



**Universidad de Jaén**

Escuela de Doctorado

**FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES:  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA ANIMAL, VEGETAL Y  
ECOLOGÍA.**

**TESIS DOCTORAL**

**INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN  
LA VEGETACIÓN ANDALUZA: ESPECIAL  
REFERENCIA A LOS HÁBITATS DE INTERÉS  
COMUNITARIO.**

**PRESENTADA POR:  
JOSÉ CARLOS PIÑAR FUENTES**

**DIRIGIDA POR:  
DR. CAT. D. EUSEBIO CANO CARMONA  
DRA. D. ANA CANO ORTIZ  
DRA. D. SARA DEL RIO GONZÁLEZ**

**JAÉN, 30 de diciembre de 2022**

**ISBN**





**UNIVERSIDAD DE JAÉN**

**INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA  
VEGETACIÓN ANDALUZA: ESPECIAL REFERENCIA A  
LOS HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO.**

Memoria presentada por el Licenciado en Biología José Carlos  
Piñar Fuentes para optar al título de Doctor por la Universidad de  
Jaén, con la Mención de Doctorado Internacional.

José Carlos Piñar Fuentes

Esta tesis ha sido realizada bajo la dirección  
de:

Dr. Cat. D. Eusebio Cano Carmona

Dra. Dña. Ana Cano Ortiz

Dra. Dña. Sara del Rio González

*Programa Oficial de Doctorado en Ciencia y Tecnología de la Tierra y del Medio Ambiente*







# UNIVERSIDAD DE JAÉN

Dr. Eusebio Cano Carmona, Catedrático de Botánica, Dra. Ana Cano Ortiz y Dra. Sara del Río González, profesora titular del departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental de la Universidad de León

## CERTIFICAN:

Que el trabajo recogido en la presente memoria, titulada “*Influencia del cambio climático en la vegetación andaluza: especial referencia a los hábitats de interés comunitario.*” presentada por José Carlos Piñar Fuentes, ha sido realizado bajo nuestra dirección y autorizamos su presentación y defensa para optar al grado de Doctor por la Universidad de Jaén, con la Mención de Doctorado Internacional.

Jaén, diciembre de 2022

Dr. Eusebio Cano Carmona

Dra. Ana Cano Ortiz

Dra. Sara del Río González







---

*La mayor sinfonía jamás escrita es la Naturaleza, llena de vida, perfecta, armónica y frágil. Es por tanto misión de todos cuidarla para que se escuche por siempre.*

*The greatest symphony ever written is Nature, full of life, perfect, harmonious and fragile. It is therefore everyone's mission to take care of it so that it can be heard forever.*



*Comienzo de la "Sinfonía del Nuevo Mundo", Antonín Dvořák*

---

---

## **Agradecimientos**

Durante la realización de esta Tesis Doctoral, siempre he tenido y tengo, buena gente a mi alrededor, gente a la que agradecer y mostrar mi más sincera gratitud, y que, de una manera u otra, me han hecho crecer como investigador, y más importante aún, como persona.

En primer lugar, agradecer al Dr. Catedrático Eusebio Cano Carmona, por abrirme las puertas, animarme hace años a iniciar esta empresa; siempre atento, cercano, y con un consejo. No solo ha sido un director, científico riguroso y maestro, si no como mi segundo padre, compartiendo para lo que un geobotánico es nuestro laboratorio, el campo, la naturaleza, y sus maravillas.

Por otro lado, cabe destacar a mi tutora de Tesis Dra. Ana Cano Ortiz, investigadora implacable de la cual he recibido directrices, guías, consejos y su sabiduría y rigor.

También agradecer la Dra. Sara del Río, Dr. Carmelo Musarella, Dr. Carlos Pinto y Dr. Ricardo Quinto – Canas por su cercanía, sabiduría, gentileza, investigadores de referencia, los cuales, sin sus aportaciones y recomendaciones, esta tesis quedaría incompleta.

A mi familia, a mis padres, Andrés y María, por estar siempre ahí, por apoyarme, por creer en mí y en lo que hago. A mis hermanos Andrés, Alberto y David, en especial a David, por darnos en esta dura pandemia que hemos atravesado un motivo para no

---

---

desfallecer en esta lucha, mi sobrino Darío. Motivo para seguir investigando sin aliento para que él, y las generaciones venideras, puedan seguir disfrutando de las maravillas de la Naturaleza.

A la música, por ser fiel compañera, por equilibrar el cuerpo y el alma, por ser mi contrapunto, mi vía de escape y por ayudarme a ver la elegancia, armonía y orden de la vida.

Por último, agradecer a mi tierra, Cazorla, inmejorable lugar, por ser estímulo para ser lo que soy, un apasionado de la Naturaleza, y por ser un motivo e inspiración para continuar esta ardua labor.

---





---

## **Abstract**

The 55 climatophilous habitats of a climatological nature present in Andalusia (southern Spain) are analysed and characterised. Two databases have been created for this purpose, one with information from 5479 vegetation inventories taken from the literature and 227 own inventories, which have been homogenised and the nomenclature adapted to the published floras or monographs that have been considered appropriate. The other large database is based on climatic information from 3988 meteorological stations. From the climatic data, on the one hand, a model of precipitation and temperature trends, seasonal and annual, for the period 1980 - 2019 was elaborated, and on the other hand, the territory was bioclimatically characterised using the Rivas-Martínez bioclimatic model.

