en verano (CANCER, 1995). El descenso de las cargas ganaderas y las normativas de protección facilitan el avance y el desarrollo de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) mezclado con pino negro (*Pinus uncinata*), tanto en masas de bosque como de forma dispersa (fig. 2); además, una gran presencia de matorrales de erizón (*Echinopartum horridum*) junto con la de pies de arbustos como el boj (*Buxus sempervirens*), que varían su densidad según la topografía y la antigüedad de abandono del terreno (BADÍA y cols., 2017).

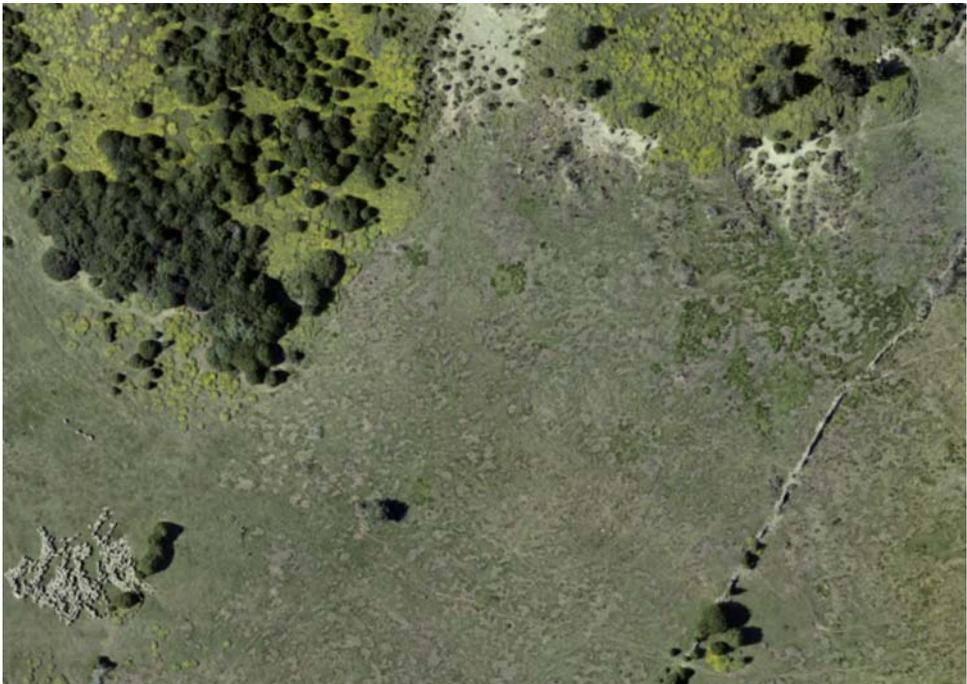


Fig. 2. Ganado pastando sobre las zonas revegetadas tras el fuego.



Fig. 3. Ejemplar de *Echinopartum horridum*.

La especie comúnmente denominada *erizón* (*Echinopartum horridum*) es un arbusto de la familia de las leguminosas (*Leguminosae*). Es una especie endémica del Pirineo, que se ubica principalmente entre los 1000 y los 1700 msnm. Sus valores de densidad más altos se encuentran en el Prepireneo, no obstante, se puede encontrar localizada en toda la franja pirenaica y los somontanos, donde presenta variaciones en su densidad y distribución. En cuanto a su morfología, es muy compacto y espinoso. Sus dimensiones van desde los 50 centímetros de altura a más de 1 metro de diámetro. Conforme se desarrolla, a partir de los primeros años, presenta unos tallos con ápices muy espinosos. Los tallos de la planta son caducos y depositan en su base una gran cantidad de biomasa muy inflamable (fig. 3), lo que aumenta significativamente el riesgo de incendio en el entorno (BADÍA y cols., 2017). Por sucesión secundaria se adentra en los pastos cercanos y parcelas de cultivo tras su abandono o el descenso de la presión en los mismos. Se asocia en los somontanos y espacios prepirenaicos con carrascas (*Quercus ballota*), quejigo (*Quercus cerrioides*) y en laderas solanas es común que aparezca junto a boj (*Buxus sempervirens*), y con *Pinus sylvestris* y *Pinus uncinata* en espacios de mayor altitud, en torno a los 1500 msnm (BADÍA y cols., 2017). El carácter pirófito de la

planta provoca que las quemas puedan contribuir a su control pero no a su eliminación total.

Materiales

Para la elaboración de la cartografía se cuenta con diferentes productos. De la web del Instituto Geográfico Nacional (IGN) se seleccionan fotografías aéreas del vuelo americano de 1945, del vuelo interministerial de 1973 y del vuelo quinquenal de 1998. De la Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón (IDEAragón) se toman las imágenes de los vuelos fotogramétricos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) de los años 2012 y 2015. Del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) se descarga el Mapa Topográfico Nacional 1 : 25 000, hoja 210 correspondiente a Yebra de Basa.

Las imágenes tomadas con dron sobre la parcela de seguimiento se captan en diferentes fechas y con diferentes equipos. Las imágenes con fecha 16 de junio de 2017 y 18 de junio de 2018 corresponden al vuelo de un dron cuadricóptero DJI Phantom 4. Las imágenes con fecha 13 de junio y 25 de julio de 2019 corresponden al vuelo de un dron hexacóptero Yuneec H250. Se decide el trabajo con fotografía aérea por la mayor resolución que ofrece. El uso de drones para tomar fotografías sobre la zona estudiada permite analizar con gran detalle la evolución vegetal.

Métodos

Una vez se ha llevado a cabo la selección de los fotogramas necesarios para la zona de estudio, se realiza una georreferenciación de las imágenes y un análisis de las mismas. La digitalización con polígonos y puntos se realiza en ArcMap 10.0 y se divide en tres escalas de detalle:

- Escala general. 1 : 10 000. El objetivo de esta escala de trabajo es analizar la evolución del puerto en un periodo de 70 años. La digitalización se lleva a cabo a escala 1 : 4000. Permitirá conocer las grandes variaciones y los patrones de crecimiento generales que se han llevado a cabo en el puerto. Las imágenes seleccionadas corresponden a los años 1945, 1973, 1998 y 2015. El área estudiada es de 340 hectáreas.

