

CUARTA ÉPOCA

GEOGRAPHICALIA

1977 - 1988 - 2000 - 2023

**EDITORIAL:**

De los problemas
territoriales a la gestión
sostenible

ARTÍCULOS:

Crisis de la vivienda en España |
Datos geoespaciales en Ecuador
| Análisis de la valoración
catastral en Ecuador y España |
Percepción del alumnado sobre
riesgos naturales | Simulación
de la población de Navarra 2050
| Planificación energética
territorial

MAPAS:

Preservación de rodales
maduros en la gestión forestal |
Cartografía climática de
precipitación media -ANE- |
Cartografía multivariable de las
dinámicas turísticas y
demográficas | Mapa de Paisaje
como herramienta de gestión
territorial

**NOTAS DE INVESTIGACION
Y RESEÑAS:**

Sensores remotos y de proximi-
dad para la monitorización del
suelo en áreas quemadas | Le
temps des liens | Planificación
adaptativa y resiliencia ante
sequías e inundaciones |
Diálogos entre geografía y
urbanismo



1542

Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza



**Preservación de rodales maduros para optimizar la gestión forestal.
Estudio de la evolución de cinco rodales maduros
en la Red Natura 2000 en Aragón**

Begoña Castellanos Mata y África Heredia-Laclaustra

Preservación de rodales maduros para optimizar la gestión forestal. Estudio de la evolución de cinco rodales maduros en Red Natura 2000 en Aragón

M.^a Begoña Castellanos Mata y África Heredia-Laclaustra

Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Instituto Universitario de Ciencias Ambientales, Universidad de Zaragoza. Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza, España
begocastellanosmata@gmail.com, africaheredia@posta.unizar.es

Resumen: La madurez forestal no es un concepto nuevo, pero es reciente su consideración en la gestión forestal española. Su importancia radica principalmente en su valoración como nicho de biodiversidad; por lo que su conservación resulta de gran interés para mejorar la gestión forestal de nuestros bosques. Analizar la evolución reciente de rodales maduros de diferentes ambientes biogeográficos puede ayudar a identificar nuevos rodales y a favorecer la toma de decisiones en la planificación y gestión actuales. En este estudio se analiza la evolución de cinco rodales que presentan características de madurez Red Natura 2000 de la Comunidad Autónoma de Aragón.

Palabras clave:

Madurez forestal, rodales maduros, evolución natural, gestión forestal, Red Natura 2000.

Preservation of mature stands. Study of the evolution of five mature stands in Net Natura 2000 in Aragon

Abstract: Forest maturity is not a new concept, but it has only recently been incorporated into forest management practices in Spain. Its significance lies primarily in its function as a biodiversity reservoir, making its conservation a key priority for improving sustainable forest management. Assessing the recent development of mature stands across different biogeographical regions can facilitate the identification of new mature forests and support more informed planning and management decisions. This study examines the evolution of five forest stands with mature characteristics located in Nature 2000 Network in Aragon.

Keywords:

Forest maturity, mature stands, natural evolution, forest management, Natura 2000 Network.

Recibido: 06-10-2025. **Aceptado:** 17-11-2025.

DOI: https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.20257712368

1. Introducción

APENAS QUEDAN BOSQUES que puedan ser considerados como no alterados por el ser humano (LIFE RedBosques (2018)). Tras la Cumbre del Clima de Glasgow de 2021 los estados firmantes se comprometen a conservar, al menos el 30% de la superficie boscosa terrestre, así como la creación de corredores dentro de una red de espacios naturales (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2021)). En la Unión Europea, esta red de espacios naturales es la Red Natura 2000. Se desveló que solo el 20% de las áreas boscosas se encontraban en un estado de conservación favorable, lo que señaló la necesidad de crear políticas unificadas para la gestión y conservación de las especies y hábitats europeos asociados (Comisión Europea (2009)). Dentro de estos hábitats, destacan por su singularidad para la conservación ambiental y la adaptación al cambio global los bosques maduros (Europarc (2020)).

Los sistemas de Información Geográfica se han convertido en una herramienta imprescindible para la gestión de los bosques, facilitando su evaluación y seguimiento. La relativamente reciente preocupación por la conservación de las áreas boscosas y, en especial, por los bosques maduros, implica un mayor conocimiento para la creación de políticas específicas que posibiliten una conservación o recuperación más efectiva de las mismas. Los bosques maduros se encuentran asociados tanto a macroorganismos como microorganismos, a la fertilidad de los suelos, la regulación natural del clima y ayudan a la mitigación de los riesgos naturales, por tanto, son de gran relevancia para el bienestar del ser humano (Corredor, E. et. al. (2012)). En general, son espacios muy escasos con diversidad especializada, mayoritariamente en peligro de extinción (desde quirópteros y aves hasta insectos saproxílicos), además, pueden aportar información muy valiosa, no solo en materia de biodiversidad, sino también en su papel en el ciclo silvogenético (Manual 14 EUROPARC-España, (2020)).

El Gobierno de Aragón ha estado especialmente interesado en la conservación de estas áreas de bosque maduro, promoviendo la monitorización actual y evolución futura de estos rodales de bosque maduro en red Natura 2000, sin ningún tipo de intervención. Según el proyecto Red Bosques, en Aragón existen un total de dieciséis rodales de referencia, de los cuales se ha escogido cinco para este estudio (Figura 1). Las áreas escogidas se encuentran en la Red Natura 2000, entre las provincias de Huesca y Teruel. La selección de rodales para el estudio fue realizada por el Servicio de Espacios naturales Protegidos y Red Natura 2000 del Gobierno de Aragón. Para la selección de los rodales se basaron en tres métodos, entre los que se incluía la selección a partir de los datos presentados por el tercer Inventario Forestal Nacional (1997-2007) que contiene tanto indicadores de estado como de evolución, la selección a partir de indicadores biológicos y una última selección a partir de consultas a expertos, estos métodos son aplicables para todos los ambientes biogeográficos (Bioma Forestal (2017)). Más adelante se publicaría un manual que haría el proceso más sencillo y homogéneo (LIFE Redbosques (2018)). Los indicadores se pueden dividir en cuatro categorías: indicadores estacionales (características fisiográficas, geodafológicas y climáticas), indicadores estructurales (estratos verticales, altura dominante, diámetros, densidad de pies mayores, área basimétrica, índice Hart-Becking (relación entre el espaciamiento medio y la altura dominante), porcentaje de madera muerta, presencia de microhábitats, entre otros), indicadores de gestión, ya sea pasada o actual e indicadores de biodiversidad.

De esta manera, el análisis de evolución pasada de los rodales de bosque maduro que se realiza en este trabajo proporciona un mejor conocimiento de la situación actual de los mismos y ofrece información contrastable para optimizar los resultados que se obtengan en la monitorización prevista para futuro en cada uno de ellos.

2. Identificación del proyecto

CON LA INTENCIÓN DE MEJORAR el entendimiento y gestión de espacios naturales singulares como son los bosques maduros se han realizado una serie de cartografías que pretenden mostrar la evolución de una muestra de estos espacios desde 1956 hasta 2018, pasando por 1986 como fecha intermedia. Se muestran los cambios en los usos del suelo con el paso del tiempo en los actuales rodales. Con esta información tanto entidades públicas como privadas pueden disponer de más información para poder realizar una gestión forestal más efectiva y específica para estas zonas u otras similares. La base de trabajo sobre la que se ha elaborado la cartografía han sido las ortoimágenes de 1956-7,

1986 y 2018, apoyando la interpretación de las mismas en mapas temáticos para los distintos momentos, como el de Luis Ceballos, publicado en 1966; el segundo Inventario Forestal Nacional, finalizado en 1998, y Corine Land Cover de 2018. La utilización de los inventarios forestales nacionales se debe principalmente a la gran cantidad de información que se puede extraer de ellos, haciéndolos perfectos para estudiar la evolución y estado actual de las áreas boscosas (González-Díaz, P., et. al. (2020)), en el caso de la capa de Corine Land Cover se utilizó por su precisión y actualidad.

