

**Máster Universitario en Restauración de Ecosistemas**

**Trabajo Fin de Máster**

***Estudio de viabilidad de reservas genéticas de Parientes  
Silvestres de Cultivos en El Parque Natural de las Sierras  
de Cazorla, Segura y Las Villas***



**Presentado por:**

D. Alfonso Fernández Carpio

**Directores:**

Dr. José María Iriondo Alegría y D<sup>a</sup>. Ada Molina Pertíñez

**Tutor académico:**

Dr. Gabriel Dorado Martín

Área de la Biodiversidad y Conservación de la Universidad Rey Juan Carlos

Madrid, a 28 de septiembre de 2021



# **ÍNDICE**

<b>Resumen:</b> .....	<b>1</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>3</b>
<b>Material y métodos</b> .....	<b>7</b>
Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas .....	8
Descarga de datos corológicos de la base de datos GBIF.....	11
Establecimiento de un Sistema de Información Geográfica para el Parque Natural.....	12
Elaboración de un mapa ecogeográfico.....	13
Extracción de valores ecogeográficos para cada población de PSC/PSUA.....	14
Análisis de complementariedad de poblaciones de PSC/PSUA y unidades ecogeográficas .....	14
Estudio de especies amenazadas de PSC/PSUA dentro del Parque Natural .....	17
<b>Resultados</b> .....	<b>17</b>
Descarga de datos corológicos de la base de datos GBIF.....	17
Establecimiento de un Sistema de Información Geográfica para el Parque Natural de Cazorla, Segura y las Villas.....	18
Elaboración de un mapa ecogeográfico y extracción de valores ecogeográficos para cada población de PSC/PSUA .....	18
Análisis de complementariedad de poblaciones de PSC/PSUA y unidades ecogeográficas .....	19
Estudio de especies amenazadas de PSC/PSUA dentro del Parque Natural .....	23
<b>Discusión</b> .....	<b>27</b>
Establecimiento de un plan de gestión de las reservas genéticas de PSC/PSUA en el Parque Natural .....	28
Determinación de la configuración espacial más eficaz para la ubicación de las reservas genéticas.....	30
Vulnerabilidad de las reservas genéticas respecto al cambio climático .....	32
Consideraciones y limitaciones del estudio .....	33
<b>Conclusiones</b> .....	<b>35</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>36</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>37</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>43</b>
Anexo I. Datos climáticos de interés para la flora en Cazorla .....	43
Anexo II. Mapas topográficos, hidrológicos y geológicos del Parque Natural .....	43
Anexo III. Relación de PSC/PSUA localizados en el Parque Natural.....	45

Anexo IV. Mapas de las celdas seleccionadas antes del estudio de especies amenazadas por la UICN.....	49
Anexo V. Listado de combinaciones de PSC/PSUA-Unidad ecogeográfica en las celdas de 1x1 km seleccionadas .....	50
Anexo VI. Listado de combinaciones de PSC/PSUA-Unidad ecogeográfica en las celdas de 5x5 km seleccionadas .....	53

## **Resumen:**

Los parientes silvestres de los cultivos (PSC) y las Plantas Silvestres de Uso Alimentario (PSUA) son una fuente de diversidad genética esencial para afrontar el reto de la adaptación de los cultivos al cambio climático. En la actualidad, se está desarrollando en España la Estrategia Nacional de Conservación y Utilización de PSC/PSUA que impulsa al establecimiento de reservas genéticas de PSC/PSUA para proporcionar una conservación in situ activa. El marco idóneo para el establecimiento de estas reservas genéticas son las áreas protegidas en sus diferentes categorías.

En colaboración con el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas, se llevó a cabo un estudio sobre la presencia de PSC/PSUA en dicho espacio protegido y se determinaron los lugares idóneos para el establecimiento de reservas genéticas. Para ello se definieron dos escalas: cuadrículas de 1x1 km y 5x5 km, en las que se estudió la diversidad genética y la ecogeografía de cada una de ellas para determinar cuáles eran potencialmente las mejores localizaciones para establecer reservas genéticas. En el estudio se ha trabajado con bases de datos florísticas, GBIF, con herramientas de GIS, el entorno estadístico R y el programa CAPFITOGEN. Se han identificado un total de 137 especies de PSC/PSUA y 11 unidades ecogeográficas dentro del Parque Natural que aportan 518 combinaciones únicas diferentes que fueron examinadas. Tras un estudio de las especies PSC/PSUA que se encuentran amenazadas y la posterior selección de cuadrículas candidatas para el establecimiento de las reservas genéticas, la propuesta proporciona una conservación activa de en torno al 30% de las combinaciones especie PSC/PSUA-unidad ecogeográfica identificadas en cualquiera de las dos escalas determinadas.

## **Abstract:**

Crop wild relatives (CWR) and Edible Wild Plants are a valuable source of genetic diversity to face the challenge of adapting crops to climate change. Currently, the National Strategy for the conservation and utilization of crop wild relatives and edible wild plants has been developed in Spain. This Strategy promotes the establishment of genetic reserves for the active in situ conservation of CWR. The ideal framework for the establishment of these genetic reserves are protected areas in their different categories, such as, national protected areas or biosphere reserves.

In collaboration with the Sierras de Cazorla, Segura and Las Villas Natural Park, a study was carried out on the presence of CWR in this protected area and the ideal places for the establishment of genetic reserves were determined. For this, 1x1 km and 5x5 km grids were defined in which both the genetic diversity and ecogeography were studied to determine which were potentially the best locations to establish genetic reserves. We have worked with floristic databases, GBIF data, GIS tools, R statistical environment and CAPFITOGEN software. A total of 137 species of CWR and 12 ecogeographic units have been identified within the Natural Park that provide 518 different unique combinations that were examined. After an assessment of the CWR that are protected by legislation and the selection of candidate grid cells, a proposal of genetic reserve locations was made that would cover around 30% of the CWR species-ecogeographic unit combinations in any of the two determined scales.

**Palabras clave:** parientes silvestres de los cultivos, conservación in situ, cambio climático, seguridad alimentaria, diversidad genética, reservas genéticas.

## Introducción

La agricultura se enfrenta a importantes retos de cara al futuro debido a los efectos negativos del cambio climático y el aumento continuo de la población mundial, con sus correspondientes demandas, lo que está provocando que aumente el problema de la seguridad alimentaria en el futuro (Dempewolf et al. 2014). El cambio climático es una variación del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial, provocando perturbaciones en los diferentes procesos que suceden en la Tierra (Díaz 2012), y en particular una causa de degradación para los sistemas agrícolas.

El cambio climático está provocando variaciones en la temperatura y la precipitación por toda Europa (Díaz 2012). La escasez de agua y el clima extremo reducirán el rendimiento de las cosechas y las zonas adecuadas para cultivar en los países del sur de Europa, alterando unos terrenos ya de por sí muy degradados. Esto provocará una gran pérdida de suelo y un déficit económico que será extremadamente perjudicial para las economías de dichos países (Shukla 2019). En cuanto a España, los principales problemas a nivel ambiental que afectan a los cultivos son la desertificación, la erosión y la falta de agua en ciertas zonas de la geografía española (Felicísimo 2012).

Es de vital importancia una adaptación de la agricultura para poder hacer frente a los cambios en el clima y a las futuras condiciones. Se puede, por ejemplo, variar las fechas de cultivo o los tipos de cultivos que se explotan, aunque desarrollar nuevas variedades a tiempo proporcionaría mayores beneficios (Ford-Lloyd 2011). Se puede optar por una mejora genética de dichos cultivos que ayude a que estas plantas resistan las condiciones climáticas cada vez más adversas. La mejora genética de cultivos debe abordar simultáneamente las necesidades de una demanda creciente de alimentos (mayor productividad), adaptación a la variabilidad y cambio climático (resiliencia climática) y proporcionar alimentos saludables (seguridad nutricional). La utilización eficaz de los recursos genéticos disponibles es una estrategia clave para optimizar la mejora de los cultivos (Brozynska et al. 2016). Es aquí donde los parientes silvestres de los cultivos juegan un papel importante.

Los Parientes Silvestres de los cultivos -PSC, en adelante- son taxones silvestres genéticamente relacionados con los cultivos, incluyendo a sus progenitores, donantes de genes beneficiosos para la mejora vegetal, la producción agrícola y el mantenimiento sostenible de los agroecosistemas (Heywood et al. 2007). Según Maxted et al. (2008), PSC es cualquier especie del mismo género que una especie cultivada, pero es una definición que da como resultado un rango muy amplio de especies que pueden tener una relación tanto muy cercana, como muy lejana con el cultivo en cuestión. Debido a los limitados recursos

destinados a conservación es necesario centrarse en especies prioritarias, que son las más estrechamente relacionadas con el cultivo, las de fácil utilización o aquellas gravemente amenazadas (Maxted et al. 2008).

Según el Segundo Informe sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y Alimentación (FAO 2010) hay entre 50.000 y 60.000 especies de PSC en todo el mundo, pero se considera que tan solo 700 son prioritarias como acervos genéticos primarios y secundarios de los cultivos alimentarios más importantes del mundo. La cuenca mediterránea y, en concreto, España, es una de las regiones del mundo que contiene una mayor riqueza de parientes silvestres de los cultivos, según un estudio realizado con 1076 PSC relacionados con 81 cultivos (Castañeda-Álvarez et al., 2016). En la Península Ibérica se encuentran una gran cantidad de PSC/PSUA coincidiendo con la elevada biodiversidad presente en ella (Vincent et al. 2019). En concreto, según Kell et al. (2008) se ha identificado en torno a 6.500 taxones relacionados con las especies de mayor importancia socioeconómica). En el Borrador de la Estrategia Nacional de Conservación y Utilización de Parientes Silvestres de los Cultivos (PSC) y Plantas Silvestres de Uso Alimentario (PSUA) (en prensa) —Estrategia Nacional, en adelante— se presenta el Catálogo Nacional para la Protección de los PSC/PSUA —Catálogo Nacional, en adelante— conformado por 522 especies prioritarias para su conservación.

En Europa se han desarrollado proyectos, como Farmer's Pride (2017-2021), que involucran a los miembros de la comunidad europea a desarrollar una serie de objetivos para la conservación y manejo de PSC/PSUA. Con el proyecto Farmer's Pride (2017), se persigue la construcción de una red europea de conservación in situ de PSC. Los proyectos europeos inician el contexto de la actuación en España con la elaboración de inventarios, el desarrollo de propuestas de conservación y el establecimiento de reservas genéticas (Estrategia Nacional en prensa). Es por lo tanto necesario aplicar Estrategias internacionales, europeas y nacionales que apoyen la conservación de PSC/PSUA y de su diversidad genética. Todo en pro de garantizar la Seguridad Alimentaria, teniendo en cuenta el papel multifuncional de la agricultura para lograr un equilibrio entre economía y medio ambiente. Los PSC/PSUA, además de su valor agrícola, también tienen un valor inmenso en términos de sus servicios ecosistémicos y funciones ecológicas del paisaje (Genres-BLE 2019).

Uno de los factores más determinantes en el establecimiento de las especies en una región son las condiciones ecogeográficas. La ecogeografía permite la identificación de los posibles escenarios adaptativos de las especies, mediante el análisis de factores bióticos y abióticos que condicionan su supervivencia (Parra-Quijano 2010). Para el estudio de la ecogeografía se ha desarrollado el método de la representatividad ecogeográfica con los llamados mapas de caracterización ecogeográfica o "Ecogeographic Land Characterization maps" -mapas



ELC en adelante-. Son mapas con una amplia variedad de aplicaciones relacionadas con los recursos fitogenéticos entre los que destacan la conservación y el uso razonable de la agrobiodiversidad (Parra Quijano et al. 2015). Los mapas ELC ofrecen una aproximación metodológica para estimar la diversidad genética de valor adaptativo de una especie a través del estudio de las categorías ecogeográficas en la que se encuentran sus poblaciones (Parra-Quijano et al. 2012).

La información sobre la adaptación de las plantas puede ser muy útil en los estudios de agrobiodiversidad. Es por ello que es fundamental comprender las preferencias de hábitat y la distribución geográfica de las especies objetivo si se quiere desarrollar una estrategia de conservación eficaz (Maxted et al. 2000). Algunas áreas son más ricas genéticamente que otras. Parte de la heterogeneidad en dicha distribución de la diversidad se explica por el flujo genético y la selección, tanto natural como antrópica, reflejando así la adaptación ecogeográfica de las especies y las preferencias de los agricultores. La diversidad no sólo no está distribuida uniformemente en el espacio ecogeográfico, sino que tampoco está distribuida taxonómicamente de manera uniforme (Guarino 1995).

La conservación in situ de los recursos fitogenéticos de especies vegetales se subdivide en dos posibles actuaciones, que son: el establecimiento de reservas genéticas en áreas protegidas donde se conserva el ecosistema en estado natural con el objetivo de que las plantas que allí se encuentran mantengan su viabilidad a largo plazo y el mantenimiento de fincas de agricultores o de comunidades agrícolas, donde las poblaciones de PSC se mantienen en las condiciones agroecológicas que les dieron lugar y que les ha permitido sobrevivir (Parra-Quijano et al. 2015).

Los espacios naturales protegidos son lugares donde las especies pueden desarrollarse más fácilmente sin un elevado impacto humano (Maxted et al. 2008) y son puntos clave para la conservación de la biodiversidad. Es por ello por lo que son emplazamientos prioritarios de conservación para preservar especies in situ. Son territorios que cuentan con una gran diversidad filogenética y una elevada capacidad de extracción de material genético. Por otro lado, los espacios naturales protegidos son también importantes indicadores de la calidad ambiental.

La ubicación de una población de un PSC/PSUA dentro de un área protegida le confiere una protección pasiva, aunque no garantiza su viabilidad, ya que en la mayoría de los casos los gestores desconocen la existencia y el valor de dicha población, e incluso pueden implementar actuaciones que perjudiquen a la misma. Es preciso empezar a valorar los PSC/PSUA como un importante activo en la conservación de estos espacios y no perder este

material genético de vital importancia (Estrategia Nacional en prensa). Por ello, resulta necesario elaborar planes de actuación que permitan incluir los PSC/PSUA dentro de los catálogos de especies a proteger dentro de estos espacios.

El mejor método para la conservación activa de PSC/PSUA es a través del establecimiento de reservas genéticas, es decir, áreas donde conservarlos in situ, ya que, como se ha mencionado con anterioridad, la conservación pasiva de las poblaciones de PSC/PSUA no garantiza su viabilidad. Una reserva genética es un área designada para llevar a cabo medidas de conservación activas y permanentes, es decir, la gestión y el seguimiento de la diversidad genética de las poblaciones de PSC/PSUA objetivo. Para preservar la diversidad genética de una especie, se necesita establecer un determinado número de reservas, que juntas recojan la diversidad genética de una especie de la manera más completa posible (Maxted et al. 2011; Genres-BLE 2019). En este sentido, el método de la representatividad ecogeográfica se puede utilizar para seleccionar reservas genéticas con el fin de apoyar actuaciones eficientes de conservación in situ que tengan en cuenta la diversidad genética de las especies de interés y con potencial para contener rasgos de interés para la mejora vegetal (Estrategia Nacional en prensa).

Los proyectos de conservación in situ son muy importantes en el contexto de la conservación de especies debido a que pueden garantizar el acceso a ciertas poblaciones para investigación y recolección de material genético, además de poder seleccionar especies según el potencial genético de las características fenotípicas de la población. Otro aspecto importante de la conservación in situ es que se pueden preservar especies o poblaciones que, de otra manera, no se podrían conservar (Hunter et al. 2011). Por otro lado, este tipo de conservación minimiza las amenazas antrópicas y el riesgo de pérdida de poblaciones por catástrofes, variaciones de población o cambios en el ambiente. Por último, la conservación in situ y la creación de reservas genéticas no tiene por qué ser exclusivo de las especies objetivo, hay otras especies que se beneficiarán de las medidas aumentando así la biodiversidad local (Iriondo et al. 2007). Resulta necesario establecer reservas genéticas en los espacios de la Red Natura 2000, donde se monitoricen periódicamente las poblaciones de PSC/PSUA se implementen medidas de conservación cuando sea necesario (Maxted et al. 2008). En la Meta B, Objetivo 7, Actuación 9 del Plan Estratégico de la Estrategia Nacional de PSC/PSUA, se propone el establecimiento de reservas genéticas multiespecíficas dentro de áreas protegidas.

En este contexto, en este Trabajo de Fin de Máster se ha realizado una evaluación del potencial del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas, como lugar para la implantación de reservas genéticas de PSC/PSUA que contribuyan a la generación de una

red nacional de conservación in situ de PSC en espacios naturales protegidos. Mediante este proceso se pretende: a) identificar las poblaciones de los PSC/PSUA del Catálogo Nacional de la Estrategia Nacional presentes en el Parque Natural, b) localizar enclaves dentro del Parque Natural que contienen una mayor riqueza de PSC/PSUA donde se podrían crear reservas genéticas de PSC/PSUA y c) evaluar la contribución del Parque Natural a la conservación in situ de los PSC/PSUA prioritarios de la Estrategia Nacional.

Teniendo en cuenta que el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas es uno de los espacios naturales más extensos de España, se trabaja sobre la hipótesis de que el área protegida contenga poblaciones vegetales con una representación elevada de las especies de PSC/PSUA del Catálogo Nacional. Asimismo, se establecen una serie de preguntas: a) ¿qué porcentaje de las especies de PSC/PSUA del Catálogo Nacional se encuentra dentro de los límites del Parque Natural?; b) ¿qué grado de diversidad ecogeográfica contiene el Parque Natural, como proxy de diferentes paisajes de adaptación genética?; c) ¿cuál es la configuración espacial más eficaz de reservas genéticas dentro del Parque Natural que permitiría obtener una mejor representación de los PSC/PSUA que habitan en el Parque? y d) ¿en qué medida los datos disponibles en los portales globales de biodiversidad (GBIF) proporcionan una información relevante sobre la distribución geográfica real de los PSC/PSUA prioritarios dentro del Parque Natural?.

## **Material y métodos**

La metodología del trabajo se centró en la obtención de una serie de zonas con elevada diversidad, o puntos calientes, en las que quedan reflejadas cada una de las poblaciones presentes en los diferentes ambientes del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas –Parque Natural, en adelante–. Para ello se comenzó realizando un estudio del Parque Natural e identificando las poblaciones de PSC/PSUA del Catálogo Nacional de la Estrategia de Conservación y Utilización de Parientes Silvestres de los Cultivos (PSC) y Plantas Silvestres de Uso Alimentario (PSUA). Posteriormente se identificaron aquellas zonas de alta riqueza de PSC/PSUA en el Parque Natural mediante un análisis de complementariedad de poblaciones de PSC/PSUA y unidades ecogeográficas para después decidir dónde crear las reservas genéticas. Por último, se evaluó la contribución del Parque Natural a la conservación de PSC/PSUA en el contexto nacional con el método de la representatividad ecogeográfica.

## Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas

El Parque Natural es un espacio natural situado en el noreste de la provincia de Jaén, Andalucía (**Figura 1**), con una superficie de 210.117 hectáreas (MITECO 2021). Entre sus figuras de protección cuenta con una ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves) designada en 1987 y un ZEC (Zona de Especial Conservación), además de ser declarado monumento natural por el Gobierno de España y la ya mencionada declaración de Parque Natural (MITECO, 2021).



Figura 1. Ubicación del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas en España.

En el mapa de usos de suelo (**Figura 2**), se observa que dentro del Parque Natural predominan las zonas naturales, en torno al 85% del territorio, como zonas boscosas y de vegetación arbustiva. Respecto a la influencia humana, aparte del turismo y las infraestructuras humanas, como municipios o zonas industriales, existen ciertas zonas al norte del Parque Natural empleadas para la agricultura y sistemas agroforestales, principalmente olivos, y que constituyen en torno al 10% del territorio. Por último, aparecen roquedos y masas de agua, que constituyen el 5% del territorio.