- Escala quema. 1 : 1500. El objetivo de esta escala de trabajo es analizar con mayor grado de detalle el sector donde se ha llevado a cabo la quema prescrita. Se prescinde de las imágenes previas a 1998 por la menor escala de detalle que presentan. La digitalización se realiza a escala 1 : 800. Las imágenes seleccionadas son dos previa realización del fuego: 1998 con baja resolución a esta escala pero que permitirá contextualizar el espacio y 2012 que se selecciona por permitir diferenciar el matorral de erizón al estar en floración. Tras el fuego realizado en diciembre de 2016 se toman fotografías en los años 2017, 2018 y 2019. El área estudiada es de 6,7 hectáreas.
- Escala transecto. 1 : 200. El objetivo de esta escala de trabajo es analizar con el máximo detalle la evolución vegetal en un sector dentro de la parcela quemada, exactamente la superficie donde se realizan los transectos de vegetación para poder complementar los datos con dichos transectos. La digitalización se lleva a cabo a escala 1 : 80. Las imágenes seleccionadas son tres tras la realización del fuego: años 2017, 2018 y 2019. El área estudiada es de 576 metros cuadrados.

El análisis geoespacial que se realiza con la recolección, el procesamiento y la visualización de los datos en este trabajo permite realizar un análisis cuantitativo de cada una de las etapas y estudiar las variaciones temporales. El trabajo con imágenes de diferente periodo, resolución y de diferentes escalas implica tener que plantear una categorización de los elementos, definiendo las siguientes leyendas para cada una de las escalas:

- Leyenda para escala general, que diferencia entre cubierta arbórea, mosaico mixto pasto-matorral, áreas desprovistas de vegetación y arbolado disperso (en forma de puntos).
- Leyenda para escala quema, que distingue entre cubierta arbórea, matorral, pasto, áreas desprovistas de vegetación y áreas quema prescrita.
- Leyenda para escala transecto, que diferencia entre quemado y vegetación.

La realización de los transectos lineales de vegetación (fig. 4) para el conteo de ejemplares que nos permitirá conocer la evolución vegetal tras la quema se realiza bajo el método empleado por los doctores David Badía y Daniel Gómez el 24 de septiembre de 2017 en la primera toma de datos. Estos transectos se realizan en dos tramos de 30 metros (TR1 y TR2), en los que se toman un total de 150 contactos, uno cada 20 centímetros. Los transectos se repiten en el año 2018 con fecha 18 de junio, y en 2019 con



Fig. 4. Realización de los transectos de vegetación.

fecha 13 de junio. Los registros obtenidos se trabajan en Microsoft Office Excel 2007. En ellos se diferencia entre materia seca quemada, roca, suelo y vegetación viva. En la vegetación viva se especifica si los registros son gramíneas o dicotiledóneas.

RESULTADOS

Como resumen de la cartografía a escala general, se presentan los resultados de manera gráfica (fig. 5). Se observa la tendencia de crecimiento de las masas de arbolado en detrimento de los espacios de pasto y matorral, que evolucionan de 290 a 200 hectáreas en el periodo estudiado (70 años). La variación en el arbolado disperso responde a su unificación en masas. El aumento de punteado de 1998 a 2015 presenta la continuación del proceso. La cubierta arbórea, que en el año 1945 representaba solamente el 12 % del espacio con poco más de 40 hectáreas, supone en la actualidad un 38 % del área de estudio, con 130 hectáreas de 340 estudiadas.

La primera cartografía, año 1945 (fig. 6), representa el momento en el que el éxodo rural ya ha comenzado y se está desarrollando. Se puede observar

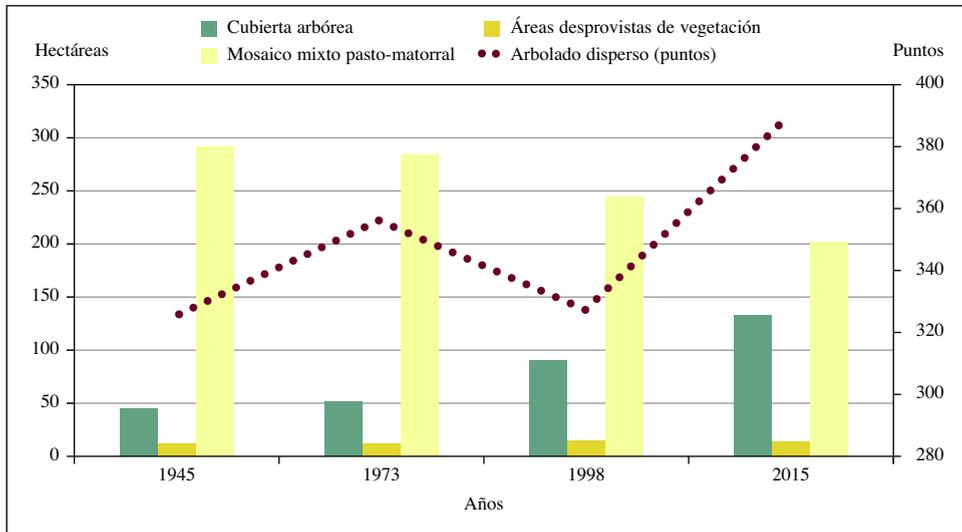


Fig. 5. Resumen de la cartografía a escala general.

