



Universidad de Valladolid

Grado en Geografía y Ordenación del Territorio

Dinámica de las formaciones de *Juniperus* en el Parque Natural de las Hoces del Río Duratón (Segovia).

-Estudio a través de la comparación de fotografías y ortofotografías aéreas (1956-2010).

Trabajo Fin de Grado 2016

Autora:

Sara M^a Sánchez González

Director:

Juan Carlos Guerra Velasco

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	3
1. INTRODUCCIÓN	5
MOTIVACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO	5
FASES DEL ESTUDIO	6
OBJETIVOS	7
4. ESTADO DEL ARTE	8
LA EVOLUCIÓN DEL TERRITORIO Y LAS HERRAMIENTAS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).....	8
PARQUE NATURAL DE LAS HOCES DEL RÍO DURATÓN.....	12
GENERO <i>JUNIPERUS</i> Y SU DINÁMICA POBLACIONAL.....	22
5. METODOLOGÍA.....	29
MAPA FORESTAL DE ESPAÑA.	30
DIGITALIZACIÓN Y GEORREFERENCIACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS ANALÓGICAS.	31
ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA (NDVI).....	34
VECTORIZACIÓN BASADA EN LA IDENTIFICACIÓN DEL GÉNERO <i>JUNÍPERUS</i>	36
METADATOS DE LAS CAPAS NUEVAS GENERADAS.	39
6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.	41
7. CONCLUSIONES.	53
5. FUTUROS DESARROLLOS.....	54
6. BIBLIOGRAFÍA.	56

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1: Mapa del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón. (Siguiendo hoja →).....	13
Figura 2: Detalle de las hojas y del fruto de <i>Juniperus thurifera</i> . Fuente: Anthos. Foto 1. de Univ. Murcia y foto 2 de C. Aedo.....	22
Figura 3: Detalle de las hojas de <i>Juniperus communis</i> . Fuente: Anthos. Foto de G. Moreno.	23
Figura 4: Individuo y detalle de las hojas y bayas de <i>Juniperus oxycedrus</i> . Fuente: Anthos. Ambas fotos de C. Aedo.....	24
Figura 5: Esquema metodológico del estudio.	29
Figura 6: Guía de georreferenciación de las fotografías analógicas de 19857 y 1984.....	32
Figura 7: Detalle del nivel de precisión de la georreferenciación realizada, comparando las fotografías del 1957 y 1984 georreferenciadas y su ajuste con la ortofotografía de 2010.	33
Figura 8: Secuencia de NDVI para <i>Juniperus thurifera</i>	34
Figura 9: Imagen del proceso de vectorización del género <i>Juniperus</i> en el vuelo de 1957.....	36
Figura 10: Vista de un metadato generado abierto con internet Explorer.	40
Figura 11: Mapa de distribución del género <i>Juniperus</i> en 1957 en el entorno del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón.	42
Figura 12: Mapa de distribución del género <i>Juniperus</i> en 1984 en el entorno del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón.	43
Figura 13: Mapa de distribución del género <i>Juniperus</i> en 2006 en el entorno del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón según el Mapa Forestal Español.	44
Figura 14: Mapa de distribución del género <i>Juniperus</i> en 2010 en el entorno del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón.	45
Figura 15: Mapa de distribución del género <i>Juniperus</i> entre 1957 y 1984 en el entorno del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón.....	47

Figura 16: Mapa de distribución del género <i>Juniperus</i> entre 1957, 1984 y 2006 en el entorno del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón.....	48
Figura 17: Mapa de distribución del género <i>Juniperus</i> entre 1957, 1984, 2006 y 2010 en el entorno del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón.....	49
Figura 18: Evolución de la cabaña ganadera por tipología en la comarca de Sepúlveda.....	50
Figura 19: Gráfico evolutivo de la superficie ocupada por el género <i>Juniperus</i> dentro del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón.....	51
Figura 20: Gráfico evolutivo de la superficie ocupada por el género <i>Juniperus</i> dentro del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón, mostrando el incremento acumulado de cada hito temporal.....	52
Tabla 1: Grado de condicionalidad de los datos según el estándar seleccionado en el CatMDEdit. ...	39

1. INTRODUCCIÓN

MOTIVACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO

Hace unos años decidí iniciar un nuevo camino, el de cursar otra carrera que me permitiese complementar mis estudios, que me diese otra visión, que limase las aristas de mi perspectiva. Y ahora después de varios años, con estas líneas se termina este viaje y me llevo conmigo la capacidad de mirar con otros ojos mi entorno y una mochila con muchos recuerdos, sensaciones, conocimientos, conocidos y amigos.

En mi corto bagaje de investigación, siempre mis estudios habían estado centrados en la evolución de los sistemas lagunares de Tierra de Campos desde la perspectiva del recurso hídrico, su variación anual y a lo largo de algo más de un siglo, observando como un ave sus cambios y comportamientos, y finalmente desarrollando modelos de predicción como herramienta de gestión del recurso.

Pero al término de Geografía y Ordenación del Territorio, consideré que sería interesante poder aplicar estos conocimientos en otros entornos y recursos y fue entonces cuando decidí desarrollar un estudio en el Parque Natural de las Hoces del río Duratón y centrarlo en la dinámica de sus formaciones de *Juníperus*.

FASES DEL ESTUDIO

El siguiente proyecto se compone de las siguientes fases de estudio:

1. Reconocimiento y análisis de la zona de estudio.
2. Tratamiento y procesado de la cartografía para la caracterización de la evolución del género *Juníperus* en el territorio del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón, lo que implica el desarrollo de un SIG.
3. Análisis de los cambios en la población del género *Juníperus* en el área de estudio.

Consta de tres apartados que permiten la exposición de los pasos acometidos para desarrollar este estudio adecuadamente, su correcta exposición y su entendimiento. Por ello, la presente memoria, se subdivide en varias secciones:

- El estado del arte, donde se muestran los conocimientos existentes sobre la materia tratada, subdividiéndose:
 - Revisión de los artículos publicados en referencia a las evoluciones del territorio y las herramientas de Sistemas de Información Geográfica.
 - Descripción de los recursos naturales del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón.
 - Exposición del género *Juníperus* y su dinámica poblacional.
- La metodología empleada en el proyecto, la cual se compone de los siguientes apartados:
 - Adecuación del Mapa Forestal de España a las necesidades del estudio.
 - Digitalización y georreferenciación de fotografías aéreas analógicas.
 - Cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y su transcripción cartográfica.
 - Vectorización basada en la identificación género *juníperus*.
 - Creación de los metadatos asociados a las nuevas capas generadas.
- La discusión, apartado en el que se realiza el análisis de los cambios en la población del género *juníperus*.
- Se presentan las conclusiones.
- Se puntualizan las futuras líneas de desarrollo para una posible continuidad del estudio.
- Se presenta la bibliografía utilizada para el presente estudio.

OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto se centra en la identificación de la dinámica desde mediados del siglo XX hasta la primera década del siglo XXI de las formaciones vegetales de Sabina albar (*Juniperus thurifera*) y de Enebro (*Juniperus communis*) en el Parque Natural 'Hoces del Duratón'.

Para alcanzar este objetivo principal se han establecido los siguientes objetivos específicos:

1. Estudiar el comportamiento colonizador y a la dinámica reciente del género.
2. Digitalización y georreferenciación de las fotografías aéreas analógicas del vuelo americano de 1957 y del Instituto Geográfico Nacional de 1984.
3. Identificación de la distribución de la especie atendiendo al Mapa Forestal de España.
4. Cálculos del Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) para el año 2010.
5. Vectorización basada en la identificación género *Juníperus*.
6. Establecer un método de corrección de la superficie ocupada por el género *Juníperus* en 1957 y 1984 basado en la metodología de muestreo de vegetación por cuadrantes.
7. Generación de un Sistema de Información Geográfica que permita realizar un análisis comparativo de los resultados cartográficos obtenidos para cada hito temporal.

A lo largo de este estudio se expondrán detalladamente los resultados obtenidos en cada uno de los objetivos de tal forma que permitan desarrollar unas conclusiones fundadas sobre la dinámica y el comportamiento colonizador del género en este enclave.

Así mismo se pretende aportar en anexos ara su uso público los resultados cartográficos obtenidos, convenientemente metadatados en formatos compatibles, para su posible incorporación a las actuales Infraestructuras de Datos Espaciales. Cumpliendo así con los objetivos comunitarios de transparencia en la información ambiental de los estándares actuales.

2. ESTADO DEL ARTE

LA EVOLUCIÓN DEL TERRITORIO Y LAS HERRAMIENTAS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

A finales del siglo XIX, principios del XX, la forma de percibir y entender el territorio cambió su punto de visión, pasó de una percepción a pie a un reconocimiento desde el aire, mediante la aplicación de una nueva técnica que se basaba en la instalación de sensores en plataformas espaciales, surgiendo la teledetección (Instituto Geográfico Nacional, 2007 a).

La teledetección o percepción remota se define como la ciencia o arte de adquirir información de un objeto, área o fenómeno por medio de los datos adquiridos mediante un dispositivo que no está en contacto directo con el objeto bajo investigación (Graham, 1999).

Inicialmente la teledetección se utilizó con fines militares y para el desarrollo de cartografía y fue en los años de los sesenta cuando la instalación en sensores civiles amplió sus aplicaciones, utilizándose para la predicción de cosechas, estudios forestales, seguimientos de icebergs, estudio de grandes unidades geomorfológicas, previsiones meteorológicas, ecología urbana, estudios de la evolución del litoral o cambios en los usos del suelo, etc. (Cabellos Noco, 1983). Por lo tanto se puede decir que el objetivo principal de la teledetección es la identificación de los fenómenos acontecidos sobre la superficie terrestre y la firma espectral que estos dejan (Sacristan, 2004).

La historia de la teledetección comienza entre 1946 y 1950, fechas en las que se lanzan los primeros cohetes americanos con cámaras fotográficas para tomar fotografías de la superficie terrestre,

alcanzando su máximo apogeo durante la II Guerra Mundial, para el espionaje militar de las bases enemigas.

En España se crea el Servicio Aeroestación Militar en 1884, el cual comenzó su actividad en 1889 con la obtención de fotografías aéreas desde globos aerostáticos (Quirós-Linares & Fernández-García, 1996). En 1920 se establece en Cuatro Vientos el Servicio Geográfico y Laboratorio meteorológico de Aviación Militar (Ejercito del Aire, 2013) siendo esta fecha la considerada como el inicio oficial de este tipo de actividades en el ámbito nacional. De todos los hitos acontecidos en la historia de las fotografías aéreas y teledetección en España (Casal & Freire, 2012) destacan dos, los cuales son base para este estudio:

- En 1945 y 1946 las Fuerzas Aéreas Americanas sobrevuelan el territorio peninsular y las Islas Baleares a una escala entre 1:34.700 y 1:50.500 en blanco y negro, dando lugar al vuelo conocido como “Serie A”. Diez años más tarde, entre 1956 y 1957 en cooperación con el Ejército Español, las Fuerzas Aéreas Americanas volverán a sobrevolar el territorio nacional generando el vuelo “Serie B” o comúnmente conocido como el “Vuelo Americano”, a una escala de 1:33.000 en blanco y negro.
- En 1984-1985 el Centro Cartográfico y Fotográfico (CECAF) acomete el “vuelo Fotogramétrico Analógico” en blanco y negro a escala 1:30.000 (Vales *et al.*, 2010).

El Instituto Geográfico Nacional desarrolla el Plan Nacional de Teledetección (PNT), centrado en la coordinación de la adquisición de imágenes de satélite del territorio español y fomentar su uso masivo y el de sus productos derivados (Instituto Geográfico Nacional, 2007 b), y el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), proyecto centrado en constituir y actualizar periódicamente la cobertura de España de fotografía aérea, ortofotografía digital de alta resolución (0,5 m) y el desarrollo de un Modelo Digital del Terreno.

Ambos proyectos han permitido construir la cartografía base, con la que se establece la tipología de ocupación del suelo, se utilizan para realizar estudios de obras públicas, para la planificación urbanística y la ordenación del territorio, para la obtención de información forestal, medioambiental, agrícola, ganadera, geológica e hidrológica, o para el diseño de planes de protección civil, de seguridad y defensa, etc.

A nivel regional, en Castilla y León el PNOA es desarrollado por el Instituto Tecnológico Agrícola de Castilla y León (ITACYL) y responsable de mantener el servidor web de mapas (Web Map Service,

WMS) en el que incorporan las ortofotografías realizadas para el PNOA, desde el año 2004, a color y en infrarrojo. Disponiéndose así de una gran variedad de imágenes aéreas de diferentes épocas georreferenciadas y ortorectificadas, permitiendo el desarrollo de estudios evolutivos del terreno de todo tipo de tipologías.

Actualmente existen muchos grupos de trabajo que desarrollan diferentes publicaciones que utilizan la teledetección como una herramienta para el estudio de los cambios de la cobertura terrestre y sus usos. Estos estudios se centran en diferentes ámbitos desde la el estudio de la distribución y localización de los usos asociados a las decisiones políticas, acciones reguladas y cambios de actividades (Lunetta *et al.*, 2006) o el estudio de los procesos que han supuesto la degradación de los suelos por la erosión y la pérdida de calidad del suelo (Pérez & García, 2013). Otro ejemplo son los estudios de la evolución de ecosistemas como son los estudios de los humedales y su evolución temporal como el Inventario de la Iniciativa para los Humedales Mediterráneo MedWet (MedWet, 1991), el entorno de los lagos y salinas saladas del desierto de Los Monegros en Aragón (Castañeda *et al.*, 2005) (Herrero & Castañeda, 2009) o la evolución de las lagunas de Tierra de Campos (Sánchez-González *et al.*, 2016). Este tipo de estudios son muy importantes para la gestión de los recursos forestales (Maseka *et al.*, 2015) para la detección temprana de plagas (Jones *et al.*, 2015), para la estimación de la biomasa forestal (Latifi *et al.*, 2015) o para estudios sobre la evolución temporal de formaciones boscosas como es el caso de la zona montañosa de Aït Bouguemez Valle de los bosques de montaña Alto Atlas marroquí (Hammi *et al.*, 2010) o de una forma más específica, el estudio de la evolución de una especie, como es el caso de la dinámica de los sabinares albares de *Juníperus thurifera* en las llanuras de la Cuenca del Duero (Guerra Velasco, 2005).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han sido utilizados desde antiguo aunque no eran considerados como tales. Los SIG se basan en tres ideas básicas: “geográfico” contiene datos y conceptos que se relacionan con las distribuciones espaciales, la “información” se transmite en forma de datos, ideas o análisis, en general como ayuda a la adopción de decisiones y “sistema” por su método de entradas, procedimientos y salidas (Meaden & Kapetsky, 1992).

Durante los años sesenta se desarrollaron aplicaciones cartográficas, lo que aceleró la carrera tecnológica de los SIG (Comas & Ruiz, 1993). El nuevo milenio trajo un fuerte desarrollo de las tecnologías de la información y de las telecomunicaciones, proporcionando la expansión de los SIG y la demanda cartográfica y los servicios de geolocalización (Pérez Navarro, 2011).

En 2004 nace Infrastructure for Spatial Information in the European Community INSPIRE (INSPIRE, 2014) y en 2007 la Comisión Europea establece, la Directiva 2007/27CE INSPIRE (Unión Europea, 2007) la cual aborda 34 temas de datos espaciales para aplicaciones ambientales, con normas técnicas de ejecución, objetivos y plazos para los Estados Miembros de la UE a fin de que ajusten sus respectivas legislaciones y procedimientos administrativos nacionales. Uno de los objetivos de INSPIRE se centra en la creación de los metadatos asociados a la cartografía, siendo estos la información acerca de la propia información y deben prepararse según estándares internacionales y nacionales preestablecidos como el estándar ISO 19115:2003 “Metadata” y ISO 15836:2003 “The Dublin Core Metadata Element Set” atendiendo a las recomendaciones del grupo de Dublin Core y Núcleo Español de Metadatos (LatinGEO, 2010).

El incremento del volumen de datos supuso un incremento del número de softwares de SIG, los cuales están diseñados para ejecutar las funciones de gestión de bases de datos, centrado en las necesidades de los usuarios y basado en:

- La adquisición, codificación y edición de datos.
- El almacenamiento y recuperación.
- La manipulación y análisis.
- La presentación visual e informe.

Actualmente existen una multitud de paquetes de software de SIG legítimos del mercado mundial de pago y libres. Siendo los más extendidos:

- ERDAS de Intergraph.
- GRASS GIS. SIG libre de código (GRASS, 1998).
- ArcInfo de ESRI (ESRI, 2014).
- IDRISI de J. Ronald Eastman en Clark Labs de la Universidad de Clark en Worcester, Massachusetts, EEUU (Clark Labs, 2012).
- ERMAPPER de Intergraph.
- MiraMon del Grupo de Investigación Consolidado GRUMETS pertenecientes al CREAM y a la Universidad Autónoma de Barcelona (CREAF, 2010).
- gvSIG de la Asociación gvSIG (gvSIG, 2011).
- QGIS.