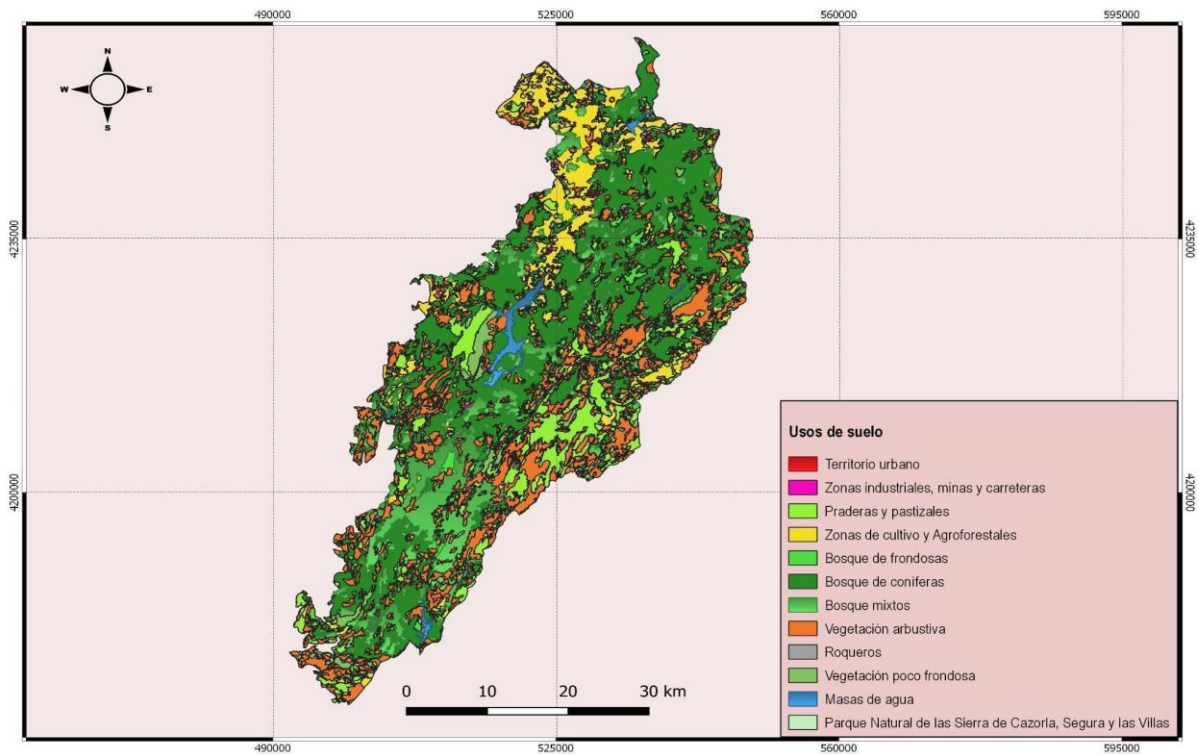


Figura 2. Mapa de los usos del territorio del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas en España.

La vegetación actual presente en el entorno se debe a una serie de condiciones climáticas, orográficas, geológicas y de influencia humana que han ido modelando el Parque Natural (Gómez Mercado 2011). Debido a la elevada heterogeneidad de ambientes, en el Parque Natural se encuentra una amplia variedad de flora, desde vegetación rupícola en las rocas a bosques de ribera en zonas húmedas, pasando por extensiones de matorrales y herbáceas (Gómez Mercado 2011). Por otro lado, el Parque Natural concentra un elevado número de especies de interés por su carácter endémico. Entre ellas se encuentran especies como *Daucus carota* (zanahoria silvestre), *Olea europea* (acebuche) y *Trifolium campestre* (trébol amarillo), entre otras.

El clima es uno de los principales factores que condicionan los ecosistemas terrestres, de forma que, las plantas en particular están adaptadas a unos determinados rangos de temperatura y precipitación y a la variación de estos factores con las estaciones (Valladares 2005). El clima en Cazorla es templado, con una temperatura promedio de 13,8 °C. Como se observa en el climograma (**Figura 3**), los meses de invierno son mucho más lluviosos que los meses de verano, rondando unos valores medios de 664 mm anuales. La elevada precipitación media anual en algunas zonas del Parque Natural constituye una de las principales características del área protegida (Ocaña 2000). En el **anexo I** se presentan los datos climáticos del municipio Cazorla en Jaén, España, entre los que se incluyen los más

determinantes para el desarrollo y conservación de las especies de flora. La extensión del Parque Natural, junto con la diversidad orográfica y geográfica, determina una climatología que destaca por su variabilidad dentro de todo el espacio natural. Destacan la altitud y la disposición del relieve como los principales factores de diferenciación climática, así como, la presencia de grandes masas de agua y la aparición de valles. Presenta zonas con inviernos fríos y en algunos lugares de las sierras son abundantes las precipitaciones e incluso nevadas intensas a partir de los 1.200 msnm (Ocaña 2000).

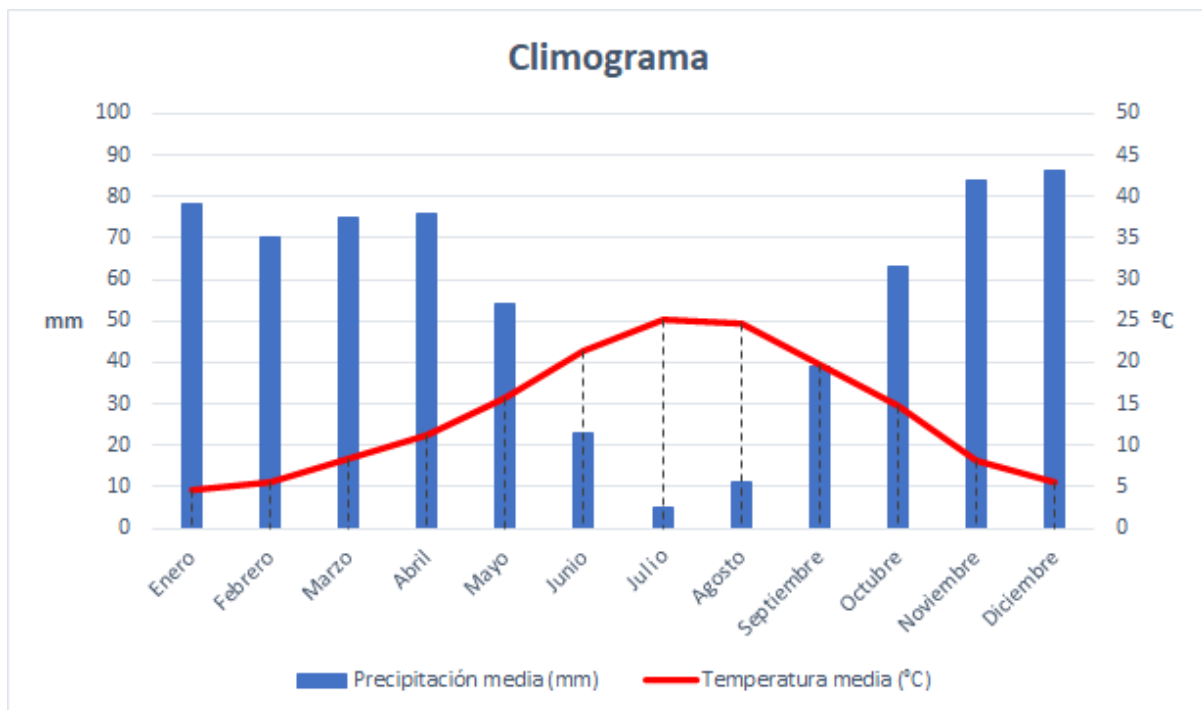


Figura 3. Climograma correspondiente al municipio de Cazorra en Jaén, España.

Geológicamente, como viene reflejado en el mapa geológico del **anexo II**, predominan las dolomías, las calizas y las rocas carbonatadas, con intercalaciones de arenas y margas. El ámbito montañoso del Parque Natural está dominado por suelos poco profundos sobre una topografía abrupta, relieves escarpados, afloramiento de la roca madre e inexistencia de suelos desarrollados (Gómez Mercado 2011). Son suelos de pH alcalino, escaso contenido en materia orgánica, con alto porcentaje en carbonato cálcico y completa saturación de bases (Gómez Mercado 2011). Es una zona con una elevada diversidad de paisajes naturales entre los que se incluyen: alta montaña, altiplanicies, zonas de media montaña y vegas y valles fluviales, provocando que el rango de altitud sea entre 470-2000 metros (Ocaña 2000). Esta sierra da origen al nacimiento de ríos tan significativos como el Segura y el Guadalquivir como se observa en el mapa hidrológico del **anexo II**.

## Descarga de datos corológicos de la base de datos GBIF

Para la realización del estudio se empleó como referencia de base el Catálogo Nacional de la Estrategia Nacional. En él se engloban las especies silvestres nativas emparentadas con cultivos de importancia socioeconómica para España y las plantas silvestres que se recolectan del campo con fines alimentarios de mayor importancia. El Catálogo Nacional utiliza como base taxonómica la Lista Patrón Española de Flora Vasculare revisada en 2020 (Resolución de 3 de diciembre de 2020, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente). En dicha estrategia quedan representadas las especies de todo el territorio nacional, tanto peninsular, como islas y aquellos territorios en suelos africanos.

Para obtener la información relativa a dichos taxones referente a la localización geográfica y otra información de interés se utilizó el Servicio de Información sobre Biodiversidad Global (GBIF) ([www.gbif.org](http://www.gbif.org)). Esta página web es una plataforma global de datos biogeográficos de especies silvestres que proceden de, entre otros, jardines botánicos, museos, universidades y centros de investigación. La descarga masiva de datos corológicos sobre las 522 especies del Catálogo Nacional a partir de GBIF se llevó a cabo utilizando un script de R basado en la utilización del paquete “rgbif”, mediante el cual se descendieron los registros correspondientes a localidades españolas sobre especímenes preservados, literatura, observación humana, espécimen vivo y observación.

Para la descarga de datos de GBIF en R es necesario seguir una serie de pasos. En primer lugar, se generó un archivo txt. con las especies del Catálogo Nacional. En segundo lugar, se preparó un código de R para que la descarga aporte la información requerida en el estudio. Para ello se seleccionaron los siguientes filtros de GBIF: espécimen preservado, literatura, observación humana, espécimen vivo y observación. En tercer lugar, se filtraron los datos presentes en España, se determinó que se requerían coordenadas, se indicó el tipo de archivo que se necesitaba y se introdujeron las credenciales. En consecuencia, se aplicó el siguiente código de R y se obtuvo el siguiente código de descarga del GBIF: <https://doi.org/10.15468/dl.wb8stm>

Como la taxonomía utilizada por GBIF es diferente de la taxonomía utilizada por el Catálogo Nacional, tras la descarga de datos de GBIF se llevó a cabo una comparación de la lista de nombres del Catálogo Nacional con la lista de nombres que se descendieron de GBIF. A continuación, se corrigieron los nombres de los taxones de GBIF de acuerdo con la taxonomía que se usa en dicho Catálogo.

Más adelante se realizaron una serie de filtrados con el objetivo de eliminar aquellos datos que no interesen para el estudio. En primer lugar, se eliminaron los identificadores de GBIF duplicados, los registros sin coordenadas y los registros con coordenadas sin decimales. En segundo lugar, se eliminaron los registros cuya fuente de información es iNaturalist, ya que en ocasiones dichos datos pueden no ser totalmente fiables. En tercer lugar, se eliminaron los registros que tienen "cultiv" en cualquier campo, con el fin de evitar cultivos y especies no nativas. Así mismo, también se eliminaron aquellos registros que tienen 'botanic', 'garden', 'experiment', 'jardín' y 'crop' en los campos locality y adm4. En cuarto lugar, se eliminaron aquellos registros cuyas coordenadas no coincidían con el país junto con un filtro de comprobación de código ISO con el país de origen. En quinto lugar, se eliminaron los registros que coincidían con centroides de país, centroides de capitales, en instalaciones de GBIF, centros de investigación y con la misma latitud y longitud. En sexto lugar, se eliminaron los registros con coordenadas geográficas que caían en el mar.

A partir de este archivo, se realizó otra serie de filtrados adicionales para obtener el "dataset" o conjunto de datos de registros que se podría estimar que corresponden a poblaciones que aún se encuentran en el campo: a) seleccionar aquellos registros posteriores a 1970 y eliminar de los registros sin fecha; b) eliminar duplicados (misma especie e idénticas coordenadas); c) eliminar aquellas poblaciones con uso de suelo incompatible y d) eliminar los registros que se puedan considerar que son una misma población, es decir, un resultado de misma especie con poblaciones a menos de 1km de distancia. Tras sendos filtrados y con las modificaciones anteriormente expuestas, se obtuvo una base de datos inicial (en formato archivo txt.) que contenía todas las poblaciones registradas de los PSC/PSUA del Catálogo Nacional. Este archivo contenía para cada registro los siguientes campos de información: identificador de la especie, identificador de la población e identificador del taxón, el nombre aceptado científicamente, el país al que pertenece, la familia, el género y la especie de la que se trata. Además de una serie de datos que pueden resultar de importancia como la longitud, la latitud, la altitud y en algunas poblaciones aparece la descripción del lugar.

### **Establecimiento de un Sistema de Información Geográfica para el Parque Natural**

Una vez obtenida la base de datos inicial se procedió a la representación espacial de los datos en un Sistema de Información Geográfica -SIG en adelante-, más concretamente el software libre "QGIS" en la versión 3.10. En primer lugar, se introdujeron los datos de distribución de las especies. Tras este paso se introdujeron las capas de información obtenidas en los diferentes centros de descargas (IGN y REDIAM). Las capas cargadas en el



programa QGIS fueron: un archivo de topografía nacional, en el que quedan recogidos los límites nacionales, provinciales y municipales; una capa con los Espacios Naturales Protegidos de España; y las capas de usos de suelo, geología, núcleos poblacionales, hidrología e infraestructuras de transporte de la Red de Información Ambiental de Andalucía.

La capa referente al polígono con la delimitación del Parque Natural se obtuvo con la herramienta “cortar” de QGIS a partir de la capa de Espacios Naturales Protegidos del Instituto Geográfico Nacional. Así mismo, se realizó este procedimiento para las capas de usos de suelo, infraestructuras de transporte, geología, núcleos de población e hidrología. A continuación, tras haber establecido la delimitación del estudio se procedió a determinar las poblaciones de PSC/PSUA que se encuentran en el Parque Natural. Para ello, se extrajeron los datos del archivo csv. que contiene los PSC/PSUA a nivel nacional en la capa de delimitación del Parque Natural con la herramienta de QGIS “cortar”. Tras este proceso se obtuvo la distribución de las poblaciones de todas los PSC/PSUA dentro del Parque Natural. Más adelante, se dividió la zona de estudio en cuadrículas de 1x1 km y 5x5 km con el fin de delimitar el Parque Natural en zonas cuantificables para poder esclarecer posteriormente cuáles son aquellas cuadrículas con mayor diversidad y cantidad de PSC/PSUA.

### **Elaboración de un mapa ecogeográfico**

Una vez identificadas las poblaciones de los PSC/PSUA del Catálogo Nacional de la Estrategia se procedió a la elaboración de un mapa de caracterización ecogeográfica mediante la herramienta “ELCmapas” de CAPFITOGEN. La herramienta “ELCmapas” desarrolla los mapas a través de un script en R. Los mapas ecogeográficos caracterizan el territorio en función de las variables que se indiquen para cada porción del territorio que elige el investigador.

Para la determinación de las variables ambientales a incluir se siguió un criterio experto, en el que se eligieron variables bioclimáticas, edáficas y geofísicas, según puedan afectar en mayor medida a la distribución actual y a la adaptación potencial de las especies al terreno en el contexto del cambio climático. De esta manera, se procedió a la obtención del mapa ecogeográfico introduciendo las variables: temperatura promedio anual, precipitación anual, máxima temperatura del mes más cálido, mínima temperatura del mes más frío, elevación, orientación, esticidad, norticidad, salinidad del suelo, sodicidad del suelo, arcilla en el suelo, pH del suelo, carbono orgánico en el suelo y una rejilla de celdas de 30 arc-seg (1x1 km aproximadamente). Para una mejor utilización de los datos, el archivo ráster generado por la aplicación “ELC mapas” se transformó en vectorial con la herramienta “poligonizar (ráster a

vectorial)” de QGIS. Al ser un archivo tan complejo es preciso corregir las geometrías para poder trabajar con él, para lo cual se utilizó la herramienta “corregir geometrías” de QGIS. A continuación, se extrajeron los datos con la herramienta “cortar” de QGIS para la zona de estudio.

Por último, cuando un punto caía dentro de una categoría con valor = 0, se le asignó el valor de la categoría ecogeográfica distinta de cero más cercana. Aquellas unidades ecogeográficas que tienen valor 0 significa que no son concluyentes o que no se tienen datos suficientes como para asignarle otro valor. Finalmente, de esta manera, se obtuvieron las unidades ecogeográficas que se encuentran en el Parque Natural.

### **Extracción de valores ecogeográficos para cada población de PSC/PSUA**

El objetivo de conservación no es la especie de PSC/PSUA, sino su diversidad genética, estimada a partir del número de combinaciones posibles especie-unidad ecogeográfica que se presentan en la zona de estudio. Por tanto, se generó un archivo de puntos en QGIS en el que cada población fue representada mediante un valor de la unidad ecogeográfica en la que se encontraba. Para ello se utilizó el complemento “Point Sampling Tool” de QGIS. Los datos a utilizar fueron la capa vectorial de puntos de PSC/PSUA en el Parque Natural y el mapa de unidades ecogeográficas del Parque Natural. Antes de empezar a ejecutar el complemento fue necesario cerciorarse de que las capas están en el mismo sistema de referencia de coordenadas, en este caso el sistema ETRS89 / UTM zone 30N. Después se cargaron los datos que se utilizaron en el estudio y se abrió el complemento de QGIS.

Después, se generó un archivo de puntos que caracterizaba el valor de la unidad ecogeográfica para el punto de cada población con el que se puede diferenciar las diferentes combinaciones que se dan en el entorno. Mediante este proceso de extracción de las variables ecogeográficas a cada población de PSC/PSUA, se trata de establecer cuántas posibles combinaciones se producen dentro del Parque Natural.

### **Análisis de complementariedad de poblaciones de PSC/PSUA y unidades ecogeográficas**

Como se ha comentado anteriormente, las poblaciones se caracterizaron cruzando la distribución de las poblaciones conocidas de PSC/PSUA con las categorías de un mapa ecogeográfico que hemos elaborado y que estructura el parque en diferentes subunidades con distintas condiciones ambientales. El objetivo es conservar de cada especie de

PSC/PSUA tantas poblaciones como diferentes categorías ecogeográficas se encuentren en sus poblaciones. Es decir, una población representante de cada categoría ecogeográfica donde se encuentre la especie.

El diseño de redes de áreas protegidas para la conservación de la biodiversidad busca maximizar el número de especies conservadas en el menor área posible (Kati et al. 2004). Un aspecto clave en estos diseños es el uso del principio de complementariedad, el cual asegura que las áreas seleccionadas para integrar una red complementan aquellas seleccionadas previamente. El análisis de complementariedad se lleva a cabo para identificar el menor número de áreas necesarias para conservar un determinado objetivo de biodiversidad (Parra Quijano et al. 2015).