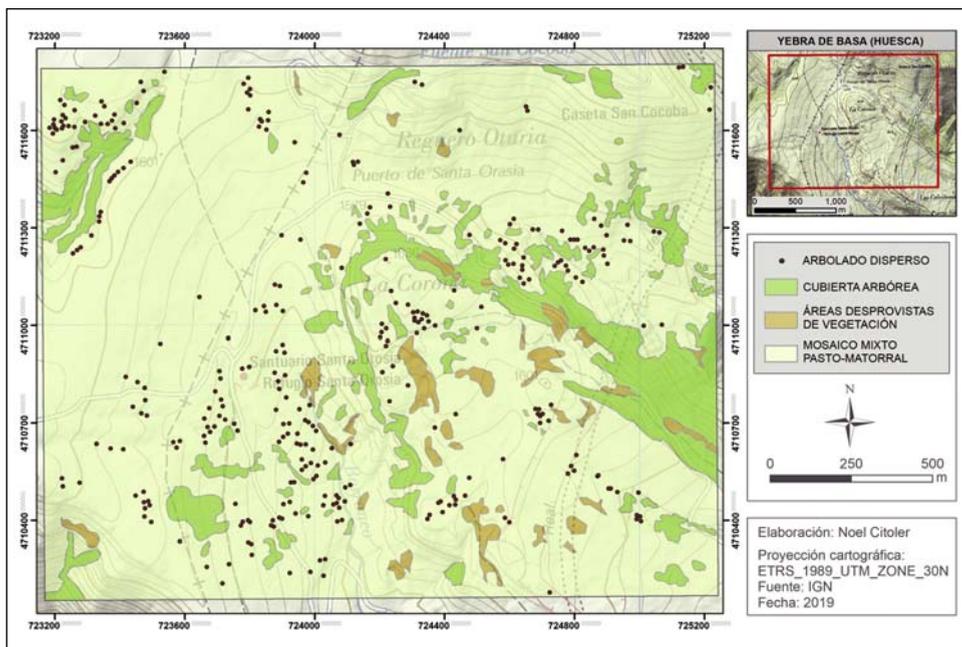


Fig. 6. Cubierta vegetal a escala general en 1945.

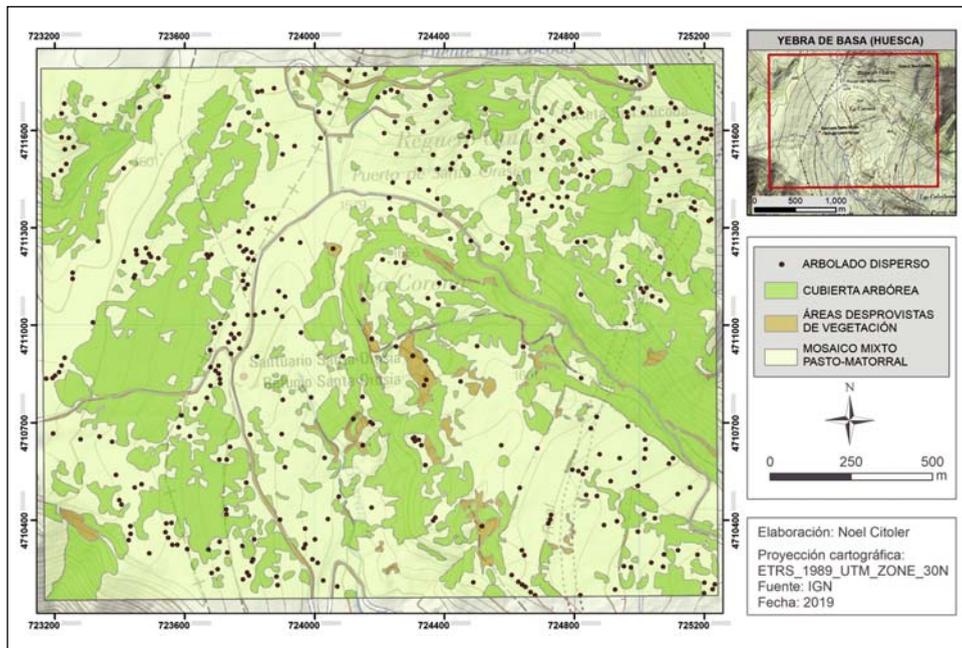


Fig. 7. Cubierta vegetal a escala general, en 2015.

en forma de arcada en el centro del espacio de estudio un continuo de vegetación que se amplía en la mitad este. El punteado indica la densificación de la cubierta arbórea en la mitad inferior oeste y en el extremo noroeste. El mosaico mixto de pasto y matorral es protagonista en el espacio.

La cartografía del año 2015 (fig. 7) refleja la densificación general de todo el área de estudio y el aumento del arbolado disperso en detrimento del mosaico de pasto y matorral. La prohibición del fuego facilita la entrada del matorral en espacios desprovistos de vegetación y la reducción de su espacio. El punteado con el que se representa el arbolado disperso permite prever las zonas donde la densificación arbórea se va a llevar a cabo con mayor intensidad.

En cuanto a la cartografía realizada a escala quema, los resultados de la figura 8 muestran los patrones de evolución tras el fuego. En primer lugar, se presenta una evolución de la superficie de matorral de 1998 a 2012 sobre los espacios de pasto. La quema realizada en 2016 tiene como resultado

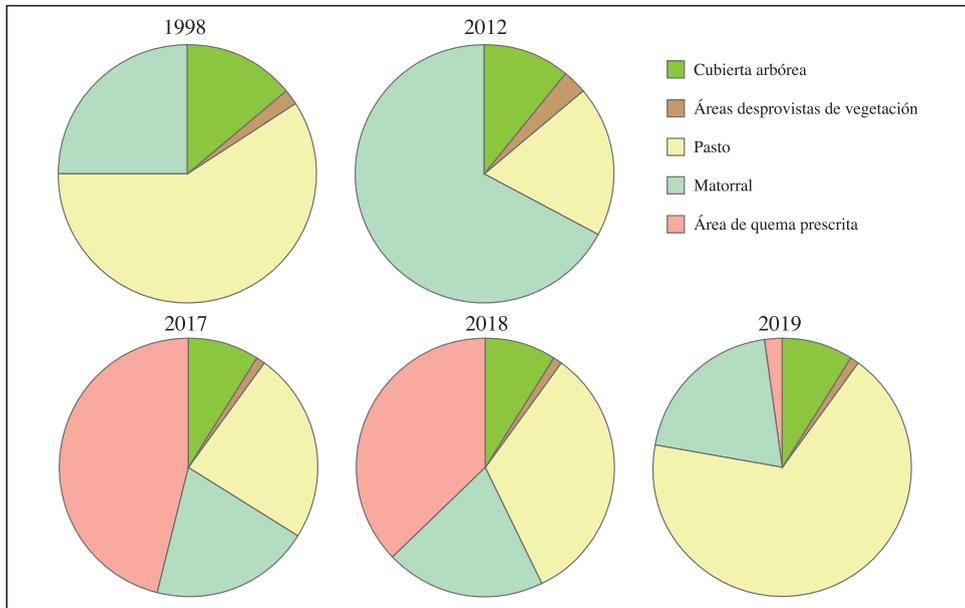


Fig. 8. Resumen de la cartografía a escala quema.