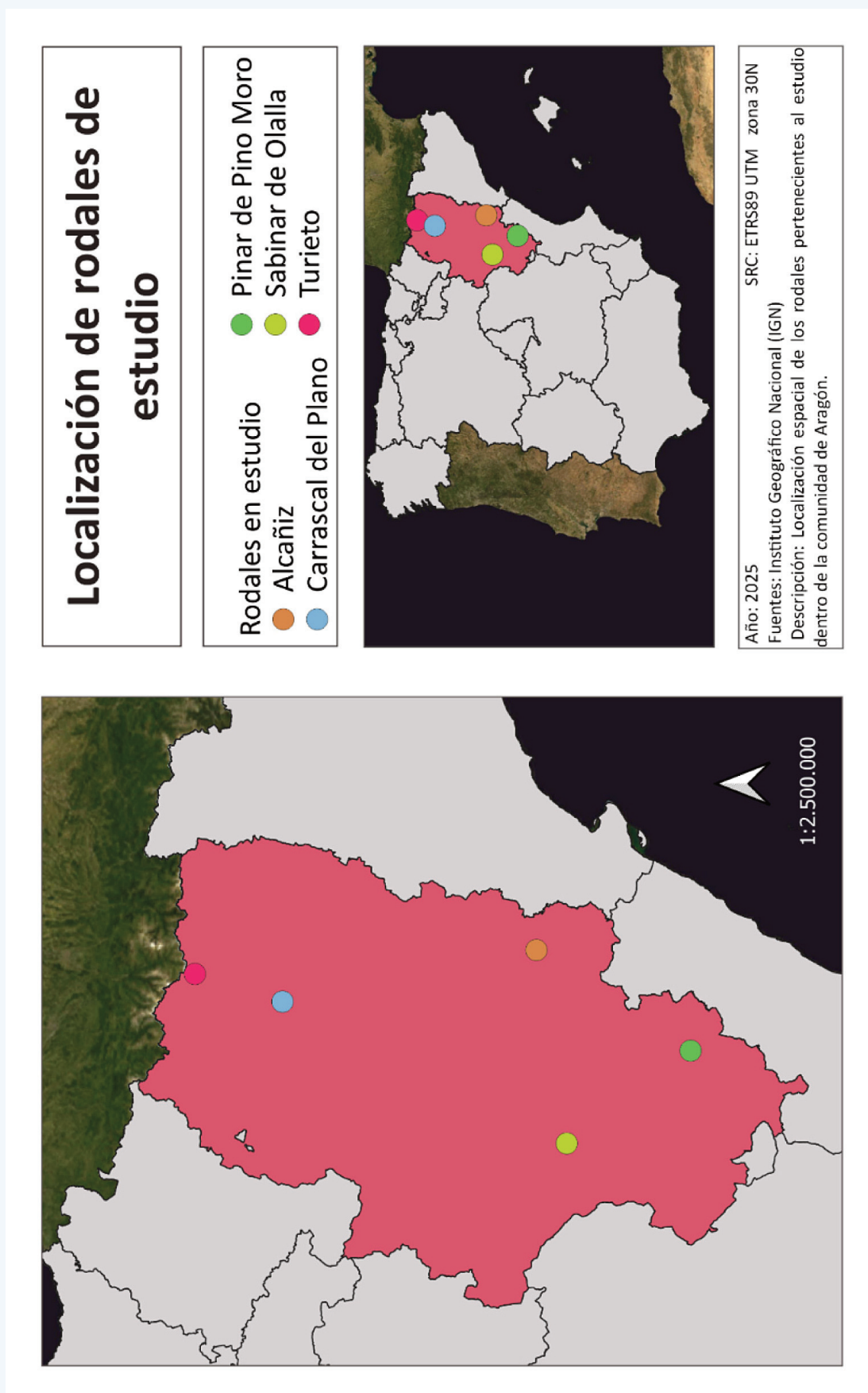


Figura 1. Localización de los cinco rodales en estudio.

Fuente: Instituto Geográfico Nacional, coordenadas de localización de los rodales extraídas de los trabajos del Gobierno de Aragón y las empresas de Bioma Forestal y 4D ATUM. Elaboración propia.

3. Componentes del mapa

EL MAPA SE PRESENTA en formato vectorial y representa los cambios en los usos del suelo con el paso del tiempo desde mediados del siglo XX hasta la actualidad. Las categorías de usos de suelo que se representan en la cartografía generada surgen a partir del agrupamiento de la información de las fuentes cartográficas empleadas de apoyo a la fotointerpretación, para favorecer la comparativa temporal. La leyenda final de categorías es la siguiente: bosques de coníferas, frondosas y mixtos, zonas de vegetación arbustiva o herbácea; zonas de cultivo; improductivo artificial y masas de agua.

Posteriormente, se realizan análisis más generales atendiendo a la agrupación de las categorías previamente establecidas, siguiendo el criterio de clasificación de los inventarios forestales nacionales, de forma que se entiende como:

- Uso forestal: superficie terrestre ocupada por especies vegetales espontáneas y su zona de influencia con similar actuación humana. También comprende las plantaciones poco diversificadas de especies forestales arbóreas, sean autóctonas o alóctonas, pero se excluyen las tratadas como cultivos.
- Uso agrícola: siembras u otras plantaciones que se laborean con una fuerte intervención humana.
- Uso artificial: fracción de suelo cubierta por edificios, parques urbanos, caminos, etc.
- Agua: parte de la tierra constituida por ríos, lagos, embalses, canales o estanques con superficies de más de 0.25ha.

4. Código cartográfico y elaboración

PARA ESTUDIAR LA EVOLUCIÓN de los rodales maduros se ha escogido un punto central a partir del cual se han establecido dos matrices cuadradas, una de 5.000 x 5.000 metros y otra más pequeña de 2.500 x 2.500 m, se han seleccionado estas dimensiones porque corresponden a las cuadrículas de trabajo encargadas por el Gobierno de Aragón a la empresa Bioma Forestal, encargada del seguimiento. Para la elaboración de la cartografía se ha utilizado QGIS Desktop versión 3.16.14. Como soporte de la información cartográfica obtenida de organismos especializados se elaboró una cartografía propia sobre las fotografías aéreas de las fechas señaladas, variando la escala en función de la resolución de la imagen. La escala de digitalización establecida ha sido de escala 1/25.000, que se puede adaptar con bastante exactitud a la escala del vuelo americano de 1956 (1/33.000), a la del vuelo de 1986 (1/30.000) y a las más actuales del PNOA que tienen un GSD de entre 25 y 15 cm, permitiendo la comparativa espacial.

Para mejorar las apreciaciones visuales realizadas gracias a cartografía de elaboración propia, se ha utilizado un software de análisis de la composición, estructura y dinámica temporal del paisaje, Fragstat, versión 4.2, se han escogido:

- Para analizar la dominancia el LPI (índice de parche más grande)

- Para analizar la dimensión fractal, FRAC_MN
- Para estudiar la diversidad, el SHI (índice de diversidad de Shannon).

Se han seleccionado tres indicadores principales ampliamente utilizados en estudios similares de evolución forestal y usos del suelo (Arévalo-Morocho, et. al. (2023); Zamora Cristales, R. et. al (2020); Francisco Lloret Maya (s.f.); del Barrio, J. G. et. al. (1999); Pla, L. (2006); Bravo, D. N., & Cabello, F. P. (2001)).

El análisis de estructura se ha complementado con un análisis de evolución de la densidad forestal en el periodo de estudio, ya que este indicador puede llegar a determinar la productividad del bosque, así como medir las tasas de crecimiento o mortalidad, entre otras (Santiago, D. M. et. al. (2021)). Asimismo, considerada la evolución reciente de las masas boscosas en Aragón, caracterizado por su incremento en las provincias de Huesca y Teruel (Heredia-Laclaustra, A. et. al. (2013), Ubalde Bauló, J.M. et.al. (1999), Beltrán, M. G., et. al. (2023)) de esta forma podemos saber el estado de salud del rodal, así como llegar a predecir las causas de mortalidad de los diferentes ejemplares que lo conforman.