PARQUE NATURAL DE LAS HOCES DEL RÍO DURATÓN

España es un país pionero en referencia al proceso de declaración y protección de espacios naturales que muestran un elevado interés ambiental, ya que en el ordenamiento jurídico español se reconoce la figura de Parque Nacional desde 1916 y en 1927 las tipologías denominadas como Sitio Natural y/o Monumento Natural de Interés Nacional. A partir de estas fechas las declaraciones de los primeros Parques Nacionales no se hicieron esperar y en 1918 se declararon La Montaña de Covadonga el 22 de julio y Ordesa el 16 de agosto. Pero esta política cae en el olvido.

Ya en los años setenta es cuando se agudiza de nuevo la preocupación pública por los valores naturales y su conservación, lo que provoca el auge de los Parques Nacionales y otras áreas naturales, y finalmente la redacción de la Ley 15/1975 de 2 de mayo, sobre Espacios Naturales Protegidos, en la cual se incluían nuevas figuras de protección: Parque natural, Reserva integral y Paraje Natural de Interés Nacional.

Con la aprobación de la constitución de 1978 las Comunidades autónomas entraron en juego y en el artículo 45 se establece el punto de referencia sobre el que sustentar las intenciones de conservación del mundo natural. Así se realizó una transferencia en materia de competencias, gestión y conservación de los espacios protegidos, a excepción de los Parques Nacionales. Este proceso de descentralización ocasionó una repercusión positiva en el número de espacios protegidos y la superficie del territorio protegida.

En 1989 se redactó la Ley 4/1989 de Conservación de Espacios Naturales y de Flora y a Fauna Silvestre, remplazando la de 1975, en la que se establecen cuatro figuras de protección. Esto hace que existiese una gran variedad de espacios naturales y que sea necesario el desarrollo de estrategias específicas de actuación ajustadas a las características naturales, la extensión, la representatividad, la rareza o singularidad de los valores a proteger en cada espacio.

Así Castilla y León desarrolló un plan de protección por medio de la Red de Espacios Naturales (REN) definida por la Ley 8/1991, de 10 de mayo de Espacios Naturales de la Comunidad de Castilla y León. La REN divide el territorio regional en 5 subregiones: Sanabria-El Bierzo, Cordillera Cantábrica, Sistema Ibérico, Sistema Central y Meseta del Duero. Siendo en la última donde se enclava el espacio natural de este estudio, el Parque Natural de las Hoces del Río Duratón. Ocupa una extensión de 5.045,95 ha ocupado parte de los términos de Carrascal del Río, Sebúlcor y Sepúlveda, suponiendo

de la superficie del parque un 17%, un 32% y un 51% respectivamente. (Junta de Castilla y León, 2005) (Figura 1).

El Parque Natural de las Hoces del río Duratón fue declarado como tal en virtud de la Ley 5/1989, de 27 de junio (BOCYL 10 de julio 1989), y posteriormente, cuatro meses después se aprobó el decreto que regula la composición de la Junta Rectora del Parque (Decreto 262/1989, publicado el 13 de noviembre de 1989 en el BOCYL). Dentro de las figuras de protección correspondientes con la Red Natura 2000, el territorio que abarca el parque fue declarado en 1991 como Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) con el código ES0000115, en virtud de la Directiva 79/409/CEE del Consejo, de 2 de abril de 1979, relativa a la conservación de las aves silvestres. Además fue propuesto como Lugar de Importancia Comunitaria en 1998, atendiendo a la Directiva 92/43/CEE de 21 de Mayo relativa a la Conservación de los Hábitats Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres y finalmente en 2014 fue declarado como Zona Especial de Conservación (ZEC).

Con el fin de seguir conservando este entorno natural y la fauna y flora silvestre y, en particular, de la Red Natura 2000 existente en el parque, en 2004 la Unión Europea concedió el Proyecto LIFE Conservación y Manejo en el P.N. Hoces del río Duratón, solicitado por el Servicio de Espacios Naturales y Especies Protegidas de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León y durando hasta octubre de 2009.

Este proyecto LIFE ha contribuido al desarrollar un modelo de gestión, que sirva de referencia para otras parques, centrado en la restauración de hábitats degradados y en la conservación de áreas estratégicas de reproducción de especies de interés comunitario, con el fin de conservar la geomorfología característica del entorno, su fauna y flora, sus recursos hídricos, sus ecosistemas naturales y valores paisajísticos tradicionales, compaginándolo con el desenvolvimiento de actividades de investigación científica, educación, culturales, turísticas o socioeconómicas.

Las acciones principales acometidas por este proyecto son:

- Acciones preparatorias elaboración de planes de gestión y/o planes de acción.
- Compra/arrendamiento de tierras y/o terrenos.
- Tareas únicas de gestión del biotipo.
- Gestión periódica del biotipo.
- Sensibilización del público y divulgación de resultados.
- Funcionamiento del proyecto.

A nivel climatológico el entorno protegido de las Hoces del Río Duratón se identifica por presentar las siguientes características:

- Presenta las precipitaciones máximas se dan en mayo y las mínimas entre los meses de julio y agosto, con un precipitación anual entre 419 y 519 mm. El valor de la Evapotranspiración Potencial (ETP) es superior a 100 durante los meses de junio a agosto, además en estos meses el índice hídrico muestra unos valores inferiores a 0,5 y por lo tanto correspondiente con un índice hídrico seco, aunque índice hídrico anual corresponde con una caracterización intermedia.
- A nivel termométrico los inviernos son fríos y prolongados, con heladas abundantes y un verano breve y caluroso, y con una escasa presencia la primavera y el otoño. Los meses más calurosos son julio y agosto con temperaturas medias por encima de 20°C con un descenso térmico por la noche. Por el contrario el mes que presenta temperaturas más bajas es enero, con valores por debajo de los 6°C. La temperatura media anual es ente 10 y 11°C.
- La insolación está condicionada por la topografía del terreno, la orientación y las pendientes, generando microclimas de umbría y de solana.
- El régimen de vientos se caracteriza por tener una velocidad media anual es de 6 km/h, con rachas máximas de hasta 110 km/h, con componentes dominantes de noroeste-sur.

Según el índice de termicidad de Rivas Martínez define la región de estudio como Piso Supramediterráneo Inferior y al ombroclima seco (Rivas-Martinez, 1987).

A nivel geológico la superficie del parque se caracteriza por contener materiales de la era Mesozoica, correspondientes a materiales detríticos-carbonatados del Cretácico superior, también está representado el Terciario con depósitos de conglomerados, y el cuaternario con afloramientos de arenas de origen eólico.

La sedimentación de los materiales detríticos-carbonatados desarrolla en dos episodios: una sedimentación terrígena correspondiente a depósitos detríticos continentales originados en ambientes fluviales; y un breve episodio continental con la instalación sistema fluvial correspondiente al depósito de la Formación de Arenas y arcillas de Segovia. A finales de Coniaciense los depósitos confirman la existencia de un ambiente sedimentario claramente regresivo.

Durante el Terciario los procesos tectónicas compresivos de la Orogenia Alpina, el zócalo paleozoico se elevan los materiales depositados en el mesozoico se pliegan y fracturan, generando el Sistema

Central y se inicia un proceso de depósito de abanicos aluviales, que dan lugar a depósitos de conglomerados. Posteriormente se produce un arrasamiento con procesos de carstificación y desarrollándose una importante superficie de erosión a nivel regional.

En el Cuaternario se produce un encajamiento de la red fluvial, con un desmantelamiento del relieve, por erosión lateral y vertical, siendo los procesos más recientes por la dinámica eólica.

A nivel estratigráfico las unidades presentes en el área según el Mapa Geológico y Minero de Castilla y León (Junta de Castilla y León, 1997):

- Unidad 29. Formación Arenas de Utrillas.
- Unidad 30. Serie carbonatada del Cretácico superior (tramo inferior): calizas, margas y calcarenitas.
- Unidad 31. Formación de arenas y arcillas de Segovia.
- Unidad 32. Serie carbonatada del Cretácico superior (tramo superior): calizas, margas, calcarenitas, dolomías y arenas.
- Unidad 41. Serie conglomerática poligénica miocena: conglomerados poligénicos, arenas, lutitas y arcillas.
- Unidad 50. Arenas eólicas: arcosas.
- Unidad 52. Aluvial y fondos lacustres: cantos, arenas, limos, arcillas y travertinos.

Los recursos minerales existentes en la zona se centran en la explotación de mineral industrial y como roca ornamental. Dentro los límites del parque existen 6 explotaciones, de las cuales sólo dos están en activo la cantera de Carrascal del Río (que explota arenas eólicas de feldespatos y cuarzo) y al noreste de Sepúlveda (que explota caliza ornamental para mampostería y construcción, conocidas como Caliza Rosa de Sepúlveda). El resto o son labores superficiales o son canteras inactivas de caliza.

El Parque Natural de las Hoces del río Duratón se caracteriza por los puntos de interés geológicos presentes dentro de los límites del parque. En esta superficie se localizan características de un plegamiento y posterior morfogénesis fluvial, generando esos rasgos tan característicos al que hay que sumar los arenales de origen eólico. Los puntos de interés geológico del parque son:

- Las Hoces del río Duratón. El trazado sinuoso y meandriforme del río y su encajamiento en materiales calcáreos, conforma una profunda hoz a lo largo de 25 km. Este profundo encajamiento se debe a la disolución y erosión por la acción de las aguas superficiales y

subterráneas, conformando escalones u hombreras. Además existen otros cañones más pequeños por la acción erosiva de pequeños ríos.

- Los meandros de la ermita de San Frutos. Los meandros que forma el Duratón alrededor de la ermita de San Frutos se caracterizan por superar los 70 metros de desnivel y por la existencia de numerosas cuevas.
- La captura del arroyo Valdepueco. El cauce de este arroyo se ubica a mayor altura que el cauce principal conformando un valle colgado. Este arroyo sólo tiene agua cuando las precipitaciones son torrenciales, el resto del año se infiltra y drena al Duratón por medio de una fuente situada en la ermita de Santa Engracia.
- El meandro abandonado del río Duratón. Es una antigua curva por la que circulaba, cuyo lecho actualmente está ocupado por tierras de cultivo.
- El pliegue de Sepúlveda. Conformar un monoclinal o en rodilla al sureste de Sepúlveda en la margen izquierda del río Duratón paralelo al cauce, extendiéndose unos 15 km.
- La presa de Burgomillodo. En el pliegue monoclinal en rodilla es sobre el que apoya la presa del embalse de Burgomillodo, su muro de hormigón.

Los riesgos geológicos más destacables de esta zona son los asociados a la unidad carbonata por la posibilidad de hundimientos, áreas carstificadas y al desprendimiento de los bloques dispuestas en farallones de fuertes escarpes. Los materiales detríticos del Terciario muestran unos riesgos derivados de los procesos de disolución de los componentes carbonatados y de la fracturación.

A nivel geomorfológico el Parque Natural se sitúa en el macizo de Sepúlveda, enmarcado en las estribaciones suroccidentales de la Sierra de Honrubia Pradales, borde más septentrional del Sistema Central. La estructura se caracteriza por un sistema de pliegues anticlinales en rodilla, separados por suaves sinclinales asociados a la fracturación. Sobre ella se produjeron una serie de procesos erosivos que arrasaron el relieve mesozoico y sobre estos se han dado procesos de morfogénesis fluvial y modelado cárstico con fuertes escarpes. Por otro lado, la red de drenaje se ordena en torno al río Duratón y discurre con dirección este-oeste.

Así se pueden distinguir varias zonas en el parque natural según la morfología: el fondo de la hoz, los escarpes calizos (de hasta 100 m), los páramos calizos coronando el valle encajado, y los arenales. Las formas del relieve más características son:

- Formas fluviales, consecuencia de la los procesos erosivos de la morfogénesis fluvial, distinguiéndose: valles encajados y valles colgados y meandros. Las formas fluviales consecuencia por sedimentación o depósito corresponden a: fondos de valle y cono de deyección.
- Formas cársticas, consecuencia del modelado cárstico y los procesos de disolución química de las rocas carbonatas de las calizas del Cretácico superior. Las formas más características presentes en el parque son: tobas calcáreas, dolinas y lapiaz o lenar.
- Formas eólicas, consecuencia de una previa erosión fluvial y una posterior removilización eólica son: el manto eólico y los campos de dunas.
- Formas de gravedad o de ladera se encuentran depósitos de derrubios en forma de coluviones.
- Forma poligénicas corresponden a las superficies de erosión.

A nivel edafológico en el territorio del parque corresponde con una mejor representación al Cambisol cálcico, con un horizonte B bien desarrollado y evolucionado. Otros suelos del parque son los Leptosoles, con escaso desarrollo sobre los materiales calizos. Al fondo del cañón se encuentran Fluviosoles y Aerosoles sobre los depósitos aluviales, generalmente muy potentes pero poco evolucionados.

La cuenca hidrográfica de este río es de 1.487 km² con una longitud de 103 km y un desnivel de unos 1.000 m. Muestra un caudal mínimo en verano y máximo en invierno con unas aportaciones de 160 hm³, regulados por los embalses de Burgomillodo (15 hm³) y Vencías (9 hm³) utilizados para el aprovechamiento hidroeléctrico y para el riego.

La red fluvial se orienta hacia el canal principal del río Duratón, el cual discurre en su tramo medio encajado con trazado mamiforme a lo largo del espacio. Los afluentes más importantes son el río Castilla y San Juan, el resto de los aportes al río son de carácter torrencial de los arroyos de Valdeherreros, Valdemuelas, Valdepino, Pozarrones, Carcho Redondo y el Barranco.

A nivel hidrogeológico el parque se encuentra dentro de la Unidad Hidrogeológica 02.18-Segovia. Este acuífero esta conformado por calizas, dolomías, margas y areniscas del Cretácico y por el acuífero detrítico Terciario formado por brechas, arcillas, margas, arenas conglomeradas y calizas. Todo el parque se asienta sobre el acuífero mesozoico, a excepción de la zona occidental que está sobre el acuífero detrítico terciario.

En el entorno del parque natural la vegetación se encuentran principalmente terrenos agrícolas con prados artificiales y extensiones de pastizal y matorral. Dentro de esta área y tangencial al límite del parque existe una masa de arbolado, ubicada en el margen derecho del río al norte de Sepúlveda, resultante de la mezcla de coníferas y frondosas autóctonas en la región biogeográfica mediterránea. En la zona nororiental del parque se extiende una gran masa de bosque, principalmente pino pinaster (*P. pinaster ssp. mesogeensis*) conviviendo, como se expondrá a lo largo de este apartado, con las especies objeto de este estudio.

A nivel florístico dentro de los límites del parque se han identificado 925 taxones. Según el encuadre biogeográfico de Rivas Martínez el espacio se situaría en los límites de la provincia Mediterránea Ibérica Central, subprovincia Castellana, subsector Castellano Duriense, en contacto con la provincia Mediterránea Ibérica Occidental, subprovincia Carpetano-Leonesa, sector Guadarrámico, y las series de vegetación potencial para el área del parque son:

- 15b - Serie supramediterránea maestracense y celtibérico-alcarreña de *Juniperus thurifera* o sabina albar (Junipereto hemisphaerico-thuriferae sigmetum). VP, sabinares albares.
- 19b - Serie supra-mesomediterránea castellano-alcarreño-manchega basófila de *Quercus faginea* o quejigo (Cephalanthero longifoliae-Querceto fagineae sigmetum). VP, quejigares.
- 22a - Serie supramediterránea castellano-maestrazgo-manchega basófila de *Quercus rotundifolia* o encina (Junipero thuriferae-Querceto rotundifoliae sigmetum). VP, encinares.
- 24aa - Serie supra-mesomediterránea guadarrámica, ibérico-soriana, celtibérico-alcarreña y leonesa silicícola de *Quercus rotundifolia* o encina (Junipero oxycedri-Querceto rotundifoliae sigmetum). VP, encinares.
- I - Geomegaseries riparias mediterráneas y regadíos (R).

Según la vegetación actual el parque podría dividirse en cuatro unidades paisajísticas: tierra de pinares, páramos cretácicos, los cortados y las riberas. Según estas unidades se pueden localizar diferentes tipos de vegetación o formaciones. Así:

- Formaciones riparias. Constituidas por formaciones arbóreas higrófilas que bordean los cursos de agua. Comprende saucedas, choperas, olmedas, fresnedas y alisedas riparias. Las especies más abundantes son el chopo (*Populus nigra*), álamo (*Populus alba*) olmo (*Ulmus minor*) y fresno (*Fraxinus angustifolia*) y el aliso (*Alnus glutinosa*).