Antes de proceder con el análisis, se eliminaron aquellas celdas en las que, por una serie de razones no era conveniente el establecimiento de una reserva genética. Los criterios para eliminar dichas celdas son: porque no haya poblaciones de PSC/PSUA, y por lo tanto no se vaya a dar ninguna de las combinaciones especie-unidad ecogeográfica deseada, porque la celda se encuentre en su totalidad cubierta por agua, porque la celda se encuentre en su totalidad dentro de un municipio, porque pasen carreteras en un elevado porcentaje por su superficie que dificulten el establecimiento de la reserva, y por último porque el uso de suelo no sea conveniente para el establecimiento de una reserva genética, por ejemplo que sea de uso industrial.

Para realizar el análisis de complementariedad se utilizó la herramienta “complementa” del programa CAPFITOGEN. Con esta herramienta se realizó un análisis de complementariedad para las combinaciones posibles entre una especie y los escenarios adaptativos que se han identificado dentro de su distribución. Los análisis de complementariedad reflejan el mínimo número de cuadrículas 1x1 km o el mínimo número de cuadrículas de 5 x 5 km del Parque Natural que habría que visitar para poder monitorizar todas las poblaciones de parientes silvestres de cultivos que formarían parte de nuestros objetivos.

Esta herramienta determina cuál es la celda que presenta mayor riqueza de combinaciones especie-unidad ecogeográfica y la descarta. Posteriormente, se realiza de nuevo el análisis, solo que esta vez sin la celda eliminada, y se vuelve a seleccionar aquella que mayor riqueza presente, descontando las combinaciones especie-unidad ecogeográfica previamente seleccionadas. La herramienta procede de esta manera hasta que hayan sido analizadas todas las celdas y se haya establecido una clasificación de mayor a menor aporte de nuevas combinaciones.

Con el fin de poder contrastar diferentes alternativas de gestión, se realizaron dos procedimientos de análisis de complementariedad diferentes. Uno de ellos con celdas de 1x1 km y otro con celdas de 5x5 km. El primero es un análisis más detallado en el que se pormenoriza el territorio de estudio haciendo más factible el establecimiento y estudio posterior de las reservas genéticas. El segundo es, sin embargo, un análisis enfocado a dirimir a grandes rasgos cuáles son las zonas potencialmente con mayor biodiversidad complementaria a mayor escala. Ambos son análisis de igual importancia, ya que al establecer reservas de 5x5 también se pueden tener en cuenta las celdas de 1x1 con mayor diversidad de combinaciones. Tras realizar ambos análisis se procedió a la comparación de los resultados para determinar qué celdas presentan mayor diversidad de combinaciones y cuáles podrían ser potencialmente las futuras reservas genéticas.

En términos prácticos resulta inabordable realizar una visita anual a las poblaciones localizadas en la totalidad de cuadrículas de 1x1km o de 5x5 km necesarias para recoger el total de combinaciones PSC/PSUA-unidad ecogeográfica, por lo que lo lógico es priorizar aquellas cuadrículas que se seleccionan en los primeros lugares del ranking del análisis de complementariedad y contienen un mayor número de poblaciones objetivo. Se consultó al personal técnico del Parque Natural cuáles podrían ser las consideraciones y limitaciones a la hora de determinar en qué celdas de 1x1 y 5x5 se deberían establecer reservas genéticas y el tiempo y dedicación que podrían ser necesarios para visitar y monitorizar las poblaciones en cada celda. En este sentido, la visita a cada población para evaluar el estado de cada población podría realizarse en 30 minutos y dentro de cada cuadrícula estimamos que podría haber alrededor de 10 poblaciones. Considerando un desplazamiento de 30 minutos entre poblaciones dentro de una misma cuadrícula y 5 horas efectivas de trabajo al día, dejando otras 2 para desplazamientos, tal vez se podrían monitorizar las 10 poblaciones de una cuadrícula en 3 días, como nos indicaron desde el Parque Natural (David Cuerda, comunicación personal). Por tanto, se podría llevar a cabo la monitorización de 15 cuadrículas de 1x1 km en 45 días laborables, que podrían encajarse dentro del período de floración en primavera (e.g. marzo-junio). Es preciso tener en cuenta que puede haber elementos que dificulten la toma de muestras y retrasen el estudio como que los desplazamientos a algunas partes del parque requieren mucho tiempo y que también en muchas ocasiones requieren acceder a unas llaves de portones que cierran los caminos, días de lluvia, fiestas autonómicas y nacionales o que aún no haya florecido una especie y haya que volver en otro momento.

Después de seleccionar las celdas de 1x1 km y de 5x5 km se realizó un estudio de cuáles eran las combinaciones especie de PSC/PSUA-Unidad ecogeográfica presentes en cada una de ellas, con el fin de establecer cuál es el porcentaje de combinaciones únicas diferentes

que se podrían llegar a proteger en el caso de instalar las reservas genéticas en los espacios definidos. Se hizo el estudio de combinaciones de celdas de 1x1 y de 5x5 km en relación a la información recibida desde el Parque Natural.

### **Estudio de especies amenazadas de PSC/PSUA dentro del Parque Natural**

Una vez que se seleccionaron las celdas de 1x1 km y de 5x5 km se procedió a la identificación de aquellos PSC/PSUA que se encontraban bajo alguna categoría de amenaza según los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (2012) con la finalidad de determinar si es necesario ampliar o variar el número de celdas en el que se vayan a establecer las reservas genéticas. Para ello, se realizó una búsqueda pormenorizada del grado de amenaza UICN de cada una de los 137 PSC/PSUA del Parque Natural dentro del Catálogo Nacional.

Tras identificar aquellas especies que estaban dentro de la Lista Roja de flora vascular española (2010) con alguna categoría de protección UICN en el Catálogo Nacional, se procedió a la localización de las poblaciones de cada una de las especies. Esta localización de las poblaciones se tuvo en cuenta en la elección de las posibles reservas genéticas, en el sentido de que, si alguna de estas especies se quedase fuera de la elección de celdas, sería necesario replantear qué celdas se deben elegir con el fin de proteger también a estas especies en peligro. Tras dicho análisis se procedió a la determinación definitiva de las celdas de 1x1 y/o de 5x5 km en las que sería conveniente el establecimiento de reservas genéticas para proteger a las poblaciones de PSC/PSUA. Cuando se seleccionaron las cuadrículas de 1x1 y 5x5 km se obtuvo la relación de combinaciones que se encuentran dentro de cada una de ellas.

## **Resultados**

### **Descarga de datos corológicos de la base de datos GBIF**

En base al conjunto de datos obtenidos y con el posterior filtrado, se ha obtenido un total de 873.606 registros para 387 especies del Catálogo Nacional, representando un 74,1% del total. Tras aplicar los filtros de calidad correspondientes, el número de registros se reduce hasta 181.320 para 376 especies, que representan un 72% de las especies del Catálogo Nacional.

## Establecimiento de un Sistema de Información Geográfica para el Parque Natural de Cazorla, Segura y las Villas

Los resultados obtenidos tras delimitar el estudio exclusivamente al Parque Natural arrojaron que existen 1.561 registros correspondientes a 137 especies diferentes de PSC/PSUA (**Anexo III**). Por lo tanto, dentro del área protegida se encuentran representados el 26,3% de las especies del Catálogo Nacional. Se muestra la distribución de las poblaciones de PSC/PSUA registradas en el Parque Natural (**Figura 4**). Por otro lado, se obtuvo que en el Parque Natural existían 2101 celdas de 1x1 km y 85 celdas de 5x5km.

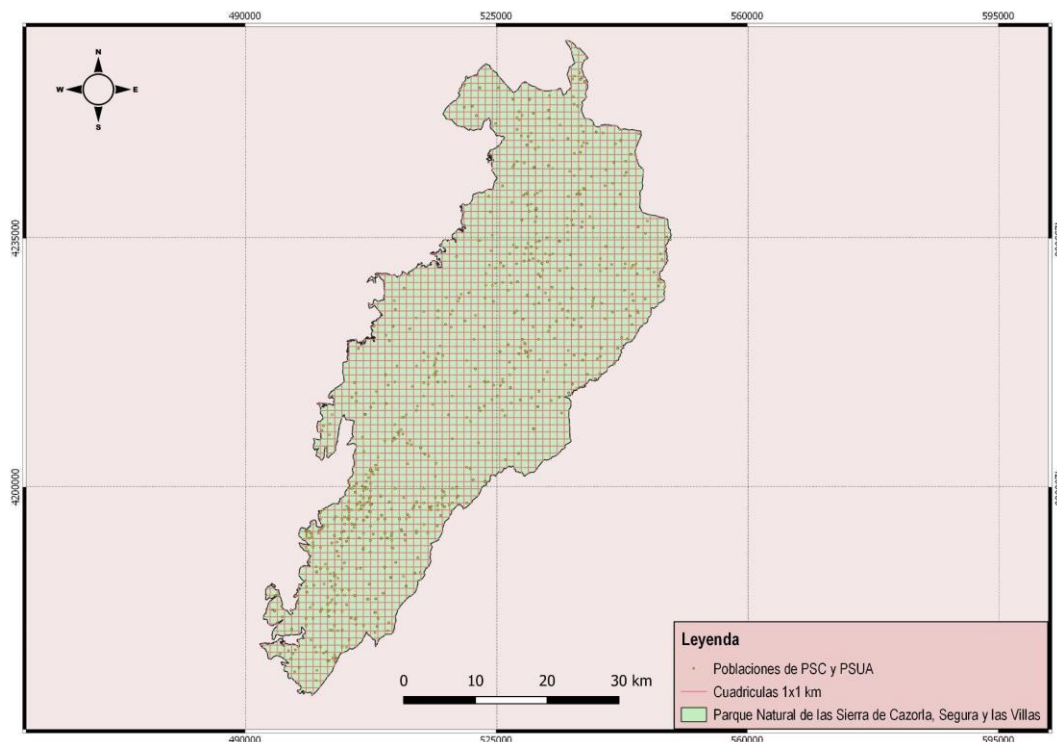
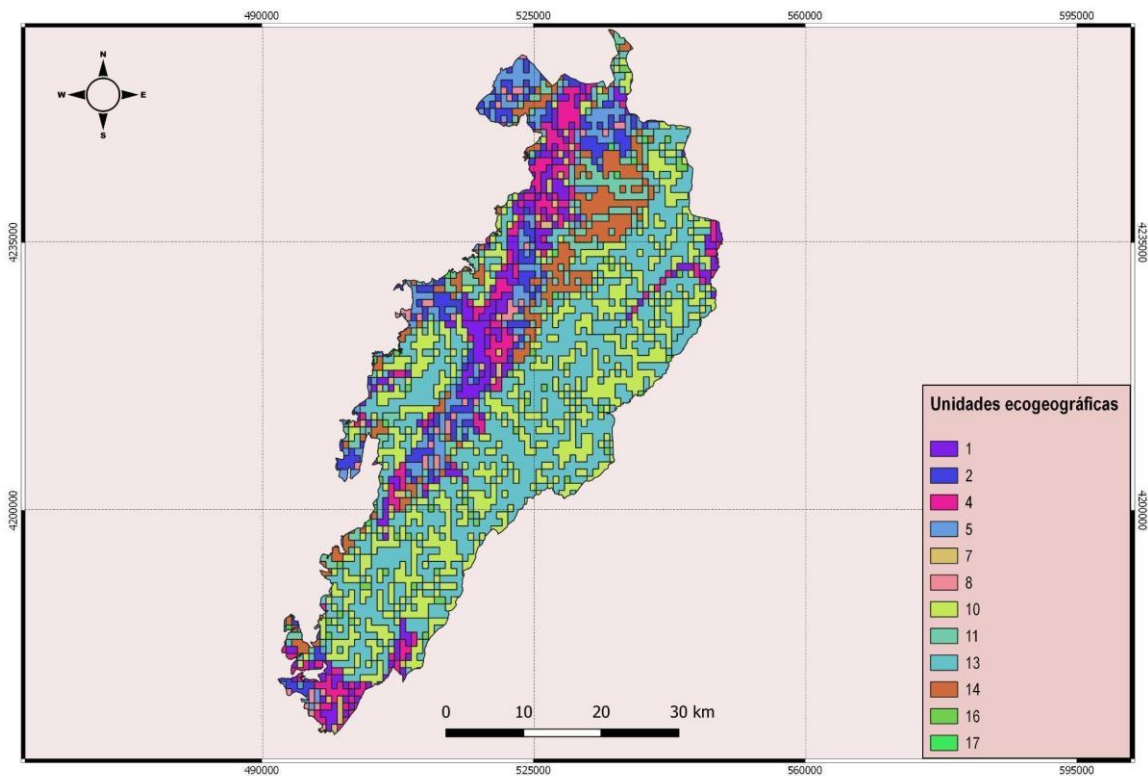


Figura 4. Mapa de distribución de las poblaciones de PSC/PSUA del Catálogo Nacional del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas en España.

## Elaboración de un mapa ecogeográfico y extracción de valores ecogeográficos para cada población de PSC/PSUA

El mapa ELC elaborado para España identificó 26 unidades o categorías ecogeográficas a lo largo de todo el territorio nacional, tanto peninsular como insular, incluyendo Ceuta y Melilla. Cada categoría ecogeográfica, identificada con un número, se corresponde con una combinación específica de todas y cada una de las variables escogidas y de unos rangos de valores dentro de ellas. Por su parte, el Parque Natural contiene 12 de las 26 unidades ecogeográficas presentes en España, esto es, el 46,15%. Se representa el mapa

ecogeográfico del Parque Natural con el valor las unidades ecogeográficas presentes en España una vez sustituida la categoría 0 por una cercana y de condiciones similares (**Figura 5**).



*Figura 5. Mapa de las unidades ecogeográficas del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas en España, una vez sustituido la categoría 0 por una cercana y de condiciones similares. Los valores de la leyenda corresponden a las unidades ecogeográficas nacionales encontradas en el área de estudio.*

Después de generar el archivo de capa de puntos que registraba el valor de la unidad ecogeográfica para cada población de PSC/PSUA se obtuvieron las diferentes combinaciones de PSC/PSUA-unidad ecogeográfica presentes. Para el total de la geografía española se obtuvieron 5.471 combinaciones únicas diferentes de PSC/PSUA-unidad ecogeográfica. De igual modo, para el Parque Natural se obtuvieron 518 combinaciones PSC/PSUA-unidad ecogeográfica, que representan el 9,4% del total de combinaciones a nivel nacional.

### **Análisis de complementariedad de poblaciones de PSC/PSUA y unidades ecogeográficas**

Tras eliminar aquellas celdas en las que no sería posible la instalación de reservas genéticas y llevar a cabo el análisis de complementariedad, se obtuvo que, para conservar activamente

todas las combinaciones detectadas, sería necesario establecer reservas genéticas en 526 cuadrículas de 1x1 km y 53 cuadrículas de 5x5 km, el 25 % y 62,4 % del total, respectivamente; cada cuadrícula conteniendo, al menos, una combinación de PSC/PSUA- Unidad ecogeográfica diferente.

Cada cuadrícula recibió un código de localización (**Tabla 1**) y se presentan ordenadas según el número de nuevas combinaciones de especie-unidad ecogeográfica que aportan. En las 10 primeras celdas de 1x1 km se conservan 110 combinaciones diferentes que representan un 21,2% de las combinaciones totales, mientras que, en las primeras 20 celdas aparecen 195 combinaciones diferentes, siendo un 37,6%. En las primeras 5 celdas de 5x5 km se conservan 147 combinaciones, mientras que, en las primeras 10 celdas habría 227 combinaciones, es decir un 43,8% de las totales.

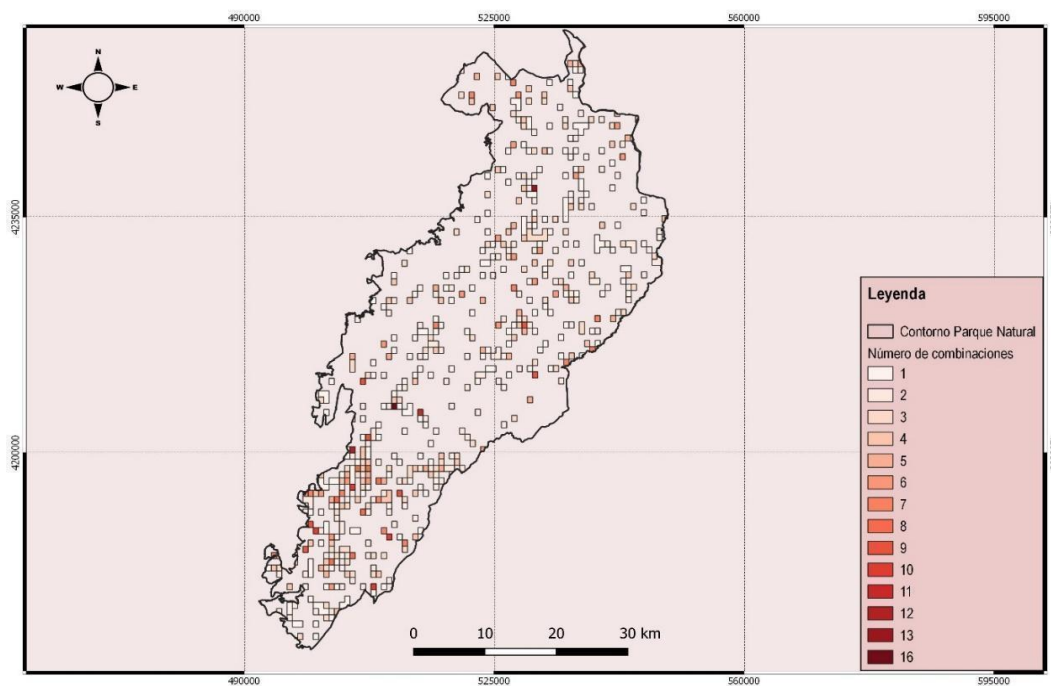
Teniendo en cuenta el número de celdas que un equipo técnico puede llegar a monitorizar en una temporada o en un número de temporadas dado, y con el fin de que estuvieran representados aproximadamente el mismo número de combinaciones en ambas escalas, se propone seleccionar 15 celdas de 1x1 km y 5 de 5x5 km para el estudio de establecimiento de reservas genéticas. Esta selección se efectúa con el objetivo de lograr una conservación activa eficiente con los recursos disponibles en la que se priorizan aquellas celdas con mayor diversidad genética. Después de la selección, se determinó que en las 15 celdas de 1x1 km aparecen representadas 155 combinaciones únicas diferentes que corresponden al 29,9% de las combinaciones totales. Asimismo, se determinó que en las 5 celdas de 5x5 km aparecen representadas 147 combinaciones únicas diferentes que corresponden al 28,4% de las combinaciones totales. Dicha selección se realizó con el fin de establecer una relación de la representatividad ecogeográfica con la diversidad genética.

*Tabla 1. Ejemplo de una de las celdas de 1x1 km (código 926) de la figura 6 donde se muestran las combinaciones diferentes presentes en la misma, así como, las coordenadas y la unidad ecogeográfica en la que se encuentran.*

Código de celda	Especie	Latitud	Longitud	Unid ecog.	Combinación	Cod. combinación
926	Lolium_rigidum	38.38588	-2.514931	16	Lolium_rigidum 16	RG_622345
926	Trifolium_stellatum	38.38583	-2.51492	16	Trifolium_stellatum 16	RG_624047
926	Aegilops_geniculata	38.38574	-2.515012	16	Aegilops_geniculata 16	RG_634898
926	Poa_bulbosa	38.38587	-2.515125	16	Poa_bulbosa 16	RG_644406
926	Trifolium_tomentosum	38.38576	-2.515023	16	Trifolium_tomentosum 16	RG_613591
926	Medicago_minima	38.38591	-2.515056	16	Medicago_minima 16	RG_633077



Se muestra de forma gráfica el resultado de sendos análisis realizados a escala de 1x1 km y a escala de 5x5 km. En la **Figura 6**, en la escala de 1x1 km, se observa que un 73 % de las celdas contiene entre 1 y 3 combinaciones, un 26,4 % presenta entre 4 y 13 combinaciones y el 0,4 % tiene más de 13. En la **Figura 7**, en la escala de 5 x 5 km, se observa un 28,3 % de las celdas con 1-3 combinaciones, un 54,7 % presenta entre 4 y 13 combinaciones, un 7,5 % presenta entre 13 y 20 combinaciones y el 9,5 % tiene más de 20. Finalmente, se muestra un mapa con ambas escalas y combinaciones de cuadrículas solapadas (**Figura 8**). Se observa que, hacia la parte sur del Parque Natural, existe una zona de elevada concentración de combinaciones diferentes a ambas escalas, señalándole como una zona con un gran potencial para el establecimiento de reservas genéticas.