5. Resultados y análisis

LOS CINCO RODALES EN ESTUDIO se localizan en zonas montañosas con una climatología ligeramente distinta (Tabla 1). Estudiando la composición del suelo, por norma general, se observa que se emplazan en zonas que permiten la retención tanto de nutrientes como de agua, permitiendo con mayor o menor facilidad el establecimiento y crecimiento de plantas. El rodal que más problemas presentaría en este sentido en el

de Alcañiz, con un suelo conformado por rocas porosas que provocan un rápido drenaje del agua, lo que podría afectar al crecimiento de las plantas al no poder captar todo el alimento que necesitan, lo que, unido a unas precipitaciones anuales menores podría suponer un menor índice de crecimiento en este rodal o incluso la muerte como indican estudios como el de Allen, C. D. (2009).

Tabla 1. Tabla de datos climatológicos y de composición del suelo creada a partir de datos del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y trabajos realizados por el Gobierno de Aragón y las empresas Bioma Forestal y 4D ATUM

Rodales	CLIMA		Suelo
	Temperatura media anual (°C)	Precipitación media anual (mm)	
Turieto	11.3	1326	Arcilla y caliza
Carrascal del Plano	11.7	749.9	Conglomerados, caliza y arcilla
Pinar de Pino Moro	7.7	603	Caliza y areniscas
Alcañiz	15.1	381.2	Areniscas y lutitas
Sabinar de Olalla	10.8	505.5	Areniscas, lutitas y arcillas

Se han tenido en cuenta los distintos regímenes de protección otorgados por la Directiva Hábitats, ya que los diferentes rodales se localizan en ámbito de Red Natura 2000 (Tabla 2). Gracias a esta protección los rodales son capaces de alcanzar una mayor densidad forestal que, entre otros beneficios, puede ayudar a mitigar los efectos del cambio climático (González-Díaz, P., et. al. (2020)).

Tabla 2. Figuras de protección ambiental en los rodales en estudio realizada a partir de datos del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico

Rodales	Regímenes de protección			
	ZEC	ZEPA	LIG	ENP
Turieto	X	X	X	X
Carrascal del Plano	X	X	X	X
Pinar de Pino Moro	X			
Alcañiz				
Sabinar de Olalla	X			

Para estudiar la evolución de los cinco rodales durante el periodo 1956-2018 se ha optado por la creación de composiciones que muestran el estado de un mismo rodal en las tres fechas

de referencia (1956, 1986 y 2018), como apoyos cartográficos para su creación se han utilizado los mapas de Luis Ceballos, el segundo Inventario Forestal Nacional y la capa de Corine Land Cover de 2018.

Para el estudio de la evolución de estas zonas se han seleccionado tres indicadores usados en estudios similares de evolución forestal y usos del suelo, para ayudar a evaluar la composición, estructura y dinámica forestal (Arévalo-Morocho, et. al. (2023); Zamora Cristales, R., et. al. (2020); Francisco Lloret Maya (s.f.); del Barrio, J. G., et. al. (1999); Pla, L. (2006); Bravo, D. N., et. al (2001)).

Los resultados del LPI (índice del parche más grande) (Tabla 3) muestran disminución de la dominancia en Carrascal del Plano (Figura 2) y Alcañiz, aumento en Turieto y Pinar de Pino Moro, debido al incremento de coníferas, y estabilidad en Sabinar de Olalla.

Otro aspecto importante para tener en cuenta en el estudio de evolución de paisaje es el índice fractal que estudia la complejidad de los ecosistemas teniendo en cuenta el área y el perímetro de la matriz. Este índice no solo está relacionado con la cantidad o espacio que ocupan las distintas clases dentro de un ecosistema, que en este estudio son las matrices 5.000x5.000m, sino que también está relacionada con la geometría de las diferentes telas, dando un mayor valor a aquellas que sean más irregulares (Tabla 4).

Tabla 3. Datos del (LPI) obtenidos de Fragstat a partir de la fotointerpretación de fotografías aéreas de 1956, 1986 y 2000

	LPI		
Rodales	1956	1986	2018
Turieto	37,23	21,27	50,60
Carrascal del Plano	94,09	40,11	22,34
Pinar de Pino Moro	56,66	50,55	61,55
Alcañiz	52,79	29,11	19,20
Sabinar de Olalla	66,94	71,21	64,50

En general los paisajes heterogéneos son más biodiversos que los homogéneos, por lo que los ecosistemas con una mayor cantidad de teselas presentan una mayor riqueza y diversidad en su composición (Priego Santander, Á., et. al. (2003)). Teselas pequeñas entre otras de mayor tamaño pueden funcionar también como corredores para que diferentes especies se desplacen por toda la matriz (Morales, L. A. D. (2018)). La fragmentación del paisaje es un problema del que se lleva hablando desde 1967 con la teoría de las islas de McArthur y Wilson (MacArthur, R. H., & Wilson, E. O. (2001)) que supone, entre otras consecuencias, la aceleración de la pérdida de especies, por tanto, para asegurar la existencia de corredores y conservación de especies, los paisajes mejor estructurados, serían aquellos con una mayor diversidad de parches, siendo cada uno de estos parches del mayor tamaño posible, lo que coincide con la tendencia general a disminuir la dominancia de clases presentada en la tabla. Un ejemplo de esto lo tenemos en Sabinar de Olalla (Figura 3), se trata del rodal que presenta una mayor dominancia durante toda la serie, sin embargo, también es el que presenta una mayor complejidad estructural (Tabla 5).

El índice de diversidad de Shannon permite conocer la heterogeneidad de los diferentes rodales; no revela mucha importancia si lo analizamos sólo, pero es perfecto para comparar las diferentes matrices a través del tiempo o entre ellas (Pla, L. (2006)) (Tabla 5).

La heterogeneidad del paisaje ha ido aumentando con el paso de los años, salvo en el caso de Pinar de Pino Moro (Figura 4), el único rodal que ha visto disminuido este valor. La matriz que más ha visto aumentada este índice ha sido Carrascal del Plano (Figura 2).

Como norma general los rodales seleccionados han tendido hacia formas que favorecen el incremento de la biodiversidad, la salud y mejor funcionamiento de los ecosistemas.

Tabla 4. Datos del índice de fractalidad obtenidos de Fragstat a partir de la fotointerpretación de fotografías aéreas de 1956, 1986 y 2000

	FRAC_MN		
Rodales	1956	1986	2018
Turieto	1,06	1,09	1,12
Carrascal del Plano	1,03	1,09	1,11
Pinar de Pino Moro	1,05	1,09	1,10
Alcañiz	1,07	1,11	1,13
Sabinar de Olalla	1,06	1,10	1,15

Estos rodales forestales manifiestan una predominancia de este uso u ocupación del suelo, especialmente hoy en día (Tabla 6), con una media general de 1290 hectáreas, siendo Carrascal del Plano el rodal que más superficie forestal ha ganado. Los rodales de la provincia de Huesca (Turieto y Carrascal del Plano) son los que más han incrementado su superficie forestal. Estos dos rodales se encuentran emplazados en los Pirineos y zonas prepirenaica, cuyas características climatológicas dan la capacidad a las plantas a desarrollarse hasta su máximo fisiológico. En el caso de Alcañiz existe cierta discordancia entre los datos oficiales y los de elaboración propia, cambiando de un balance negativo a uno positivo en materia de masa forestal. Estos cambios se pueden deber a la utilización de diferente metodología y escala, como se ha verificado en el último Mapa Forestal de diciembre de 2023 del Ministerio de Transición Ecológica, los bosques han continuado creciendo en este rodal hasta alcanzar las 1807.62 hectáreas. Por lo tanto, existe concordancia con lo analizado en la fotointerpretación.

En la siguiente tabla se exhibe una síntesis de la transformación de los rodales mostrada en la tabla anterior, agrupándolos en diferentes categorías tomando como referencia un trabajo de temática similar, Heredia-Laclaustra, A., et. al. (2013).