Based on the information obtained from the bioclimatic characterisation of the territory, the information relating to the habitat sampling was implemented in a Geographic Information System (GIS), and then, from the georeferencing of these samples, a database of plant communities associated with edaphic and bioclimatic parameters was obtained for their subsequent classification and bioclimatic and edaphic characterisation.

Based on the trend models obtained through the analysis of time series, projections were generated for 4 scenarios: current, 25, 50 and 100 years for the different bioclimatic parameters used.

---

Finally, using the MaxEnt maximum entropy algorithm, the probability of habitat suitability was modelled for each habitat and each of the scenarios, based on the edaphic and bioclimatic information for each of the scenarios.

The results show substantial changes in the favourable areas for most habitats for the different scenarios, the generalised positive trend in temperature and related bioclimatic indices, as well as the generalised negative trend in precipitation and associated bioclimatic indices, mean that the greatest risk of disappearance due to a reduction in the favourable area are deciduous formations, pinsapares, marcescent formations and, to a lesser extent, cork oak and holm oak groves. On the other hand, favourable scenarios are established for the more xerophilous formations such as pine groves, palm groves and arbutus groves.

Finally, the results establish that many plant communities will change their characteristic floristic composition, even if the main species remain the same or the most dominant ones.

This work can be a tool for the conservation and identification of the climatic pressure to which many habitats covered by the Habitat Directive are subjected. Future improvements in the knowledge of climate, global warming scenarios, as well as habitats, will allow mankind to generate adequate tools for their conservation in the future.

---

## Resumen

Se analizan y caracterizan los 55 hábitat climatófilos de carácter climácico presentes en Andalucía (sur de España), para ello se elaboran dos bases de datos, una con la información relativa de 5479 inventarios de vegetación tomados de bibliografía y 227 inventarios propios, los cuales se han homogeneizado y adaptado la nomenclatura a las floras o monografías publicadas que se han considerados oportunas. La otra gran base de datos se ha conformado a partir de la información climática de 3988 estaciones meteorológicas. A partir de los datos climáticos se elaboró, por un lado, un modelo de tendencias de precipitaciones y temperaturas mensuales, estacionales y anuales, para el periodo 1980 – 2019, por otro lado, se caracterizó bioclimáticamente el territorio a partir del modelo bioclimático de Rivas – Martínez.

A partir de la información obtenida de la caracterización bioclimática del territorio, se implementó en un Sistema de Información Geográfica (SIG) la información relativa a los muestreos de los hábitats, para a continuación, a partir de la georreferenciación de estos muestreos, obtener de una base de datos de comunidades vegetales asociada a parámetros edáficos y bioclimáticos para su posterior clasificación y caracterización bioclimática y edáfica.

A partir de los modelos de tendencia obtenidos mediante el análisis de series temporales, se generaron las proyecciones de 4 escenarios: actual, 25, 50 y 100 años vista de los diferentes parámetros bioclimáticos utilizados.

---

Por último, mediante el algoritmo de máxima entropía MaxEnt, se modelizó para cada hábitat y cada uno de los escenarios, la probabilidad de idoneidad de hábitat a partir de la información edáfica y bioclimática de cada uno de los escenarios.

Los resultados arrojan cambios sustanciales en las áreas favorables para la mayoría de hábitats para los diferentes escenarios, la tendencia positiva generalizada en la temperatura y en los índices bioclimáticos relacionados con ella, así como la tendencia negativa generalizada de las precipitaciones, así como los índices bioclimáticos asociados, prevén que el mayor riesgo de desaparición por reducción del área favorable, son las formaciones caducifolias, pinsapares, formaciones marcescentes y en menor medida alcornoques y encinares. Por otro lado, se establecen escenarios favorables para las formaciones más xerófilas como pinares, palmitares o artales.

Por último, los resultados establecen que muchas comunidades vegetales, cambiarán su composición florística característica, aunque las especies directrices se mantengan o más dominantes se mantengan.

Este trabajo puede suponer una herramienta de cara a la conservación e identificación de la presión climática a la que están sometidos multitud de hábitats contemplados en la Directiva Hábitat. Futuras mejoras en el conocimiento del clima, de escenarios de calentamiento global, así como de los hábitats, permitirá a la humanidad generar herramientas adecuadas para su conservación en el futuro.

---

# Contenido.

---

Capítulo 1 .....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes. ....	5
1.2.1. Calentamiento global y cambio climático.....	13
1.2.2. Bioclimatología.....	19
1.2.3. Biogeografía y Paleobiogeografía. ....	33
1.2.4. Directiva Hábitats y Red Natura 2000. ....	35
1.3. Objetivos.....	41
1.4. Material y métodos.....	45
1.4.1. El medio físico de Andalucía.....	45
1.4.2. Geología de Andalucía. ....	55
1.4.3. Edafología de Andalucía. ....	59
1.4.4. Componentes climáticos de Andalucía.....	71
1.4.5. Rasgos biogeográficos de Andalucía.....	80
1.4.6. Compilación y tratamiento de datos.....	86