- Formaciones higrófilas. Son comunidades que surgen en zonas con especiales condiciones de humedad del suelo, donde domina el carrizo (*Phragmites australis*) y otras especies de gran porte como *Typha latifolia*, *Typha angustifolia*, *Sparganium erectum*, etc.
- Formaciones rupícolas y saxícolas. Debido al gran número de cortados y extraplomos existentes esta formación alcanzan un gran desarrollo. Además engloba una gran variedad de tipos de vegetación. Las comunidades rupícolas más representativas son el *Sarcocapnon enneaphyllion* y el *Sarcocapnos enneaphylla*. En zonas de disponibilidad hídrica por el rezumar de las paredes y en las oquedades umbrías aparecen especies higrófilas de *Adiantum*. En las repisas y rellanos aparecen desde un matorral bajo y xerófilo similar al de la hasta un herbazal mesotrofo. En la base de los cortados de existen comunidades umbrófilas e higrófilas con un claro componente nitrófilo, abundando las especies espinosas de porte arbustivo como *Rosa canina*, *Rubus ulmifolius* o *Crataegus monogyna*. En la zona superior de los cortados es una zona de transición donde se localizan formaciones típicas de la paramera, como son los sabinares-enebrales del *Juniperion thuriferae* con el tomillar-salviar del *Sideritido-Salvion* (antiguo *Aphyllanthion*).
- Formaciones arbustivas de páramo. Son las comunidades mejor representadas en el Parque, ocupando áreas muy amplias cubriendo parameras, cerros, tesos y cuevas. Se trata en general de matorral diverso, con diferentes grados de cobertura, con formaciones muy diversas, entre mezcladas las especies y comunidades, donde destacan los tomillos (*Thymus mastichina*, *Thymus zygis*), salvias (*Salvia lavandulifolia*) y espliegos (*Lavandula latifolia*). Son consecuencia de una evolución regresiva y sustituyen a los sabinares.
- Formaciones de espinales y zarzales. Son áreas de espinales y zarzales y espinales con trepadoras, donde dominan las zarzas del género *Rubus* y los rosales silvestres (*Rosa canina*).
- Aulagares. Se dan en suelos esqueléticos y muy degradados, se caracterizan por ser formaciones muy densas monoespecíficas principalmente de os por *Genista scorpius* y *Cistus laurifolius*.
- Formaciones de pinares disclimácicos. Son secciones del parque cubiertas por repoblaciones de *Pinus pinaster*, ubicadas al sureste del río Duratón y con un escaso interés florístico.

A nivel faunístico el Parque Natural de las Hoces del río Duratón cuenta con un total de 208 especies vertebradas (36 mamíferos, 140 aves, 12 reptiles, 10 anfibios y 10 piscícolas) acogiendo una amplia representación de la fauna vertebrada de España, las cuales están distribuidas en los diferentes biotopos identificados: el medio urbano, los terrenos de cultivo, barbechos y eriales, los matorrales y pastos, las riberas y vegetación asociada, los pinares, los cantales y roquedos y los sabinares-enebrales.

Dentro de las especies de fauna existentes en la zona de estudio destacan:

- Aves: Alondra ricotí (*Chersophilus duponti*), Buitre leonado (*Gyps fulvus*), Águila real (*Aquila chrysaetos*), Alimoche (*Neophron percnopterus*), Halcón peregrino (*Falco peregrinus*), Cernícalo vulgar (*Falco tinnunculus*), Milano negro (*Milvus migrans*), Milano real (*Milvus milvus*), Águila culebrera (*Circaetus gallicus*), Azor (*Accipiter gentilis*), Gavilán (*Accipiter nisus*), Ratonero común (*Buteo buteo*), Águila calzada (*Hieraaetus pennatus*), Alcotán (*Falco subbuteo*), Autillo (*Otus scops*), Búho real (*Bubo bubo*), Mochuelo común (*Athene noctua*), Búho chico (*Asio otus*) y Cárabo (*Strix aluco*). Indicar que en los sabinares son frecuentes los zorzales (*Turdus spp.*), la paloma torcaz (*Columba palumbus*), la tórtola (*Streptopelia turtur*), el rabilargo (*Cyanopica cyana*), el carbonero común (*Parus major*) o la tarabilla común (*Saxicola torquata*). Igualmente, las grandes sabinas sirven de atalayas para especies como el alcaudón común (*Lanius senator*) o el alcaudón real meridional (*Lanius meridionalis*).
- Mamíferos: Nutria (*Lutra lutra*), Lobo (*Canis lupus*) y varias especies de murciélagos.
- Anfibios y reptiles: Sapillo pintojo meridional (*Discoglossus jeanneae*) y Sapillo pintojo ibérico (*Discoglossus galganoi*).
- Peces. Barbo común (*Barbus bocagei*), Bermejuela (*Chodrostoma arcasii*) y Trucha común (*Salmo trutta*).
- Invertebrados. Hacer mención de la presencia de individuos de la náyade (*Potomida littoralis*).

Los tres municipios en los que se encuentra enclavado el Parque se caracteriza por presentar una dinámica poblacional en descenso, característica de las gran parte del mundo rural, una población bastante envejecida que duplica ampliamente a las generaciones más jóvenes. La dedicación de la población ocupada se centra en un 13,5% en la agricultura. El censo ganadero muestra que la ganadería porcina intensiva constituye la principal actividad, aunque también tienen importancia la cabaña ganadera de ovino-caprino.

GENERO *JUNIPERUS* Y SU DINÁMICA POBLACIONAL.

El nombre de *Juniperus* proviene de un nombre latino clásico, *iuniperus*, con un origen poco claro. El género *juniperus* se caracteriza por ser árboles o arbustos, monoicos o dioicos, con hojas decusadas o ternadas, aciculares o escuamiformes de pendiendo si el individuo es juvenil o adulto. Los conos masculinos axilares o terminales están formados por escamas peltadas o subpeltadas donde se encuentran las sacos polínicos en la cara inferior. Los gábulos ovoideo o globosos, axilares o terminares, presentan una maduración anual, bienal o trienal (CSIC, Real Jardín Botánico, 2016).



Figura 2: Detalle de las hojas y del fruto de *Juniperus thurifera*. Fuente: Anthos. Foto 1. de Univ. Murcia y foto 2 de C. Aedo.

La Sabina albar (*Juniperus thurifera*) (figura 2) también denominada enebro en algunas regiones, es un árbol siempre verde de tamaño mediano, con alturas comprendidas entre 4 y 12 m y de tronco corto y grueso, retorcido en los ejemplares añosos de un metro, o poco más, de diámetro y con una corteza fibrosa y agrietada longitudinalmente, que se desprende en tiras y muestra un color pardusco ceniciento. La copa es muy densa y de un color verde oscuro, con forma cónica en ejemplares jóvenes y desmochados o irregulares en ejemplares viejos. Las ramas son gruesas hasta alcanzar entre 1 y 2 mm de diámetro en su extremo, con una sección casi cuadrangular y un tacto áspero por tener el ápice de las hojas aguzado y algo levantado. Las hojas son escuamiformes e imbricadas, adheridas al tallo, con

forma romboidal u ovado-lanceolada de 1-2 mm de largo (en los juveniles son aciculares de hasta 6 mm). Suele ser unisexual dioica, produciendo pies masculinos y femeninos. Sus órganos reproductivos son característicos del género, sólo comentar que la arcéstida ovoidea es algo angulosa con una superficie lisa y cuyo color varía de azulado a negruzco o rojizo según el grado de madurez y matizado por una cera blanco-azulada que la recubre. Florece a partir de enero o febrero, madurando las arcéstidas en el segundo año. Muestran un crecimiento muy lento (López González, 2004).

El nombre científico de esta especie significa “productora de incienso” ya que su madera es muy aromática, con un olor resinoso agradable pero penetrante, que ahuyenta a los insectos. Si madera es muy compacta, de grano fino con un buen pulimiento, muy resistente por su alto contenido en resina, aguantando cambios bruscos de temperatura y humedad.



Figura 3: Detalle de las hojas de *Juniperus communis*. Fuente: Anthos. Foto de G. Moreno.

En el Parque Natural se localizan otras dos especies del género, el enebro común (*Juniperus communis*) y el enebro de la miera (*Juniperus oxycedrus*). El enebro común (figura 3) es un arbusto o pequeño árbol de 2 a 4 m de altura, aunque puede alcanzar alturas de 10 m cuando no sufre ningún tipo de presión, tanto ambiental como antrópica. El tronco es de un color pardo rojizo, del que se desprenden placas fácilmente y el porte de puede ser muy variable. Mantiene hojas durante todo el año, son aciculares, rígidas y punzantes, casi planas con una banda blanquecina por el haz, estas están agrupadas en vertículos de tres en tres y suelen medir 1 o 2 mm de ancho. Existen enebros que sólo producen conos masculinos, aislados en la axila de la hoja. Los pies hembras producen conos globosos u ovoides

denominados bayas, solitarios en la axila de la hoja con escamas carnosas soldadas entre sí, los cuales en su maduración tornan de un color verde claro a negro azulado. Florecen en primavera y maduran las arcéstidas en el otoño del segundo o tercer año.

Las arcéstidas de este enebro se utilizan, junto con el alcohol obtenido por la fermentación de maíz, centeno, malta y otros granos, para la fabricación de ginebra. Este brebaje tiene propiedades medicinales ya que es un diurético y carminativa, facilitando las digestiones. Además la esencia de enebro se ha empleado como antiséptico para purificar el ambiente. Su resina se ha quemado como incienso. Sus bayas son usadas para limpiar los objetos de personas contaminadas, así como para aderezar carnes y salsas.



Figura 4: Individuo y detalle de las hojas y bayas de *Juniperus oxycedrus*. Fuente: Anthos. Ambas fotos de C. Aedo.

El enebro de la miera (*Juniperus oxycedrus*) (figura 4) es un arbusto o árbol que puede llegar a alcanzar los 10 m de altura, con muchas ramas con copa ovoidea o cónica, terminando frecuentemente en forma puntiaguda y manteniéndose siempre verde. El tronco es grueso y derecho, con una corteza pardo-grisácea fibrosa. Tienen hojas verticiladas por tres, aciculares, rígidas, punzantes, con dos líneas blancas separadas por una verdosa, con una longitud entre 0,5 y 2,5 cm. Los ejemplares masculinos llevan conos ovoides o alargados, solitarios y globosos, de color amarillento con tintes rojizos. Los individuos femeninos producen fructificaciones carnosas y abayadas de forma globosa y cuyo color varía entre verdoso a rojo o pardo-rojizo. Florecen al final del invierno o en primavera, madurando las arcéstidas al segundo año.

Tradicionalmente este enebro se ha explotado el corazón de los troncos gruesos para obtener la miera o aceite de cada, la cual tiene propiedades antisépticas y vulnerarias, utilizadas para la cicatrización de heridas y úlceras, afecciones cutáneas como eczemas y psoriasis, eliminación de gusanos intestinales, etc. Las bayas tienen los mismos usos que en el enebro común. Y la madera es explotable, usándose también para la obtención de carbón.

Las sabinas y los enebros se puede localizar en las altas parameras, valles y laderas expuestas con clima extremado y continental ya que resiste fuertes heladas asociadas a veranos secos y calurosos. Crece principalmente en terrenos con sustratos calizos y también silíceos, tolera las magras y los suelos limoso-arenoso pobres ubicados desde los 800 m de altitud hasta cerca de las 1.600 m. Forma sabinares más o menos puros y en competencia y mezclada con encina y pino.

Respecto a la dinámica poblacional de la sabina y el enebro se puede decir que la delimitación de su área de ocupación responde a diferentes factores: los factores climáticos, la capacidad de coexistencia con otras formaciones boscosas y su comportamiento ante estas situaciones, los diferentes comportamientos entre los individuos según su sexo, las afecciones reproductivas, la predación de semillas, las condiciones ambientales y la capacidad de respuesta frente procesos naturales o antrópicos

La delimitación del área potencial de máxima viabilidad fitoclimática de la sabina y enebro obedece a factores climáticos más que a los factores edáficos, ya que la puede vivir tanto en sustratos ácidos como básicos. Por lo que una condiciones de continentalidad térmica acusada, inviernos muy fríos y veranos muy calurosos, con muchas horas de insolación anual y un régimen escaso de pluviometría y sequías estivales de varios meses, son las condiciones idóneas para la especie (García & Allué, 2005).

Por otro lado, su distribución dentro de los límites del Parque, responde a diferentes niveles de presencia según las especies y los procesos naturales y antrópicos, localizándose en diferentes tipos de formaciones de vegetación con distintos niveles de representatividad:

- Formaciones vegetales con la presencia de sabinas y enebros muy dispersa:
 - Tomillares, salviares, lastonares sobre suelos pobres con afloramientos rocosos y sabinas-enebros dispersos. Son comunidades de parameras calizas con suelos carbonatados, poco evolucionados, de cerros, tesos y cuevas, en las que existen afloramientos rocosos y constituidos por vegetación de porte de matorral, con diferentes grados de cobertura confiriendo la sensación de un carácter inhóspito y descarnado. Esta

formación sustituye la evolución regresiva a los sabinares. Las únicas amenazas se centra en las actividades derivadas de un pastoreo intensivo.

En el parque son muy abundantes en las zonas altas de los cortados como en las zonas donde la erosión ha permitido el afloramiento de la roca caliza madre.

- Formaciones de espinales y zarzales de vaguadas húmedas o bases de roquedos con suelo profundo, con sabinas-enebros. Son formaciones preforestales más o menos densas e intrincadas, frecuentes en vaguadas y bases de roquedos en umbría. Se desarrollan en suelos profundos y húmedos, ricos en materia orgánica. Los ejemplares de sabinas y enebros se pueden encontrar en zonas más xéricas y de suelos menos profundos. Se localizan en el Parque es las laderas que existen bajo los cortados que delimitan las Hoces.
- Formaciones vegetales de las sabinas y enebros muy poco densas:
 - Sabinares y enebrales muy poco densos sobre suelos esqueléticos con *Astragalus granatensis*. Se asientan en suelos escasamente evolucionados. La evolución de la vegetación conduce a una mayor representación del estrato arbóreo y la reducción del matorral espinescente. El mayor riesgo de estas formaciones son los incendios provocados para generar pastos para el ganado.
- Formaciones vegetales de las sabinas y enebros como especies dominantes:
 - Sabinares-enebrales con repoblaciones de pinos sobre suelos muy pobres con *Genista scorpius* y/o *Cistus laurifolius*. Formaciones forestales mixtas de sabinas-enebros entre pinares de repoblación asentados sobre suelos fuertemente degradados. Este tipo de vegetación es posiblemente consecuencia por la desaparición por incendio de las comunidades genuinas compuestas por sabinar y matorral bajo, ya que se consideran como formaciones degradadas de la vegetación potencial.
 - Sabinares-enebrales de densidad media, sobre litosuelos calizos. Se desarrollan sobre suelos pedregosos con afloramientos rocosos. La sabina tiene presencia dominante y con una presencia dispersa de enebro, constituyendo la vegetación potencial. Son formaciones singulares de gran interés con buen estado de conservación, y cual principal amenaza son la tala y los incendios, para dejar paso al cultivo y a los pastos para el ganado. Distribuidos en las vaguadas y laderas. Están ampliamente extendidos dentro del parque aunque ha sido eliminada o alterada.

Además de estas formaciones existen áreas de repoblación forestal con *Pinus nigra* con sotobosque predominantemente constituido por la vegetación correspondiente a la serie de los sabinares, ya que estas repoblaciones se asientan en el dominio de la sabina.

El calentamiento desde la última glaciación ha reducido significativamente su distribución. Las variaciones de las condiciones ambientales y la disponibilidad de recursos influyen significativamente a las plantas y altera su equilibrio fisiológico y reproductivo.

A esto hay que sumarle las diferencias de comportamiento entre los individuos de los diferentes sexos, ya que la especie presenta dinámicas poblacionales y estructuras espaciales determinadas por el sexo. Por un lado consecuencia de las diferencias existen en costos reproductivos entre ambos sexos y la interacción en la disponibilidad de recursos que modifica la eficacia reproductiva de machos y hembras, y dependiendo de los sexos se generan diferentes condiciones ambientales y por lo tanto diferentes microhábitats (Montesinos Torres, 2007).

La distribución de las semillas puede ser de forma natural o bien por la intermediación de diferentes especies de aves y mamíferos, como los zorros comunes (*Vulpes vulpes*), los conejos, las ovejas, etc. (Santos *et al.*, 1999). Además la fertilidad de las sabinas y enebros puede verse limitada por la dureza ambiental, por la disponibilidad de nutrientes y por los fallos en la polinización. El género *Juniperus* presenta altas tasas de partenocarpia (daños en el ovulo por heladas y carencia de nutrientes) y tasas de aborto y predación predispersiva de semillas.