En los gráficos (2, 3 y 4) se muestran los rodales que han alcanzado una densidad forestal mayor para 2018, alcanzando los tres rodales una densidad máxima del 71-80%. Esto no significa que Alcañiz o Sabinar de Olalla no hayan aumentado la densidad forestal desde 1956, sin embargo, lo han hecho a una escala menor, alcanzando una densidad final del 31-40% y 41-50% respectivamente.

EVOLUCIÓN DE CARRASCAL DEL PLANO

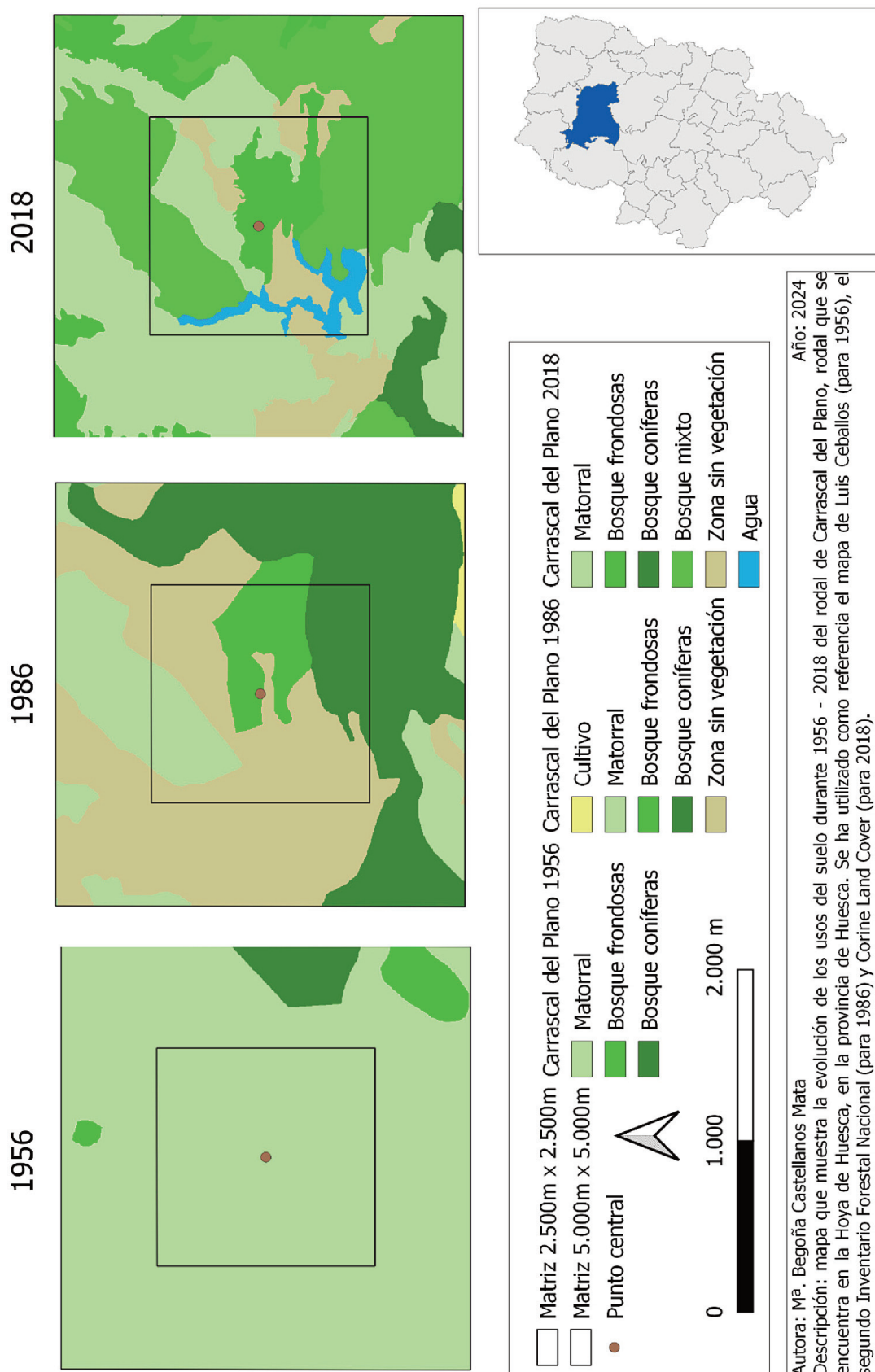


Figura 2. Comparativa de los usos del suelo en Carrascal del Plano.

Fuente: Elaboración propia a partir de la fotointerpretación de las fotografías aéreas de 1956, 1986 y 2018.

EVOLUCIÓN DE SABINAR DE OLALLA

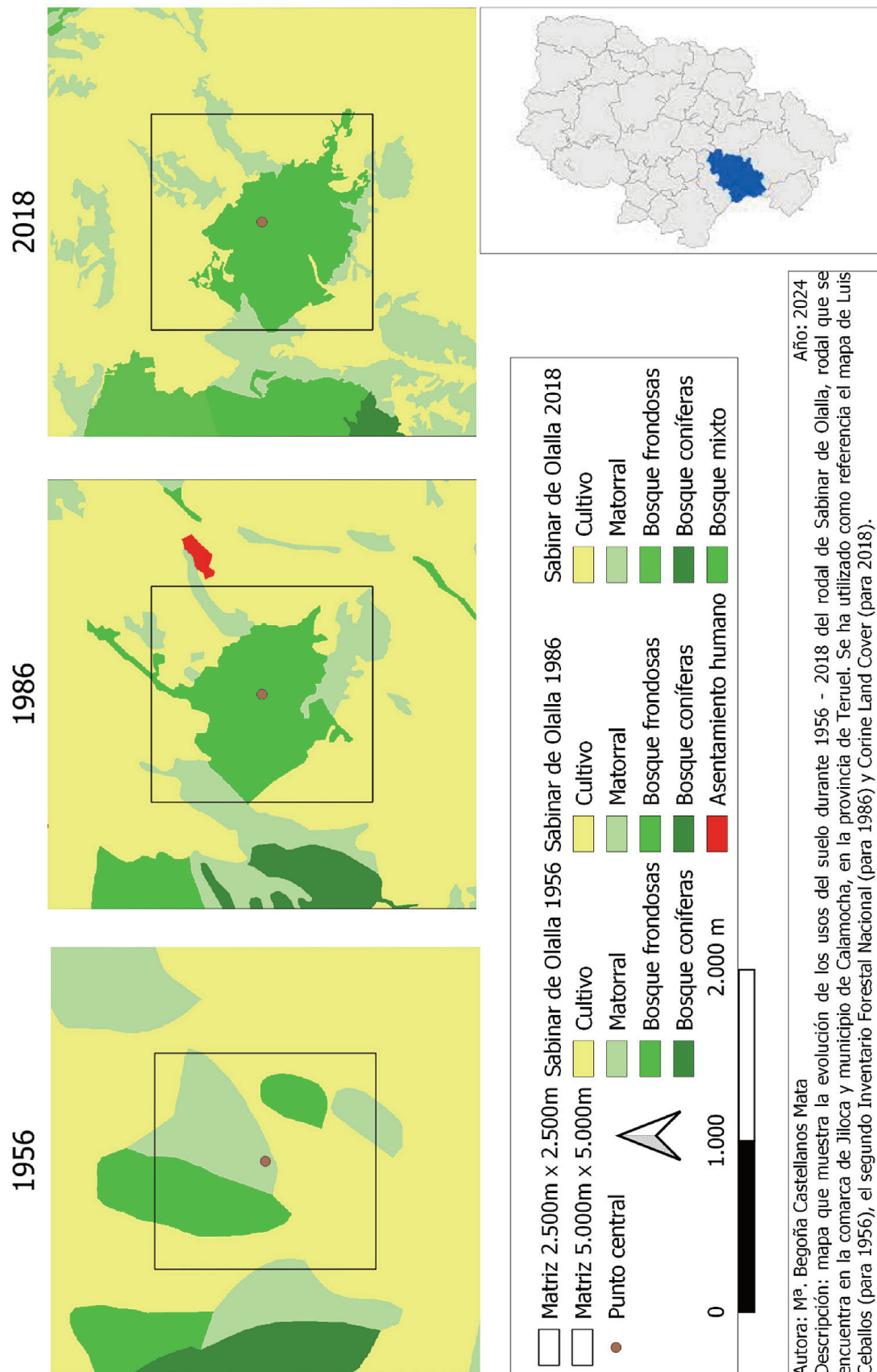


Figura 3. Comparativa de los usos del suelo en Sabinar de Olalla.