---

1.4.7. Bioclimatología de Andalucía.....	112
1.4.8. Hábitats y series de vegetación de Andalucía.....	132
1.5. Resultados y discusión.....	201
1.5.1. Temperaturas y precipitaciones.....	201
1.5.2. Parámetros bioclimáticos.....	207
1.5.3. Cambio en los hábitats.....	219
1.6. Conclusiones.....	395
Capítulo 2.....	399
2.1. Bioclimatology, Structure, and Conservation Perspectives of <i>Quercus pyrenaica</i> , <i>Acer opalus</i> subsp. <i>Granatensis</i> , and <i>Corylus avellana</i> Deciduous Forests on Mediterranean Bioclimate in the South – Central Part of the Iberian Peninsula.....	400
2.2. Geobotanical Study of the Microforests of <i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>badia</i> in the Central and Southern Iberian Peninsula.....	402
2.3. Forest and Arborescent Scrub Habitats of Special Interest for SCIs in Central Spain.....	404
2.4. Cork Oak Vegetation Series of Southwestern Iberian Peninsula: Diversity and Ecosystem Services.....	406
2.5. Rupicolous habitats of interest for conservation in the central – southern Iberian península.....	408

---

2.6. Analysis of the Relationship Between Bioclimatology and Sustainable Development.....	410
2.7. Taxonomy, Ecology and Distribution of <i>Juniperus oxycedrus</i> L. Group in the Mediterranean Basin Using Bioclimatic, Phytochemical and Morphometric Approaches, with Special Reference to the Iberian Peninsula.....	412
2.8. <i>Quercus rotundifolia</i> Lam. Woodlands of the Southwestern Iberian Peninsula. ....	414
2.9. Mitigating Climate Change Through Bioclimatic Applications and Cultivation Techniques in Agriculture (Andalusia, Spain). ....	417
Capítulo 3.....	423





---

# Índice de figuras.

---

<b>Figura 1.</b> Porcentaje de anomalía en las principales variables climáticas. ....	6
<b>Figura 2:</b> Evolución en la emisión de CO <sub>2</sub> desde mediados del S. XIX hasta la actualidad. ....	16
<b>Figura 3:</b> Ejemplos de diagramas bioclimáticos de los 5 macrobioclimas del mundo. ....	23
<b>Figura 4:</b> a) Regiones biogeográficas contempladas en la Directiva Hábitats b) Red Natura 2000 en España. ....	37
<b>Figura 5:</b> Situación geográfica del área de estudio, Andalucía. ....	46
<b>Figura 6:</b> Principales unidades de relieve de Andalucía. ....	49
<b>Figura 7:</b> Red hidrográfica principal de Andalucía. ....	52
<b>Figura 8:</b> Proceso de formación de las principales unidades geológicas de Andalucía. ....	55
<b>Figura 9:</b> Principales unidades geológicas de Andalucía. ....	57
<b>Figura 10:</b> Mapa edáfico de Andalucía con los principales órdenes de suelos. (adaptado del mapa de suelos del Instituto Español de edafología 1:1.000.000. ....	70
<b>Figura 11:</b> Posición del anticiclón de las Azores (A) en la posición de verano y en la de invierno. ....	73

---

<b>Figura 12:</b> Depresión ciclónica de Islandia, como se observa, una posición baja del anticiclón de las Azores, permite la entrada de los frentes procedentes de esta zona de bajas presiones. ....	74
<b>Figura 13:</b> Centros de origen de las principales masas de aire que tienen influencia en Andalucía. ....	76
<b>Figura 14:</b> Esquema de un bloqueo en omega.....	78
<b>Figura 15:</b> Configuración de la situación en rombo, se aprecian los dos ramales de la corriente, además del meandro sobre los países escandinavos para encontrarse y chocar contra el otro ramal del sur.....	79
<b>Figura 16:</b> Distritos y sectores biogeográficos de Andalucía.entel .....	84
<b>Figura 17:</b> Distritos y sectores biogeográficos de Andalucía. ....	84
<b>Figura 18:</b> Distribución de las estaciones meteorológicas que presentaban más de 11 años.....	88
<b>Figura 19:</b> Esquema seguido para el tratamiento de los datos climáticos y series temporales. ....	90
<b>Figura 20:</b> Ejemplo de estación con menos de 11 años corregida con la estación más cercana utilizando una regresión lineal. ....	91
<b>Figura 21:</b> Ejemplo de árbol de decisión empleado para predecir, en este caso la TMAX del mes de enero a partir de las variables topográficas seleccionadas. ....	105
<b>Figura 22:</b> Ejemplo de gráficos de densidad de probabilidad para un escenario de predicción de MaxEnt. Obsérvese como la máxima probabilidad de encontrar una determinada especie (“Observed presences”), no se corresponde con el máximo pico la	