*Figura 6. Mapa del Parque Natural de las sierras de Cazorla, Segura y Las Villas con las cuadrículas 1x1 km donde se muestra con mayor intensidad de color las cuadrículas que contienen un mayor número de poblaciones objetivo de conservación. Los círculos muestran el total de poblaciones de PSC/PSUA del Catálogo de la Estrategia obtenidas a partir de la base de datos del GBIF.*

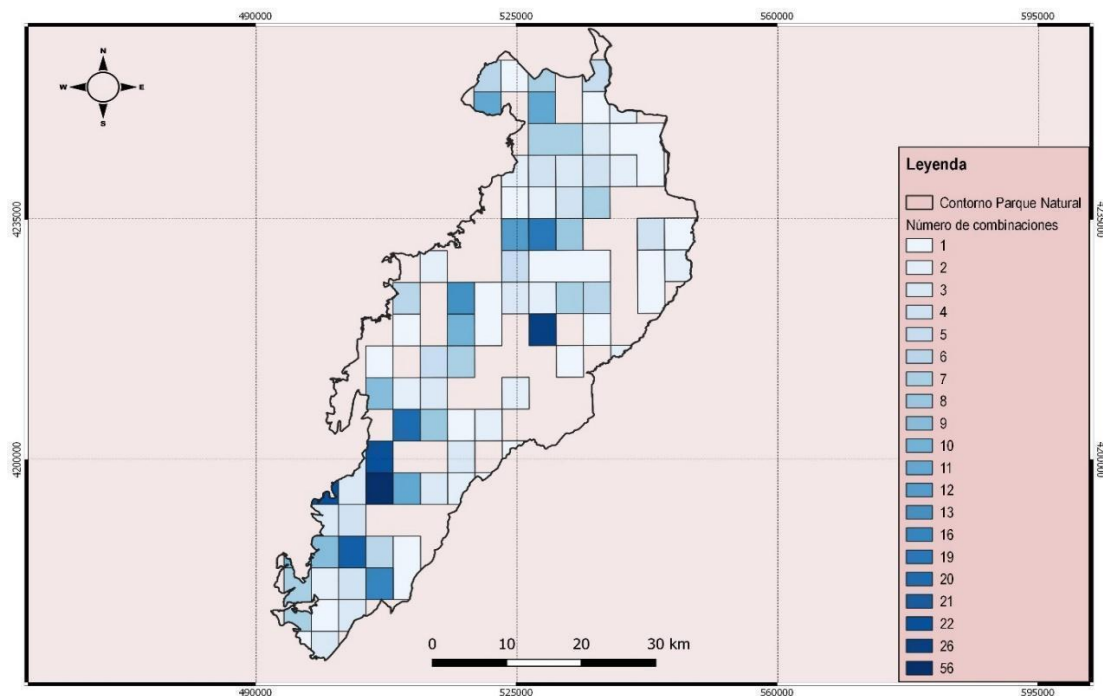


Figura 7. Mapa del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas con las cuadrículas 1x1 km donde se muestra con mayor intensidad de color las cuadrículas que contienen un mayor número de poblaciones objetivo de conservación. Los círculos muestran el total de poblaciones de PSC/PSUA del Catálogo de la Estrategia obtenidas a partir de la base de datos del GBIF.

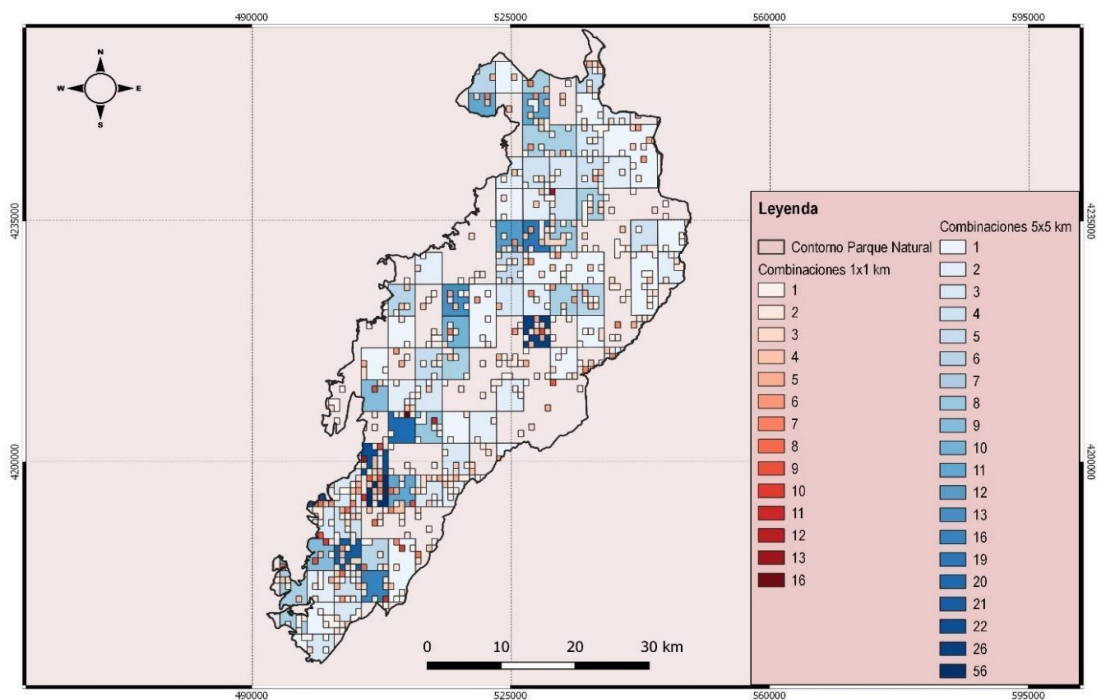


Figura 8. Mapa del Parque Natural de las sierras de Cazorla, Segura y Las Villas con la combinación de las cuadrículas de 1x1 km y 5x5 km donde se muestra con mayor intensidad de color las cuadrículas que contienen un mayor número de poblaciones objetivo de conservación. Los círculos muestran el total de poblaciones de PSC/PSUA del Catálogo de la Estrategia obtenidas a partir de la base de datos del GBIF.

En los mapas del **anexo IV** se pueden observar las celdas elegidas de 1x1 km y 5x5 km para el establecimiento de las reservas genéticas antes del estudio de especies amenazadas de PSC/PSUA presentes en el Parque Natural.

### Estudio de especies amenazadas de PSC/PSUA dentro del Parque Natural

Para cada especie se realizó la consulta sobre el grado de amenaza según los criterios de la UICN en la Lista Roja de la flora vascular española (2010). Se obtuvo que tan solo *Allium sphaerocephalon L.*, *Narcissus nevadensis Pugsley* y *Vicia Lutea L.* presentan alguna categoría de amenaza. *Allium sphaerocephalon L.* y *Vicia lutea L.* están catalogadas como Vulnerables (VU) y *Narcissus nevadensis Pugsley* está catalogada como En Peligro (EN) (**Tabla 2**).

Tabla 2. Relación de las especies de PSC/PSUA del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas con algún grado de protección dentro de la Lista roja de flora vascular española.

Especie	Protección UICN	Significado
<i>Allium sphaerocephalon L.</i>	VU	Elevada probabilidad de pasar a estar en peligro de extinción
<i>Narcissus nevadensis Pugsley</i>	EN	En peligro de desaparecer global o regionalmente
<i>Vicia lutea L.</i>	VU	Elevada probabilidad de pasar a estar en peligro de extinción

Las especies se encontraban localizadas en las siguientes cuadrículas: *Allium sphaerocephalon L.* estaba incluida en la celda 455 de 1x1km y en la celda 65 de 5x5 km; *Vicia Lutea L.* estaba incluida en la celda 455 de 1x1km y en la celda 65 de 5x5 km y *Narcissus nevadensis Pugsley* estaba incluida en la celda 368 de 1x1 km y en la celda 59 de 5x5 km.

Con el objetivo de incluir las especies amenazadas dentro de las reservas genéticas, se procedió a reemplazar las celdas que en la que no existiese ninguna población de las especies amenazadas por aquellas celdas en las que si apareciesen. En el caso de las celdas de 5x5 km no fue necesario variar las seleccionadas previamente. Sin embargo, en el caso de las celdas de 1x1 km, fue necesario sustituir la celda 444 con 8 combinaciones por la celda 368 que contenía 4, en la que aparecía una especie protegida que no había sido inicialmente elegida, *Narcissus nevadensis Pugsley*. Se ha elaborado un listado con las combinaciones presentes en el Parque Natural para ambas escalas (**Anexo V** y **Anexo VI**).

Finalmente, en el mapa de la **figura 9** se muestran las 15 celdas de 1x1km definitivas en las que se establecerán las reservas genéticas. Después de la nueva selección de las celdas se comprobó que, en las mismas, aparecen representadas 150 combinaciones únicas diferentes que corresponden al 28,9% de las combinaciones totales del Parque Natural. Dado que las 5

celdas de 5x5 km (**Figura 10**) no sufrieron modificación con respecto a la selección original, se mantiene la representación del 28,4% de las combinaciones totales. En la **figura 11** se relacionan ambas escalas en un mismo mapa, observándose cómo hay zonas en las que se concentran las localizaciones de las reservas genéticas. La mayoría de las cuadrículas en ambas escalas se concentran en la parte sur del Parque Natural, salvo alguna localizada en el norte, siendo las celdas 319 de 1x1 km y 65 de 5x5 km las que mayor diversidad presentan para las dos escalas.

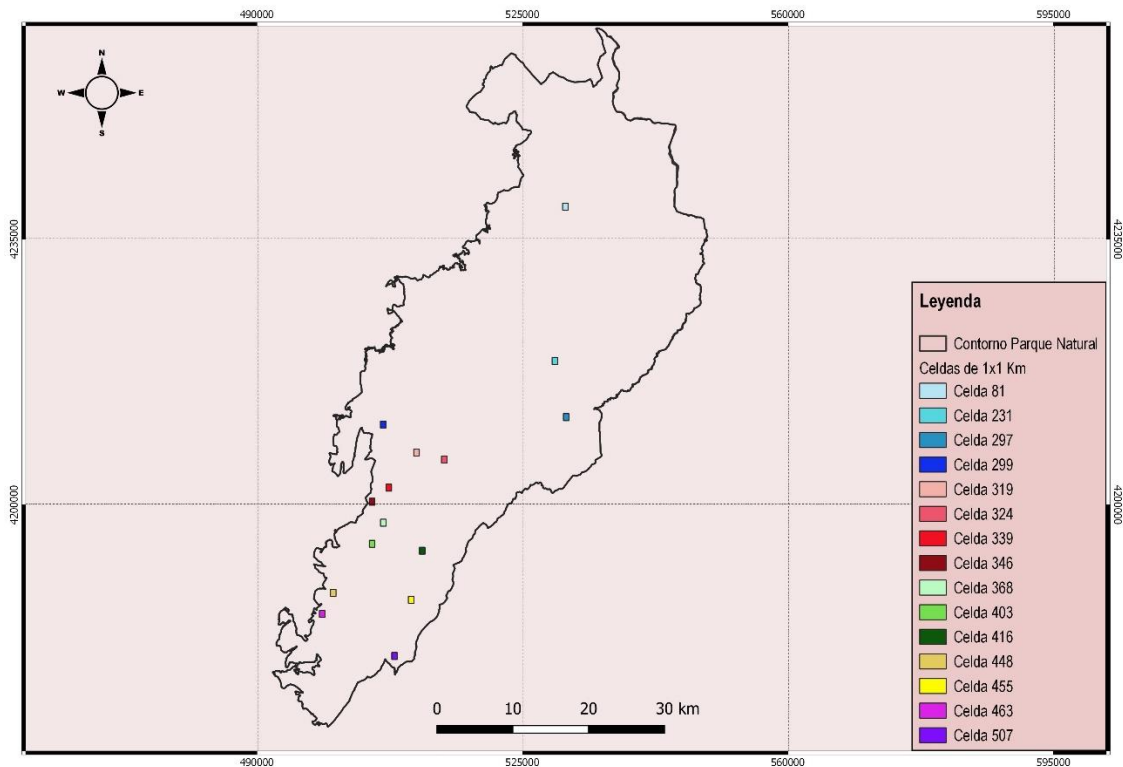


Figura 9. Mapa de las 15 celdas de 1x1 km seleccionadas para el establecimiento de reservas genéticas en el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas después del estudio de especies amenazadas.

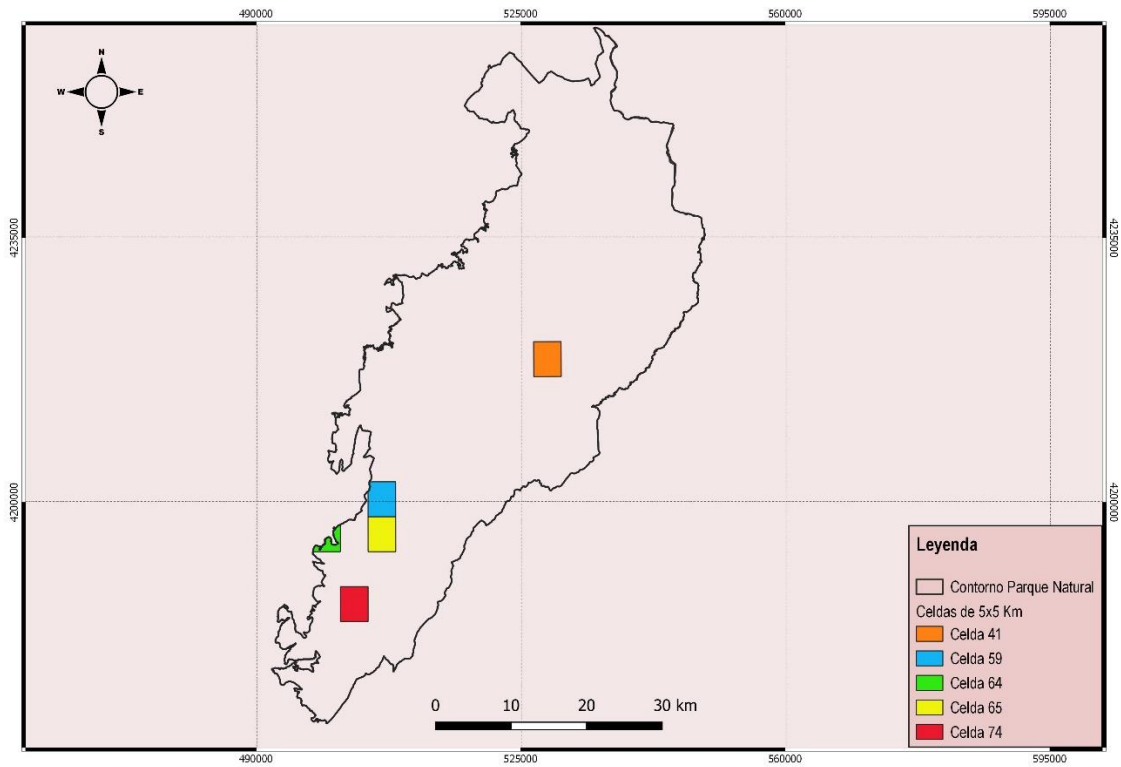


Figura 10. Mapa de las 5 celdas de 5x5 Km seleccionadas para el establecimiento de reservas genéticas en el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas después del estudio de especies amenazadas.

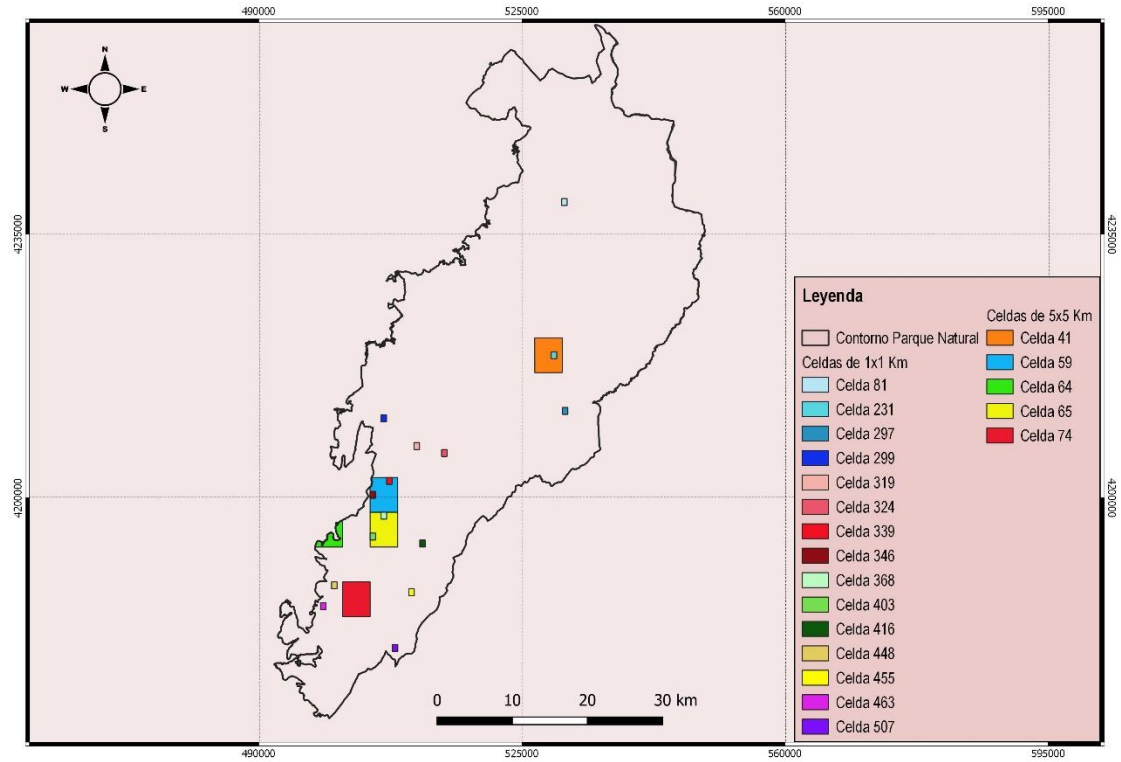


Figura 11. Mapa de las 5 celdas de 5x5 km y las 15 celdas de 1x1 km seleccionadas para el establecimiento de reservas genéticas en el Parque Natural de las sierras de Cazorla, Segura y Las Villas después del estudio de especies protegidas.