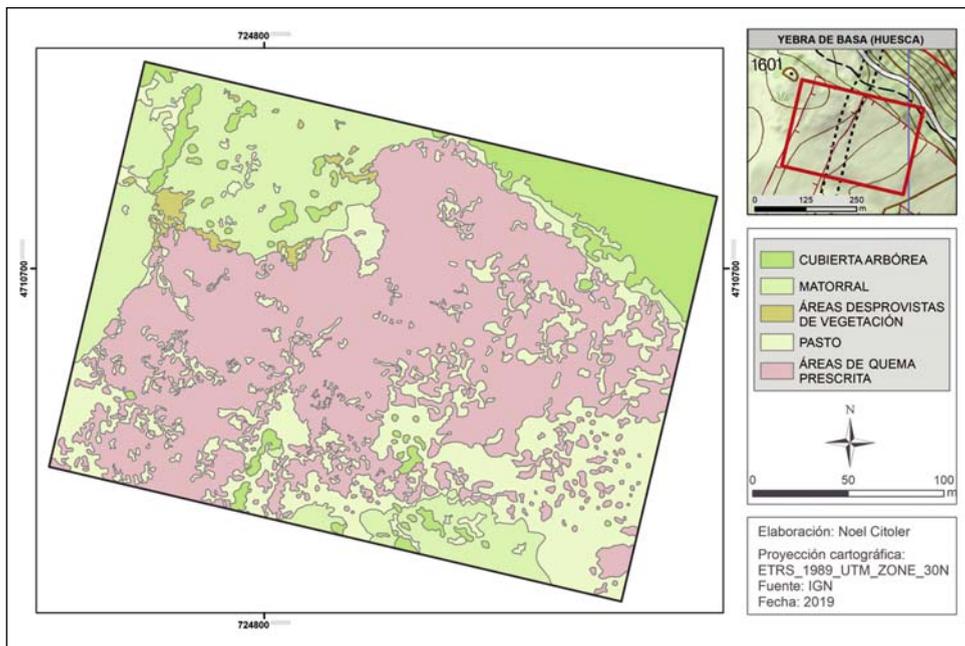


Fig. 9. Cubierta vegetal a escala quema, en 2017.

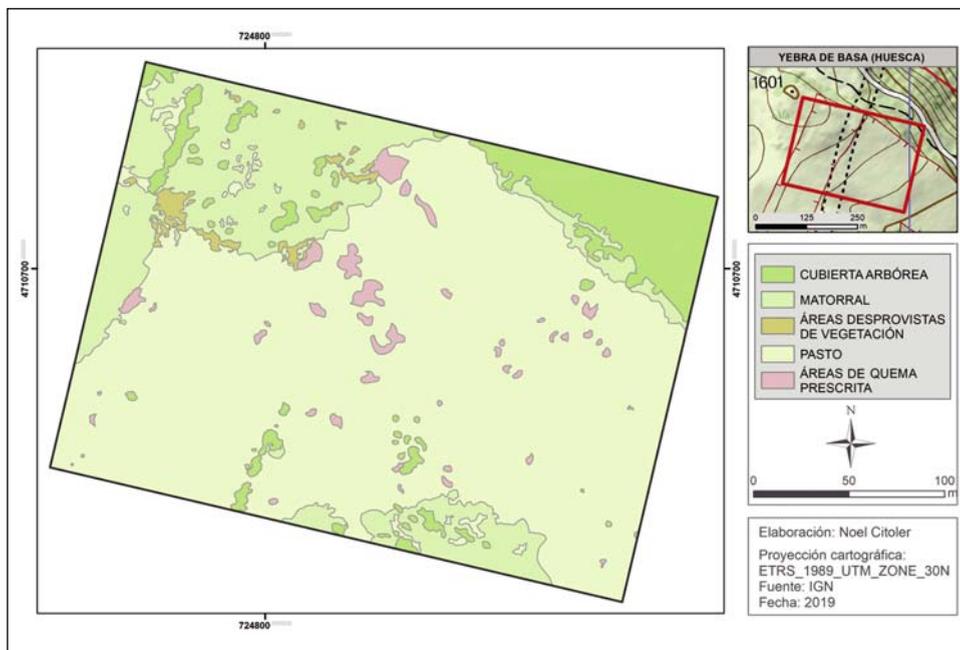


Fig. 10. Cubierta vegetal a escala quemada, en 2019.

más de la mitad de la zona de estudio categorizada como quemada prescrita. En el primer análisis, 2017, se observa el descenso de un 46 % a un 37 % resultante en 2018 de las superficies quemadas.

La cartografía de los años 2017 y 2019 (figs. 9 y 10) permiten apreciar la cobertura de las manchas de pasto sobre los restos quemados. Los espacios de cubierta arbórea no sufren ningún tipo de variación en estos años. La recuperación vegetal sobre los restos quemados es prácticamente total a excepción de un 2 % del total quemado.

La evolución de la cubierta vegetal sobre los restos de material quemado a escala transecto se presenta en la figura 11. En 2017 la vegetación ocupaba un 21 % de la superficie que pasa a ser un 36 % en 2018. La tasa de crecimiento en este primer año es de un 75 %. En 2019 la vegetación pasa a ocupar el 70 % de la superficie frente al 30 % de ocupación del espacio con restos quemados. La tasa de crecimiento del año 2018 al año 2019 es de un 95 %.