---

densidad de probabilidad del Background, ni con la curva de respuesta de la variable (“Response curve”), la predicción de la presencia (“Predicted presences”) máxima para esta especie en este ejemplo, se sitúa en el rango en torno a los 3° C de temperatura mínima del mes de julio. ....	111
<b>Figura 23:</b> Bioclimas presentes en Andalucía.....	115
<b>Figura 24:</b> Niveles de continentalidad presentes en Andalucía.....	119
<b>Figura 25:</b> Pisos bioclimáticos presentes en Andalucía.....	125
Figura 26: Ombrotipos presentes en Andalucía. ....	131
<b>Figura 27:</b> Área de distribución de los melojares (formaciones dominadas por <i>Quercus pyrenaica</i> en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica. ....	138
<b>Figura 28:</b> Área de distribución de los acerales y avellanares (formaciones dominadas por <i>Acer granatense</i> , y <i>Corylus avellana</i> ) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica. ....	142
<b>Figura 29:</b> Área de distribución de los quejigares (formaciones dominadas por <i>Q. broteroi</i> , <i>Q. faginea</i> y <i>Q. alpestris</i> ) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica. ....	148
<b>Figura 30:</b> Área de distribución de los quejigares andaluces (formaciones dominadas por <i>Quercus canariensis</i> ) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica. ....	152
<b>Figura 31:</b> Área de distribución de los acebuchares (formaciones dominadas por <i>Olea sylvestris</i> ) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica. ...	154

---

---

<b>Figura 32:</b> Área de distribución de los alcornoques (formaciones dominadas por <i>Quercus suber</i> ) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica. ....	161
<b>Figura 33:</b> Área de distribución de los encinares (formaciones dominadas por <i>Quercus rotundifolia</i> ) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica. ....	171
<b>Figura 34:</b> Área de distribución de los pinsapares (formaciones dominadas por <i>Abies pinsapo</i> ) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica. ....	174
<b>Figura 35:</b> Área de distribución de los pinares de alta montaña (formaciones dominadas por <i>Pinus nevadensis</i> y <i>Pinus latisquama</i> ) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica. ....	178
<b>Figura 36:</b> Área de distribución de los sabinares (formaciones dominadas por <i>Juniperus sabina</i> y <i>Juniperus thurifera</i> ) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica. ....	181
<b>Figura 37:</b> Área de distribución de los pinares (formaciones dominadas por <i>Pinus pinaster</i> subsp. <i>acutisquama</i> ) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica. ....	184
<b>Figura 38:</b> Área de distribución de los pinares (formaciones dominadas por <i>Pinus halepensis</i> ) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica. ....	188
<b>Figura 39:</b> Área de distribución de los enebrales y piornales (formaciones dominadas por <i>Juniperus communis</i> subsp. <i>hemisphaerica</i> , <i>Cytisus balansae</i> subsp. <i>nevadensis</i> y <i>Genista versicolos</i> ) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica. ....	191

---

<b>Figura 40:</b> Área de distribución de los artales y cornicales (formaciones dominadas por <i>Ziziphus lotus</i> , <i>Maytenus europaeus</i> y <i>Periploca laevigata</i> subsp. <i>angustifolia</i> ) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica. ....	195
<b>Figura 41:</b> Área de distribución de los palmitares (formaciones dominadas por <i>Chamaerops humilis</i> ) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica. ....	197
<b>Figura 42:</b> Área de distribución de los pastizales psicroxerófilos (formaciones dominadas por <i>Festuca clementei</i> ) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica. ....	199
<b>Figura 43:</b> Porcentaje de estaciones que muestran una tendencia positiva estadísticamente significativa al 95% de confianza (Sig. +), negativa (Sig. -) o no presentan una tendencia significativa (No Sig.).....	201
<b>Figura 44</b> Porcentaje de estaciones de precipitación que muestran una tendencia positiva estadísticamente significativa al 95% de confianza (Sig. +), negativa (Sig. -) o no presentan una tendencia significativa (No Sig.).....	206
<b>Figura 45:</b> Distribución espacial de los bioclimas presentes en Andalucía, presentes y proyectados. ....	208
<b>Figura 46:</b> Distribución espacial de los diferentes niveles de continentalidad de Andalucía actuales y proyectados. ....	210
<b>Figura 47:</b> Distribución espacial de los diferentes pisos termoclimáticos de Andalucía actuales y proyectados. ....	214

---

<b>Figura 48:</b> Distribución espacial de los diferentes pisos ombroclimáticos de Andalucía actuales y proyectados. ....	217
<b>Figura 49:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de <i>Arisaro vulgare-Quercetum pyrenaicae</i> . ....	225
<b>Figura 50:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de <i>Adenocarpus decorticans - Quercetum pyrenaicae</i> . ....	227
<b>Figura 51:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de <i>Arbutus unedo - Quercetum pyrenaicae</i> . ....	229
<b>Figura 52:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de <i>Berberis hispanica - Quercetum pyrenaicae</i> . ....	231
<b>Figura 53:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de <i>Luzula baetica - Quercetum pyrenaicae</i> . ....	233
<b>Figura 54:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de <i>Sorbus torminalis - Quercetum pyrenaicae</i> . ....	235

---

<b>Figura 55:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de <i>Daphno latifoliae</i> – <i>Aceretum granatensis</i> .....	241
<b>Figura 56:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de <i>Berberido hispanicae</i> – <i>Aceretum granatensis</i> .....	243
<b>Figura 57:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de <i>Geo urbani</i> – <i>Coryletum avellanae</i> .....	245
<b>Figura 58:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de <i>Viburno tini</i> – <i>Quercetum alpestris</i> .....	249
<b>Figura 59:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de <i>Berberido hispanicae</i> – <i>Quercetum alpestris</i> .....	251
<b>Figura 60:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de <i>Vinco difformis</i> – <i>Quercetum fagineae</i> .....	253
<b>Figura 61:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de <i>Oleo sylvestris</i> – <i>Quercetum broteori</i> .....	257