Fuente: Elaboración propia a partir de la fotointerpretación de las fotografías aéreas de 1956, 1986 y 2018.

EVOLUCIÓN DE PINAR DE PINO MORO

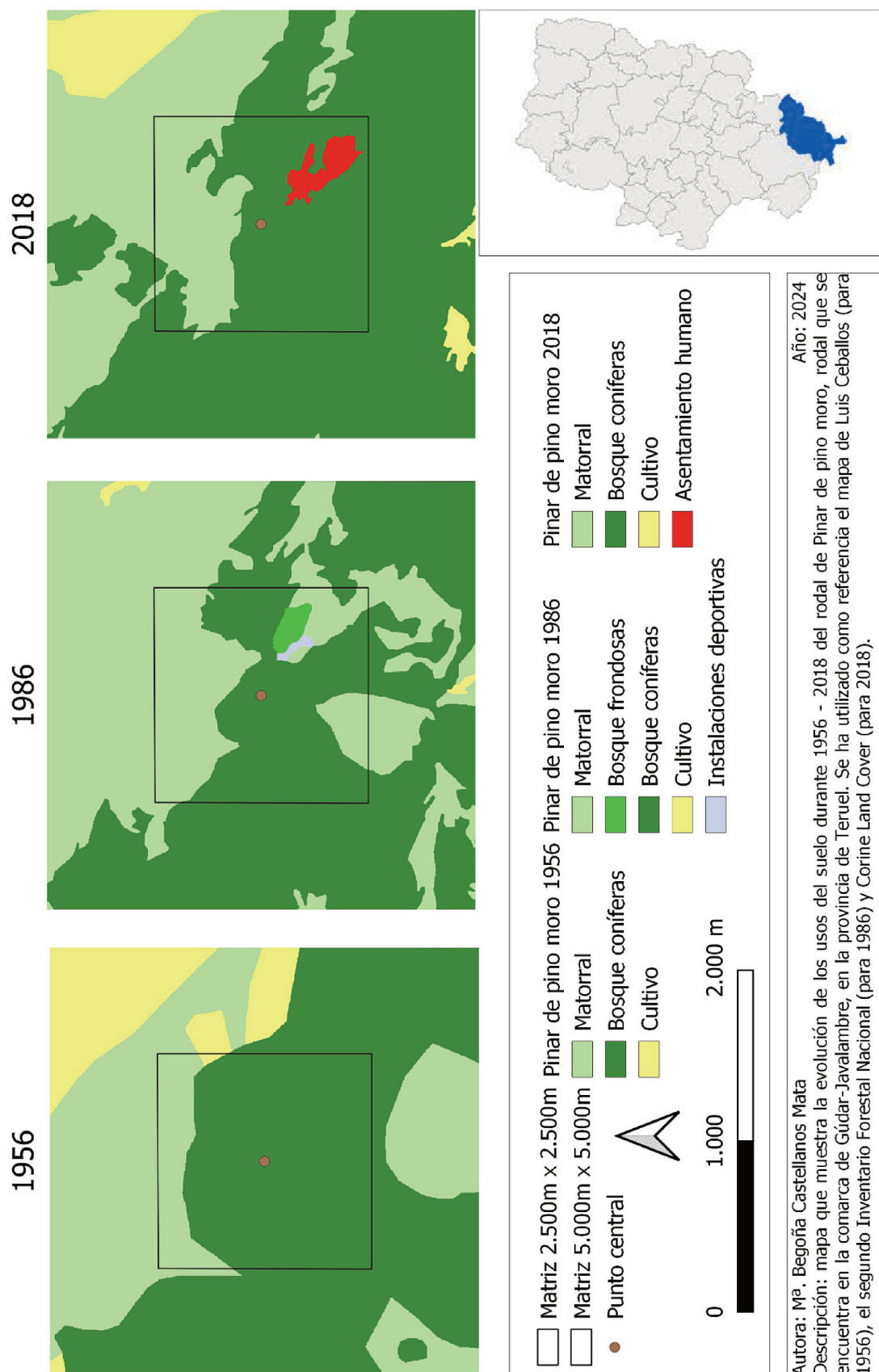


Figura 4. Comparativa de los usos del suelo en Pinar del Pino Moro.

Fuente: Elaboración propia a partir de la fotointerpretación de las fotografías aéreas de 1956, 1986 y 2018.

Tabla 5. Datos del SHDI obtenidos de Fragstat a partir de la fotointerpretación de fotografías aéreas de 1956, 1986 y 2000

	SHDI		
	1956	1986	2018
Rodales			
Turieto	0,87	1,40	1,26
Carrascal del Plano	0,27	1,24	1,41
Pinar de Pino Moro	0,92	0,76	0,86
Alcañiz	0,81	0,70	0,93
Sabinar de Olalla	0,96	0,90	1,01

Tabla 6. Síntesis de la superficie que ocupa cada uso del suelo en los rodales estudiados, así como el porcentaje de variación entre ambas fechas