Además estos bosques han sido gestionados tradicionalmente como sistemas abiertos con una explotación combinada entre la agricultura a pequeña escala, la producción de madera para leña o la construcción y el pastoreo (Rozas *et al.*, 2008). De hecho sostenían una rica cabaña ovina y caprina hasta finales del siglo XX, ya que sus follaje perenne suponía un seguro alimenticio en épocas de escasez. Esta carga ganadera mantenía a los juveniles suprimidos y generaba individuos de con mayor vigor de crecimiento, tanto en diámetro como en altura (Olano & Rozas, 2015). Pero los profundos cambios que se han producido en España con el inicio del éxodo rural, condujeron a la disminución de estas prácticas, situación que inicialmente tuvo un efecto positivo, con un incremento significativo, regenerándose y expandiéndose de su área de distribución hasta el momento. Pero en contra partida, el cese de estos usos tradicionales tuvieron efectos negativos, tales como un aumento de la densidad de arbustos por el no desbroce natural del monte por parte de los rebaños, la sustitución de las sabinas y enebros por especies de árboles más competitivas a nivel económico como los robles o los pinos.

Por tanto si los bosques son invadidos por especies competidoras de más rápido crecimiento, sus semillas predeadas, y por sus características fisiológicas su migración a altitudes más elevadas es limitada, y aunque su gran longevidad las permita sobre llevar la falta de reproducción, la baja fertilidad comprometería la existencia de la población a largo plazo, y se suma las afecciones consecuencia del sobre pastoreo y presiones antrópicas o la falta de estas, se obtiene que las poblaciones de este género y en especial de la sabina están relegadas a manchas relictas aisladas geográficamente, consecuencia de un equilibrio entre un elevado estrés ambiental y la baja presencia de especies competidoras.

3. METODOLOGÍA.

Para estudiar la dinámica del género *Juniperus* en el Parque Natural de Río Duratón desde 1957 hasta 2010, se ha establecido una metodología atendiendo a las diferentes acciones acometidas para alcanzar los objetivos marcados y poder estudiar la evolución del género y adecuar el estudio al método científico.

El proceso metodológico aplicado responde al siguiente diagrama:

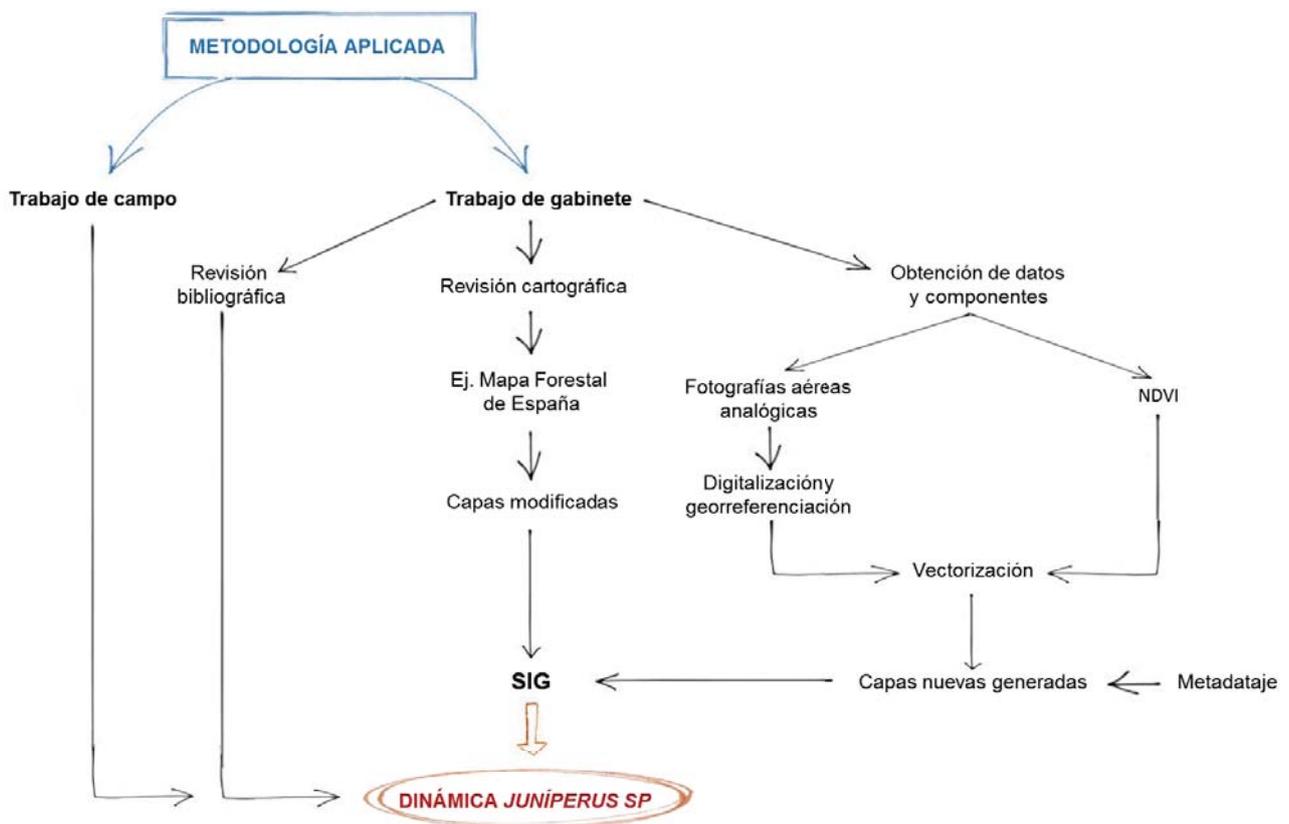


Figura 5: Esquema metodológico del estudio.

MAPA FORESTAL DE ESPAÑA.

El Mapa Forestal de España a escala 1:50.000 es la cartografía desarrollada por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y realizado desde el Banco de Datos de la Naturaleza en XXX para identificar la situación de las masas forestales en España. Esta cartografía tiene una base de datos asociada que identifica la distribución de las especies por dominancia, es decir clasifica la presencia de una especie según si es especie dominantes, secundaria o terciaria dentro de una superficie forestal concreta. Está desarrollado por provincias y en el caso que nos compete la provincia de Segovia, donde se ubica la zona de estudio, fue publicado en 2006.

En este estudio el Mapa Forestal de España ha sido empleado como cartografía básica como apoyo para la identificación de las regiones de distribución del género *Juniperus* es el Parque Natural de las Hoces del río Duratón.

Para ello se realizaron los siguientes pasos:

1. Se extrajo del mapa provincial de Segovia una cuadrícula superior a la zona de estudio con el fin de abarcar completamente las masas arboladas que en su totalidad o parcialmente tienen parte de su superficie dentro del parque natural de las Hoces del Río Duratón.
2. Posteriormente se procedió a la identificación y extracción de forma conjunta de todos los polígonos que tuviesen dentro de la columna donde se identifica a las especies (SP1, SP2 y SP3) los códigos 38 y 237 correspondiente a la Sabina albar (*Juniperus thurifera*) y de Enebro (*Juniperus communis*) respectivamente.
3. El procedimiento 2 se repitió tres veces por cada especie generando cartografía específica que permite identificar la distribución según dominancia de cada especie dentro de la zona de estudio.
4. Con el fin de ceñir la superficie que se ha identificado del mapa forestal correspondiente a los límites del parque se realizó un proceso de recorte a la cartografía generada.
5. Finalmente se realizó una revisión de polígonos, ya que como estas dos especies aparecen conjuntamente en las mismas superficies, procediéndose a una eliminación de aquellos polígonos que eran identificados en las dos especies, con el fin de identificar la superficie real ocupada por el género *Juniperus*, si distinción entre especies.

DIGITALIZACIÓN Y GEORREFERENCIACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS ANALÓGICAS.

La primera serie de fotografías aéreas históricas utilizada para estudiar la dinámica del género *Juniperus* son las pertenecientes a los vuelos del Ejército Americano de 1956-59. Este vuelo son fotogramas analógicos en blanco y negro los cuales se disponían de ellas ya digitalizadas por el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACYL).

El segundo hito temporal en el estudio de esta evolución ha sido los años 1983-84 correspondientes al vuelo del Instituto Geográfico Nacional. Estos fotogramas analógicos en blanco y negro se disponían para su consulta en formato papel en el Centro de Información Territorial de la Junta de Castilla y León. Se contactó con el centro y escanearon los fotogramas de dicho vuelo que correspondían con la zona de estudio.

Una vez en formato digital se procedió a la georreferenciación de las fotografías utilizando el software libre gvSIG versión 2.2.0. impulsado por la Comunidad Valenciana, a través de su herramienta de georreferenciación (Comunidad Valenciana, 2007).

Esta herramienta de georreferenciación se basa en la identificación de al menos tres puntos comunes en una imagen ya georreferenciada y la imagen objetivo que se pretende georreferenciar. Emplea ecuaciones polinómicas que establecen una corrección aproximada de la imagen objetivo a la red de coordenadas de la imagen de referencia. La misma herramienta permite detectar los errores puntuales y globales a través del proceso, y de esta manera se pueden eliminar aquellos puntos cuyo error supere el umbral aceptable de error, mejorando además el error global (resolución del píxel).

Con el fin de realizar una correcta georreferenciación de las 13 fotografías de 1956 y de las 11 de 1984 a cada una de ellas se las ha otorgado entre 4 y 8 puntos de referencia dependiendo si la zona a la que pertenecía la imagen a georreferenciar permitía un mayor número de puntos de control, normalmente se aplicaban 5 puntos.

Se ha referenciadas las fotografías en el sistema de coordenadas ETRS89.

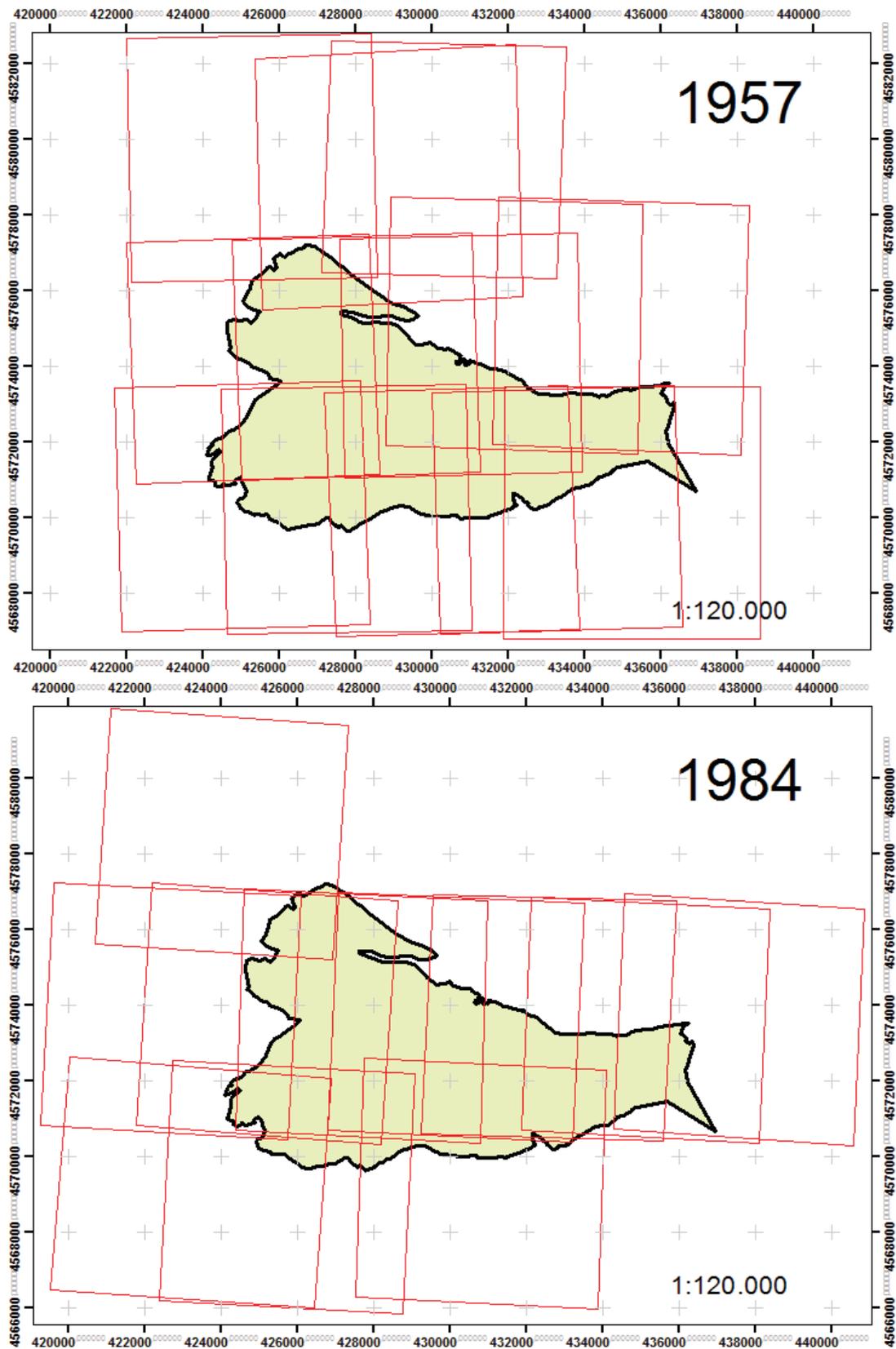


Figura 6: Guía de georreferenciación de las fotografías analógicas de 19857 y 1984.



Figura 7: Detalle del nivel de precisión de la georreferenciación realizada, comparando las fotografías del 1957 y 1984 georreferenciadas y su ajuste con la ortofotografía de 2010.

ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA (NDVI).

El Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI) es un índice normalizado a partir del cual se genera una imagen que muestra el verdor, es decir la biomasa relativa. El NDVI permite estimar la cantidad, la calidad y el desarrollo de la vegetación, mediante el empleo de sensores remotos de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja. Este índice aprovecha las absorciones de pigmento de clorofila en la banda roja y la reflectividad de las plantas en la banda cercana al infrarrojo (ESRI, 2016).

La ecuación para el cálculo del NDVI es:

$$NDVI = \frac{\text{Infrarrojo} - \text{Banda roja}}{\text{Infrarrojo} + \text{Banda roja}}$$

El cálculo del NDVI genera una imagen con valores entre -1 y 1, donde los valores negativos corresponden con nubes, agua y nieve y los valores cercanos a cero rocas y terrenos desnudos, los valores entre 0,2 y 0,3 corresponden a arbustos y prados, y los valores entre 0,6 y 0,8 corresponden con bosques de zonas templadas y tropicales.

En el caso que nos compete, y de forma concreta para la sabina, existen estudios que determinan el valor del NDVI y su variabilidad a lo largo del tiempo (Fernández-Manso *et al.*, 2011).

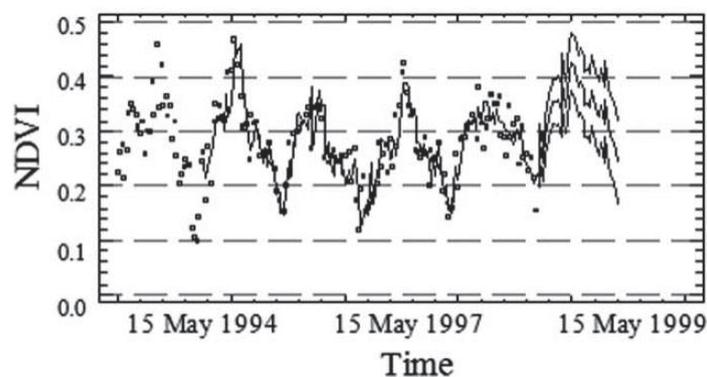


Figura 8: Secuencia de NDVI para *Juniperus thurifera*.

Como se aprecia en la figura 5 el valor de NDVI de *Juniperus thurifera* oscila entre 0,12 y 0,48.

Para su cálculo se precisa seguir los siguientes pasos:

1. Extraer de una ortofotografía a color la banda roja.
2. Guardar el raster en formato tiff.
3. Calcular el NDVI con “Raster calculator”.

El siguiente proceso es la vectorización del raster el cual se explica en la página 36.

VECTORIZACIÓN BASADA EN LA IDENTIFICACIÓN DEL GÉNERO *JUNÍPERUS*.

La vectorización consiste en pasar la información que nos interesa de una imagen, que utilizamos como fuente de dicha información, al formato vectorial (puntos, líneas o polígonos) que nos permita manejar dicha información, en formato más manejable como es el shapefile.

Este proceso ha permitido obtener la cartografía más importante para este estudio, a través de la cual se puede valorar como se distribuía y cuál era la extensión del género *Juniperus* en las tres fechas establecidas para el estudio de la dinámica, 1956, 1984 y 2010.

La base para la generación de la cartografía vectorial en los hitos temporales de 1956 y 1984 fue las fotografías de la “Serie B” o “Vuelo Americano”, en blanco y negro a escala 1:33.000 y el “Vuelo Fotogramétrico Analógico” del CECAF, en blanco y negro a escala 1:30.000. A partir de ello se obtuvieron dos capas vectoriales de polígonos denominadas “1957_Juniperus_sp” y “1984_Juniperus_sp” respectivamente. Ambas capas vectoriales contienen los atributos mismos atributos, un código de identidad del polígono y la columna área que contiene el valor de la superficie de cada polígono en hectáreas.