---

<b>Figura 62:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de <i>Pistacio terebinthi</i> – <i>Quercetum broteori</i> .....	259
<b>Figura 63:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de <i>Pyro bourgaeanae</i> – <i>Quercetum broteori</i> .....	261
<b>Figura 64:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de <i>Doronico plantaginei</i> – <i>Quercetum canariensis</i> .....	263
<b>Figura 65:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de <i>Euphorbio monchiquensis</i> – <i>Quercetum canariensis</i> .....	265
<b>Figura 66:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de <i>Rusco hypophylli</i> – <i>Quercetum canariensis</i> .....	267
<b>Figura 67:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los acebuchares verticolas de <i>Aro neglecti</i> – <i>Oleetum sylvestris</i> . ....	273
<b>Figura 68:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornocales de <i>Adenocarpo decorticans</i> – <i>Quercetum suberis</i> .....	279



---

<b>Figura 69:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornoques de <i>Aro neglecti</i> – <i>Quercetum suberis</i> . .....	281
<b>Figura 70:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornoques de <i>Centaureo sempervirentis</i> – <i>Quercetum suberis</i> . .....	283
<b>Figura 71:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornoques de <i>Lavandulo viridis</i> – <i>Quercetum suberis</i> . .....	285
<b>Figura 72:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornoques de <i>Oleo sylvestris</i> – <i>Quercetum suberis</i> .....	287
<b>Figura 73:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornoques de <i>Sanguisorbo hybridae</i> – <i>Quercetum suberis</i> . .....	289
<b>Figura 74:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornoques de <i>Teucrio baetici</i> – <i>Quercetum suberis</i> . .....	291
<b>Figura 75:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornoques de <i>Asparago acutifoliae</i> – <i>Quercetum rotundifoliae</i> .....	297

---

**Figura 76:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornocales de *Adenocarpus decorticans* – *Quercetum rotundifoliae*. .299

**Figura 77:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornocales de *Berberis hispanica* – *Quercetum rotundifoliae*.....301

**Figura 78:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornocales de *Myrica communis*– *Quercetum rotundifoliae*.....303

**Figura 79:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornocales de *Pyro bourgaeanae*– *Quercetum rotundifoliae*.....305

**Figura 80:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornocales de *Paeonia coriacea* – *Quercetum rotundifoliae* .....307

**Figura 81:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornocales de *Rhamnus laderoi* – *Quercetum rotundifoliae*.....309

**Figura 82:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornocales de *Rhamnus oleoides* – *Quercetum rotundifoliae*.....311

---

<b>Figura 83:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornocales de <i>Rubio longifoliae</i> – <i>Quercetum rotundifoliae</i> .....	313
<b>Figura 84:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinsapares de <i>Bunio macucae</i> – <i>Abietetum pinsapo</i> .....	319
<b>Figura 85:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinsapares de <i>Paeonio broteri</i> – <i>Abietetum pinsapo</i> .....	321
<b>Figura 86:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinares de <i>Avenello ibericae</i> – <i>Pinetum nevadensis</i> .....	327
<b>Figura 87:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinares de <i>Daphno oleoidis</i> – <i>Pinetum nevadensis</i> .....	329
<b>Figura 88:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinares de <i>Junipero sabiniae</i> – <i>Pinetum latisquamae</i> .....	331
<b>Figura 89:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los sabinares de <i>Astragalo granatensis</i> – <i>Juniperetum sabiniae</i> .....	339

---

<b>Figura 90:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los sabinares de <i>Rhamno infectoriae – Juniperetum sabiniae</i> .....	341
<b>Figura 91:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los sabinares de <i>Berberido hispanicae – Juniperetum thuriferae</i> .....	343
<b>Figura 92:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinares de <i>Pinetum acutisquamae</i> . ....	351
<b>Figura 93:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinares de <i>Quercu cocciferae – Pinetum pinastri</i> . ....	353
<b>Figura 94:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinares de <i>Ephedro fragilis – Pinetum halepensis</i> .....	357
<b>Figura 95:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinares de <i>Quercu cocciferae – Pinetum halepensis</i> . ....	359
<b>Figura 96:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinares de <i>Rhamno almeriensis – Pinetum halepensis</i> . ....	361

---

<b>Figura 97:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los piornales de <i>Genisto versicoloris</i> – <i>Cytisetum nevadensis</i> . .....	367
<b>Figura 98:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los enebrales de <i>Genisto versicoloris</i> – <i>Juniperetum hemisfaericae</i> . .....	369
<b>Figura 99:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los artales de <i>Oleo sylvestris</i> – <i>Maytenetum europaei</i> . .....	375
<b>Figura 100:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los cornicales de <i>Mayteno europaei</i> – <i>Periplocetum angustifoliae</i> .....	377
<b>Figura 101:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los artales de <i>Ziziphetum loti</i> .....	379
<b>Figura 102:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los artales de <i>Zizipho loti</i> – <i>Maytenetum europaei</i> . .....	381
<b>Figura 103:</b> Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los palmitares de <i>Chamaeropo humilis</i> – <i>Rhamnetum lycioides</i> . .....	387