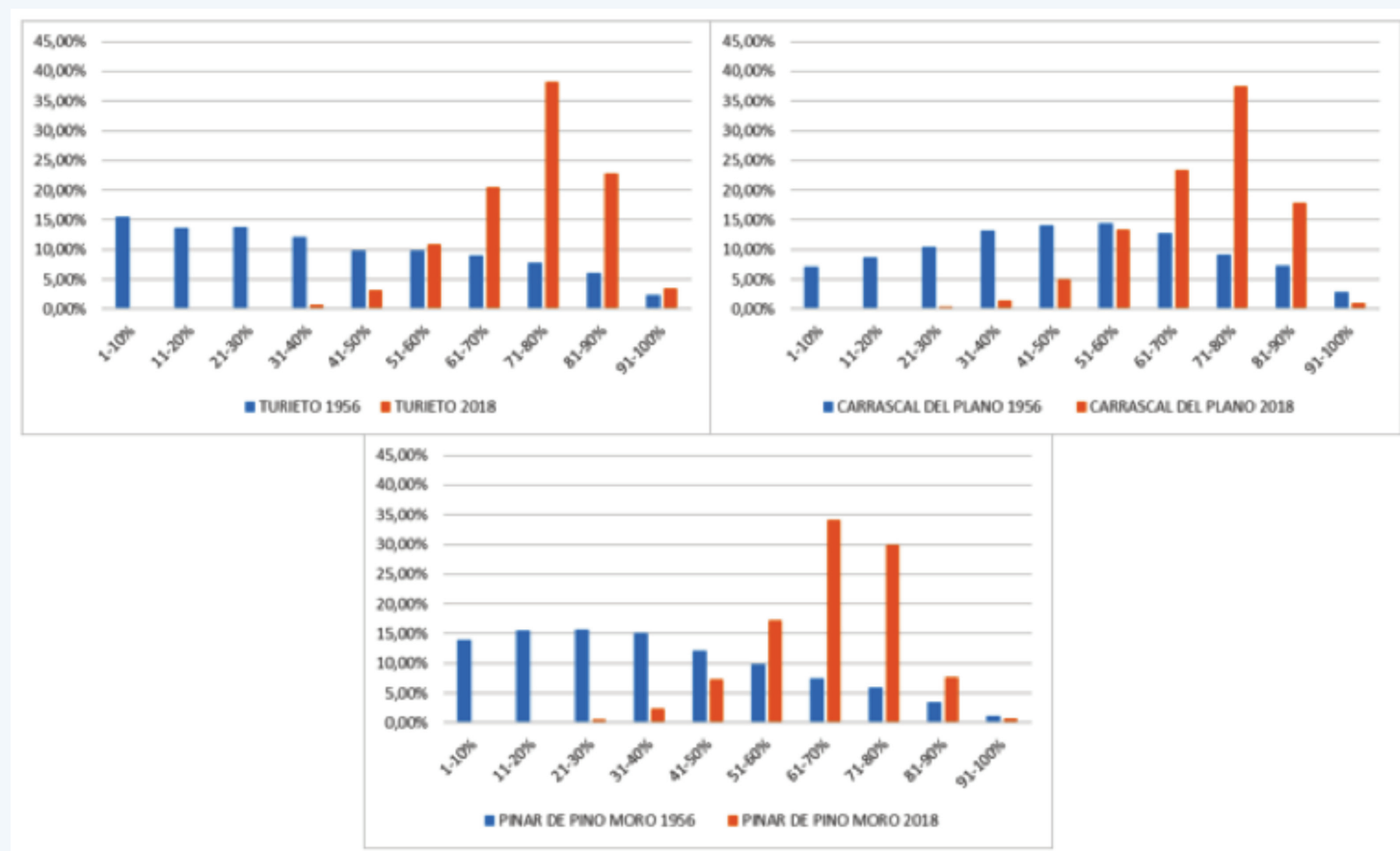
	Turieto			Carrascal del Plano			Pinar de Pino Moro		
Clases	1956 (Ha)	2018 (Ha)	% (2018-1956)	1956 (Ha)	2018 (Ha)	% (2018-1956)	1956 (Ha)	2018 (Ha)	% (2018-1956)
Cultivo							272,23	146	-4,96
Bosque coníferas	1114,09	1350,09	9,38	73,62	90,32	0,71	1450,08	1638,17	7,39
Bosque frondosas	146,16	246,45	3,99	66,12	258,82	8,15			
Bosque mixto		35,33	1,40		830,78	35,14			
Matorral	1255,48	539,96	-28,44	2224,16	909,33	-55,62	823,10	729,49	-3,68
Improductivo artificial		343,89	13,67		216,86	9,17		31,72	1,25
Masas de agua					57,72	2,44			
Total	2515,72	2515,72		2363,91	2363,91		2545,41	2545,41	
	Alcañiz*			Sabinar de Olalla					
Clases	1956 (Ha)	2018 (Ha)	% (2018-1956)	1956 (Ha)	2018 (Ha)	% (2018-1956)			
Cultivo	888,23	666,64	-8,75	1700,98	1666,83	-1,34			
Bosque coníferas	1361,75	1532,64	6,75	126,86	19,68	-4,30			
Bosque frondosas				275,23	100,27	-6,89			
Bosque mixto					348,99	13,73			
Matorral	282,87	333,56	2	435,95	405,25	-1,21			
Improductivo artificial									
Masas de agua									
Total	2532,85	2532,85		2541,01	2541,01				

Fuente: Tabla realizada con datos extraídos de la fotointerpretación de fotos aéreas de 1956 y 2018, con apoyo del Mapa de Luis Ceballos y Corine Land Cover.

Tabla 7. Síntesis de cambios sufridos en los usos del suelo en los diferentes rodales en estudio, resumidos en dos épocas, 1956-1986 y 1986-2018, así como la porción de superficie que ocupan dichos cambios

Cambios	Turieto			Carrascal del Plano			Pinar de Pino Moro		
	56-86	86-18		56-86	86-18		56-86	86-18	
	Superficie (Ha)	%	Superficie (Ha)	Superficie (Ha)	%	Superficie (Ha)	Superficie (Ha)	%	%
Estabilidad	1072.46	30.38	1481.84	461.82	37.35	421.53	1720.39	36.51	31.75
Regresión vegetal	600.88	37.34	255.34	998.18	28.92	219.64	344.49	23.81	19.05
Sucesión vegetal	760.88	24.05	695.13	889.48	31.33	1954.69	211.16	12.70	34.92
Cultivos a vegetación natural			81.51			14.43	265.69	23.81	1.59
Vegetación natural a cultivos							3.67	3.17	11.11
Otros cambios			1.9			53.62			1.59
Cambios	Alcañiz*			Sabinar de Olalla					
	56-86	86-18		56-86	86-18				
	Superficie (Ha)	%	Superficie (Ha)	Superficie (Ha)	%	Superficie (Ha)			
Estabilidad	1498.13	37.26	1460.35	1734.51	36.6	1930.7			
Regresión vegetal	50.48	5.41	225.87	47.84	5.88	29.95			
Sucesión vegetal	87.06	4.46	23.89	99.44	9.15	322.73			
Cultivos a vegetación natural	470.26	20.7	461.91	266.43	24.18	350.24			
Vegetación natural a cultivos	426.92	32.17	360.83	383.96	22.22	201.46			
Otros cambios				8.83	1.96	5.92			

Fuente: Tabla realizada con datos extraídos de la fotointerpretación de las fotografías aéreas de 1956, 1986 y 2018.



Gráficos 2, 3 y 4. Variación en la densidad forestal en los tres rodales que presentan una densidad forestal final más alta.

Fuente: Elaboración propia a partir de Organización Internacional de Estandarización (ISO) y fotointerpretación de fotos aéreas de 1956 y 2018 y Mapa de Luis Ceballos.

6. Discusión

EL INCREMENTO DE COBERTURA VEGETAL es más evidente en la creación de bosques mixtos en los rodales donde conviven tanto especies de coníferas como de frondosas, en algunos casos este tipo de bosques han ocupado espacios dominados por vegetación arbustiva como es el caso de Turieto o Carrascal del Plano, sin embargo, hay otros casos en los que comen terreno a otras superficies forestales como en Sabinar de Olalla. Últimamente se ha puesto el foco de atención sobre este tipo de bosques ya que presentan una mayor adaptabilidad y resiliencia frente al cambio climático, razón por la cual se han creado proyectos para la creación y protección de este tipo de áreas boscosas (LIFE-MixForChange (2019)), además este tipo de bosque también almacena más carbono que los bosques homogéneos (Warner, E., et.al. (2023)).

Tanto Turieto como Carrascal del Plano se encuentran en zonas Red Natura 2000 altamente protegidas en los Pirineos o Pre-pirineos, lo que podría haber contribuido al crecimiento tanto por las condiciones de humedad y régimen hídrico como por la menor presión humana derivada de su emplazamiento, como parece sugerir la falta de zonas de cultivo. Estudios climatológicos realizados en estas zonas (Gobierno de Aragón

(2020)) demuestran que se ha producido un incremento de la temperatura y sequías más recurrentes, lo que podría empeorar en un futuro, sin embargo, la vegetación de esta zona sigue siendo capaz de asimilar la mayor parte del agua precipitada y crecer hasta su máximo fisiológico.

Al contrario de lo que cabría esperar derivado del éxodo producido en España a mediados del siglo XX la mayoría de los cambios se concentran en la estabilidad. El caso más llamativo es Carrascal del Plano, rodal que, durante el primer periodo, aparentemente se ha producido una reducción de la superficie vegetal del 42%, sin embargo, si se tiene en cuenta la tendencia de los cambios en los usos del suelo se ve que, aunque la mayoría de la superficie tiende a una regresión vegetal la tendencia de los cambios durante el período 1956-1986 es hacia la estabilidad, lo que podría sentar las bases para la posterior sucesión vegetal durante el período 1986-2018, tendencia que se prolonga hasta 2023, según el último Inventario Forestal Nacional.

Una de las posibles razones de por qué no se ha producido un mayor cambio en el periodo 1956-1986 pudiera deberse a la introducción de políticas para mejorar la productividad agrícola

impulsadas en la década de 1950 (García, J. P., Goñi, I. I., & Leza, F. J. L. (Eds.). (2017)) en estas políticas se incluían ya repoblaciones forestales, sobre todo en las laderas de embalses. Las especies usadas para estas expansiones forestales seguían todavía una lógica productora, esta tendencia, ampliamente criticada por la utilización de pinos autóctonos, el uso de especies exóticas y especies de crecimiento rápido o el olvido de las frondosas autóctonas se prolongó hasta 1984, lo que podría explicar por qué las especies de frondosas son más escasas o inexistentes en 1954 (Vadell Guiral, E., et. al. (2019)).