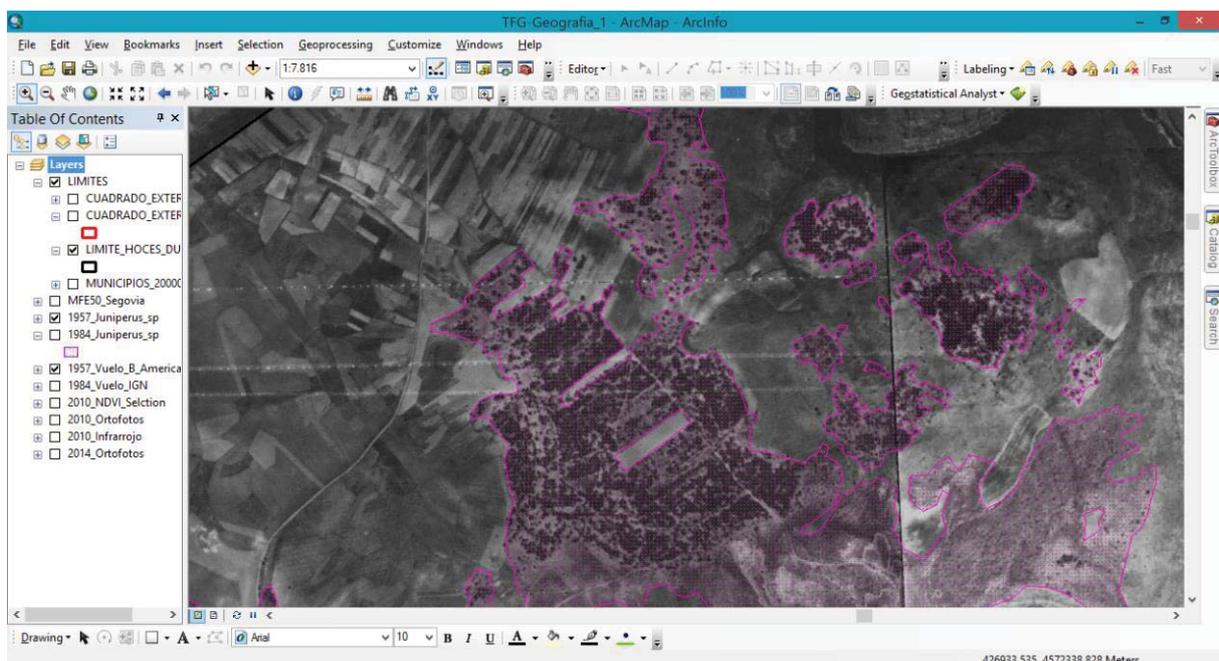


Figura 9: Imagen del proceso de vectorización del genero *Juniperus* en el vuelo de 1957.

Finalmente gracias al proyecto PNOA del IGN las fotografías de 2010 están tomadas en formato de imagen de infrarrojos y después de desarrollar de calcular el NDVI, explicado en el apartado anterior, se procede a la obtención de la capa vectorial. Para ello, y teniendo en cuenta que de lo que se parte es de un raster, hay que seguir el siguiente procedimiento:

1. Reclasificamos el raster ajustando la nueva reclasificación a los valores del NDVI entre los que corresponden al género *Juniperus*, que correspondían al rango comprendido entre 0,12 y 0,48, otorgándole el valor 1, y siendo 0 los valores inferiores hasta -1 y de 2 los valores superiores hasta 1.
2. Se procede a convertir cada raster en un shapefile de polígonos con ArcGIS.
3. Se unifican los polígonos que tienen el mismo valor en cada uno de los shapefiles generados.
4. Se extraen de cada capa vectorial otra donde sólo se contempla los polígonos con valor 1.
5. Se ajustan las capas vectoriales al límite del parque.
6. Se eliminan las zonas duplicadas consecuencia de la superposición de las ortofotografías.

Además para el caso del año 2010 también se realizó un reconocimiento visual de la ocupación de la especie utilizándose en la identificación las ortofotografías aéreas a color del PNOA disponibles desde la web del ITACYL cuya resolución es de 25 cm el pixel.

Todas estas capas se generaron por encima de la extensión real del límite del parque con el fin de que el cálculo de la superficie real ocupada por el género *Juniperus* estuviese lo más ajustada a la demarcación del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón. Para ello se extrajo la superficie correspondiente con la herramienta “clip” de ArcGIS.

A esto hay que incluir la superficie identificada del género mediante el uso del Mapa Forestal Español. En definitiva, para este estudio se generó la siguiente cartografía:

- Cuadrado_exterior.shp
- Limite_hoces_duraton.shp
- 1957_Juniperus_sp.shp
- 1957_Juniperus_sp_CLIP.shp
- 1984_Juniperus_sp.shp
- 1984_Juniperus_sp_CLIP.shp
- 2006_MFE50_Juniperus_sp_CLIP.shp
- 2010_Juniperus_sp.shp

- 2010_Juniperus_sp_CLIP.shp
- Guia_fotogramas_1957.shp
- Guia_fotogramas_1984.shp
- MFE50_Hoces_Duraton.shp
- MFE50_Hoces_Duraton_Enebro_SP1.shp
- MFE50_Hoces_Duraton_Enebro_SP2.shp
- MFE50_Hoces_Duraton_Enebro_SP3.shp
- MFE50_Hoces_Duraton_Sabina_SP1.shp
- MFE50_Hoces_Duraton_Sabina_SP2.shp
- MFE50_Hoces_Duraton_Sabina_SP3.shp

Dicha cartografía se presenta adjunta al trabajo en el anexo digital “Anexo Cartográfico”.

METADATOS DE LAS CAPAS NUEVAS GENERADAS.

La información cartográfica elaborada en el presente trabajo se ha metadatado para adaptarse de esta manera a los estándares internacionales de interoperabilidad de la información geográfica, UNE-ISO 19115 tal y como propone la Directiva 2007/2/CE INSPIRE (Unión Europea, 2007) e incluyendo las recomendaciones del NEM y WISE (Unión Europea, 2008).

La creación de los metadatos se ha realizado utilizando la aplicación CatMDEdit 5.0 Metadata Editor (Universidad de Zaragoza, 2008). El CatMDEdit es un software libre desarrollado por la Universidad de Zaragoza el cual permite la gestión de recursos a través de los metadatos asociados a los mismos, prestando especial atención a la gestión y documentación de recursos de información geográfica. La utilización de este programa permite la generación de un fichero XML el cual contiene toda la información de los metadatos introducidos a cada capa cartográfica.

El procedimiento para generar estos ficheros se basa en la complementación de los apartados que solicita en cada una de los apartados según cada uno de los estándares posibles a utilizar para generar los metadatos. Para este trabajo se ha seleccionado el estándar Núcleo ISO 19115 NEM.

A la izquierda de la pantalla se muestra el esquema con los apartados a complementar con unos cuadrados de colores donde se muestra el grado de condicionalidad de los datos mínimos a complementar para que el metadato pueda ser validado. A la derecha de la vista se muestra las casillas donde se tiene que insertar la información requerida.

Tabla 1: Grado de condicionalidad de los datos según el estándar seleccionado en el CatMDEdit.

Color	Descripción
	Obligatorio
	Opcional
	Condicional

Una vez complementados los campos se da a validar el recurso. Si el programa devuelve la respuesta de “metadato válido” es que al menos todos los apartados obligatorios están correctamente complementados, entonces se acepta la validación, se acepta y guarda, generándose el metadato con éxito.

Además del proceso indicado anteriormente se realiza de forma paralela dos trabajos complementarios para el desarrollo de los metadatos. Estos trabajos son: la generación de una agenda de contactos y a elección de un tesaurus para el desarrollo de una base de datos de las palabras claves para cada capa metadatada.

Los tesuaros son herramientas de catalogación de proporcionan un listado de palabras clave por las cuales se relacionan las diferentes documentaciones y por las que en caso de una búsqueda filtrada permitirán identificar el documento. La Agencia de Medio Ambiente de la Unión Europea (EEA) propone el uso del tesaurus General Multilingual Environmental Thesaurus (GEMET), que está disponible en línea y se refiere principalmente a términos medioambientales (Agencia de Medio Ambiente de la Unión Europea, 2008). Pero en este caso al utilizarse el estándar Núcleo ISO 19115 NEM, sólo identifica las categorías de los temas, es decir los temas principales del conjunto de datos.

Los metadatos que se han obtenido tienen el siguiente aspecto (figura 10):

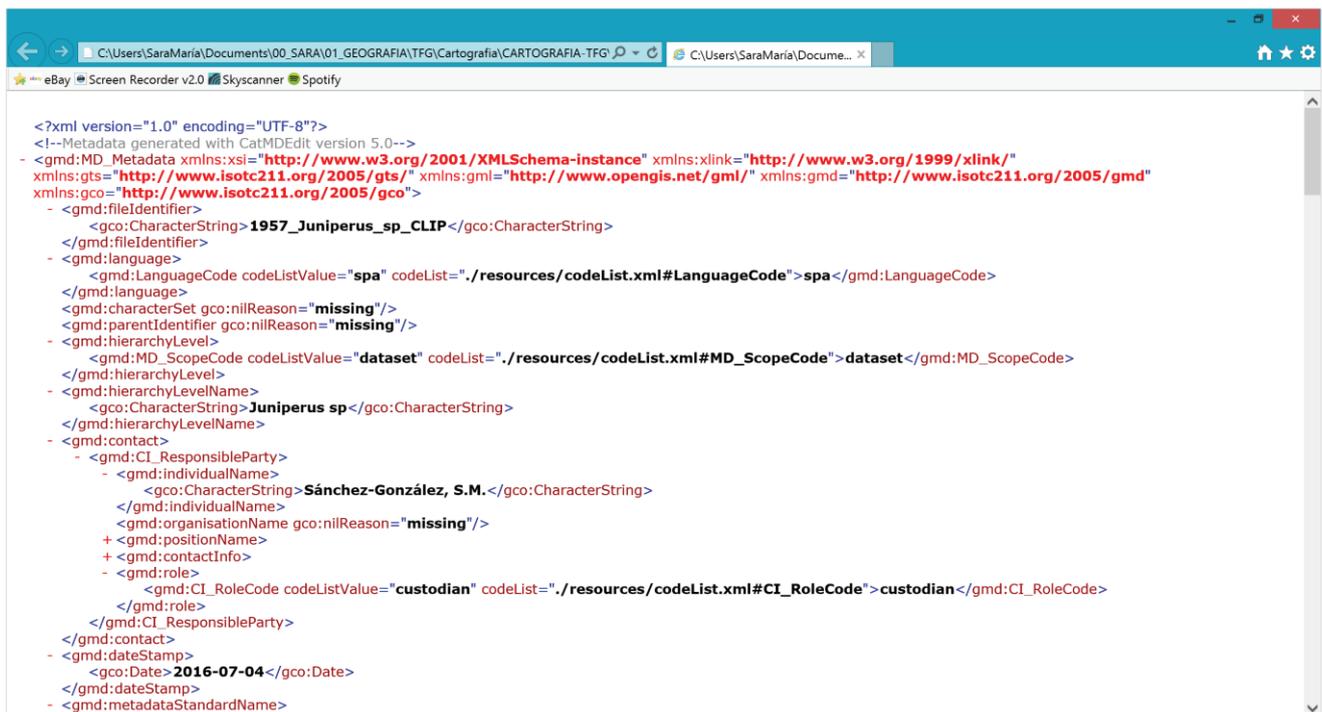


Figura 10: Vista de un metadato generado abierto con internet Explorer.

4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

En la identificación de la superficie ocupada por el género *Juniperus* para el año 1957 se aprecia que dicho género tenía una extensión 903,77 hectáreas, suponiendo una 17,91%. Como se puede apreciar en la figura 11 esta superficie se ubica principalmente en la margen izquierda del río en dirección oeste-suroeste, aunque también se encuentran algunas formaciones en el entorno del embalse de Burgomillado y entorno a los arroyos de los Pozarrones y del Barranco.

Si se observa la superficie ocupada por el género, transcurridos 27 años, en 1984 se aprecia un incremento de la superficie ocupada por dicho género siendo el 26,43% de la superficie del parque o lo que es igual 1.333,71 hectáreas. En este caso observando el mapa que muestra su distribución (figura 12) y teniendo en cuenta para la descripción de la ubicación de la formación vegetal, la forma de codo que adquiere el río dentro del parque como el centro del mismo, se aprecia que la mayor superficie de masa arbórea del género *Juniperus* se sigue ubicando en el margen izquierdo del río extendiéndose desde por todo el oeste y por la parte sur e incluso encontrando alguna formación en el sector más oriental en la ladera opuesta a la Ermita de San Julián.

Avanzando en el tiempo, ya en el siglo XXI, entre 1997 y 2006 se desarrolla el Mapa Forestal Español para este entorno, pudiendo utilizar su cartografía como base para conocer la distribución de dicho género en el último año del desarrollo del mapa forestal e incorporar la información que proporciona dicha cartografía al estudio evolutivo. Por ello en este año dentro de los límites del parque el Mapa Forestal Español identifica como superficie con pretendencia del género *Juniperus*, en diferentes niveles de dominancia, un total de 2.008,05 hectáreas o lo que es lo mismo 39,8% de la superficie del parque. Como se puede apreciar en el mapa (figura 13) la distribución muestra un patrón similar a 1984, distribuyéndose de una forma más extensa en las mismas zonas, e incrementando notablemente la superficie ocupada en la margen izquierda del río Duratón.

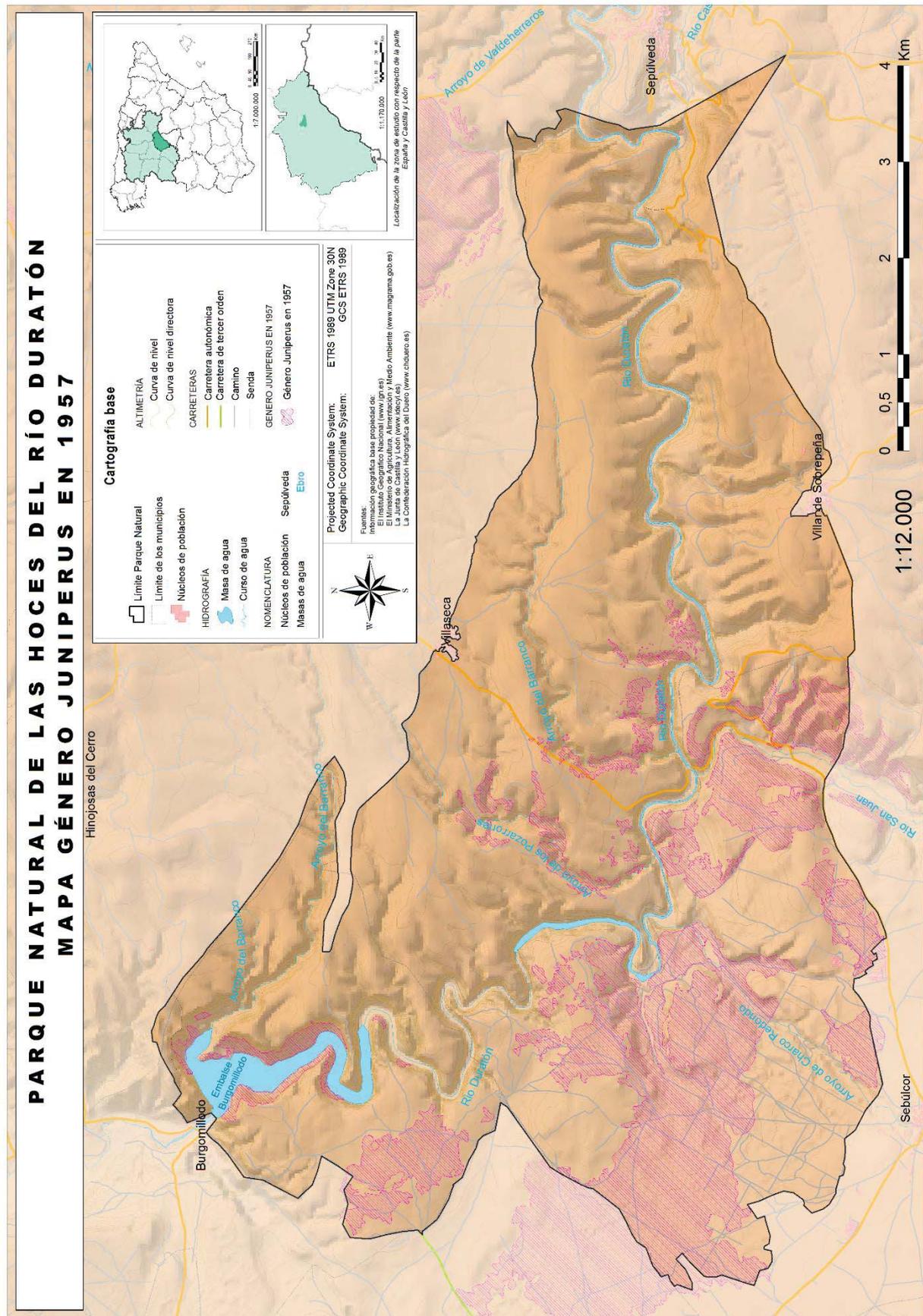


Figura 11: Mapa de distribución del género *Juniperus* en 1957 en el entorno del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón.