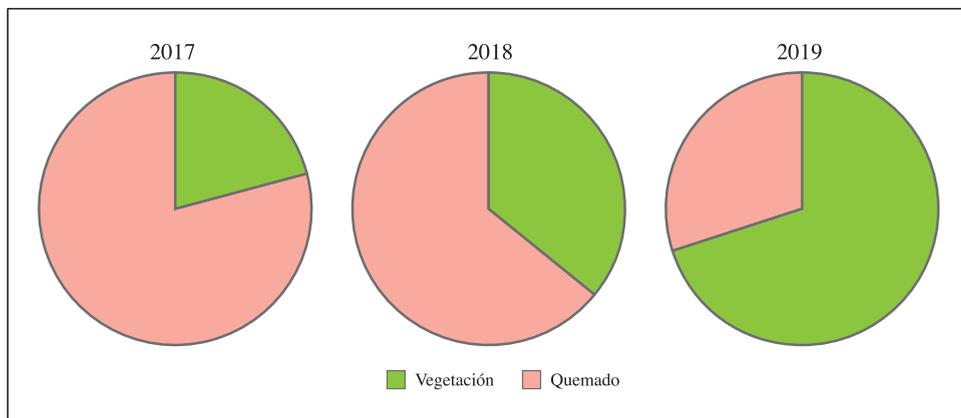


Fig. 11. Resumen de la cartografía a escala transecto.

La realización de los transectos de vegetación permite observar en detalle las características de los individuos que rebrotan bajo los restos quemados. Además de diferenciar entre materia seca quemada (MSQ), roca (R) y suelo (S), en la vegetación viva se diferencia entre gramíneas y dicotiledóneas. En cuanto a las gramíneas, las especies observadas son *Agrostis capillaris* y *Carex flacca*, destacando por su presencia el *Bromus erectus* y el lastón *Brachypodium pinnatum*. Respecto a las dicotiledóneas, las especies observadas son *Sanguisorba minor*, *Galium verum*, *Teucrium chamaedrys* y *Cirsium acaule*, y destaca por su ocupación el cardo blanco (*Onopordum acaulon*) bajo los restos de erizón quemado (fig. 12). La regeneración del erizón es un proceso que también se observa durante la realización de los transectos.



Fig. 12. Ejemplares de cardo y erizón brotando bajo los restos quemados.

Atendiendo a la evolución de los datos de los transectos (fig. 13) se observa el proceso de recuperación vegetal frente al descenso de los contactos de materia seca quemada. Las diferencias entre la evolución del TR1 y el TR2 no son significativas y muestran patrones de crecimiento similares, teniendo el TR1 una mayor densidad de vegetación.

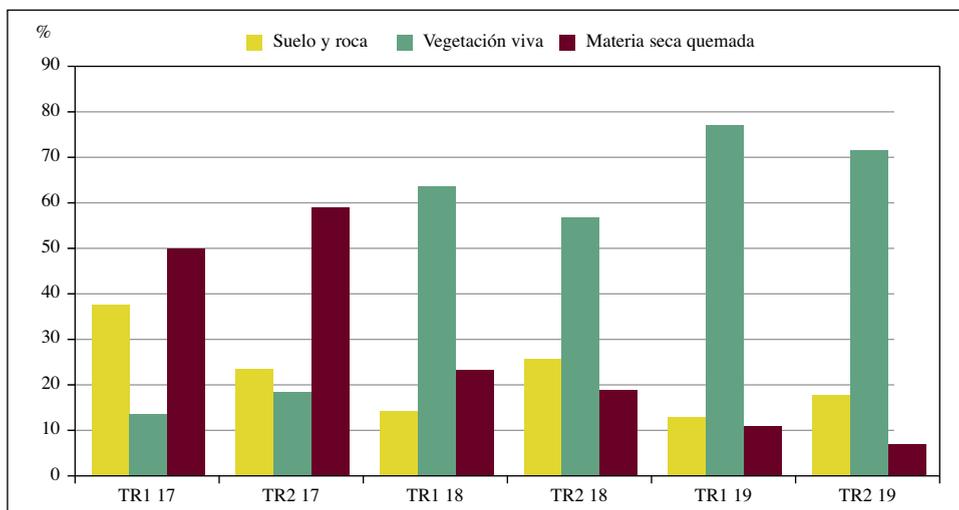


Fig. 13. Evolución de los datos de transecto.

Los datos agrupados de los transectos (fig. 14) permiten observar la evolución de ambos registros. En 2017 el número de contactos con vegetación viva representaba el 16 %, un 60 % en 2018 y un 74 % en 2019. Este crecimiento va en detrimento de los valores registrados de materia seca quemada, suelo y roca.

Haciendo referencia a la tipología de la vegetación viva registrada, las gramíneas representaban en el año 2017 un 85 % de los contactos. En 2018 la situación se iguala, presentando un descenso de las gramíneas hasta el 48 % por un 52 % de las dicotiledóneas. En 2019 las dicotiledóneas cobran más protagonismo y pasan a representar el 63 % de los contactos de vegetación viva, una gran variación tras representar dos años antes solamente el 15 % de los contactos.

Gran parte de la flora que brota bajo los restos de la materia seca quemada tiene escaso valor pastoral, tanto por el carácter espinoso de algunas

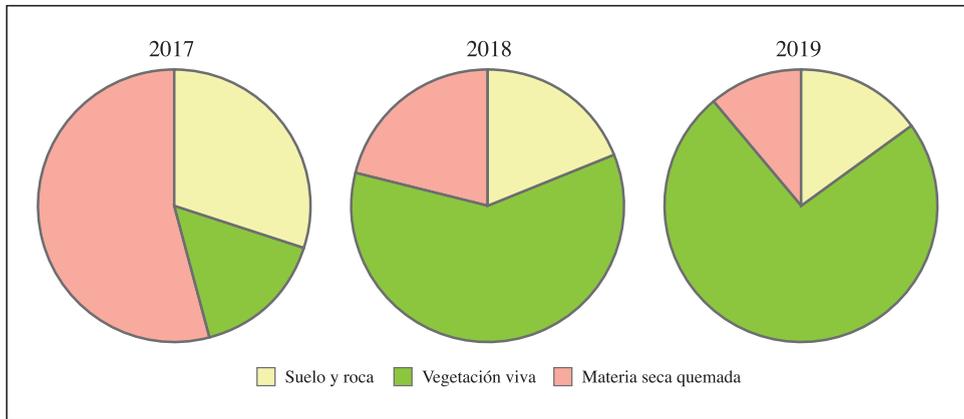


Fig. 14. Resumen por año de los transectos.

especies, el rebrote de los erizones (fig. 12) o el bajo interés que muestran los lastones *Brachypodium pinnatum* (fig. 15) para el ganado ovino. Los lastones que permanecen en el puerto a final del verano servirán de alimento para el ganado vacuno cuando la disponibilidad de otra vegetación se reduzca.