---

**Figura 104:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pastizales de alta montaña de *Erigeronto frigidi – Festucetum clementei*.  
.....393

---

# Índice de Tablas.

---

<b>Tabla 1:</b> Macrobioclimas, bioclimas y variantes bioclimáticas de la clasificación bioclimática de Rivas Martínez. ....	26
<b>Tabla 2:</b> Tipos y niveles de continentalidad (Ic) contemplados. ....	28
<b>Tabla 3:</b> Tipos ombrotérmicos reconocidos. ....	29
<b>Tabla 4:</b> Valores de C para compensar el índice de termicidad. ....	31
<b>Tabla 5:</b> Pisos bioclimáticos establecidos en función de los valores de I <sub>tc</sub> y T <sub>p</sub> ...	31
<b>Tabla 6:</b> Número de inventarios utilizados para cada una de las asociaciones o hábitats estudiados. ....	92
<b>Tabla 7:</b> Variables explicativas utilizadas en las diversas técnicas de interpolación utilizadas. ....	102
<b>Tabla 8:</b> coeficientes de correlación (R <sup>2</sup> ) y P – valor de los modelos de regresión múltiple efectuados para la estimación de las variables de Temperatura máxima (TMAX), Temperatura mínima (TMIN), Temperatura media y Precipitación (PREC) para cada uno de los meses. ....	103
<b>Tabla 9:</b> Área y ocupación de los tipos y subtipos de continentalidad presentes en Andalucía. ....	117
<b>Tabla 10:</b> Área y ocupación de los termotipos presentes en Andalucía. ....	121

---

<b>Tabla 11:</b> Área y ocupación de los ombrotipos presentes en Andalucía. ....	127
<b>Tabla 12:</b> Ocupación y diferencias de ocupación de los bioclimas de Andalucía en los diferentes escenarios proyectados.....	209
<b>Tabla 13:</b> Ocupación y diferencias de ocupación de los bioclimas de Andalucía en los diferentes escenarios proyectados.....	211
<b>Tabla 14:</b> Ocupación y diferencias de ocupación de los pisos termoclimáticos de Andalucía en los diferentes escenarios proyectados.....	213
<b>Tabla 15:</b> Ocupación y diferencias de ocupación de los pisos ombroclimáticos de Andalucía en los diferentes escenarios proyectados.....	217
<b>Tabla 16:</b> Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de <i>Quercus pyrenaica</i> presentes en Andalucía. AvQp = <i>Arisaro vulgare</i> – <i>Quercetum pyrenaicae</i> , AdQp = <i>Adenocarpo decorticantis</i> – <i>Quercetum pyrenaicae</i> , AuQp = <i>Arbuto unedi</i> – <i>Quercetum pyrenaicae</i> , BhQp = <i>Berberido hispanicae</i> – <i>Quercetum pyrenaicae</i> , LbQp = <i>Luzulo baeticae</i> – <i>Quercetum pyrenaicae</i> y StQp = <i>Sorbo torminalis</i> – <i>Quercetum pyrenaicae</i> .....	222
<b>Tabla 17:</b> Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los melojares (Formaciones de <i>Quercus pyrenaica</i> ) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía.....	236
<b>Tabla 18:</b> Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de <i>Acer opalus</i> subsp. <i>granatensis</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Quercus faginea</i> sl., <i>Quercus broteroi</i> y <i>Quercus canariensis</i> presentes en Andalucía. DIAg = <i>Daphno latifoliae</i> –	

---



---

*Aceretum granatensis*, BhAg = *Berberido hispanicae* – *Aceretum granatensis*, GuCa = *Geo urbani* – *Coryletum avellanae*, VtQa = *Viburno tini* – *Quercetum alpestris*, BhQa = *Berberido hispanicae* – *Quercetum alpestris*, VdQf = *Vinco difformis* – *Quercetum fagineae*, OsQb = *Oleo sylvestris* – *Quercetum broteroi*, PtQb = *Pistacio terebintji* – *Quercetum broteroi*, PbQb = *Pyro bourgaeanae* – *Quercetum broteroi*, DpQc = *Doronico plantaginei* – *Quercetum canariensis*, EmQc = *Euphorbio monchiquensis* – *Quercetum canariensis* y RhQc = *Rusco hypophylli* – *Quercetum canariensis* .....238

**Tabla 19:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los acerales y avellanares (Formaciones de *Acer opalus* subsp. *granatense* y *Corylus avellana*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía.....246

**Tabla 20:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los quejigares enciniegos (Formaciones de *Quercus faginea* sl.) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía .....254

**Tabla 21:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los quejigares y quejigares morunos (Formaciones de *Quercus broteroi* y *Quercus canariensis*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía.....268

---

**Tabla 22:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Olea europaea* subsp. *sylvestris* climatófilas presentes en Andalucía. AnOs = *Aro neglecti* – *Oleetum sylvestris*. .....270

**Tabla 23:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los acebuchares vertícolas (Formaciones de *Olea europea* subsp. *sylvestris*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía .....274