La sucesión vegetal está relacionada con la densidad, la densidad forestal cuantifica el grado de ocupación de árboles en una superficie determinada (Hernández Ramos, J., et. al. (2013)) y, aunque una mayor superficie forestal no implica mayor densidad de arbolado, la proporción de árboles de grandes dimensiones está relacionada con una densidad mayor (EUROPARC-España. (2017)).

Los rodales con una mayor densidad forestal al final de la serie histórica coinciden con aquellos que presentan una mayor superposición de figuras de protección, como ya se mostró en la Tabla 2, sin embargo, esta postura no puede explicar las densidades forestales finales de todos los rodales, una hipótesis podría ser que, dentro de las diferentes denominaciones de protección aplicadas por la Red Natura 2000, la que más ayuda al incremento de la densidad forestal es la Zona de Especial Conservación o ZEC, ya que aquellos rodales que la presentan, incluso si es la única política de conservación que poseen, son de los rodales que más han aumentado la densidad con respecto al momento inicial. Esta teoría presenta dudas ya que rodales como Carrascal del Plano ya poseían una densidad forestal inicial elevada al principio de la serie histórica y solamente

han alcanzado una densidad final del 71-80%, esto podría llegar a explicarse gracias a la teoría de la densidad general máxima, existe un control natural por parte de los bosques que impide que la densidad mayoritaria de la propia área verde aumente indefinidamente (F. Bravo, G. Montero y Miren Del Rio (1997)), en este caso el máximo se encontraría en el 71-80% para la provincia de Huesca y entre el 61-70% en Teruel, debido a unas condiciones ambientales con una menor humedad relativa y régimen de lluvias.

Alcañiz y Sabinar de Olalla presentan una densidad más baja, 31-40% y 41-50% respectivamente, el porqué se puede deber a la ausencia de suelos calizos; este tipo de suelo aumenta la acidez, por lo que si es dominante puede suponer un problema, sin embargo, también favorece el drenaje del agua y la respiración radicular, lo que ayuda al crecimiento de determinadas plantas. Diferentes estudios han demostrado la correlación entre las características físicoquímicas de los suelos y el crecimiento y abundancia de especies vegetales (Zhang y Zhang (2011)), otros estudios demuestran que el crecimiento en suelos calcáreos o no calcáreos depende, no solo del pH del suelo sino de otros factores como, por ejemplo, la humedad, dependiendo de estos factores crecen unas especies u otras (Nguyen, T. V., Mitlohner, R., Bich, N. V., & Do, T. V. (2015)).

Es necesario un estudio litológico en profundidad para determinar la existencia de relaciones entre los diferentes rodales, en primera instancia se puede decir que Alcañiz y Sabinar de Olalla, ambos al norte de Teruel, pero distanciados geográficamente, no presentan ninguna relación aparente, salvo la existencia de una gran cantidad de espacio dedicado a agricultura, por lo que lo más probable, es que la baja densidad se deba a esta causa.

7. Conclusiones

LA REALIZACIÓN DE MAPAS de evolución de la composición, estructura y dinámica de usos de suelo, en general, y forestales, en concreto, puede ayudar a un mejor entendimiento de la evolución de áreas boscosas permitiendo la creación de políticas y medidas más adecuadas para el manejo y gestión de estas áreas.

Los cinco rodales estudiados en este trabajo han experimentado importantes cambios en los casi setenta años en estudio. Entre los cambios más importantes se encuentra la pérdida de un total de casi 382 hectáreas de superficie dedicadas a producción agraria, la disminución en 2104 ha de las áreas ocupadas por especies arbustivas o de bajo porte, y, de forma generalizada, la creación e incremento de la heterogeneidad mediante la formación de bosques mixtos; en total se han creado de media 367 hectáreas y media de bosque, siendo Carrascal del Plano el que más hectáreas de bosque ha ganado, 1040 ha, el 80 %

de las cuales corresponden a bosque mixto. Todos estos cambios quedan concentrados mayoritariamente en el periodo de 1986 a 2018. Los rodales situados en Huesca, Turieto y Carrascal del Plano, son los que más superficie forestal han ganado.

Estos cambios favorecen un aumento de la densidad forestal final que llega a alcanzar valores entre el 71 y 80%, siendo la provincia de Teruel donde menor densidad forestal final se ha alcanzado, coincidiendo con los rodales que presentan una amplia actividad agrícola y los que menos superficie vegetal natural presentan.

Los análisis del LPI, índice fractal y SHDI indican que las zonas en estudio han tendido hacia un incremento en la salud y funcionamiento de sus ecosistemas, evidenciado en la disminución del tamaño de la tesela más grande y el aumento del

índice fractal. Sin embargo, todos los rodales acabaron demostrando ser pobres en diversidad forestal, siendo el rodal que más destaca en este sentido Sabinar de Olalla, con un total de cinco especies arbóreas diferentes.

Esta evolución muestra un mayor crecimiento de la superficie forestal tras 1986, sin embargo, el cambio climático y sobre todo las posibles épocas de sequía, que se especulan cada vez más largas, pueden afectar severamente a estos ecosistemas.

Se precisan, todavía, análisis más exhaustivos de estos y otros rodales para poder terminar de dar sentido a los cambios producidos por el paso del tiempo, sería necesaria la selección de más rodales, dentro de la misma Comunidad Autónoma, y la ampliación de la serie histórica en cuanto se publiquen el si-

guiente Inventario Forestal Nacional y la próxima capa de Corine Land Cover. La creación de mapas de esta índole en otros rodales puede ayudar a entender mejor el patrón de crecimiento de bosques maduros favoreciendo la toma de decisiones de planificación prospectiva en estos hábitats.

Agradecimientos

POR ÚLTIMO, agradecer al Servicio de Espacios Naturales y Red Natura 2000 y, en concreto, a Emili Martínez i Ibarz, jefe de sección de Red Natura 2000, del Gobierno de Aragón, por su trabajo y por la información prestada para la realización de este artículo.