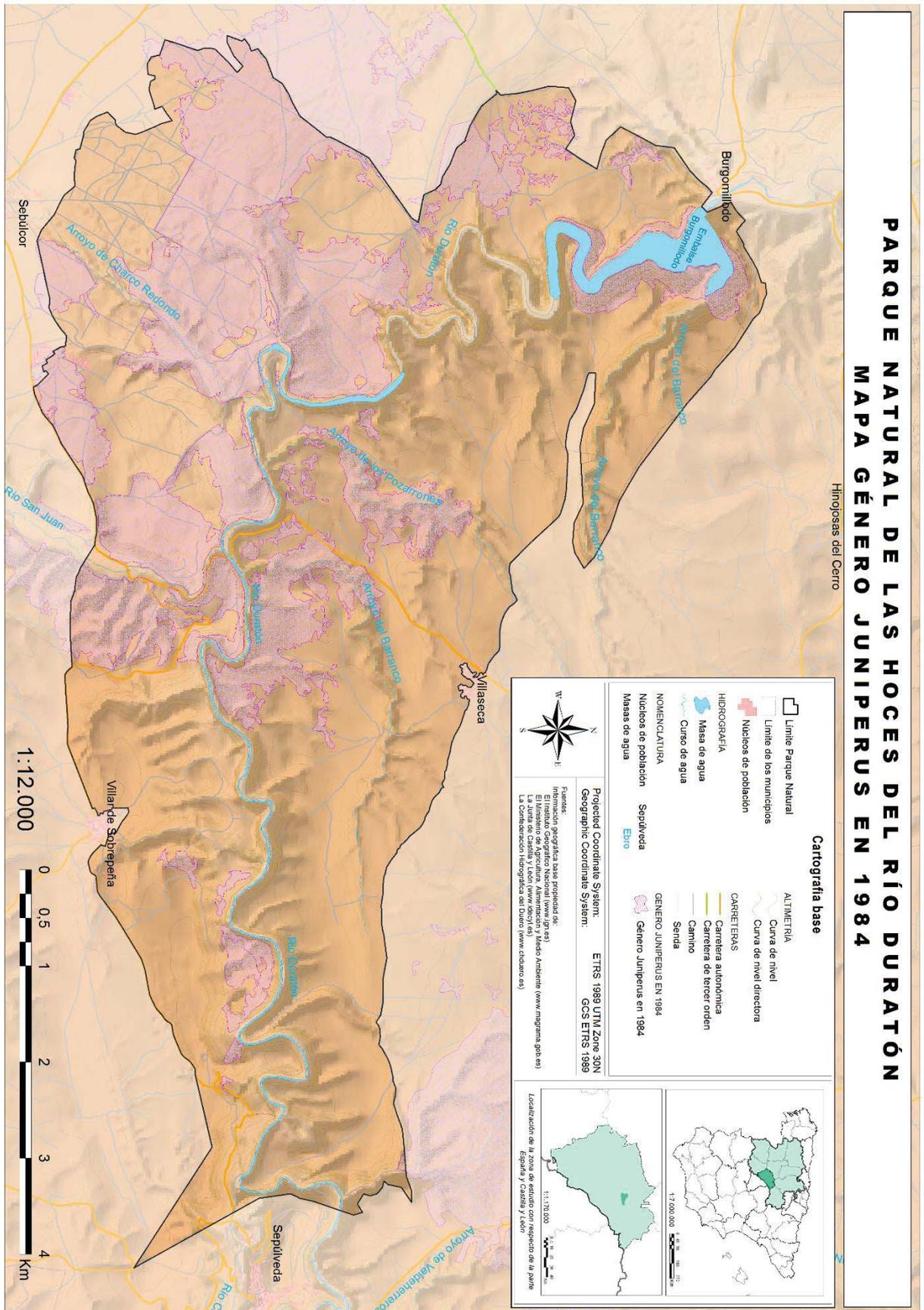


Figura 12: Mapa de distribución del género *Juniperus* en 1984 en el entorno del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón.

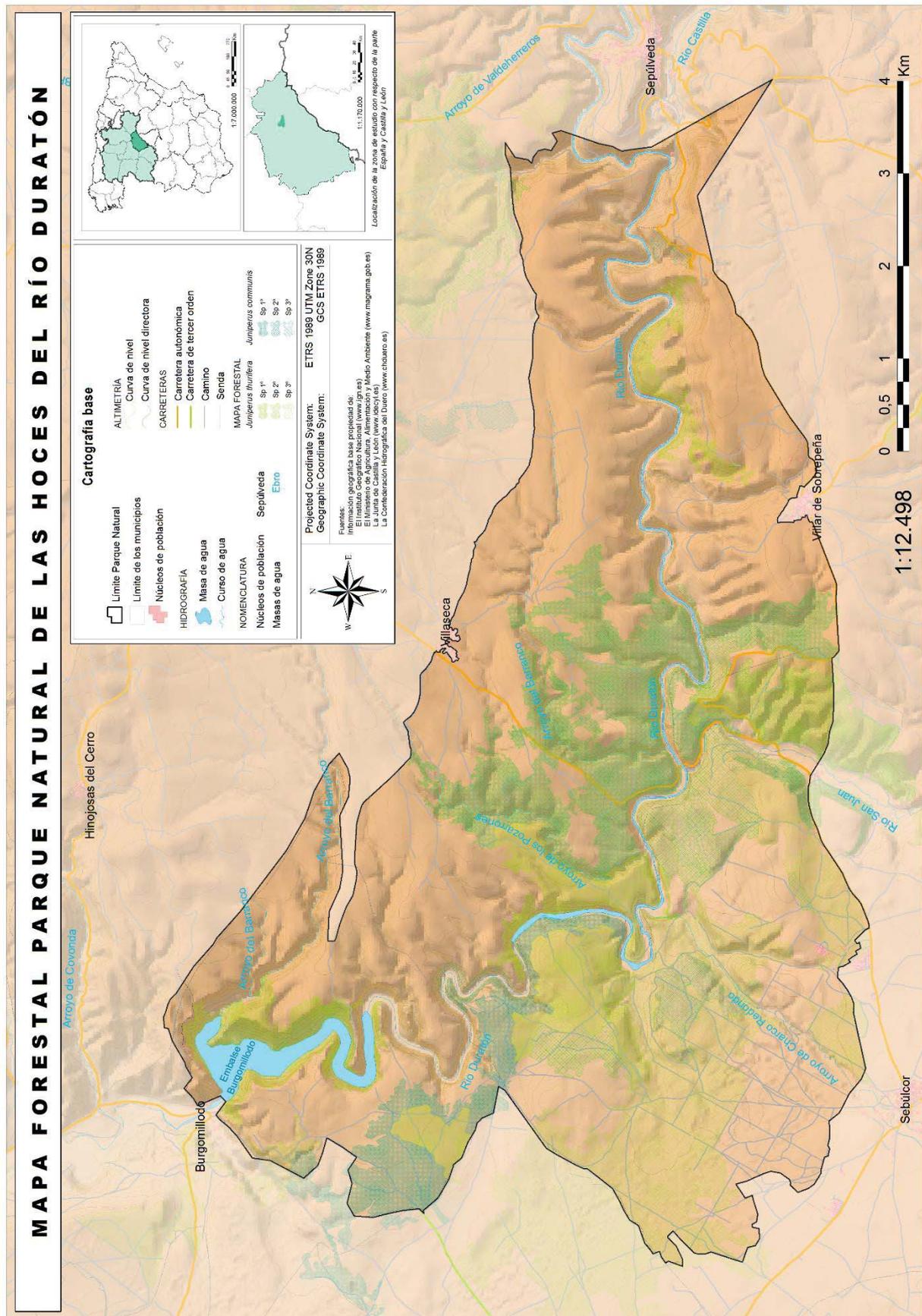


Figura 13: Mapa de distribución del género *Juniperus* en 2006 en el entorno del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón según el Mapa Forestal Español.

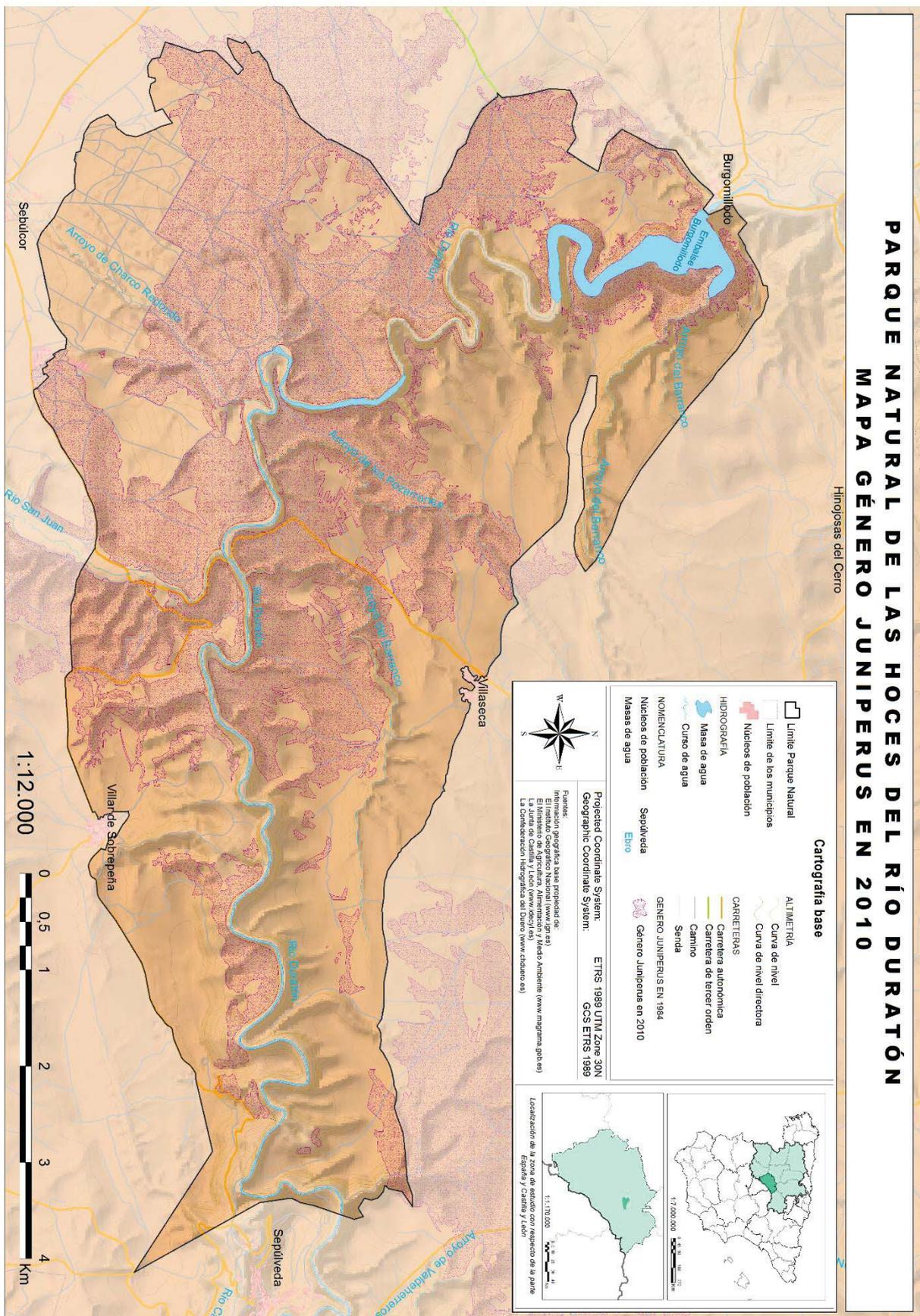


Figura 14: Mapa de distribución del género *Juniperus* en 2010 en el entorno del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón.

En el caso del último hito temporal, del año 2010 al generar el mapa de distribución del género *Juniperus* empleando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, se obtuvo que el nivel de ocupación por parte del género era muy extenso. Ciertamente es que la tendencia en la ocupación de la superficie era al alza, pero mostraba unos resultados con un crecimiento muy elevado.

Dicha situación conllevó a la decisión del desarrollo de la cartografía de 2010 al igual que en los anteriores hitos, con el fin de corroborar esa extensa presencia del género en este año y lo que se pareció fue que en 2010, si es cierto que se incrementaba la superficie ocupada por el género *Juniperus*, pero en los niveles identificados con el NDVI.

Así para este año la superficie ocupada es del 71,28% o lo que es igual a 3.596,52 hectáreas de terreno. En la figura 14 se aprecia la distribución de la masa, la cual ha aumentado su tamaño en las formaciones ubicadas más al norte y al sur, así como la masa arbórea ubicada en el margen derecho del río.

Si se hace una revisión de la evolución de la superficie por el género *Juniperus*, comparando las zonas ocupadas en los diferentes hitos temporales del estudio se aprecia en los mapas generados las zonas de expansión del género. Por ello en el caso de la comparativa entre 1957 y 1984 el incremento de la superficie ocupada supuso un 8,52% o 429,95 hectáreas más de la superficie del parque, correspondientes con el crecimiento de las masas arbóreas ubicadas en la margen derecha del río, tanto a la altura del embalse como entorno a los arroyos de los Pozarrones y del Barranco, y en la margen izquierda en sector más oriental (figura 15).

Al incluir en un mismo mapa la superficie identificada utilizando el Mapa Forestal Español (figura 16) se aprecia como el área que ha sufrido un mayor incremento de su superficie corresponde al margen derecho en los entornos de los arroyos de tanto de los Pozarrones y del Barranco y en la margen izquierda del río San Juan. En cuanto a cifras se aprecia un crecimiento del 13,365 respecto a 1984 y del 21,88% respecto a 1957, que en hectáreas suponen 674,33 ha y 1.104,28 ha respectivamente.

Finalmente si comparamos los cuatro hitos temporales de este estudio (figura 17), se aprecia las zonas donde la tendencia de crecimiento del género es la mayor, así como las áreas cuya superficie está menguando como consecuencia de la introducción de otras especies como son los pinos, con un mayor interés económico.