A la hora de valorar las cuadrículas seleccionadas hay que comprobar una por una las características que acontecen en dicho lugares, expresadas bajo diferentes elementos que han sido evaluados con las diferentes capas temáticas disponibles en QGIS. Tras haber revisado las capas temáticas de montes públicos de Andalucía, de usos de suelo, de infraestructuras de transporte, topográficas, e hidrológicas (**Anexo II**) hay que señalar que en las celdas de 1x1 km hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones: la celda 339 se encuentra mayormente en una finca privada. Las celdas 507, 319, 231 y 297 tienen parte de su superficie dentro de suelo privado. Las celdas 231 y 81 caen dentro de un núcleo urbano; por lo general, la presencia de un núcleo urbano no es incompatible con el establecimiento de una reserva, pero es necesario tener en cuenta todos los aspectos asociados. Por todas las celdas discurren ríos y/o arroyos, donde destacan las celdas 403, 368, 339 y 319 por las que pasa el río Guadalquivir, la celda 231 por la que circula el río Segura y la celda 507 que cae parte dentro del Embalse de la Bolera. Por las celdas 346, 339, 319, 81 y 231 pasan carreteras autonómicas y por las celdas 507, 448, 416, 403, 368, 346, 231 y 81 pasan pistas forestales. Las celdas de 1x1 km, salvo un par de excepciones, se concentran en la parte sur del Parque Natural. Por último, cabe destacar que respecto a los usos de suelo actuales no debería de haber ningún problema para la instalación de las reservas genéticas, ya que se encontrarían en pastizales, praderas y bosques.

Por otra parte, en las celdas de 5x5 km, cabe destacar que la celda 64 se encuentra en su mayor parte fuera de los límites del Parque Natural. Salvo la celda 74, las celdas de 5x5 km tienen parte de su superficie dentro de suelo privado. Las celdas 41, 59 y 65 caen dentro de un núcleo urbano. Por todas las celdas circulan ríos y/o arroyos, donde destacan las celdas 59 y 65 por las que pasa el río Guadalquivir y la celda 41 por la que discurre el río Segura. Por las celdas 41, 59 y 65 pasan carreteras autonómicas y por todas transitan pistas forestales. Cabe destacar que las cuadrículas de 5x5 km se encuentran en la parte inferior del Parque Natural, salvo una que se encuentra en la parte superior. Al igual que en las celdas de 1x1 km, no hay que tomar ninguna determinación respecto a los usos de suelo, ya que en teoría no afectan a las reservas genéticas.

Para poder acceder a las capas temáticas se proporciona una carpeta que contiene los shapefiles correspondientes a las 15 celdas de 1x1km y a las 5 celdas de 5x5 km obtenidas tras el estudio de las especies amenazadas. Disponible en el siguiente enlace: [https://drive.google.com/drive/folders/1dy-Xo5bVHzfh4DbM8oGa5YRY\\_5CJIHWL?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1dy-Xo5bVHzfh4DbM8oGa5YRY_5CJIHWL?usp=sharing)

## Discusión

Los resultados obtenidos establecen que dentro del Parque Natural se encuentran el 26% de las especies de PSC/PSUA recogidas en el Catálogo Nacional. Por ello, y como indican Rubio Teso e Iriondo (2019), en su estudio sobre asociaciones fitosociológicas en España, este podría definirse como un punto caliente, o “hotspot” de diversidad de PSC/PSUA, dentro de la Península Ibérica. Dentro de este porcentaje, encontramos algunas de las especies de cultivos de gran importancia para la seguridad alimentaria mundial, tal y como recoge el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (TIRFA 2001). Entre ellas, se encuentran especies de PSC/PSUA como *Trifolium repens*, cuyo cultivo de referencia es el trébol blanco (*Trifolium repens*), utilizado como cultivo forrajero. También aparecen *Daucus carota* y *Hordeum murinum*, cuyos cultivos de referencia son la zanahoria (*Daucus carota*) y la cebada (*Hordeum vulgare*), ambos muy importantes como cultivos alimentarios. También se localizan otras especies en el Parque Natural, que además de incluidas en TIRFA (2001), fueron recogidas por Vincent et al. (2019) en su estudio sobre distribución de PSC a nivel mundial, como *Fragaria vesca*, cuyo cultivo de referencia es la fresa (*Fragaria x ananassa*).

Las 137 especies halladas en el Parque Natural aportan una singular riqueza de PSC/PSUA, que puede deberse a la complejidad orográfica y a la diversidad de ambientes dentro del espacio natural (Gómez Mercado 2011) y pone de manifiesto su potencial importancia para el establecimiento de reservas genéticas. De esta manera, el Parque Natural contribuiría a llevar a cabo la Actuación 9, del Objetivo 7, de la Meta B de la Estrategia Nacional. Esta Actuación se enfoca en el diseño y coordinación de una red nacional de reservas genéticas multiespecíficas, establecidas dentro de diferentes áreas protegidas, cuyo objetivo es la conservación in situ de los PSC/PSUA del Catálogo y su diversidad genética (Estrategia Nacional en prensa). Según el plan de seguimiento de la Estrategia Nacional, que plantea lograr las actuaciones en un plazo establecido de 4 años, nuestro estudio podría contribuir con hasta 15 reservas genéticas en la Comunidad Autónoma de Andalucía. De esta manera, esta comunidad podría convertirse en una de las 7 Comunidades Autónomas que aporta al menos una reserva genética tal y como se indica en la Estrategia Nacional (en prensa). Asimismo, al aportar datos de diversidad de PSC/PSUA, este estudio contribuiría a llevar a cabo la meta A de la Estrategia Nacional, cuya finalidad es mejorar el conocimiento sobre los PSC/PSUA y su diversidad genética, así como lograr una conservación y utilización sostenible.

Por otra parte, los PSC/PSUA amenazados localizados en el Parque Natural figuran en la Lista Roja de la Flora Vasculosa Española (2010). La protección de dichas especies del Parque Natural supondría una contribución al Objetivo 9, Actuación 16 de la Estrategia Nacional. Esta Actuación busca mejorar la conservación in situ de las especies o poblaciones más amenazadas mediante actuaciones de conservación in situ (Estrategia Nacional en prensa). Al mismo tiempo, el Objetivo 9, Actuación 17, habla de impulsar la inclusión de los taxones del Catálogo Nacional de PSC/PSUA que se encuentren bajo las categorías de amenaza UICN CR y EN en los catálogos de protección de flora amenazada estatal y autonómicos (Estrategia Nacional en prensa). El Parque Natural contribuiría a realizar esta actuación al estar incluida *Narcissus nevadensis*, que figura como EN en la Lista Roja de Flora Vasculosa española (2010). Además, las especies *Allium sphaerocephalon* y *Vicia lutea*, también amenazadas, no se encuentran actualmente catalogadas dentro de las categorías CR y EN, sino en la categoría VU. Esto, unido a la sugerencia de Godefroid (2011) de realizar una monitorización anual durante al menos 10 años para asegurar su supervivencia, puede contribuir a que en el futuro estas poblaciones no pasen a una categoría superior de amenaza.

Por último, los resultados indican una amplia representatividad ecogeográfica debido a los diversos ambientes encontrados en el Parque Natural. Como establecen Parra-Quijano et al. (2007), la diversidad ecogeográfica puede reflejar indirectamente la diversidad genética. Esto es debido a la relación existente entre las características ambientales de un lugar y la adaptación genética de las poblaciones al entorno. Por lo tanto, cada combinación PSC/PSUA-Unidad ecogeográfica representa potencialmente un escenario evolutivo diferente para cada población. Por ejemplo, *Aegilops geniculata* se encuentra en 5 unidades ecogeográficas distintas en el Parque Natural, lo que supone que la especie podría poseer una diferenciación genética significativa en cada una de las unidades ecogeográficas señaladas.

### **Establecimiento de un plan de gestión de las reservas genéticas de PSC/PSUA en el Parque Natural**

Las habituales limitaciones económicas y humanas hacen que sea impensable establecer reservas genéticas en todas las cuadrículas obtenidas a través de los análisis de complementariedad. Por esta razón, fue necesario seleccionar y priorizar determinados lugares donde concentrar los esfuerzos y recursos para la conservación activa de PSC/PSUA. Según este estudio, el establecimiento de reservas genéticas en el Parque Natural resulta muy eficiente en aquellas cuadrículas seleccionadas que contienen un número elevado de



combinaciones PSC/PSUA-unidad ecogeográfica. Por el contrario, resulta poco efectivo en las cuadrículas que tan solo aportan una nueva combinación.

Según Tucker et al. (2005), las reservas genéticas de PSC/PSUA requieren de una monitorización periódica, que debe determinar si se están cumpliendo los estándares, detectar cambios y generar respuestas si alguno de los cambios no es deseable, y cuando fuere necesario corregirlos. A la hora de realizar el seguimiento de especies, es también necesario evaluar periódicamente las condiciones de las reservas genéticas con el fin de determinar si merece la pena continuar protegiendo dicha zona, si es preciso realizar algún tratamiento a la reserva, o si es más conveniente trasladar la reserva a otra celda con mejores condiciones ambientales.

Con este objetivo, Iriondo et al. (2021), indican la posibilidad de realizar las visitas necesarias para monitorizar todas las poblaciones de las especies en periodos de más de un año, repartiendo las poblaciones a visitar cada año. Al no existir precedentes de estudios de este tipo con PSC a nivel de publicaciones, resulta complicado encontrar trabajos con los que establecer comparaciones. En los proyectos que se han iniciado sobre conservación in situ de PSC/PSUA, solo se establecen una serie de recomendaciones para los lugares específicos de dichos estudios.

Una vez contactado con los gestores del Centro de Información y Coordinación para la Diversidad Biológica (IBV) en Alemania (Imke Thormann, comunicación personal), nos hicieron saber que el seguimiento de sus reservas establecidas en Alemania se realiza cada 4 o 5 años, en función los resultados que se vayan obteniendo. En el plan de gestión que más se asemeja a nuestro estudio, que es el Plan de Gestión y Monitorización de la Reserva Genética Vía Pecuaria Cordel del Salmoral en la Sierra del Rincón, realizado por la Comunidad de Madrid (2019), se indica que es necesario establecer un plan de monitorización cada 5 años con vigilancias puntuales y censos de seguimiento anuales, pudiendo sufrir modificaciones según sus necesidades de manejo. En nuestro caso, si se establece que la monitorización de las 15 cuadrículas de 1x1 km no es viable en un año, se podrían repartir las visitas y monitorizar las cuadrículas en varios años. Tal y como nos indicaron los gestores del Parque Natural, se estima que para monitorizar una celda de 1x1 km de 10 poblaciones, serían necesarias entre 2 y 4 jornadas laborales según las necesidades de transporte y la disponibilidad de los técnicos (David Cuerda, comunicación personal). Extrapolando esta proporción se estima que para las cuadrículas de 5x5 km, al ser espacios más extensos, sería necesario establecer un número de días de trabajo mayor, por lo que sería necesario destinar en torno a 15-20 jornadas laborales por celda.

Aplicando las indicaciones del estudio de Mwila et al. (2017) sobre un plan de gestión de PSC en Zambia, sería necesario mantener una interacción continua con los propietarios de fincas y campos privados que se localizan en las celdas determinadas para el establecimiento de reservas genéticas del Parque Natural. Esto se realizaría con la finalidad de no dificultar el seguimiento de las reservas genéticas y que, en la medida de lo posible, colaborasen en la gestión de las zonas delimitadas para la conservación de PSC.

Respecto al coste de conservar especies de PSC in situ, en un estudio de Wainwright et al. (2019) realizado en Zambia, se estimaba que los gastos oscilaban entre 23 y 91 \$/Ha al año. En estudios similares sobre costes de conservación in situ para la preservación de la agrobiodiversidad, indican que los costes oscilan entre 300 y 400 \$/Ha en Ecuador y en torno a 835\$/Ha en Guatemala (Drucker et al. 2017), mientras que en Perú pueden llegar hasta 3626 \$/Ha (Narloch et al. 2017). La diferencia económica podría deberse a los bajos costes laborales, tal y como indica Rapsomanikis (2015). En España, no hay datos disponibles de los gastos que implicaría la conservación in situ de PSC/PSUA, sin embargo, al tratarse de un área protegida con un entorno muy heterogéneo, y los costes laborales ser superiores a los de los países anteriormente mencionados, podría tratarse de un coste mucho más elevado. Tal y como establecen Iriando et al. (2021), será necesario obtener financiación adicional a la que aporten los presupuestos generales del Parque Natural. Esta podría provenir de particulares, ONGs o mediante incentivos y subvenciones por parte de las administraciones locales, nacionales e internacionales.

### **Determinación de la configuración espacial más eficaz para la ubicación de las reservas genéticas**

Nuestros resultados determinan que dentro del Parque Natural se encuentran 518 combinaciones diferentes de PSC/PSUA-Unidad ecogeográfica en los 2010 km<sup>2</sup>, que se corresponden con el 9,4 % de todo el territorio nacional. Se ha realizado una comparación con otros estudios similares a este que se están realizando simultáneamente en el Parque Nacional Picos de Europa y en la Red de Microrreservas de flora de la Comunidad Valenciana. En el primer espacio protegido, que cuenta con una superficie de 646,6 km<sup>2</sup> (MITECO 2021), se encuentran 76 especies de PSC/PSUA, que implican el 20,2% nacional, 4 unidades ecogeográficas y 163 combinaciones resultantes que corresponden al 2,9% del territorio nacional (Jaime Airey, comunicación personal). Por otro lado, el segundo espacio protegido, cuenta con una superficie de 24,66 km<sup>2</sup> (MITECO 2021), donde se localizan 65 especies de PSC/PSUA, que implican el 17,3% nacional, 13 unidades ecogeográficas y 105 combinaciones resultantes que corresponden al 1,9% de las encontradas en el territorio nacional (Dina Osuna, comunicación personal).

Se puede observar cómo, aunque el Parque Natural objeto de estudio contenga mayor diversidad de PSC/PSUA, proporcionalmente cuenta con menos combinaciones presentes por km<sup>2</sup> que la Red de Microrreservas de la Comunidad Valenciana y un número similar al del Parque Nacional de Picos de Europa. Como se expone en el trabajo de Baz et al. (1996) sobre el debate SLOSS o “Single large or several small”, se estudia si es preferible establecer un único área protegida o muchos espacios pequeños fragmentados. Extrapolando este debate a los resultados de nuestro estudio y a los que se están realizando simultáneamente, determinamos que aunque un espacio contenga mayor número de combinaciones no lo convierte directamente en la mejor opción para el establecimiento de reservas genéticas, sino que hay que valorar la diversidad genética presente dentro de la superficie protegida y elegir las cuadrículas que permitan una conservación más eficiente, conservando activamente el mayor número de especies en el menor espacio posible (Kati et al., 2004), incluso con el coste de no poder conservar alguna de las especies no amenazadas.

Con el objetivo de proporcionar una recomendación sobre cuál de las dos escalas (1x1 vs 5x5 km) es preferible para el establecimiento de las reservas genéticas, se van a valorar las ventajas y desventajas de ambas opciones. En primer lugar, como se puede observar en los resultados obtenidos, la principal diferencia entre las dos escalas es la superficie que ocupa cada una de ellas. En un estudio de Arzamendia et al. (2004), se determinó que, al haber empleado una escala inferior a la requerida, la superficie de protección fue ineficaz para su objetivo de conservación de serpientes en Santa Fe, Argentina. A efectos de este estudio, se considera que, como indica Namkoong (1986), la superficie del área que se va a proteger es uno de los aspectos principales a valorar en la selección de la escala que se va a utilizar. A pesar de que las 5 celdas de 5x5 km suponen una superficie mayor, la finalidad de este estudio es conservar la mayor representatividad genética posible, por lo que las celdas de 1x1 km comienzan a plantearse como la mejor opción de escala para el establecimiento de las reservas genéticas.

En la selección final de la escala de las celdas, también se tuvo en cuenta la información proporcionada por los gestores del Parque Natural, relacionada con la necesidad de financiación y la disponibilidad de técnicos. En consonancia con lo observado en las capas temáticas de QGIS, los gestores del Parque Natural señalaron que las Sierras tienen accesos difíciles que dificultan el desplazamiento (David Cuerda, comunicación personal). Además de las limitaciones mencionadas, Atauri et al. (2018), establecen en su manual sobre Incorporación de la adaptación al cambio climático en la planificación y gestión, que el número de celdas debía ser proporcional y adecuado a las posibilidades de realizar el seguimiento de las especies. Debido a la diferencia de superficie presente en ambas escalas, la elevada

heterogeneidad de ambientes y la dificultad de transporte, el tiempo empleado y los recursos económicos necesarios serán mayores en las celdas de 5x5 km que en las celdas de 1x1 km.

Dado que ambas escalas cuentan con aproximadamente el 30% de las combinaciones PSC/PSUA-unidad ecogeográficas resultantes del análisis de complementariedad, este no es un factor determinante a la hora de seleccionar qué tipo de reservas se van a crear. Extrapolando el debate SLOSS (Baz et al. 1996) a este trabajo y tras valorar las ventajas y desventajas de la utilización de ambas escalas, se propone la utilización de las cuadrículas de 1x1 km en la determinación de la localización para la instalación de las reservas genéticas al ser la configuración espacial más eficaz.

### **Vulnerabilidad de las reservas genéticas respecto al cambio climático**

El cambio climático modifica las condiciones actuales en todo el mundo, siendo los regímenes de temperaturas aquellos que más preocupan, según el Informe del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC), pudiendo llegar a situaciones irreversibles para las especies (Pachauri et al. 2014). Como exponen Vincent et al. (2019), el efecto neto del cambio climático podría modificar los mapas de cobertura de las especies de PSC a nivel mundial, al reducirse la representatividad ecogeográfica a la que están asociados. Es por tanto necesario incorporar consideraciones sobre el cambio climático en la planificación de la conservación de especies. De esta manera podrían detectarse y gestionarse a tiempo y de manera correcta las alteraciones que se produjeran en el medio (Maxted et al. 2013; Mitchell 2018).

Como se indica en el apartado de vulnerabilidad al cambio climático de la Estrategia Nacional (en prensa), en la actualidad no se han realizado estudios sobre la vulnerabilidad de los PSC/PSUA a los efectos del cambio climático. Sin embargo, en el estudio realizado por Felicísimo et al. (2011) sobre su impacto en 145 taxones de flora amenazada, se incluyen algunos PSC como *Narcissus nevadensis*, también presente en el Parque Natural. En el mismo apartado de la Estrategia Nacional (en prensa), se señala que las proyecciones apuntan a una disminución del número de poblaciones conservadas actualmente en las redes de espacios naturales, lo que incrementaría la amenaza sobre su conservación y la de su diversidad genética. Por ello, es recomendable poner el foco en un diseño de redes de conservación in situ que tengan en cuenta las predicciones de cambio climático y hagan uso de la infraestructura verde, que mejoraría la conectividad entre espacios naturales y los procesos migratorios de las especies (Estrategia Nacional en prensa). El Parque Natural podría servir de apoyo a las redes de conservación a través de las reservas genéticas que se plantean en este trabajo. Esto se debe a que en él se encuentran una serie de elementos

muy apropiados para resistir los efectos del cambio climático, ya que se trata de un espacio muy heterogéneo que presenta un variado gradiente de altitud y latitud.

Por último, se propone que para futuros estudios sea utilizada la metodología sugerida por Foden et al. (2016) en su estudio sobre la vulnerabilidad de las especies al cambio climático, con el fin de estudiar la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación de las poblaciones.