Fig. 15. Ganado pastando sobre restos quemados de matorral.

DISCUSIÓN

Se pone de manifiesto que este artículo está en una línea muy actual de investigación y en total concordancia con otros autores en zonas y espacios muy cercanos y de similares características, que han sufrido los mismos procesos de despoblación y descenso de la cabaña ganadera y en los que se ha desarrollado con fuerza el proceso de matorralización. El trabajo a diferentes escalas y el aprovechamiento de las nuevas tecnologías para la obtención de fotografía aérea dotan a este estudio de una alta precisión y una gran capacidad para actualizar los datos que no nos pueden ofrecer las ortofotografías aéreas convencionales.

También se reconoce la limitación del proceso cartográfico con el conocimiento de la composición vegetal del terreno, en comparación con los resultados obtenidos en los transectos de campo, método que también presenta otras limitaciones en grandes superficies. Por ello, se propone una comprobación en campo de los resultados obtenidos en el proceso cartográfico que respalde, como en este caso, los datos de crecimiento de vegetación y su tipología. El puerto de Santa Orosia no tendría la relevancia cultural que presenta si la gestión ganadera del espacio que se ha llevado a cabo y el beneficio económico que ha generado para los vecinos no hubieran existido. Los beneficios ecosistémicos que generan los pastos, el abastecimiento de alimentos, la regulación de incendios, el sostenimiento de la biodiversidad y el paisaje son algunos de los factores que motivan su mantenimiento (GARTZÍA y cols., 2016).

El mantenimiento de la ganadería y de los pastores que guíen al ganado hacia las zonas más idóneas son otros de los factores que deben estar integrados como indispensables para la conservación de los pastos, junto con el trabajo científico en siguientes trabajos (GARTZÍA y cols., 2016; ALADOS y cols., 2018). Las políticas proteccionistas que se pueden llevar a cabo en espacios de ribera fluvial, de bosque, de lagunas o humedales, relacionadas directamente con la reducción o el cese de las afecciones humanas a un territorio, no son válidas para el mantenimiento del paisaje de pastos, ya que la existencia de estos responde únicamente al pastoreo y a la gestión humana que se ha llevado a cabo en los puertos (MONTSERRAT, 1964; GARTZÍA y cols., 2016).

CONCLUSIONES

El proceso de matorralización y colonización vegetal en los alrededores de la ermita de Santa Orosia de 1945 hasta la actualidad es un fenómeno evidente y demostrado, tal y como se ha cuantificado en este artículo, y son pinos y erizones las especies que más metros ganan a los pastizales. Se prevé que este proceso siga desarrollándose como consecuencia del continuo descenso de la cabaña ganadera y del escaso relevo generacional en los pastores encargados de la ganadería extensiva, además de la nula gestión forestal de los nuevos pinares.

Un aspecto muy importante que refleja este estudio es la velocidad de la transición vegetal, del proceso de matorralización del territorio y del aumento de la masa de arbolado, planteando nuevos retos en la gestión y la protección de las áreas naturales en pro de disminuir el creciente riesgo de incendio provocado por el aumento de la biomasa disponible y por la mayor conectividad de las masas forestales.

El planteamiento de medidas de quema prescrita quedaría limitado a espacios donde no se pueda acceder con los equipos destinados al desbroce mecánico, ya que atendiendo a los resultados de este trabajo, la quema solamente produce un rejuvenecimiento de las plántulas de erizón y no su eliminación por su carácter pirófito. Por ello, se prima la realización de desbroces. El objetivo general de las actuaciones de eliminación de matorral sería favorecer el mantenimiento de pastos y su conectividad. Estas actuaciones deberían ir ligadas a un plan de fomento de la ganadería que permita mantener el paisaje y los beneficios ecosistémicos de los pastos en el puerto.

El trabajo con imágenes de dron permite realizar una buena diferenciación de los diferentes tipos de elementos vegetales predominantes en el monte (arbolado, matorral y pasto). La facilidad en la actualización de los datos y la independencia del sistema de ortofotos tradicionales permite un trabajo autónomo, eficiente y a gran resolución, fácilmente extrapolable a otros espacios pirenaicos.

AGRADECIMIENTOS

A Luis Alberto Longares, por guiarme en la realización de este trabajo y ayudarme a seguir creciendo. A José Luis Peña. A David Badía, Daniel

Gómez y todo su equipo, por explicarnos su metodología, información imprescindible para el seguimiento de la regeneración. A los ganaderos, pastores y vecinos de Yebra de Basa, que nos han permitido conocer la historia y la evolución del puerto desde su posición de actores.