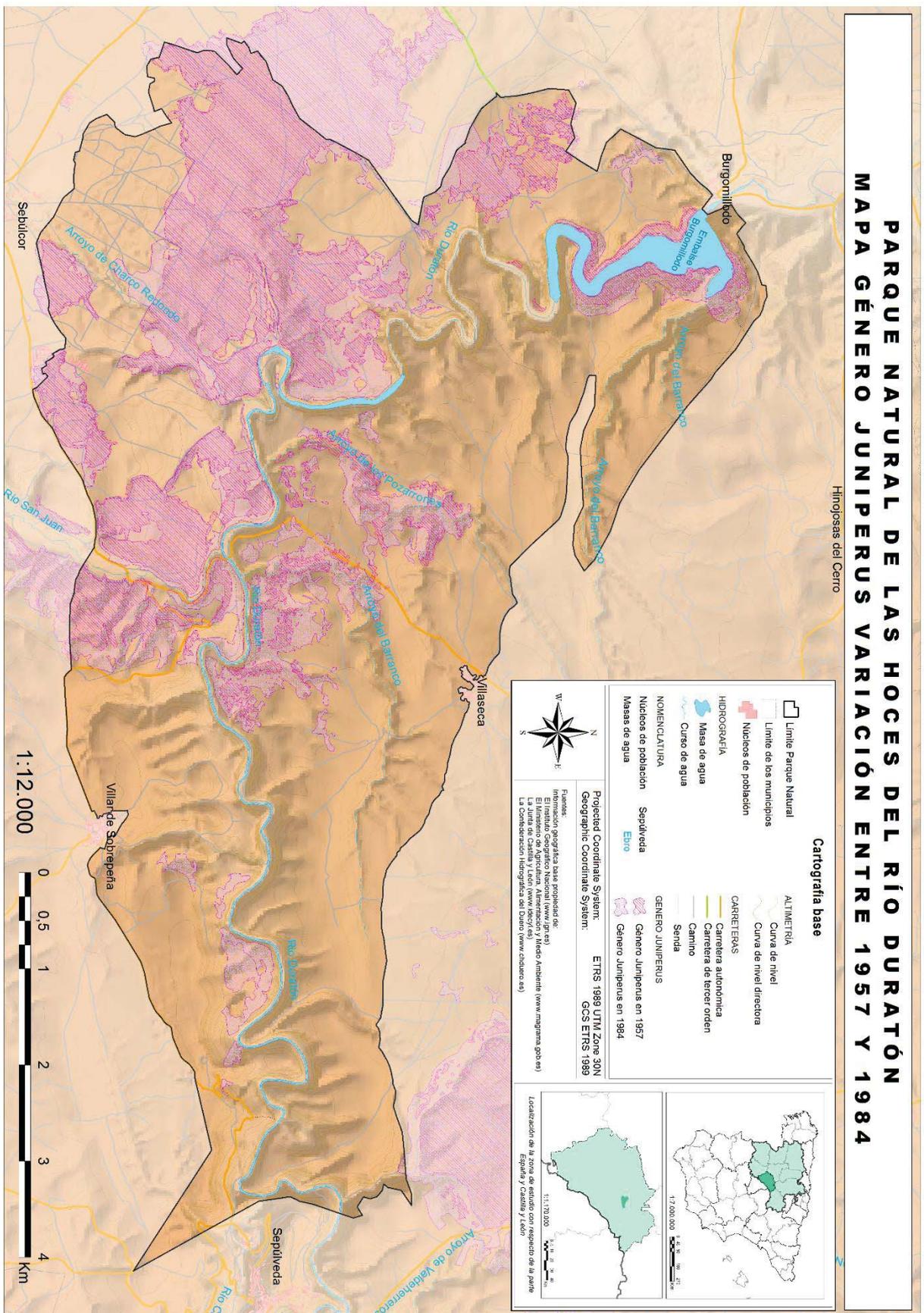


Figura 15: Mapa de distribución del género *Juniperus* entre 1957 y 1984 en el entorno del Parque Natural de las Hoces del

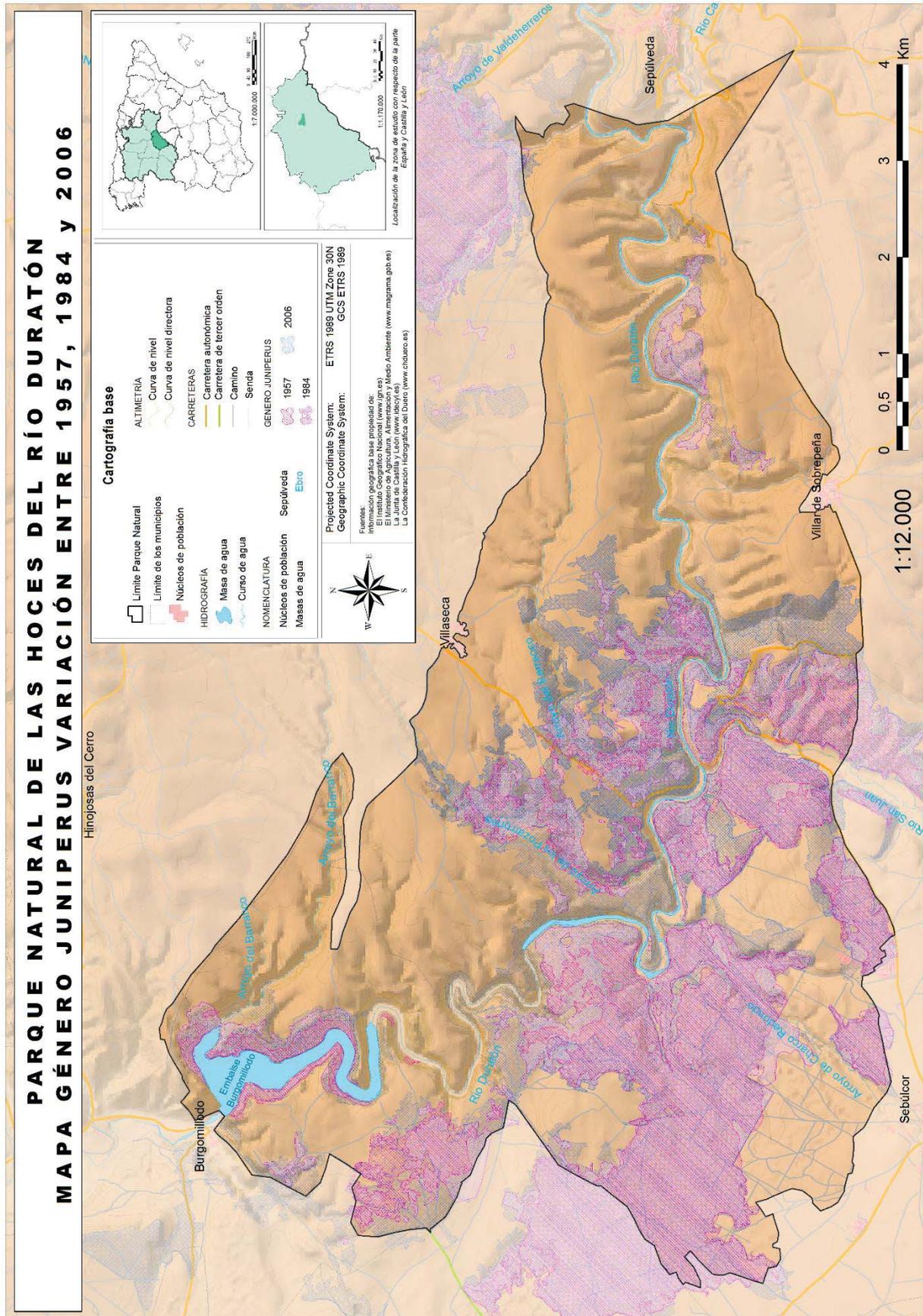


Figura 16: Mapa de distribución del género *Juniperus* entre 1957, 1984 y 2006 en el entorno del Parque Natural de las Hoces

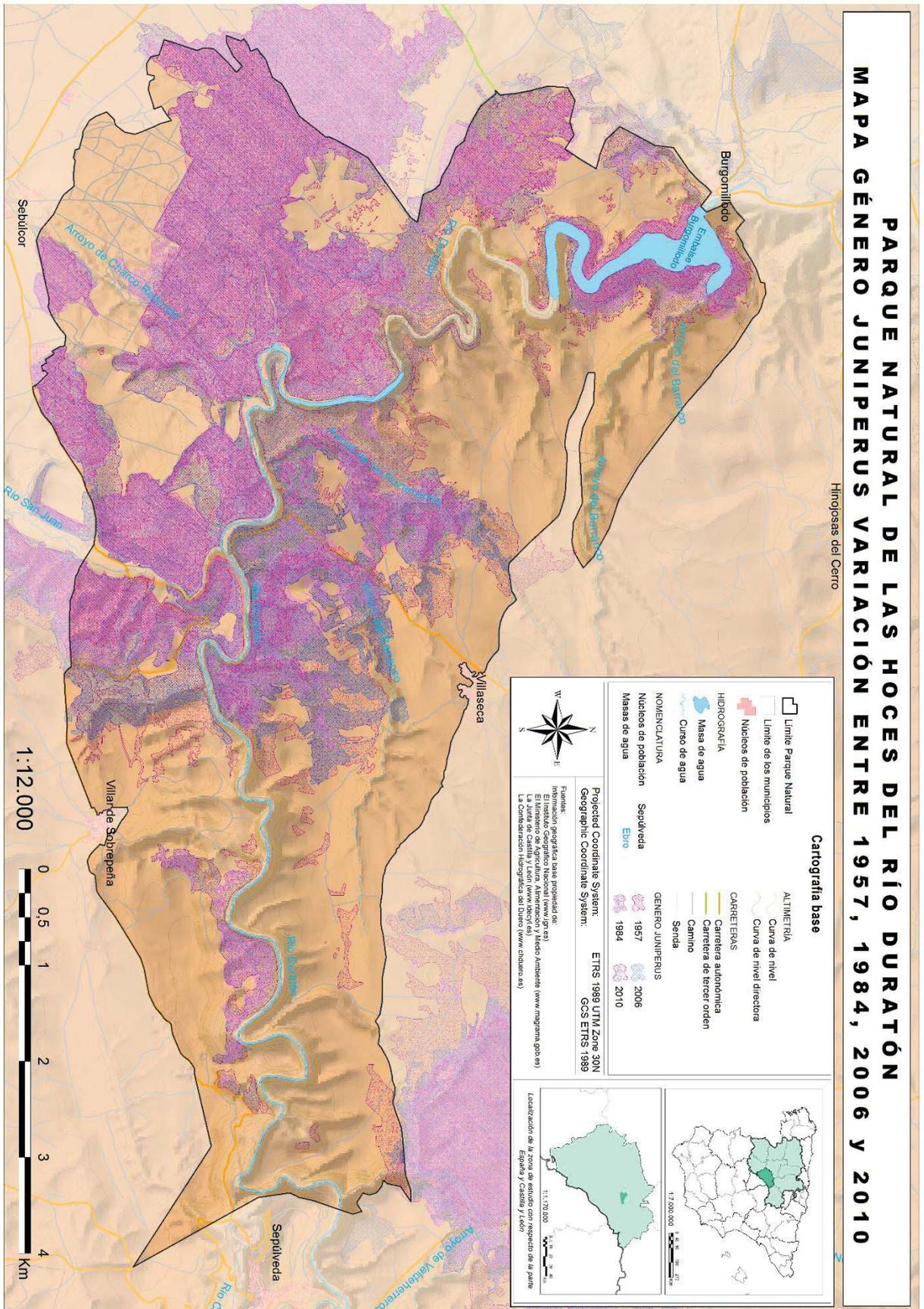


Figura 17: Mapa de distribución del género *Juniperus* entre 1957, 1984, 2006 y 2010 en el entorno del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón.

Esta variación se identifica en las zonas, ya comunes en el proceso de expansión de la masa forestal, correspondientes con áreas a nivel geológico de areniscas, microconglomerados, margas, arcillas y dolomías y arcilla, entornos sin arbolado, considerándose estas áreas como eriales o zonas de pastizal. El crecimiento del género *Juniperus* en estas áreas puede ser consecuencia de la eliminación de la presión antrópica por el abandono de las labores agrícolas y la reducción o desaparición de la cabaña ganadera, reduciendo el ramoneo y esquilma que los pimpollos de estas especies sufrían en los periodos de escaseo invernales de pasto por parte de las reses, principalmente ovejas y cabras.

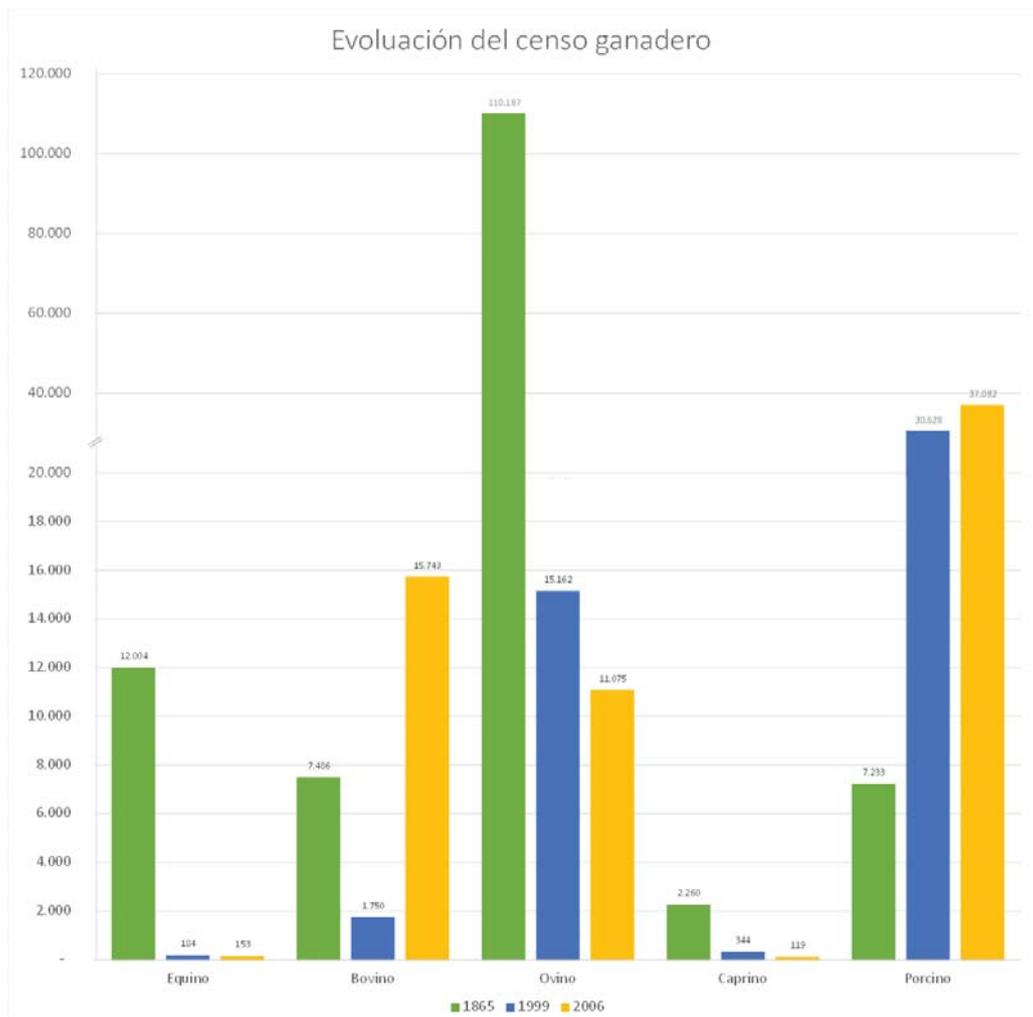


Figura 18: Evolución de la cabaña ganadera por tipología en la comarca de Sepúlveda.

Si se observan los censos agrarios existentes de los que se puede extraer información a nivel comarcal, años 1865, 1999 y 2006 (Instituto Nacional de Estadística, 2006), en la comarca de Sepúlveda, a la que corresponden los tres municipios que conforman el parque natural, la cabaña ganadera pastoreable (ovino y caprino) ha disminuido mucho y se ha visto incrementadas las ganaderías estabuladas (vacuno

y porcino). Esta tendencia, que se muestra en la figura 18, certifica el abandono de las actividades ganaderas tradicionales y explica crecimiento del género *Juniperus* en las áreas de pastizal.

Por el contrario en la región suroeste del parque el género convive con plantaciones silvícolas de pino, entre las cuales el *Juniperus communis* y *Juniperus oxycedrus* se desarrolla bien debajo del pinar y forman un estrato en plena progresión. Pero las labores culturales acometidas por el hombre para el mantenimiento del monte de repoblaciones de pinar han ocasionado que la presencia de ambas sea marginal en estas áreas.

Si se plasma en un gráfico (figura 19) la superficie identificada en cada hito temporal se observa que la evolución de la superficie del género en toda la superficie del parque es creciente, todos los años ha visto incrementada su superficie.

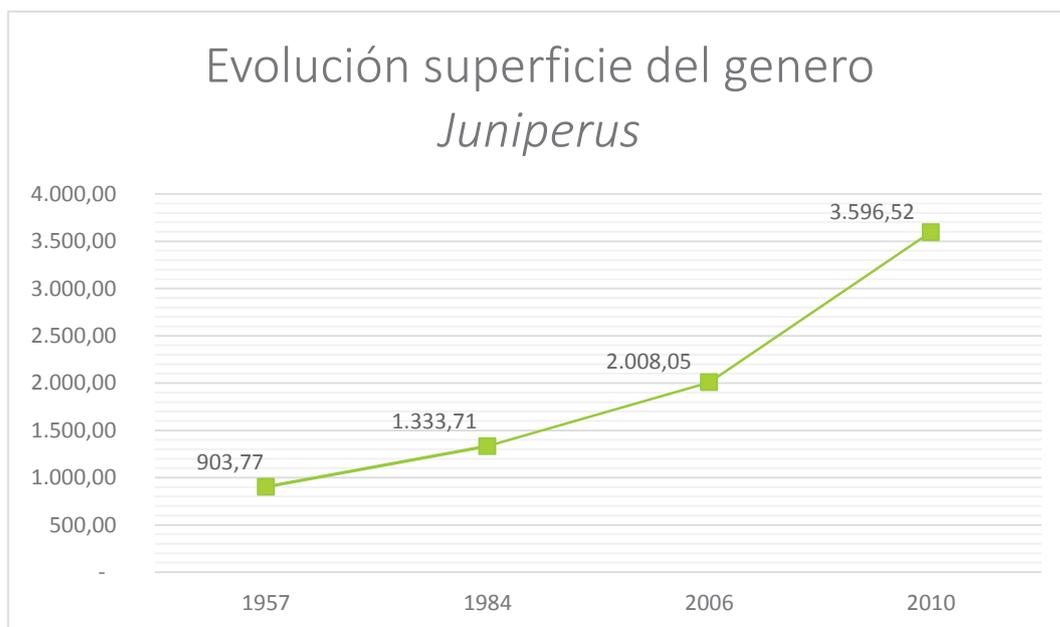


Figura 19: Gráfico evolutivo de la superficie ocupada por el género *Juniperus* dentro del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón.