### **Consideraciones y limitaciones del estudio**

Es posible que la localización de las poblaciones presente algunos sesgos de muestreo (Loiselle et al. 2008), ya sea por errores humanos a la hora de tomar muestras, por la incorrecta identificación de la especie o por errores en la geolocalización. También pueden deberse a que haya especies en lugares inaccesibles para los seres humanos o porque aún queden PSC/PSUA por catalogar o descubrir. Estos errores ocasionan una falta de certeza en algunos registros que pueden dar una estimación incorrecta de las coberturas de las especies (Maldonado et al. 2015). Adicionalmente, como indican en su estudio Otegui et al. (2013), los resultados obtenidos de la descarga de datos corológicos en los portales globales de biodiversidad (GBIF), pueden no proporcionar una información exacta sobre la distribución geográfica real de los datos obtenidos. En relación a esta investigación, no se podrá conocer la localización exacta de los PSC/PSUA e inventariar al completo las especies encontradas en el Parque Natural hasta que no se realicen múltiples visitas al campo para corroborar los datos obtenidos de GBIF. Es necesario, por ende, como siguiente paso en el proyecto, realizar un estudio in situ de las poblaciones de los PSC/PSUA seleccionados, así como de las reservas genéticas para determinar la veracidad de los datos. También es necesario, como señalan Titeux et al. (2016) tener en cuenta las presiones antrópicas tales como las interacciones actuales y futuras, los cambios de usos del suelo o regímenes de incendios, que proporcionan una gran complejidad e incertidumbre en la obtención de muestras.

Al no contar con un inventario florístico completo del Parque Natural, desconocemos la situación real de los PSC/PSUA del Catálogo Nacional. Las estimaciones propuestas, en consecuencia, son bastante conservadoras debido a que no se puede asegurar que hayan quedado recogidas todas los PSC/PSUA del Parque Natural. Es probable que si existiera un inventario florístico completo, se localizaran más poblaciones de PSC/PSUA dentro de las cuadrículas. Si así ocurriese, sería necesario volver a realizar un análisis de complementariedad, ya que podría haber nuevas combinaciones presentes en el Parque Natural que precisarían modificar la configuración espacial de las reservas genéticas.

Asimismo, señalamos que la delimitación de la zona del Parque Natural establecida en este estudio probablemente ocasione la exclusión de algunas poblaciones interesantes de PSC/PSUA. En futuros estudios se podría analizar si el área de influencia del Parque Natural podría contribuir a lograr llevar a cabo la Actuación 10, del Objetivo 7 de la Meta B de la Estrategia Nacional (en prensa). Esta Actuación pretende establecer al menos 5 reservas genéticas multiespecíficas en 5 ubicaciones diferentes fuera de áreas protegidas.

A pesar del tiempo dedicado en la realización de este trabajo, la imposibilidad de realizar un estudio in situ ha condicionado la verificación de los resultados. La escasa disponibilidad de fondos para realizar los estudios de campo pertinentes ha limitado la recogida de resultados, haciendo que únicamente puedan ser obtenidos de manera telemática mediante la descarga de datos corológicos de GBIF y la utilización de capas temáticas en QGIS. Es probable que, si se continuase con la investigación de este proyecto como parte de la Estrategia Nacional, se pudiera efectuar un estudio in situ que aportara mayor veracidad a los datos obtenidos.

## Conclusiones

- El Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas es una excelente localización para el establecimiento de reservas genéticas debido al elevado número de poblaciones de PSC/PSUA encontradas, que suponen un 26,3% de las especies del Catálogo Nacional. Además, se trata de un entorno ya protegido de antemano debido a su denominación de Parque Natural.
- Dada la elevada cantidad de unidades ecogeográficas encontradas, el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas también destaca por ser un enclave que aporta una gran diversidad genética. En él aparecen localizadas un elevado número de las combinaciones PSC/PSUA-Unidad ecogeográfica, que corresponden al 9,4% del total de las combinaciones presentes en el territorio español.
- Las 15 celdas de 1x1 km que se proponen en este trabajo para su futura instalación como reservas genéticas, ofrecen una configuración espacial más eficaz que las 5 celdas de 5x5 km. En las celdas seleccionadas de 1x1 km quedaría representado el 12,1% de los PSC/PSUA del Catálogo Nacional y el 2,74% de las combinaciones PSC/PSUA-Unidad ecogeográfica del territorio español.
- Para saber si los datos disponibles en los portales globales de biodiversidad (GBIF) proporcionan una información veraz sobre la distribución geográfica real de los PSC/PSUA prioritarios dentro del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas, resultaría necesario un estudio de campo, que confirme la presencia y determine la posición geográfica exacta de las poblaciones objetivo.

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer la codirección y la inestimable ayuda de José María Iriondo Alegría y Ada Molina Pertiñez del Área de Biodiversidad y Conservación de la Universidad Rey Juan Carlos, sin olvidar la ayuda de María Luisa Rubio Teso. También quiero agradecer la colaboración de los técnicos y gestores del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas y a los técnicos del Centro de Información y Coordinación para la Diversidad Biológica (IBV) de Alemania.

En segundo lugar quiero agradecer a mis padres, Inma y Juan Ignacio, a mis hermanos, Gabriel y Marina, a Patricia y a Bruja por todo el apoyo y la paciencia que han tenido siempre conmigo y por estar ahí dándome ánimos cuando estos decaían. Asimismo, quiero agradecer a mis amigos y al resto de mi familia por estar ahí sacándome una sonrisa siempre que la necesitaba. No puedo estar más agradecido.

Por último quiero agradecer a la Universidad Politécnica de Madrid el impartir el máster Universitario en Restauración de Ecosistemas junto a la Universidad Rey Juan Carlos, Universidad de Alcalá y Universidad Complutense de Madrid



## Bibliografía

- Arzamendia, V., Giraud, A. R. 2004. Usando patrones de biodiversidad para la evaluación y diseño de áreas protegidas: las serpientes de la provincia de Santa Fe (Argentina) como ejemplo. *Revista Chilena de Historia Natural*, 77(2): 335-348.
- Atauri, J. A., Muñoz, M., Múgica, M. 2018. Manual 13: Las áreas protegidas en el contexto del cambio global: incorporación de la adaptación al cambio climático en la planificación y gestión. (2.<sup>a</sup> ed.). EUROPARC-España, Madrid, España.
- Baz, A., Garcia-Boyer, A. 1996. The SLOSS dilemma: a butterfly case study. *Biodiversity & Conservation*, 5(4): 493-502.
- Brozynska, M., Furtado, A., Henry, R. J. 2016. Genomics of crop wild relatives: expanding the gene pool for crop improvement. *Plant Biotechnology Journal*, 14(4): 1070-1085.
- CAPFITOGEN 3.0 2021. Disponible en: <http://onservercapfitogen.net>
- Castañeda-Álvarez, N. P., Khoury, C. K., Achicanoy, H. A., Bernau, V., Dempewolf, H., Eastwood, R. J., Toll, J. 2016. Global conservation priorities for crop wild relatives. *Nature Plants*, 2(4): 1-6.
- Chamberlain, S., Barve, V., Mcglinn, D., Oldoni, D., Desmet, P., Geffert, L., Ram, K. 2021. `rgbif`: Interface to the Global Biodiversity Information Facility API. R package version 3.5.2. [usado 15 mayo 2021]. Disponible en: <https://CRAN.R-project.org/package=rgbif>.
- Dempewolf, H., Eastwood, R. J., Guarino, L., Khoury, C. K., Müller, J. V., Toll, J. 2014. Adapting agriculture to climate change: a global initiative to collect, conserve, and use crop wild relatives. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 38(4): 369-377.
- Díaz, G. 2012. El cambio climático. *Ciencia y Sociedad*, 37(2): 227-240.
- Drucker, A. G., Ramirez, M., Medina, T. 2017. Incentivos costo-efectivos para la conservación y uso in situ en chacra de la agrobiodiversidad: avances en el programa ReSCA en América Latina. En: Simposio Internacional de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe (SIRGEALC), October. Guadalajara, México.
- Estrategia Nacional de Conservación y Utilización de Parientes Silvestres de los Cultivos (PSC) y Plantas Silvestres de Uso Alimentario (PSUA). En prensa. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/participacion-publica/estrategiaconservacionplantassilvestres\\_tcm30-544584.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/participacion-publica/estrategiaconservacionplantassilvestres_tcm30-544584.pdf)
- FAO. 2001. Tratado Internacional Sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (TIRFA). [usado en 20 septiembre 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/plant-treaty/es/>

- FAO. 2010. The Second Report on The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. FAO, Rome, Italy.
- Farmer's Pride – Conserving plant diversity for future generations 2017-2020. [usado 14 abril 2021]. Disponible en: <http://www.farmerspride.eu/>
- Felicísimo, A. M., Muñoz, J., Mateo, R. G., Villalba, C. J. (2012). Vulnerabilidad de la flora y vegetación españolas ante el cambio climático. *Ecosistemas*, 21(3): 1-6.
- Foden, W. B., Young, B. E. 2016. IUCN SSC guidelines for Assessing Species' Vulnerability to Climate Change. IUCN. Cambridge, England and Gland, Switzerland.
- Ford-Lloyd, B. V., Schmidt, M., Armstrong, S. J., Barazani, O. Z., Engels, J., Hadas, R., ... Maxted, N. 2011. Crop wild relatives—undervalued, underutilized and under threat?. *BioScience*, 61(7): 559-565.
- GBIF 2021. [usado 18 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.gbif.org>
- Genres-BLE 2021. In situ conservation of CWR. [usado 4 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.genres.de/en/sector-specific-portals/cultivated-and-wild-plants/in-situ-conservation-of-cwr>
- Godefroid, S., Piazza, C., Rossi, G., Buord, S., Stevens, A. D., Agurauja, R., ... Vanderborght, T. 2011. How successful are plant species reintroductions?. *Biological Conservation*, 144(2): 672-682.
- Gómez Mercado, F. 2011. Vegetación y flora de Sierra de Cazorla. *Guineana* 17. Universidad del País Vasco.
- Guarino, L., Ramanatha Rao, V., Reid, R. S. 1995. Collecting plant genetic diversity: technical guidelines. CAB Internacional, Wallingford, England.
- Heywood, V., Casas, A., Ford-Lloyd, B., Kell, S., Maxted, N. (2007) Conservation and sustainable use of crop wild relatives. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121: 245-255.
- Hunter, D., Heywood, V. (2011). *Parientes Silvestres de los Cultivos: Manual para la Conservación In Situ*. Bioersity International, Roma, Italia.
- Instituto Geográfico Nacional (IGN) 2021. [usado 10 marzo 2021] Disponible en: <http://www.ign.es/web/ign/portal>
- Iriondo, J. M., Parra-Quijano, M., Lara-Romero, C., Carreño, F., Maxted, N., Kell, S., FordLloyd, B. V. 2012. Where and how? Genetic reserve site selection and development of common quality standards. *Crop Wild Relative*, 8: 31-33.

- Iriondo, J.M., Hond, L. de. 2007. Crop wild relative in situ management and monitoring: the time has come. En Maxted, N., Ford-Lloyd, B. V., Kell, S. P., Iriondo, J. M., Dulloo, M. E., Turok, J. (eds.), *Crop Wild Relative Conservation and Use*, pp. 319-330. CABI, Wallingford, England.
- Iriondo, J.M., Magos Brehm, J., Dulloo, M.E., Maxted, N. (eds.) 2021. *Crop Wild Relative Population Management Guidelines. Farmer's Pride: Networking, partnerships and tools to enhance in situ conservation of European plant genetic resources*. Disponible en: [https://more.bham.ac.uk/farmerspride/wp-content/uploads/sites/19/2021/07/Crop\\_Wild\\_Relative\\_Population\\_Management\\_Guidelines.pdf](https://more.bham.ac.uk/farmerspride/wp-content/uploads/sites/19/2021/07/Crop_Wild_Relative_Population_Management_Guidelines.pdf)
- Kati, V., Devillers, P., Dufrêne, M., Legakis, A., Vokou, D., Lebrun, P. 2004. Hotspots, complementarity or representativeness? Designing optimal small-scale reserves for biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 120(4): 471-480.
- Kell, S. P., Knüpffer, H., Jury, S. L., Ford-Lloyd, B. V., Maxted, N. 2008. *Crops and wild relatives of the Euro-Mediterranean region: making and using a conservation catalogue. Crop wild relative conservation and use*. CABI Publishing, Wallingford, England.
- Lista Patrón Española de Flora Vascul. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, y Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas, Madrid. España 2020. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/gl/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/BDN\\_listas\\_patron.aspx](https://www.miteco.gob.es/gl/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/BDN_listas_patron.aspx)
- Lista Roja de la Flora Vascul. Española. 2010. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, y Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas, Madrid. España. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-especies-terrestres/ieet\\_flora\\_vascular.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-especies-terrestres/ieet_flora_vascular.aspx)
- Loiselle, B. A., Jorgensen, P. M., Consiglio, T., Jiménez, I., Blake, J. G., Lohmann, L., Montiel, M. M. 2008. Predicting species distributions from herbarium collections: does climate bias in collection sampling influence model outcomes? *Journal of Biogeography*, 35(1): 105-116.
- Maldonado, C., Molina, C. I., Zizka, A., Persson, C., Taylor, C. M., Albán, J., ... Antonelli, A. 2015. Estimating species diversity and distribution in the era of Big Data: to what extent can we trust public databases?. *Global Ecology and Biogeography*, 24(8): 973-984.
- Maxted N., Iriondo J. M., Dulloo M. E., Lane A. 2008. Introduction: The Integration of PGR Conservation with Protected Area Management. In: Iriondo J.M., Maxted N. y Dulloo M.E. (eds.) *Conserving plant genetic diversity in protected areas: population management of crop wild relatives*. (pp. 1-21). CAB International, Wallingford, England.

- Maxted, N., Dulloo, M. E., Ford-Lloyd, B. V., Frese, L., Iriondo, J., de Carvalho, M. A. P. 2011. Agrobiodiversity Conservation Securing the Diversity of Crop Wild Relatives and Landraces. CAB International, Wallingford, England.
- Maxted, N., Ford-Lloyd, B. V., Hawkes, J. G. 2000. Plant Genetic Conservation. Springer Dordrecht, Netherlands.
- Maxted, N., Magos Brehm, J., Kell, S. 2013. Resource Book for Preparation of National Conservation Plans for Crop Wild Relatives and Landraces. University of Birmingham, England.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). [usado 9 abril 2021]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/>
- Mitchell, B. A., Stolton, S., Bezaury-Creel, J., Bingham, H. C., Cumming, T. L., Dudley, N., ... Solano, P. 2018. Guidelines for Privately Protected Areas. Gland: UICN.
- Mitchell, B., Stolton, S., Bezaury-Creel, J., Bingham, H., Cumming, T., Dudley, N., Fitzsimons, J. et al. 2018. Guidelines for Privately Protected Areas. IUCN, International Union for Conservation of Nature. Gland, Switzerland.
- Mwila, G., Dulloo, M., Ng'uni, D., Munkombwe, G., Thormann, I., Gaisberger, H., Maxted, N., Brehm, J., Kell, S. 2017. National Strategic Action Plan for the Conservation and Sustainable Use of Crop Wild Relatives in Zambia - Technical Background Document.
- Namkoong, G. 1986. La genética y los bosques del futuro. *Unasyuva*, 38(152): 2-18.
- Narloch, U., Drucker, A. G., Pascual, U. 2017. What role for cooperation in conservation tenders? Paying farmer groups in the High Andes. *Land Use Policy*, 63: 659-671.
- Ocaña, A. M. F. 2000. Estudio etnobotánico en el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas. Investigación química de un grupo de especies interesantes. Universidad de Jaén, España.
- Otegui, J., Ariño, A. H., Encinas, M. A., Pando, F.(2013. Assessing the primary data hosted by the Spanish node of the Global Biodiversity Information Facility (GBIF). *PloS one*, 8(1):e55144.
- Pachauri, R.K., Allen, M.R., Barros, V.R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., Church, J.A. et al. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Pachauri, R. K., Meyer, L. (eds.), IPCC, Geneva, Switzerland.
- Parra-Quijano, M. 2010. Sistemas de información geográfica y ecogeografía aplicados a los recursos fitogenéticos. Tesis de Doctorado, Universidad Politécnica de Madrid, España.

- Parra-Quijano, M., Draper, D., Torres, E., Iriondo, J. M. 2007. Ecogeographical representativeness in crop wild relative ex situ collections. En Maxted, N., Ford-Lloyd, B. V., Kell, S. P., Iriondo, J. M., Dulloo, M. E., Turok, J. (eds.), *Crop Wild Relative Conservation and Use*, pp. 249-273. CABI, Wallingford, England.
- Parra-Quijano, M., Iriondo, J. M., Torres, E. 2012. Ecogeographical land characterization maps as a tool for assessing plant adaptation and their implications in agrobiodiversity studies. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(2): 205-217.
- Parra-Quijano, M., Torres, E., Iriondo, J., López, F. 2015. Manual de usuario herramientas CAPFITOGEN. Tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. FAO, Roma, Italia.
- Plan de Gestión y Monitorización de la Reserva Genética <<Vía Pecuaria Cordel del Salmoral>> en la Sierra del Rincón. 2019. Comunidad de Madrid, España.
- R Core Team 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: <https://www.R-project.org/>.
- Rapsomanikis, G. 2015. The economic lives of smallholder farmers: An analysis based on household data from nine countries. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM) 2021. [usado 10 marzo 2021] Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/datos-ambientales>
- Red Española de Reservas de la Biosfera. [usado 15 mayo 2021] Disponible en: <http://rerb.oapn.es/red-espanola-de-reservas-de-la-biosfera/reservas-de-la-biosfera-espanolas/mapa/sierra-de-cazorla/descripcion-general>
- Rubio Teso, M. L., Iriondo, J. M. 2019. In Situ Conservation Assessment of Forage and Fodder CWR in Spain Using Phytosociological Associations. *Sustainability*, 11(21): 5882.
- Shukla, P. R., Skea, J., Calvo Buendia, E., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H. O., Roberts, D. C., ... Malley, J. 2019. IPCC, 2019: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.
- Titeux, N., Henle, K., Mihoub, J. B., Regos, A., Geijzendorffer, I. R., Cramer, W., Verburg, P. H., et al. 2016. Biodiversity scenarios neglect future land-use changes. *Global Change Biology* 22(7): 2505-2515.
- Tucker, G., Bubb P., de Heer M., Miles L., Lawrence A., Bajracharya S. B., Nepal R. C, Sherchan R., Chapagain N.R. 2005. Guidelines for Biodiversity' Assessment and Monitoring for Protected Areas. KMTNC, Kathmandu, Nepal.

- UICN. 2012. Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Segunda edición. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido
- Valladares, F., Peñuelas, J., de Luis Calabuig, E. 2005. Impactos sobre los ecosistemas terrestres. Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático, 65-112. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, España.
- Vincent, H., Amri, A., Castañeda-Álvarez, N. P., Dempewolf, H., Dulloo, E., Guarino, L., Maxted, N. 2019. Modeling of crop wild relative species identifies areas globally for in situ conservation. *Communications Biology*, 2(1): 1-8.
- Wainwright, W., Drucker, A. G., Maxted, N., Brehm, J. M., Ng'uni, D., Moran, D. 2019. Estimating in situ conservation costs of Zambian crop wild relatives under alternative conservation goals. *Land Use Policy*, 81: 632-643.

## Anexos

### Anexo I. Datos climáticos de interés para la flora en Cazorla

Tabla A1. Datos climáticos del municipio de Cazorla, donde se incluyen las temperaturas medias, máximas y mínimas, la precipitación media, la humedad y el número de días lluviosos medios mensuales.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	4.6	5.5	8.4	11.2	15.6	21.4	25.2	24.7	19.7	14.8	8.2	5.6
Temperatura mín. (°C)	0.2	0.7	2.8	5.4	9.2	14.2	17.9	17.6	13.8	9.5	3.8	1.2
Temperatura máx. (°C)	9.4	10.5	13.8	16.6	21.2	27.6	31.6	31.2	25.6	20.2	12.8	10.4
Precipitación media (mm)	78	70	75	76	54	23	5	11	39	63	84	86
Humedad(%)	75%	70%	64%	61%	52%	40%	31%	34%	47%	60%	70%	75%
Días lluviosos (días)	7	7	6	8	6	3	1	2	4	6	8	7

### Anexo II. Mapas topográficos, hidrológicos y geológicos del Parque Natural

En los siguientes mapas temáticos (Figuras A1, A2 y A3) se incluyen los aspectos topográficos, geológicos e hidrológicos del Parque Natural, que junto a los usos del suelo servirán de base para determinar el establecimiento de las reservas genéticas.