Este trabajo fue financiado con una Ayuda de Investigación del Instituto de Estudios Altoaragoneses en la convocatoria de 2018.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALADOS, C., B. KOMAK, G. BUENO, M. GARTZÍA, J. ESCÓS, D. GÓMEZ, R. GARCÍA-GONZÁLEZ, F. FILLAT, J. CAMARERO, J. HERRERO e Y. PUEYO (2011). Modelización de la matorralización de los pastos del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y su relación con el cambio global. En *Proyectos de investigación en parques nacionales 2007-2010*: 101-123. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid.
- ALADOS, C., M. GARTZÍA, P. NUCHE, H. SAIZ, F. FILLAT e Y. PUEYO (2016). Retos para la conservación de pastos frente al calentamiento global. En *II Jornada de Investigación Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido*: 10-15. Torla. Instituto Pirenaico de Ecología. Zaragoza.
- ALADOS, C. L., H. SAIZ, P. NUCHE, M. GARTZÍA, B. KOMAC, A. DE FRUTOS e Y. PUEYO (2018). Clearing vs. burning for restoring Pyrenean grasslands after shrub encroachment. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 45 (2): 441-468.
- ALDEZÁBAL, A. (2001). *El sistema de pastoreo del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Pirineo central, Aragón). Interacción entre la vegetación supraforestal y los grandes herbívoros*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón (Serie Investigación, 28). Zaragoza. 317 pp.
- ARMAS-HERRERA, C., C. MARTÍ, D. BADÍA, O. ORTIZ-PERPIÑÁ, A. GIRONA-GARCÍA y J. PORTA (2016). Immediate effects of prescribed burning in the Central Pyrenees on the amount and stability of topsoil organic matter. *Catena*, 147: 238-244.
- BADÍA, A., A. PÈLACHS, A. VERA, A. F. TULLA y J. J. SORIANO (2014). Cambios en los usos y cubiertas del suelo y los efectos en la vulnerabilidad en las comarcas de montaña de Cataluña. Del rol del fuego como herramienta de gestión a los incendios como amenaza. *Pirineos*, 169: 8-13.
- BADÍA, D., C. ARMAS, J. MORA, D. GÓMEZ, G. MONTSERRAT y S. PALACIOS (2017). ¿Podemos controlar la expansión del erizón mediante quemas? *Lucas Mallada*, 19: 69-94.
- BAEZA, M., A. VALDECANTOS, J. BELDA, C. MATA y M. MARTÍN (2005). Reducción del combustible en matorrales con alto riesgo de incendio: análisis de las técnicas empleadas a medio-largo plazo. En SECF/Gobierno de Aragón (eds.), *Actas del 4.º Congreso Forestal Español. La ciencia forestal: respuesta para la sostenibilidad*. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Pontevedra.

- BERNUEÉS, A. (2007). Ganadería de montaña en un contexto global: evolución, condicionantes y oportunidades. *Pastos*, 37 (2): 133-175.
- BIELZA DE ORY, V. (1993). De la organización del Pirineo en el pasado a la ordenación de su territorio en el futuro. *Geographicalia*, 30: 47-57.
- CANCER, L. (1995). *Ecogeografía de los paisajes del Alto Gállego*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Zaragoza. 314 pp.
- CHAUVELIER, F. (1990). *Repoblación forestal en la provincia de Huesca y sus impactos geográficos*. IEA. Huesca. 164 pp.
- CUADRAT, J. M.^a, M. Á. SAZ y S. M. VICENTE-SERRANO (2007). *Atlas climático de Aragón*. Gobierno de Aragón. Zaragoza. 229 pp.
- DOPAZO, C., A. E. LAHIGUERA, J. SUÁREZ, V. MARTÍNEZ, A. B. ROBLES y J. L. GONZÁLEZ-REBOLLAR (2012). Comparación de costes de control del matorral con desbroce y pastoreo de ganado caprino en un área cortafuegos de la Comunitat Valenciana. En R. Canals y L. San Emeterio (coords.), *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción*: 103-109. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Pamplona.
- GARCÍA-RUIZ, J. M.^a, J. I. LÓPEZ-MORENO, T. LASANTA, S. M. VICENTE-SERRANO, P. GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, B. L. VALERO-GARCÉS, Y. SANJUÁN, S. BEGUERÍA, E. NADAL-ROMERO, N. LANA-RENAULT y A. GÓMEZ-VILLAR (2015). Los efectos geocoológicos del cambio global en el Pirineo central español: una revisión a distintas escalas espaciales y temporales. *Pirineos*, 170: 50-93.
- GARCÍA-RUIZ, J. M.^a, y T. LASANTA (2018). El Pirineo aragonés como paisaje cultural. *Pirineos*, 173: 54-97.
- GARTZÍA, M. (2017). *Evaluación de cambios en los pastos del Pirineo central y su relación con los componentes agropastorales*. Tesis doctoral. 208 pp.
- GARTZÍA, M., F. FILLAT, F. PÉREZ-CABELLO y C. L. ALADOS (2016). Influence of agropastoral system components on mountain grassland vulnerability estimated by connectivity loss. *PloS one*, 11 (5), e0155193.
- GIRONA-GARCÍA, A., D. BADÍA-VILLAS, C. MARTÍ-DALMAU, O. ORTIZ-PERPIÑA, J. MORA y C. ARMAS-HERRERA (2018). Effects of prescribed fire for pasture management on soil organic matter and biological properties: A 1-year study case in the Central Pyrenees. *Science of the Total Environment*, 618: 1079-1087.
- GÓMEZ, D., D. BADÍA, J. L. MORA, C. ARMAS, S. PALACIO y G. MONTSERRAT (2018). Evolución de la vegetación tras quemadas prescritas del matorral de erizón en el Pirineo aragonés. En S. Roig y O. Barrantes (eds.), *Actas de la 57.ª Reunión Científica de la Sociedad Española de Pastos*: 133-141. Diputación de Teruel. Teruel.
- LASANTA, T. (1989a). *Evolución reciente de la ganadería de montaña*. Geoforma Ediciones. Logroño. 220 pp.
- LASANTA, T. (1989b). Distribución espacial y utilización de las laderas abancaladas en el Pirineo aragonés: valles de Broto y Bestué. *Lucas Mallada*, 1: 81-102.