**Tabla 24:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Quercus suber* presentes en Andalucía. AdQs = *Adenocarpo decorticantis* – *Quercetum suberis*, AnQs = *Aro neglecti* – *Quercetum suberis*, CsQs = *Centaureo sempervirentis* – *Quercetum suberis*, LvQs = *Lavandulo viridis* – *Quercetum suberis*, OsQs = *Oleo sylvestris* – *Quercetum suberis*, ShQs = *Sanguisorbo hybridae* – *Quercetum suberis* .....275

**Tabla 25:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los alcornoques (Formaciones de *Quercus suber*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía.....291

**Tabla 26:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los encinares (Formaciones de *Quercus rotundifolia*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía.....314

---

**Tabla 27:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Abies pinsapo* presentes en Andalucía. BmAp = *Bunio macucae* – *Abietetum pinsapo*, PbAp = *Paeonio broteri* – *Abietetum pinsapo*.....315

**Tabla 28:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los pinsapares (Formaciones de *Abies pinsapo*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía.....322

**Tabla 29:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Pinus sylvestris* subsp. *nevadensis* y *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* climatófilas presentes en Andalucía. AiPn = *Avenello ibericae* – *Pinetum nevadensis*, DoPn = *Daphno oleoidis* – *Pinetum nevadensis*, JsPl = *Junipero sabinæ* – *Pinetum latisquamæ* .....323

**Tabla 30:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los pinares (Formaciones de *Pinus sylvestris* subsp. *nevadensis* y *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía.....332

**Tabla 31:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Juniperus sabinæ* *Juniperus thurifera* presentes en Andalucía. AgJs = *Astragalo granatensis* – *Juniperetum sabinæ*, RiJs = *Rhamno infectoriae* – *Juniperetum sabinæ*, BhJt = *Berberido hispanicae* – *Juniperetum thuriferae* .....335

---

**Tabla 32:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los sabinares (Formaciones de *Juniperus sabina* y *Juniperus thurifera*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía .....344

**Tabla 33:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Pinus pinaster* subsp. *acutisquama* climatófilas presentes en Andalucía. QcPp = *Quercus cocciferae* – *Pinetum acutisquamae*, PiAc = *Pinetum acutisquamae*.....346

**Tabla 34:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Pinus halepensis* climatófilas presentes en Andalucía. EfPh = *Ephedro fragilis* – *Pinetum halepensis*, QcPh = *Quercus cocciferae* – *Pinetum halepensis*, RaPh = *Rhamnus almeriensis* – *Pinetum halepensis* .....347

**Tabla 35:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los pinares (Formaciones de *Pinus pinaster* subsp. *acutisquama*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía .....354

**Tabla 36:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los pinares (Formaciones de *Pinus halepensis*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía.....362

**Tabla 37:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Genista versicolor* y *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica* presentes en

---

Andalucía. GvCn = *Genisto versicoloris* – *Cytisetum nevadensis*, GvJh = *Genisto versicoloris* – *Juniperetum hemisphaericae* .....364

**Tabla 38:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los piornales y enebrales (Formaciones de *Cytisus nevadensis* y *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía .....370

**Tabla 39:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Maytenus senegalensis* subsp. *europaeus*, *Ziziphus lotus* y *Periploca laevigata* subsp. *angustifolia*, presentes en Andalucía. OsMe = *Oleo sylvestris* – *Maytenetum europaei*, MePa = *Mayteno europaei* – *Periplocetum angustifoliae*, ZiLo = *Ziziphetum loti*, ZlMe = *Zizipho loti* – *Maytenetum europaei* .....371

**Tabla 40:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los artales y cornicales (Formaciones de *Maytenus senegalensis* subsp. *europaeus*, *Ziziphus lotus* y *Periploca laevigata* subsp. *angustifolia*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía .....382

**Tabla 41:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Chamaerops humilis* presentes en Andalucía. ChRl = *Chamaeropo humilis* – *Rhamnetum lycioides* .....384

**Tabla 42:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los palmitares

---

(Formaciones de *Chamaerops humilis*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía.....388

**Tabla 43:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de los pastizales de *Festuca clementei* presentes en Andalucía. EfFc = *Erigeronto frigidii* – *Festucetum clementei*. .....389

**Tabla 44:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los pastizales de alta montaña (Formaciones de *Festuca clementei*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía .....394

# Memoria.

---

## 1.1. Introducción.

La presente memoria de esta tesis doctoral tiene como objetivo principal, conocer el impacto que tiene el cambio en las temperaturas y precipitaciones en los hábitats boscosos de la región de Andalucía a partir de su caracterización bioclimática actual, y la posterior proyección de diferentes modelos a 25, 50 y 100 años. Modelando la probabilidad de ocurrencia de dichos hábitats en función de los cambios en las diferentes variables bioclimáticas que caracterizan a cada una de las series de vegetación climatófilas que conforman estos hábitats

El calentamiento global, es un hecho más que constatado a nivel mundial, y sus efectos se vienen reflejando en los diferentes ecosistemas de manera irremediable a priori, con el actual panorama social y económico [1]. El calentamiento global acelerado por la influencia humana, es un tema de actualidad en nuestra sociedad, observándose cambios tanto en las tendencias de las precipitaciones como en las temperaturas. Esto acarrea problemas agronómicos, sanitarios y económicos, que difícilmente se pueden estimar a día de hoy, pero cuyas consecuencias estamos ya padeciendo [2].