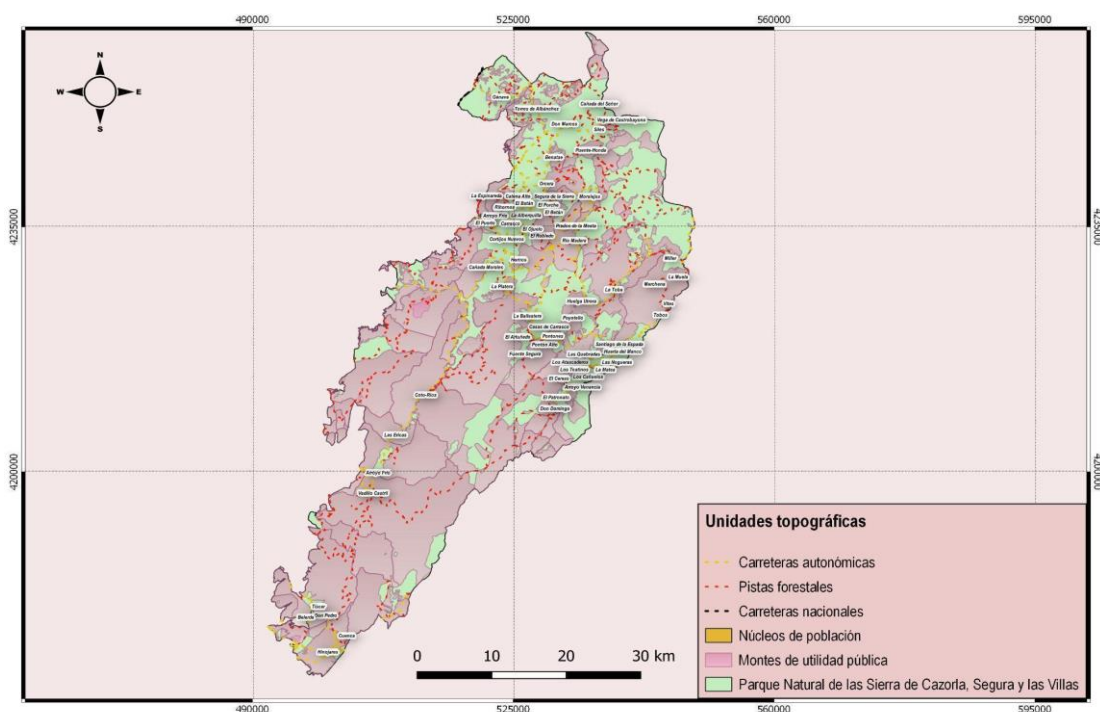


Figura A.1. Mapa topográfico del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas en España.

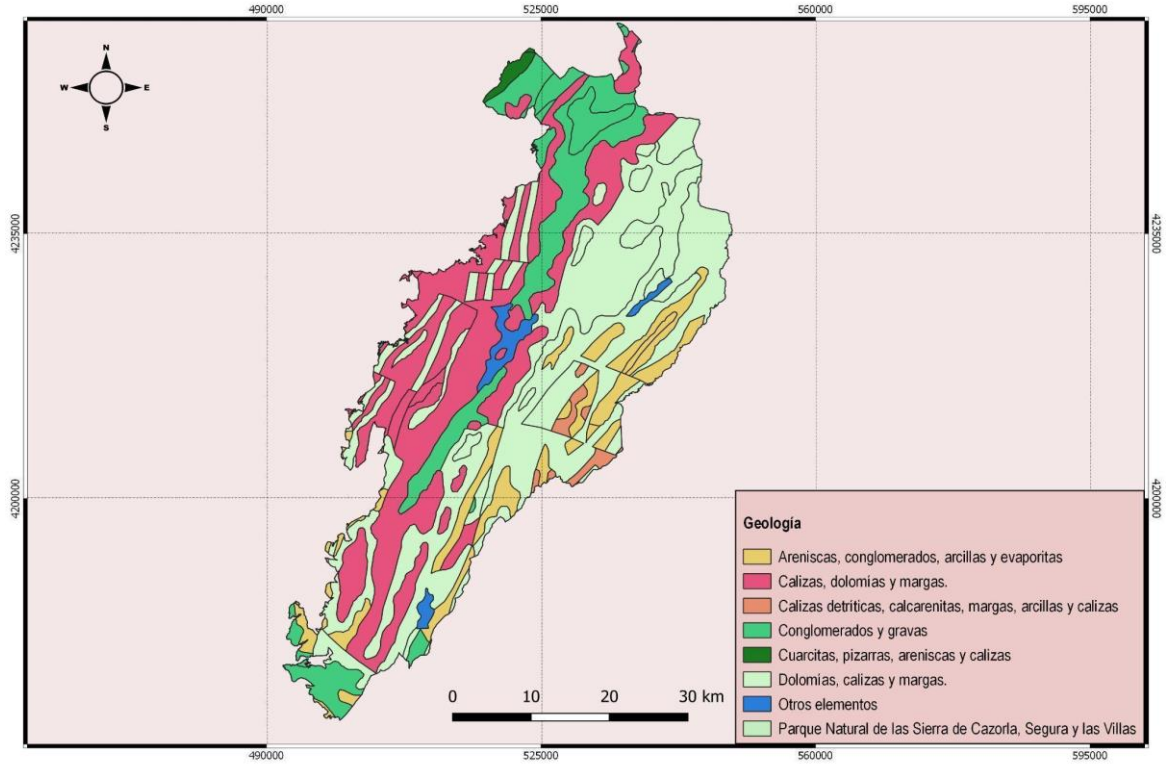


Figura A.2. Mapa geológico del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas en España.

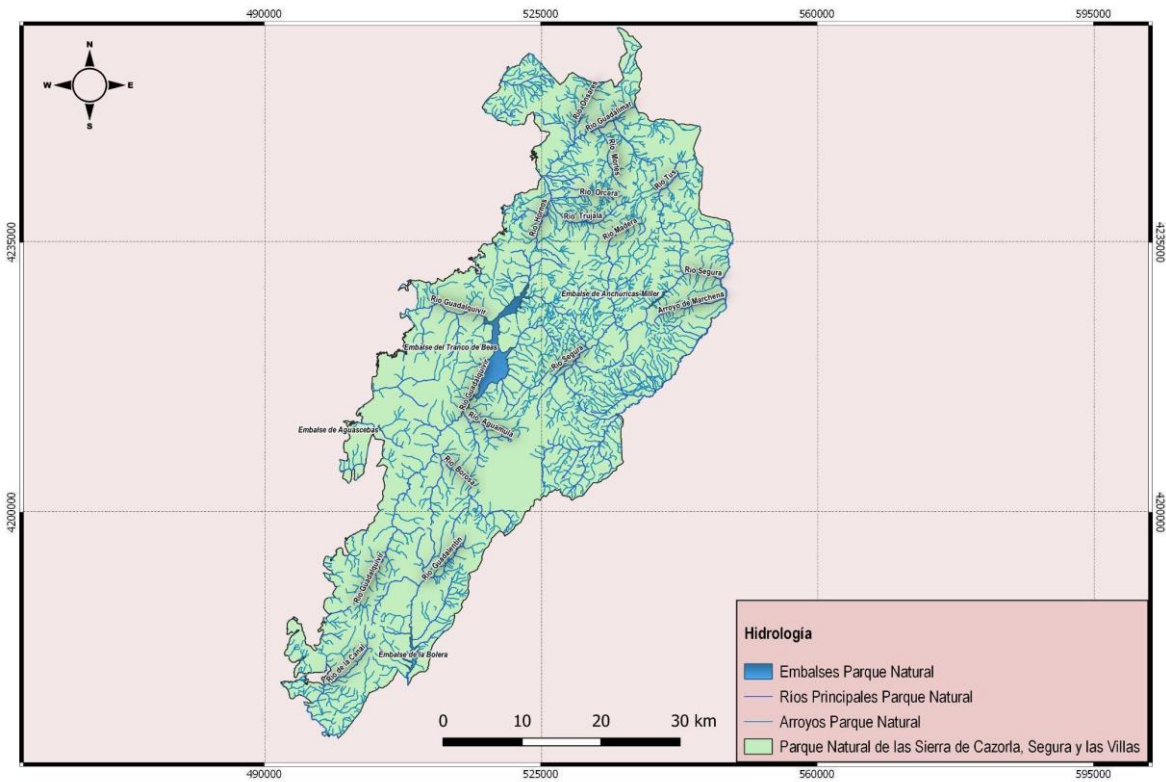


Figura A.3. Mapa hidrológico del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas en España



### Anexo III. Relación de PSC/PSUA localizados en el Parque Natural

En la tabla A2 se incluyen todos los PSC/PSUA obtenidos de la bajada de datos corológicos de GBIF. En la tabla A3 se muestran los datos de relevancia para una de las especies resultantes obtenidas del Catálogo Nacional dentro del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas, *Tamus communis* L.

Tabla A2. Listado de PSC/PSUA del Catálogo Nacional de la Estrategia de Conservación de PSC dentro del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas en España.

Nº especie	Especie	Nº especie	Especie
1	<i>Aegilops_geniculata</i>	71	<i>Papaver_rhoeas</i>
2	<i>Aegilops_triuncialis</i>	72	<i>Phalaris_arundinacea</i>
3	<i>Aegilops_ventricosa</i>	73	<i>Phleum_pratense</i>
4	<i>Agrostis_castellana</i>	74	<i>Pistacia_lentiscus</i>
5	<i>Agrostis_stolonifera</i>	75	<i>Pistacia_terebinthus</i>
6	<i>Allium_ampeloprasum</i>	76	<i>Pisum_sativum</i>
7	<i>Allium_paniculatum</i>	77	<i>Poa_annua</i>
8	<i>Allium_schoenoprasum</i>	78	<i>Poa_bulbosa</i>
9	<i>Allium_sphaerocephalon</i>	79	<i>Poa_pratensis</i>
10	<i>Allium_vineale</i>	80	<i>Prunus_insititia</i>
11	<i>Asparagus_acutifolius</i>	81	<i>Prunus_mahaleb</i>
12	<i>Astragalus_alopecuroides</i>	82	<i>Prunus_prostrata</i>
13	<i>Astragalus_depressus</i>	83	<i>Prunus_spinosa</i>
14	<i>Astragalus_glaux</i>	84	<i>Ribes_alpinum</i>
15	<i>Astragalus_granatensis</i>	85	<i>Ribes_petraeum</i>
16	<i>Atriplex_halimus</i>	86	<i>Ribes_uva-crispa</i>
17	<i>Borago_officinalis</i>	87	<i>Rorippa_nasturtium-aquaticum</i>
18	<i>Brassica_barrelieri</i>	88	<i>Rosa_canina</i>
19	<i>Brassica_oleracea</i>	89	<i>Rosa_pouzinii</i>
20	<i>Bryonia_dioica</i>	90	<i>Rosa_sicula</i>
21	<i>Capparis_spinosa</i>	91	<i>Rosa_stylosa</i>
22	<i>Capsella_bursa-pastoris</i>	92	<i>Rubus_caesius</i>

23	<i>Cichorium_intybus</i>	93	<i>Rubus_canescens</i>
24	<i>Crataegus_monogyna</i>	94	<i>Rubus_ulmifolius</i>
25	<i>Cynara_humilis</i>	95	<i>Rumex_pulcher</i>
26	<i>Dactylis_glomerata</i>	96	<i>Scolymus_hispanicus</i>
27	<i>Daucus_carota</i>	97	<i>Sideritis_hirsuta</i>
28	<i>Dianthus_broteri</i>	98	<i>Silene_vulgaris</i>
29	<i>Dianthus_carthusianorum</i>	99	<i>Sinapis_alba</i>
30	<i>Dianthus_toletanus</i>	100	<i>Sinapis_arvensis</i>
31	<i>Diplotaxis_erucoides</i>	101	<i>Sonchus_oleraceus</i>
32	<i>Eruca_vesicaria</i>	102	<i>Tamus_communis</i>
33	<i>Festuca_hystrix</i>	103	<i>Thymus_granatensis</i>
34	<i>Hordeum_murinum</i>	104	<i>Thymus_orspedanus</i>
35	<i>Humulus_lupulus</i>	105	<i>Thymus_vulgaris</i>
36	<i>Hypericum_perforatum</i>	106	<i>Thymus_zygis</i>
37	<i>Lactuca_serriola</i>	107	<i>Trifolium_angustifolium</i>
38	<i>Lactuca_tenerrima</i>	108	<i>Trifolium_arvense</i>
39	<i>Lactuca_virosa</i>	109	<i>Trifolium_campestre</i>
40	<i>Lathyrus_latifolius</i>	110	<i>Trifolium_cherleri</i>
41	<i>Lavandula_angustifolia</i>	111	<i>Trifolium_glomeratum</i>
42	<i>Lavandula_lanata</i>	112	<i>Trifolium_hirtum</i>
43	<i>Lavandula_latifolia</i>	113	<i>Trifolium_lappaceum</i>
44	<i>Lavandula_stoechas</i>	114	<i>Trifolium_micranthum</i>
45	<i>Linum_narbonense</i>	115	<i>Trifolium_ornithopodioides</i>
46	<i>Linum_tenue</i>	116	<i>Trifolium_pratense</i>
47	<i>Lolium_multiflorum</i>	117	<i>Trifolium_repens</i>
48	<i>Lolium_perenne</i>	118	<i>Trifolium_resupinatum</i>
49	<i>Lolium_rigidum</i>	119	<i>Trifolium_rubens</i>
50	<i>Lotus_corniculatus</i>	120	<i>Trifolium_scabrum</i>
51	<i>Malva_sylvestris</i>	121	<i>Trifolium_squamosum</i>

52	<i>Medicago_doliata</i>	122	<i>Trifolium_stellatum</i>
53	<i>Medicago_littoralis</i>	123	<i>Trifolium_subterraneum</i>
54	<i>Medicago_lupulina</i>	124	<i>Trifolium_tomentosum</i>
55	<i>Medicago_minima</i>	125	<i>Trigonella_monspeliaca</i>
56	<i>Medicago_orbicularis</i>	126	<i>Trigonella_polyceratia</i>
57	<i>Medicago_polymorpha</i>	127	<i>Urtica_dioica</i>
58	<i>Medicago_rigidula</i>	128	<i>Vicia_amphicarpa</i>
59	<i>Medicago_sativa</i>	129	<i>Vicia_angustifolia</i>
60	<i>Medicago_truncatula</i>	130	<i>Vicia_cordata</i>
61	<i>Melilotus_albus</i>	131	<i>Vicia_cracca</i>
62	<i>Mentha_pulegium</i>	132	<i>Vicia_hybrida</i>
63	<i>Mentha_spicata</i>	133	<i>Vicia_lutea</i>
64	<i>Narcissus_cantabricus</i>	134	<i>Vicia_monantha</i>
65	<i>Narcissus_nevadensis</i>	135	<i>Vicia_peregrina</i>
66	<i>Olea_europaea</i>	136	<i>Vicia_sativa</i>
67	<i>Onobrychis_matritensis</i>	137	<i>Vitis_vinifera</i>
68	<i>Onobrychis_stenorhiza</i>		
69	<i>Origanum_vulgare</i>		
70	<i>Ornithopus_compressus</i>		

Tabla A3. Datos de relevancia para una de las especies resultantes obtenidas del Catálogo Nacional dentro del Parque Natural de las Sierra de Cazorla, Segura y Las Villas, *Tamus communis* L. Se indica el identificador de la población (UniqID) y el de la especie (PatronID), el nombre científico de la especie, la longitud, la latitud, y la fecha en la que fue registrada la población empezando por el año, el mes y el día.

UniqID	DECLONGITU	DECLATITUD	TAXON	locNA	COLLDATE	fieldsWith	PatronID
RG_650161	-2.52135	38.12262	<i>Tamus communis</i>	TRUE	20050520	29	8667
RG_642132	-2.527833	38.10264	<i>Tamus communis</i>	TRUE	20050710	29	8667
RG_604839	-2.581972	38.32236	<i>Tamus communis</i>	TRUE	20070602	29	8667
RG_199845	-2.5893	38.3416	<i>Tamus communis</i>	FALSE	19850603	30	8667
RG_628784	-2.593678	38.15207	<i>Tamus communis</i>	TRUE	20050702	29	8667
RG_650164	-2.629458	38.14986	<i>Tamus communis</i>	TRUE	20050710	29	8667
RG_631467	-2.629829	38.42472	<i>Tamus communis</i>	TRUE	20070519	29	8667
RG_200457	-2.6698	38.2427	<i>Tamus communis</i>	FALSE	19800705	30	8667
RG_200456	-2.6927	38.2428	<i>Tamus communis</i>	FALSE	19800606	33	8667
RG_610184	-2.707517	38.2313	<i>Tamus communis</i>	TRUE	20040427	29	8667
RG_644807	-2.866137	37.89377	<i>Tamus communis</i>	TRUE	20040514	29	8667
RG_198726	-2.8759	38.0088	<i>Tamus communis</i>	FALSE	19750617	31	8667
RG_642149	-2.881674	37.88553	<i>Tamus communis</i>	TRUE	20040511	29	8667
RG_200932	-2.8988	37.9367	<i>Tamus communis</i>	FALSE	19750416	30	8667
RG_647492	-2.92011	37.90959	<i>Tamus communis</i>	TRUE	20040523	29	8667
RG_657208	-2.9444	37.9007	<i>Tamus communis</i>	FALSE	19760528	31	8667
RG_615513	-2.950997	37.90731	<i>Tamus communis</i>	TRUE	20040517	29	8667
RG_647491	-2.957046	37.89157	<i>Tamus communis</i>	TRUE	20040411	29	8667
RG_199722	-2.9899	37.9187	<i>Tamus communis</i>	FALSE	19810522	30	8667
RG_610204	-2.991643	37.8952	<i>Tamus communis</i>	TRUE	20040510	29	8667
RG_636801	-3.030762	37.8005	<i>Tamus communis</i>	TRUE	20040509	29	8667

## Anexo IV. Mapas de las celdas seleccionadas antes del estudio de especies amenazadas por la UICN.

En las Figuras A5 y A6 se muestran los mapas de las celdas de 1x1 km y 5x5 km elegidas para el establecimiento de reservas genéticas antes de hacer el estudio de las especies amenazadas.