- LASANTA, T. (1990). Diversidad de usos e integración espacial en la gestión tradicional del territorio en las montañas de Europa occidental. En J. M.^a García-Ruiz (ed.), *Geoecología de las áreas de montaña*: 235-236. Geofoma Ediciones. Logroño.
- LASANTA, T., y M.^a P. ERREA (1997). Cambios recientes en las relaciones entre agricultura y ganadería extensiva: de la complementariedad a la dependencia de la ganadería. *Polígonos*, 7: 47-76.
- LASANTA, T., S. VICENTE-SERRANO y J. M.^a CUADRAT (2000). Marginación productiva y recuperación de la cubierta vegetal en el Pirineo: un caso de estudio en el valle de Boráu. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 29: 5-28.
- LASANTA, T., E. NADAL-ROMERO, P. SERRANO-MUELA, S. M. VICENTE-SERRANO y J. M.^a GARCÍA-RUIZ (2010). Escorrentía y erosión tras el abandono de tierras de cultivo en montaña: resultados de la Estación Experimental "Valle de Aísa". *Pirineos*, 165: 115-133.
- LASANTA, T., M.^a P. ERREA y E. NADAL-ROMERO (2017). Traditional agrarian landscape in the Mediterranean mountains. A regional and local factor analysis in the Central Spanish Pyrenees. *Land degradation & development*, 28 (5): 1626-1640.
- MANRIQUE, E., y R. REVILLA (2011). La explotación de los puertos en el valle de Gistaín (Pirineo oscense). *Pastos*, 9 (1): 120-133.
- MÉTAILIÉ, J. P. (2006). Mountain landscape, pastoral management and traditional practices in the Northern Pyrenées (France). En M. Agnoletti (ed.), *The Conservation of Cultural Landscapes*: 108-124. CAB International. Wallingford (UK); Cambridge (MA).
- MONTSERRAT, G., T. NAVARRO, D. GÓMEZ, M. MAESTRO, B. SANTAMARÍA, J. JIMÉNEZ y S. PALACIO (2017). *Estudio de la matorralización de pastos en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido*: 247-275. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid.
- MONTSERRAT, P. (1964). Ecología del pasto: ecología de los agrobiosistemas pastorales. *Publicaciones del Centro Pirenaico de Biología Experimental*, 1 (2): 1-68.
- MONTSERRAT, P. (1968). Los pastos pirenaicos y su importancia económica. *Pirineos*, 87-90: 133-152.
- MONTSERRAT, P. (1978). El incendio de pastizales y sus peligros. *Pastos*, 8: 31-36.
- MONTSERRAT, P. (1979). La cultura ganadera pirenaica. *Pastos*, 9: 16-19.
- MONTSERRAT, P. (1981). Ecología de pastos y fomento agropecuario en la montaña. *Pastos*, 11 (1): 5-14.
- MONTSERRAT, P., J. M.^a MONTSERRAT y G. MONTSERRAT (1984). Estudio de las comunidades de *Echinopartum horridum* en el Pirineo español. *Acta Biologica Montana*, 4: 249-257.
- NADAL-ROMERO, E., N. LANA-RENAULT, P. SERRANO-MUELA, D. REGUÉS, B. ALVERA y J. M.^a GARCÍA-RUIZ (2012). Sediment balance in four catchments with different land cover in the Central Spanish Pyrenees. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementary Issues*, 56 (3): 147-168.

- NADAL-ROMERO, E., M. KHORCHANI, T. LASANTA y J. M.^a GARCÍA-RUIZ (2019). Runoff and solute outputs under different land uses: Long-term results from a Mediterranean mountain experimental station. *Water*, 11 (5): 976.
- PEÑA, J. L., F. PELLICER, A. JULIÁN, J. CHUECA, M.^a T. ECHEVERRÍA, M. V. LOZANO y M. SÁNCHEZ (2002). *Mapa geomorfológico de Aragón*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Zaragoza. 54 pp.
- PUIGDEFÁBREGAS, J., y F. FILLAT (1986). Ecological adaptation of traditional land-uses in the Spanish Pyrenees. *Mountain Research and Development*, 6 (1): 63-72.
- RIVA, J. de la (1997). *Los montes de la Jacetania. Caracterización física y explotación forestal*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Zaragoza. 358 pp.
- SARDAÑA, J., y R. REINÉ (2015). El Sobrepuerto, un espacio estratégico para la ganadería de montaña en la provincia de Huesca. *Lucas Mallada*, 17: 77-103.
- SOLER-SAMPERE, M., y C. PUIGDEFÁBREGAS (1972). Esquema litológico del Alto Aragón occidental. *Pirineos*, 106: 5-15.
- VICENTE, S., S. BEGUERÍA y T. LASANTA (2000a). El proceso de revegetación en un área de montaña como consecuencia de los cambios de gestión: aplicación de un SIG al valle de Boráu (Pirineo central español). En M. Gómez e I. Aguado (eds.), *Tecnologías geográficas para el desarrollo sostenible. IX Congreso del Grupo de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección*: 448-469. Universidad de Alcalá. Asociación de Geógrafos Españoles. Alcalá de Henares.
- VICENTE, S., T. LASANTA y J. M.^a CUADRAT (2000b). Influencia de la ganadería en la evolución del riesgo de incendio en función de la vegetación en un área de montaña: el ejemplo del valle de Boráu (Pirineo aragonés). *Geographicalia*, 38: 31-54.
- VICENTE-SERRANO, S. M. (2001). *El papel reciente de la ganadería extensiva de montaña en la dinámica del paisaje y en el desarrollo sostenible: el ejemplo del valle de Boráu*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Zaragoza. 181 pp.
- ZEA, J., N. DÍAZ y M. DÍAZ (2007). Control de la vegetación espontánea arbustiva y mejora del pasto mediante el pastoreo con distintas especies. *Pastos*, 27: 51-69.

Otros recursos consultados

- Bonansa. 2019. Disponible en <http://bonansa.aragon.es:81/iaest/fic_mun/pdf/22252.pdf>.
- Florapyrenaea. Distribución *Echinopartum horridum*. 2019. Disponible en <<http://www.florapyrenaea.com>>.
- Herbario de Jaca. *Echinopartum horridum* (Vahl) Rothm. YERA, J. (n. d.). Disponible en <<https://cutt.ly/hhZQE2>>.
- INEbase / Demografía y población / Cifras de población y censos demográficos. 2019. Disponible en <<https://cutt.ly/2hZQmX7>>.