El la figura 20 se puede apreciar el incremento en superficie que cada hito temporal ha aportado al año inmediatamente superior. Como se aprecia el periodo que ha marcado una diferencia con respecto a los anteriores es el 2006. Decir que durante el desarrollo del proyecto Life que se desarrolló en el parque natural, citado en el apartado del Estado del Arte, una de las acciones a destacar fue la restauración de la vegetación climácica en laderas y parameras, mediante la restauración de la cubierta vegetal en las

algunos áreas del parque, como es la zona de acceso a la ermita de San Frutos, con sabinas (*Juniperus thurifera*) y enebros (*J. oxycedrus* y *J. communis*) entre otras especies.

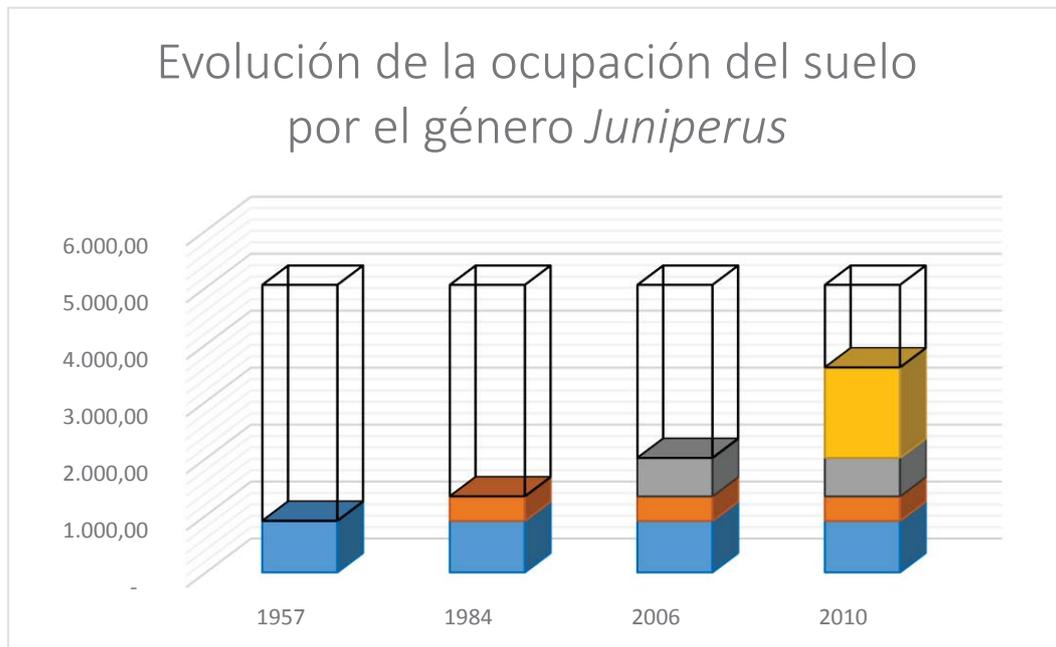


Figura 20: Gráfico evolutivo de la superficie ocupada por el género *Juniperus* dentro del Parque Natural de las Hoces del Río Duratón, mostrando el incremento acumulado de cada hito temporal.

5. CONCLUSIONES.

Una vez finalizado este estudio se extraen como conclusiones que:

1. El género *Juniperus* ha experimentado un crecimiento de su extensión dentro de los límites del parque natural.
2. La eliminación de presiones como el pastoreo han supuesto en este caso una ventaja que ha permitido el crecimiento de los individuos jóvenes, pero a la vez supone un handicap negativo para la supervivencia de los individuos del género, debido a la reducción del número de agentes que fomentaban su dispersión.
3. El género presenta una capacidad competitiva bastante elevada pero frente a especies con un mayor interés económico, como los pinos, su crecimiento se ve modificado, alterado y regulado siendo eliminada por los tratamientos culturales en el suelo del pinar.
4. Las acciones acometidas para la restauración de la vegetación en las áreas de laderas y parameras ha supuesto un importante avance para la conservación del género dentro de los límites del Parque.

Como consideración interesante, comentar que el mantenimiento de los usos tradicionales es una necesidad para el género, ya que a pesar de la presión que sufren los juveniles de las especies, de ello depende la dispersión de sus semillas, además de mantenimiento el monte limpio en el sentido de ser una herramienta eficaz en las labores de entresaca, por ello sería interesante desarrollar acciones de conservación de estas actividades a la vez que se restrinjan zonas o protejan los juveniles para evitar el ramoneo de estos.

Finalmente decir que según como se aprecia a lo largo del estudio el balance de la evolución del género en el Parque Natural de las hoces de río Duratón, es positivo, y que las medidas de restauración y protección son necesarias para lograr el mantenimiento de estas formaciones vegetales en el territorio.

6. FUTUROS DESARROLLOS.

Una vez finalizado el trabajo, y extraídas las conclusiones, se observa que esta línea de trabajo puede ser continuada con el desarrollo de otras trabajos complementarios.

Uno de ellos, el cual se inició en este proyecto, es la utilización del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada para la detección de la vegetación. Como se comenta en la discusión al observarse la cartografía que se generó con la reclasificación y vectorización del raster asociado a los valores de NDVI calculados, se apreció una amplia distribución del género *Juniperus* dentro del límite del parque. En este caso para poder aplicar correctamente dicha técnica se debe revisar el rango espectral de NDVI para el género *Juniperus*. Por lo que, una posible actividad a desarrollar a partir de este estudio sería la revisión y el ajuste de los valores de NDVI, atendiendo al desarrollo de un barrido de los valores del NDVI correspondientes a las zonas identificadas en el Mapa Forestal Español como áreas cuya especie dominante sea la sabina y el enebro.

Por otro lado, una vez determinado y ajustados los valores del NDVI y con el fin de agilizar este proceso de identificación de la distribución de las poblaciones vegetales del género *Juniperus*, se podría desarrollar un estudio que permitiese la identificación de los valores en RGB de los píxeles en las fotografías aéreas analógicas antiguas que correspondan con píxeles donde se ha identificado uno o varios individuos del género.

Al aplicar esta técnica, se puede presentar el problema de que en estas fotografías aéreas analógicas se observen áreas oscuras, es decir, zonas cuyos valores de píxel son muy similares entre sí como consecuencia de la presencia de sombras en la imagen. En este caso para poder subsanar dicho problema se podría utilizar una técnica de muestreo de vegetación, el muestreo por cuadrantes. Esta técnica es habitualmente utilizada para el estudio de la densidad de poblaciones de diferentes especies de herbáceas, mediante el uso de unos cuadrantes de un metro por un metro de lado. La base de esta técnica es la capacidad de observación del número de individuos de cada especie desde arriba pudiendo

determinar así la densidad en dicho espacio. En este caso se podría aplicar una técnica similar, ya que las fotografías aéreas permiten dicha visión desde arriba del territorio. Por ello habría que identificar zonas piloto en diferentes tipologías y topografías de la superficie y así obtener unos valores medios de densidades para cada tipo de zona oscura y desarrollar una cartografía específica que identifique las zonas en sombra de toda la superficie de las fotografías aéreas analógicas a estudiar.

Esta tipología de estudio puede ser ampliada y aplicada en otros entornos naturales, especies, recursos naturales como el agua, etc. pudiéndose desarrollar estudios al respecto que permitan conocer y entender más en profundidad el porqué de las situaciones actuales y que fuerzas han hecho que a lo largo del tiempo se llegue a la situación observada en la actualidad.

7. BIBLIOGRAFÍA.

- Agencia de Medio Ambiente de la Unión Europea. (2008). *GEMET*. Consultado el 10 de febrero de 2009, de Web de EEA: <http://www.eionet.europa.eu/gemet/>
- Cabellos Noco, N. (1983). La teledetección: una técnica de gran valor en la investigación geográfica. (U. Complutense, Ed.) *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 3, 267-276.
- Casal, G., y Freire, J. (2012). Síntesis de la evolución histórica de la teledetección en España (1889-2012). *Revista de Teledetección*, 38, 109-120.
- Castañeda, C., Herrero, J., y Casterad, M. (2005). Landsat monitoring of playa-lakes in the Spanish Manegros desert. *Journal of Arid Environments*, 63, 497-516.
- Clark Labs. (2012). *Clark Labs*. Recuperado el 26 de febrero de 2014, de Home, About Clark Labs, About Us y Home, Products, IDRISI Selva: <http://www.clarklabs.org/>
- Comas, D., y Ruiz, E. (1993). *Fundamentos de los sistemas de información geográfica*. Barcelona, España: Ariel, col.: Ariel Geografía.
- Comunidad Valenciana, Conselleria d'Infraestructures i Transport; IVER Tecnologías de la Información; PRODEVELOP Integración de tecnologías S.L.; Instituto de Desarrollo Regional (Sección de Teledetección y SIG). (2007). *gvSIG 1.1. Manual de usuario versión 3*. Valencia.
- CREAF. (2010). *Miramon GIS y RS*. Recuperado el 27 de febrero de 2014, de Temas, ¿Qué es MiraMon?: http://www.creaf.uab.es/miramon/index_es.htm
- CSIC, Real Jardín Botánico. (2016). *Flora Ibérica*. Recuperado el marzo de 2016, de <http://www.floraiberica.es/>

- Ejercito del Aire. (2013). *Centro Cartográfico y Fotográfico (CECAF)*. Recuperado el septiembre de 2013, de Ejercito del Aire, Organización, Unidades, Fuerza aérea-Mando Aéreo General, Centro Cartográfico y Fotográfico (CECAF): <http://www.ejercitodelaire.mde.es/>
- ESRI. (2014). *ESRI*. Recuperado el 01 de enero de 2014, de <http://www.esri.com/>
- ESRI. (2016). *ArcGIS for Desktop*. Recuperado el abril de 2016, de <http://desktop.arcgis.com/>
- Fernández-Manso, A., Quintano, C., & Fernández-Manso, O. (2011). Forecast of NDVI in coniferous areas using temporal ARIMA analysis and climatic data at a regional scale. *International Journal of Remote Sensing*, 32-6, 24. doi:10.1080/01431160903586765
- García López, J., & Allué Camacho, C. (2005). Caracterización y potencialidades fitoclimáticas de la sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) en la Península Ibérica. *Invest Agrar: Sist Recur For*, 14, 11.
- Graham, S. (17 de septiembre de 1999). *Earth Observatory NASA*. Recuperado el septiembre de 2013, de <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/>
- GRASS. (1998). *GRASS GIS*. Recuperado el 15 de febrero de 2014, de Home, About us: <http://grass.osgeo.org/>
- Guerra Velasco, J. (2005). Los sabinares albares de *Juniperus Thurifera* L.: estructura y dinámica de una formación difusa en las llanuras del centro de la Cuenca del Duero. *ERÍA*, 66, 21.
- gvSIG. (2011). *gvSIG*. Recuperado el 24 de febrero de 2014, de Inicio, Organización, Misión, visión y valores: <http://www.gvsig.org/>
- Hammi, S., Simonneaux, V., Cordier, J., Genin, D., Alifriqui, M., Montes, N., & Auclair, L. (2010). Can traditional forest management buffer forest depletion? Dynamics of Moroccan High Atlas Mountain forests using remote sensing and vegetation analysis. *Forest Ecology and Management*, 260, 11. doi:10.1016/j.foreco.2010.08.033
- Herrero, J., y Castañeda, C. (2009). Delineation and functional status monitoring in small saline wetlands of NE Spain. *Journal of Environmental Management*, 90, 2212-2218.

- INSPIRE. (2014). *Infrastructure for Spatial Information in the European Community*. Recuperado el 04 de febrero de 2014, de European Commission, INSPIRE, About INSPIRE: <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>
- Instituto Geográfico Nacional. (2007 a). *Teledetección*. Recuperado el septiembre de 2013, de Instituto Geográfico Nacional, Teledetección: <http://www.ign.es/>
- Instituto Geográfico Nacional. (2007 b). *Fotogrametría y Teledetección*. Recuperado el septiembre de 2013, de Instituto Geográfico Nacional, Teledetección, Plan Nacional de Teledetección: <http://www.ign.es/>
- Instituto Nacional de Estadística. (2006). *Censos Agrarios*. Recuperado el junio de 2016, de <http://www.ine.es/>
- Jones, C., Song, C., & Moody, A. (2015). Where's woolly? An integrative use of remote sensing to improve predictions of the spatial distribution of an invasive forest pest the Hemlock Woolly Adelgid. *Forest Ecology and Management*, 358, 7. doi:10.1016/j.foreco.2015.09.013
- Junta de Castilla y León. (1997). *Mapa Geológico y Minero de Castilla y León. Escala 1:400.000*. (S. (. Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León, Ed.) Valladolid, Valladolid, España: Macrolibro S.A.
- Junta de Castilla y León. (2005). *Plan de Ordenación de los recursos naturales del espacio natural Hoces del río Duratón (Segovia). Tomo I Inventario*. Valladolid.
- Lunetta, R., Knight, J., Ediriwickrema, J., Lyon, J., y Dorsey Worthy, L. (2006). Land-cover change detection using multi-temporal MODIS NDVI data. *Remote Sensing of Enviroment*, 105, 142-154.
- Latifi, H., Fassnacht, F. E., Hartig, F., Berger, C., Hernández, J., Corvalán, P., & Koch, B. (2015). Stratified aboveground forest biomass estimation by remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 38, 12. doi:10.1016/j.jag.2015.01.016
- LatinGEO. (2010). *Red LatinGEO*. Recuperado el 19 de enero de 2009, de <http://latingeo.upm.es/>

- López González, G. (2004). *Guía de los árboles y arbustos de la Península Ibérica y Baleares* (2º ed.). Madrid, España: S.A. MUNDI-PRENSA LIBROS. doi:ISBN: 9788484763123
- Maseka, J. G., Hayes, D. J., Hughesc, M., Healeyd, S., & Turn, D. (2015). The role of remote sensing in process-scaling studies of managed forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 355, 14. doi:10.1016/j.foreco.2015.05.032
- Meaden, G., y Kapetsky, J. (1992). *Los sistemas de información geográfica y la telepercepción en la pesca continental y la acuicultura* (Vol. 318). Roma: FAO Fisheries Technical Paper.
- MedWet. (1991). Recuperado el septiembre de 2013, de MedWet is a regional Initiative for the Ramsar Convention on Wetlands: <http://www.medwet.org/>
- Montesinos Torres, D. (2007). *Juniperus thurifera*: una especie dioica, vecera y relíctica. *Ecosistemas*, 16-3, 13.
- Olano, J., & Rozas, V. (2015). Desde el cámbium hasta el bosque: evaluando las respuestas de *Juniperus thurifera* L. a los condicionantes ambientales y antrópicos a múltiples escalas. *Ecosistemas*, 24-2, 8. doi:10.7818/ECOS.2015.24-2.09
- Pérez González, M., y García Rodríguez, M. (2013). Use of remote sensing in soli degradation. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 61, 425-427.
- Pérez Navarro, A. (2011). *Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática*. Barcelona: Carrera edició, S.L.
- Quirós-Linares, F., y Fernández-García, F. (1996). Los orígenes de la fotografía aérea en España. El Servicios de Aerostación Militar (1896-1913). *Ería*, 41, 173-188.
- Rivas-Martinez, S. (1987). *Memoria del mapa de series de vegetación de España 1:400.000. Serie Técnica*. (M. d. ICONA, Ed.) Madrid: Egraf, S.A.
- Rozas, V., Olano, J., DeSoto, L., & Bartolomé, D. (2008). Large-scale structural variation and long-term growth dynamics of *Juniperus thurifera* trees in a managed woodland in Soria, central Spain. *Ann. For. Sci.*, 809, 10. doi:10.1051/forest:2008066

- Sacristan, F. (2004). La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. *AquaTIC*, N° 24, Pág. 13 - 41.
- Sánchez-González, S. M., Martínez-Alegría, R., & Taboada, J. (2016). Modeling wetland change in Spain's Tierra de Campos district. *Wetlands Ecology and Management*(24), 12. doi:10.1007/s11273-015-9463-x
- Santos, T., Telleria , J., & Virgos, E. (1999). Dispersal of Spanish juniper *Junipems thunfeva* by birds and mammals in a fragmented landscape. *ECOGRAPHY*, 22, 11. doi:10.1111/j.1600-0587.1999.tb00468.x
- Unión Europea. (25 de abril de 2007). Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de marzo de 2007 que establece una Infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (INSPIRE). *D. O. U. E*, 14.
- Unión Europea. (2008). Chapter 5.5: Metadata implementation. En G. I. Water Information System for Europe, *WISE GIS Version 8.0* (Segunda ed.).
- Universidad de Zaragoza, T. A. (2008). *CatMDEdit, Manual de usuario*. Zaragoza.
- Vales, J., Carpintero, J., Granado, L., Méndez, E., Montoya, G., Pino, I., . . . Cáceres, F. (2010). Producción de ortofotos históricas para la generación de bases de datos temáticas. Cartografía de usos y coberturas del suelo. 270-384.




geografía