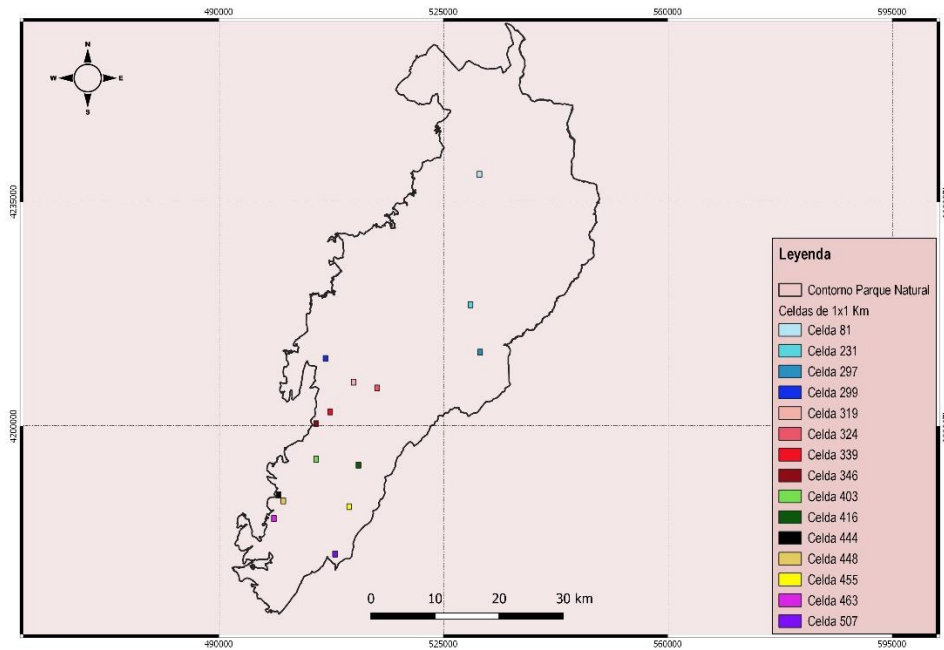


Figura A5. Mapa de las 15 celdas de 1x1 km seleccionadas para el establecimiento de reservas genéticas antes del estudio de especies amenazadas en el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas.

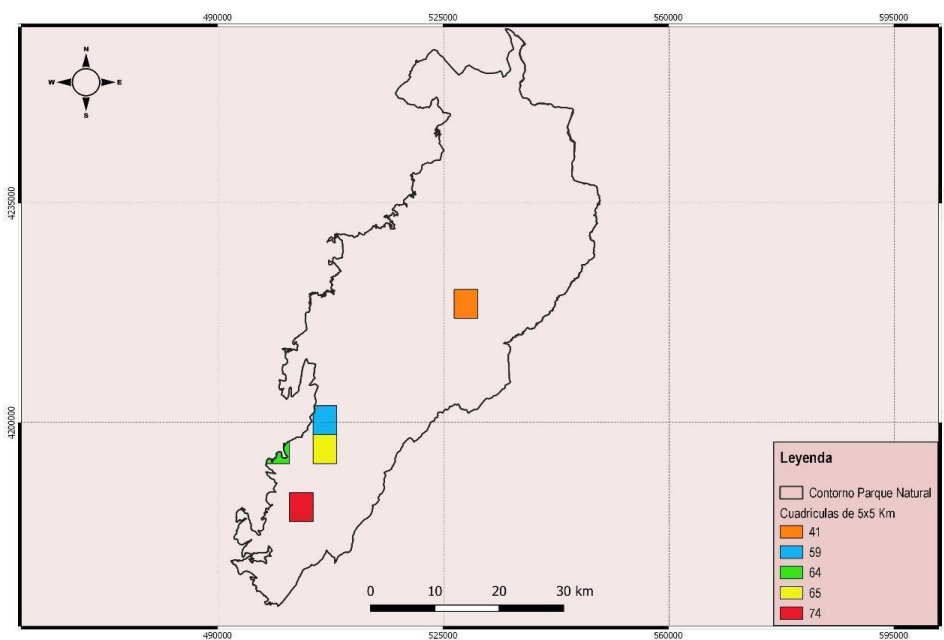


Figura A6. Mapa de las 5 celdas de 5x5 km seleccionadas para el establecimiento de reservas genéticas antes del estudio de especies amenazadas en el Parque Natural de las sierras de Cazorla, Segura y Las Villas.

## Anexo V. Listado de combinaciones de PSC/PSUA-Unidad ecogeográfica en las celdas de 1x1 km seleccionadas

Las combinaciones PSC/PSUA-Unidad ecogeográfica obtenidas tras el análisis de complementariedad y la selección de celdas de 1x1 km se muestran en la Tabla A4.

Tabla A4. Listado de las combinaciones PSC/PSUA-Unidad ecogeográfica obtenidas tras el análisis de complementariedad y la selección de celdas de 1x1 km.

Celda 1x1 km	Combinación	Celda 1x1 km	Combinación
81	<i>Silene_vulgaris</i> 13	346	<i>Hypericum_perforatum</i> 13
81	<i>Pistacia_terebinthus</i> 13	368	<i>Malva_sylvestris</i> 14
81	<i>Olea_europaea</i> 13	403	<i>Aegilops_triuncialis</i> 10
81	<i>Borago_officinalis</i> 13	403	<i>Trifolium_scabrum</i> 10
81	<i>Malva_sylvestris</i> 13	403	<i>Medicago_doliata</i> 10
81	<i>Agrostis_castellana</i> 13	403	<i>Aegilops_geniculata</i> 10
81	<i>Trifolium_angustifolium</i> 13	403	<i>Thymus_orospedanus</i> 10
81	<i>Trifolium_tomentosum</i> 13	403	<i>Trifolium_angustifolium</i> 10
81	<i>Lotus_corniculatus</i> 13	403	<i>Medicago_rigidula</i> 10
81	<i>Capsella_bursa-pastoris</i> 13	403	<i>Trifolium_tomentosum</i> 10
81	<i>Pistacia_lentiscus</i> 13	403	<i>Medicago_minima</i> 10
81	<i>Lolium_rigidum</i> 13	403	<i>Trifolium_campestre</i> 10
81	<i>Trifolium_scabrum</i> 13	416	<i>Dactylis_glomerata</i> 7
231	<i>Trifolium_campestre</i> 16	416	<i>Vitis_vinifera</i> 7
231	<i>Humulus_lupulus</i> 16	416	<i>Thymus_vulgaris</i> 7
231	<i>Trifolium_stellatum</i> 16	416	<i>Pistacia_terebinthus</i> 7
231	<i>Lolium_rigidum</i> 16	416	<i>Rubus_ulmifolius</i> 7
231	<i>Aegilops_geniculata</i> 16	416	<i>Pistacia_lentiscus</i> 7
231	<i>Medicago_polymorpha</i> 16	416	<i>Asparagus_acutifolius</i> 7
231	<i>Scolymus_hispanicus</i> 16	416	<i>Medicago_doliata</i> 7
297	<i>Thymus_orospedanus</i> 13	416	<i>Crataegus_monogyna</i> 7
297	<i>Medicago_orbicularis</i> 16	448	<i>Trifolium_scabrum</i> 4
319	<i>Trifolium_angustifolium</i> 8	448	<i>Medicago_rigidula</i> 4

319	<i>Tamus_communis</i> 8	448	<i>Medicago_minima</i> 4
319	<i>Medicago_polymorpha</i> 8	448	<i>Medicago_orbicularis</i> 4
319	<i>Linum_tenuis</i> 8	448	<i>Aegilops_triuncialis</i> 4
319	<i>Asparagus_acutifolius</i> 8	448	<i>Aegilops_geniculata</i> 4
319	<i>Trifolium_squamosum</i> 8	448	<i>Trifolium_stellatum</i> 4
319	<i>Rosa_canina</i> 8	448	<i>Sonchus_oleraceus</i> 4
319	<i>Medicago_sativa</i> 8	448	<i>Trifolium_angustifolium</i> 4
319	<i>Rubus_ulmifolius</i> 8	448	<i>Medicago_doliata</i> 4
319	<i>Pistacia_lentiscus</i> 8	455	<i>Trifolium_tomentosum</i> 13
319	<i>Dactylis_glomerata</i> 8	455	<i>Medicago_rigidula</i> 13
319	<i>Crataegus_monogyna</i> 8	455	<i>Prunus_mahaleb</i> 13
319	<i>Trifolium_lappaceum</i> 8	455	<i>Allium_sphaerocephalon</i> 13
319	<i>Trifolium_stellatum</i> 8	455	<i>Vicia_lutea</i> 13
319	<i>Trifolium_campestre</i> 8	455	<i>Tamus_communis</i> 13
319	<i>Hypericum_perforatum</i> 8	455	<i>Papaver_rhoeas</i> 13
324	<i>Agrostis_stolonifera</i> 4	455	<i>Hypericum_perforatum</i> 13
324	<i>Trifolium_angustifolium</i> 4	455	<i>Lathyrus_latifolius</i> 13
324	<i>Lolium_rigidum</i> 4	455	<i>Capsella_bursa-pastoris</i> 13
324	<i>Onobrychis_stenorhiza</i> 4	463	<i>Sinapis_alba</i> 10
324	<i>Trifolium_lappaceum</i> 4	463	<i>Capsella_bursa-pastoris</i> 10
324	<i>Trifolium_resupinatum</i> 4	463	<i>Papaver_rhoeas</i> 10
324	<i>Cynara_humilis</i> 4	463	<i>Poa_annua</i> 10
324	<i>Trifolium_pratense</i> 4	463	<i>Thymus_orspedanus</i> 10
324	<i>Rosa_canina</i> 4	463	<i>Lolium_perenne</i> 10
324	<i>Dactylis_glomerata</i> 4	463	<i>Medicago_polymorpha</i> 10
324	<i>Hypericum_perforatum</i> 4	463	<i>Prunus_insititia</i> 10
339	<i>Prunus_mahaleb</i> 10	463	<i>Prunus_spinosa</i> 10
339	<i>Rubus_ulmifolius</i> 10	480	<i>Trifolium_repens</i> 1

339	<i>Prunus_spinosa</i> 10	480	<i>Ornithopus_compressus</i> 1
339	<i>Tamus_communis</i> 10	480	<i>Rumex_pulcher</i> 1
339	<i>Crataegus_monogyna</i> 10	480	<i>Lolium_perenne</i> 1
339	<i>Trifolium_pratense</i> 10	480	<i>Allium_ampeloprasum</i> 1
339	<i>Agrostis_stolonifera</i> 10	480	<i>Vicia_cordata</i> 1
339	<i>Rosa_pouzinii</i> 10	480	<i>Aegilops_geniculata</i> 1
339	<i>Rosa_canina</i> 10	480	<i>Trifolium_stellatum</i> 1
346	<i>Lactuca_tenerrima</i> 13	480	<i>Olea_europaea</i> 1
346	<i>Aegilops_triuncialis</i> 13	507	<i>Trifolium_stellatum</i> 13
346	<i>Aegilops_geniculata</i> 13	507	<i>Vicia_amphicarpa</i> 10
346	<i>Trifolium_lappaceum</i> 13	507	<i>Medicago_minima</i> 13
346	<i>Lolium_perenne</i> 13	507	<i>Trifolium_scabrum</i> 13
346	<i>Medicago_doliata</i> 13	507	<i>Medicago_doliata</i> 13
346	<i>Trifolium_tomentosum</i> 13	507	<i>Trifolium_tomentosum</i> 13
346	<i>Trifolium_scabrum</i> 13	507	<i>Medicago_rigidula</i> 13
346	<i>Lolium_rigidum</i> 13	507	<i>Trifolium_campestre</i> 13
346	<i>Trifolium_subterraneum</i> 13	507	<i>Poa_bulbosa</i> 13
346	<i>Trifolium_campestre</i> 13	507	<i>Medicago_orbicularis</i> 13



## Anexo VI. Listado de combinaciones de PSC/PSUA-Unidad ecogeográfica en las celdas de 5x5 km seleccionadas

Las combinaciones PSC/PSUA-Unidad ecogeográfica obtenidas tras el análisis de complementariedad y la selección de celdas de 5x5 km se muestran en la Tabla A5.

Tabla A5. Listado de las combinaciones PSC/PSUA-Unidad ecogeográfica obtenidas tras el análisis de complementariedad y la selección de celdas de 5x5 Km

Celda 5x5 km	Combinación	Celda 5x5 km	Combinación
41	<i>Rosa_canina</i> 10	64	<i>Olea_europaea</i> 7
41	<i>Crataegus_monogyna</i> 13	64	<i>Lavandula_latifolia</i> 13
41	<i>Scolymus_hispanicus</i> 16	64	<i>Linum_tenue</i> 4
41	<i>Aegilops_triuncialis</i> 13	64	<i>Rubus_ulmifolius</i> 7
41	<i>Rosa_pouzinii</i> 10	64	<i>Crataegus_monogyna</i> 13
41	<i>Prunus_mahaleb</i> 13	64	<i>Cichorium_intybus</i> 10
41	<i>Thymus_orospedanus</i> 13	65	<i>Rosa_canina</i> 7
41	<i>Sonchus_oleraceus</i> 16	65	<i>Asparagus_acutifolius</i> 7
41	<i>Rosa_canina</i> 13	65	<i>Astragalus_glaux</i> 10
41	<i>Lavandula_latifolia</i> 10	65	<i>Asparagus_acutifolius</i> 10
41	<i>Prunus_insititia</i> 13	65	<i>Trifolium_angustifolium</i> 10
41	<i>Thymus_orospedanus</i> 10	65	<i>Lactuca_tenerrima</i> 13
41	<i>Thymus_orospedanus</i> 16	65	<i>Hypericum_perforatum</i> 16
41	<i>Rosa_canina</i> 13	65	<i>Lavandula_latifolia</i> 13
41	<i>Humulus_lupulus</i> 16	65	<i>Tamus_communis</i> 13
41	<i>Lavandula_latifolia</i> 13	65	<i>Vicia_angustifolia</i> 7
41	<i>Trifolium_glomeratum</i> 13	65	<i>Trifolium_scabrum</i> 13
41	<i>Crataegus_monogyna</i> 16	65	<i>Trifolium_pratense</i> 7
41	<i>Festuca_hystrix</i> 10	65	<i>Hypericum_perforatum</i> 10
41	<i>Trifolium_campestre</i> 16	65	<i>Poa_pratensis</i> 1
41	<i>Medicago_polymorpha</i> 16	65	<i>Medicago_rigidula</i> 13
41	<i>Malva_sylvestris</i> 16	65	<i>Medicago_lupulina</i> 13
41	<i>Aegilops_geniculata</i> 16	65	<i>Thymus_vulgaris</i> 13

41	<i>Lavandula_latifolia</i> 16	65	<i>Medicago_minima</i> 10
41	<i>Trifolium_stellatum</i> 16	65	<i>Rosa_canina</i> 13
41	<i>Aegilops_geniculata</i> 13	65	<i>Allium_sphaerocephalon</i> 13
54	<i>Lathyrus_latifolius</i> 2	65	<i>Rosa_canina</i> 10
54	<i>Rosa_canina</i> 8	65	<i>Thymus_zygis</i> 13
54	<i>Pistacia_lentiscus</i> 8	65	<i>Trifolium_rubens</i> 16
54	<i>Medicago_polymorpha</i> 8	65	<i>Rubus_ulmifolius</i> 10
54	<i>Dactylis_glomerata</i> 8	65	<i>Lolium_rigidum</i> 13
54	<i>Trifolium_lappaceum</i> 8	65	<i>Linum_tenue</i> 13
54	<i>Trifolium_squamosum</i> 8	65	<i>Capsella_bursa-pastoris</i> 1
54	<i>Hypericum_perforatum</i> 8	65	<i>Pistacia_terebinthus</i> 7
54	<i>Trifolium_stellatum</i> 8	65	<i>Rosa_pouzinii</i> 10
54	<i>Pistacia_lentiscus</i> 2	65	<i>Hypericum_perforatum</i> 13
54	<i>Medicago_sativa</i> 8	65	<i>Aegilops_geniculata</i> 10
54	<i>Rubus_ulmifolius</i> 8	65	<i>Trifolium_scabrum</i> 16
54	<i>Crataegus_monogyna</i> 8	65	<i>Medicago_orbicularis</i> 10
54	<i>Rubus_ulmifolius</i> 5	65	<i>Aegilops_triuncialis</i> 10
54	<i>Linum_tenue</i> 8	65	<i>Prunus_mahaleb</i> 13
54	<i>Asparagus_acutifolius</i> 8	65	<i>Pistacia_terebinthus</i> 7
54	<i>Trifolium_angustifolium</i> 8	65	<i>Medicago_doliata</i> 10
54	<i>Trifolium_campestre</i> 8	65	<i>Capsella_bursa-pastoris</i> 13
54	<i>Tamus_communis</i> 8	65	<i>Lathyrus_latifolius</i> 13
54	<i>Lathyrus_latifolius</i> 2	65	<i>Crataegus_monogyna</i> 7
59	<i>Crataegus_monogyna</i> 10	65	<i>Rubus_ulmifolius</i> 7
59	<i>Tamus_communis</i> 14	65	<i>Vicia_lutea</i> 13
59	<i>Rosa_pouzinii</i> 11	65	<i>Trifolium_arvense</i> 16
59	<i>Rosa_canina</i> 11	65	<i>Tamus_communis</i> 10
59	<i>Poa_bulbosa</i> 11	65	<i>Lathyrus_latifolius</i> 13

59	<i>Rosa_canina</i> 10	65	<i>Crataegus_monogyna</i> 10
59	<i>Lolium_rigidum</i> 14	65	<i>Crataegus_monogyna</i> 10
59	<i>Urtica_dioica</i> 14	65	<i>Pistacia_terebinthus</i> 13
59	<i>Trigonella_monspeliaca</i> 14	65	<i>Medicago_polymorpha</i> 13
59	<i>Narcissus_nevadensis</i> 14	65	<i>Pistacia_terebinthus</i> 10
59	<i>Urtica_dioica</i> 14	65	<i>Trifolium_stellatum</i> 10
59	<i>Poa_pratensis</i> 11	65	<i>Thymus_vulgaris</i> 10
59	<i>Sonchus_oleraceus</i> 14	65	<i>Rorippa_nasturtium-aquaticum</i> 16
59	<i>Crataegus_monogyna</i> 11	65	<i>Pistacia_terebinthus</i> 13
59	<i>Rubus_ulmifolius</i> 11	65	<i>Papaver_rhoeas</i> 13
59	<i>Prunus_mahaleb</i> 11	65	<i>Trifolium_tomentosum</i> 13
59	<i>Cichorium_intybus</i> 14	74	<i>Ribes_alpinum</i> 10
59	<i>Medicago_minima</i> 11	74	<i>Trifolium_pratense</i> 13
59	<i>Rubus_ulmifolius</i> 14	74	<i>Prunus_prostrata</i> 13
59	<i>Hypericum_perforatum</i> 14	74	<i>Rosa_pouzinii</i> 13
59	<i>Rosa_pouzinii</i> 14	74	<i>Crataegus_monogyna</i> 13
59	<i>Rosa_pouzinii</i> 10	74	<i>Trifolium_pratense</i> 10
64	<i>Aegilops_geniculata</i> 13	74	<i>Agrostis_stolonifera</i> 13
64	<i>Hypericum_perforatum</i> 10	74	<i>Astragalus_glaux</i> 13
64	<i>Hypericum_perforatum</i> 13	74	<i>Rubus_ulmifolius</i> 13
64	<i>Trifolium_scabrum</i> 13	74	<i>Bryonia_dioica</i> 10
64	<i>Thymus_orspedanus</i> 4	74	<i>Trifolium_campestre</i> 13
64	<i>Medicago_doliata</i> 13	74	<i>Medicago_lupulina</i> 10
64	<i>Hypericum_perforatum</i> 4	74	<i>Silene_vulgaris</i> 13
64	<i>Vitis_vinifera</i> 7	74	<i>Lolium_perenne</i> 10
64	<i>Trifolium_subterraneum</i> 13	74	<i>Trifolium_pratense</i> 10
64	<i>Hypericum_perforatum</i> 7	74	<i>Lolium_rigidum</i> 13

64	<i>Aegilops_geniculata</i> 13	74	<i>Phleum_pratense</i> 10
64	<i>Asparagus_acutifolius</i> 7	74	<i>Rosa_sicula</i> 10
64	<i>Lactuca_tenerrima</i> 13	74	<i>Lotus_corniculatus</i> 10
64	<i>Trifolium_campestre</i> 13	74	<i>Agrostis_castellana</i> 13
64	<i>Trifolium_scabrum</i> 4	74	<i>Trifolium_pratense</i> 13
64	<i>Agrostis_stolonifera</i> 4		