8. Bibliografía

- Burschel, P., & Huss, J. (1987). Grandsirss des Waldbaus. *Verlay paul paarey, Humburg and Berlin*.
- Serrada, R.; Montero, G.; Reque, J. A. (eds.). 2008. Compendio de selvicultura aplicada en España. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid. 1178 p.
- Allen, C. D. (2009). Muerte regresiva del bosque inducida por el clima: ¿un fenómeno mundial en aumento. *Unasylva*, 60(231-232), 43-49.
- Ministerio para la Transición ecológica y el Reto Demográfico, Política Forestal en España.
<https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/politica-forestal/planificacion-forestal/politica-forestal-en-espana/index.html>
- Cuarto Inventario Forestal Nacional, Ministerio para la transición ecológica y reto demográfico.
https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-forestal-nacional/cuarto_inventario.html
- Arévalo-Morocho, C., Jácome-Aguirre, G., Ortega-Andrade, S., Rosales-Enríquez, O., & Rodríguez-Echeverry, J. (2023). Evaluación del cambio del paisaje boscoso y su impacto en la distribución de *Dipsas elegans* en el norte de Ecuador.
- Bravo, D. N., & Cabello, F. P. (2001). Cartografía y análisis espacial de la diversidad del paisaje vegetal en la montaña riojana y su papel como herramienta de gestión. *Zubía*, (13), 177-192.
- Caracterización de dos parcelas permanentes de seguimiento de la dinámica forestal en el parque natural de la sierra y cañones de guara en Huesca*. Gobierno de Aragón, 4Datum, Bioma Forestal (2017).
- Comisión Europea (2009). *Informe de la comisión al consejo y al parlamento europeo Informe de síntesis sobre el estado de conservación de los tipos de hábitats y especies de conformidad con el artículo 17 de la Directiva de Hábitats*.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/publicaciones/informe_sintesis_tcm30-197179.pdf
- Corredor, E., Fonseca, J. y Páez, E. (2012). Regulación de los servicios ecosistémicos: tendencias e impacto en el bienestar humano. *Colombia: Revista de Investigaciones Agrícolas y Ambientales*, 3, 78-80.
- del Barrio, J. G., Bolaños, F., & Rosselló, R. E. (1999). Análisis de la evolución del paisaje y los cambios en los usos del suelo, durante los últimos cuarenta años, en tres parcelas de las tierras altas de la ecorregión galaico-cantábrica. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (8), 85-92.
- EUROPARC-España. 2017. Los bosques maduros: características y valor de conservación. Ed. Fundación Fernando González Bernaldez, Madrid.
- F. Bravo, G. Montero y Miren Del Rio (1997) Indices de densidad de las masas forestales. *Ecología*, N. 11, 1997, pp. 177-187.
- FORESTAL, B. (2017). Metodología de identificación y caracterización de rodales forestales de referencia para 8 hábitats de interés comunitario aplicable a la comunidad autónoma de Aragón.
- Francisco Lloret Maya (s.f.), *Vida de fractal*. CREA. <https://www.crea.cat/es/articulos/vida-de-fractal>.
- García, J. P., Goñi, I. I., & Leza, F. J. L. (Eds.). (2017). *La restauración forestal de España: 75 años de una ilusión*. Gobierno de España, Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.
- Gobierno de Aragón (2019). Plan director de las áreas de la Red Natura 2000 en Aragón, <https://gobiernoabierto.aragon.es/agoab/documentos/fases/12590327503/Plan%20Director.pdf>
- González-Díaz, P., Ruiz-Benito, P., Astigarraga, J., Cruz-Alonso, V., Moreno-Fernández, D., Herrero, A.,... & Zavala, M. A. (2020). Los bosques españoles como soluciones naturales frente al cambio climático: herramientas de análisis y modelización.
- Heredia-Laclaustra, A., Frutos-Mejías, L. M., & González-Hidalgo, J. C. (2013). Diferencias en la evolución del paisaje entre dos municipios Prepirenaicos: Alquézar y Valle de Lierp, en la segunda mitad del siglo XX. *Pirineos*, 168, 77-101.

- Hernández Ramos, J., García Magaña, J. J., Muñoz Flores, H. J., García Cuevas, X., Sáenz Reyes, T., Flores López, C., & Hernández Ramos, A. (2013). Guía de densidad para manejo de bosques naturales de *Pinus teocote* Schlecht. et Cham. en Hidalgo. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 4(19), 62-77.
- International Organization for Standardization (ISO), <https://www.isotc211.org/>.
- Levantamiento de dos parcelas permanentes de seguimiento de la dinámica forestal en el hábitat de interés comunitario "Bosques montanos y subalpinos de Pinus uncinata 9430" EN LA ARBOLEDA SINGULAR "PINAR DE PINO MORO"*. Gobierno de Aragón, Bioma Forestal, 4D ATUM (2020).
- Levantamiento de dos parcelas permanentes de seguimiento de la dinámica forestal en el hábitat de interés comunitario "Pinares mediterráneos de pinos mesogeanos endémicos (9540)" EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE ALCANIZ*. Gobierno de Aragón, Bioma Forestal, 4D DATUM (2020).
- Levantamiento de dos parcelas permanentes de seguimiento de la dinámica forestal en el hábitat prioritario de interés comunitario (9560) "Bosques endémicos de Juniperus spp. en el término municipal de Calamocha"*. Gobierno de Aragón, Bioma Forestal, 4D ATUM (2020).
- LIFE RedBosques. 2018. Manual de campo para la identificación de rodales de referencia. Fase II: Identificación mediante parcelas. Ed. Fundación González Bernáldez, Madrid. Proyecto LIFE Redcapacita_2015. Deliverable B3.2. 53 pp
- LIFE-MixForChange (2019), Miriam Piqué, Mario Beltrán. *Estrategias de gestión para la adaptación al cambio climático de los bosques subhúmedos mediterráneos. Presentación del proyecto LIFE MixForChange: gestión para la adaptación al cambio climático de bosques mixto subhúmedo mediterráneo*. Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Cataluña (CTFC). https://mixforchange.eu/docs/7.%20Presentacion%20proyecto%20MixForChange_M-Pique.pdf
- MacArthur, R. H., & Wilson, E. O. (2001). *The theory of island biogeography* (Vol. 1). Princeton university press.
- Manual 14 EUROPARC-España, 2020. *Bosques maduros mediterráneos: características y criterios de gestión en áreas protegidas*.
- Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. *Mapa geológico de España a escala 1:50.000 (2ª Serie)*, <https://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50.aspx>.
- Ministerio para la Transición ecológica y el reto demográfico (2020). Una mirada a la Red Natura 2000 en España. Boletín Red Natura 2000 en España, https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/rn2k/boletines/boletin_red_natura_2000_n0_tcm30-509326.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (2021), *La COP26 se cierra con un acuerdo climático "de compromiso"* (<https://www.miteco.gob.es/eu/ceneam/carpeta-informativa-del-ceneam/novedades/finaliza-cop-26-glasgow.html>).
- Morales, L. A. D. (2018). Heterogeneidad del paisaje y diversidad de especies arbóreas en un bosque tropical. Desarrollo y validación de una propuesta metodológica. *Ecosistemas*, 27(1), 105-115.
- Nguyen, T. V., Mitlohner, R., Bich, N. V., & Do, T. V. (2015). Environmental factors affecting the abundance and presence of tree species in a tropical lowland limestone and non-limestone forest in Ben En National Park, Vietnam. *Journal of forest and environmental science*, 31(3), 177-191.
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interiencia*, 31(8), 583-590.
- Priego Santander, Á., Moreno Casasola, P., Palacio Prieto, J. L., López Portillo, J., & Geissert Kientz, D. (2003). Relación entre la heterogeneidad del paisaje y la riqueza de especies de flora en cuencas costeras del estado de Veracruz, México. *Investigaciones geográficas*, (52), 31-52.
- Santiago, D. M., Cruz, P. C., Hernández, E. F., Trinidad, A. G., Barrios, R. O., Santiago, O. L. C., ... & García, C. S. (2021). Guía de densidad para el manejo de rodales naturales de *Pinus rudis* Endl. en Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(64).
- Vadell Guiral, E., de Miguel Magaña, S., & Pemán García, J. (2019). La repoblación forestal en España: las especies utilizadas desde 1877 a partir de las cartografías forestales.

- Warner, E., Cook-Patton, S. C., Lewis, O. T., Brown, N., Koricheva, J., Eisenhauer, N., ... & Hector, A. (2023). Young mixed planted forests store more carbon than monocultures—a meta-analysis. *Frontiers in Forests and Global Change*, 6, 1226514.
- Zamora Cristales, R., Herrador, D., Cuéllar, N., Díaz, O., Kandel, S., Quezada, J., ... & Vergara, W. (2020). Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes. Una herramienta para el monitoreo de los impactos biofísicos y socioeconómicos de la restauración del paisaje.
- Zhang, J. T., & Zhang, F. (2011). Ecological relations between forest communities and environmental variables in the Lishan Mountain Nature Reserve, China. *African Journal of Agricultural Research*, 6(2), 248-259.
- Ubalde Bauló, J. M., Rius, J., & Poch, R. M. (1999). Monitorización de los cambios de uso del suelo en la cabecera de cuenca de la ribera salada mediante fotografía aérea y SIG (El Solsonès, Lleida, España).
- Beltran, M. G., Portela, J. F., Matesanz, D. C., & del Hoyo, L. V. (2023). Dinámicas de cambios en los usos del suelo en Soria y Teruel (2000-2018). In *Geografía: cambios, retos y adaptación: libro de actas. XVIII Congreso de la Asociación Española de Geografía, Logroño, 12 al 14 de septiembre de 2023* (pp. 413-421). Asociación Española de Geografía.