## 1.1. Introducción

---

Hoy día no cabe duda que el aumento en la atmósfera de los gases de efecto invernadero a causa de la actividad humana, y su efecto en el clima, es un hecho más que probado por estudios científicos en todo el mundo [1, 3, 4], así como de su correlación con el aumento de las temperaturas mínimas, que se incrementan de manera más rápida que las temperaturas máximas [5, 6], por lo que la amplitud o diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas va disminuyendo desde finales del siglo XIX [7].

Uno de los efectos más directos que esta perturbación en las temperaturas tiene, es la alteración en el régimen de precipitaciones. En España, las precipitaciones anuales han descendido cerca de un 11% desde 1961 hasta 2006 [8], siendo este descenso generalizado, aunque existen diferentes zonas, con una alta disparidad, donde este comportamiento incluso se puede invertir. [9, 10].

La península ibérica, debido a la enorme diversidad de relieves, geologías, sumado a la heterogeneidad climática y bioclimática, así como a la historia evolutiva y paleoclimática [11], ofrece una enorme diversidad florística, que incluye unos 8882 taxones dispuestos en 212 familias, 1399 géneros, 7069 especies y 1813 subespecies [12]. De los cuales más 500 son endémicos del territorio Andaluz [13, 14]. Y que, en Andalucía, aglutinan a más de medio centenar de comunidades vegetales climáticas (superando la centena de hábitats climáticos climatófilos si se tienen en cuenta las subasociaciones y variantes) [15].



Esta enorme diversidad taxonómica y sintaxonómica, va de la mano de la diversidad paisajística y biogeográfica que caracterizan al territorio andaluz. Debido a esto, la influencia del calentamiento global acelerado actúa de una manera u otra dependiendo del tipo de hábitat [16]. Condicionando en gran medida la evolución futura de muchos de estos hábitats presentes en Andalucía. Comunidades vegetales de gran interés por su exclusividad y fragilidad frente al calentamiento global.



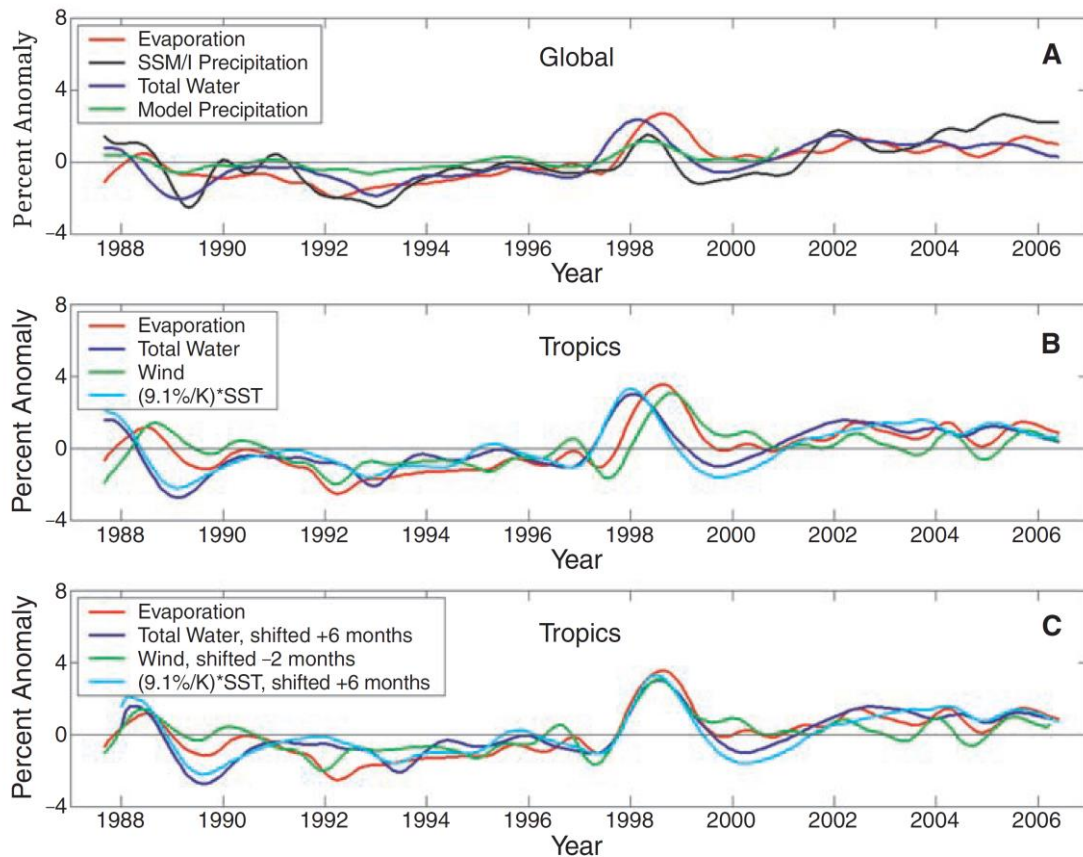
## 1.2. Antecedentes.

Desde los primeros estudios sobre la evolución de las precipitaciones, en los cuales se empieza a relacionar el aumento de las temperaturas con el incremento de las precipitaciones a escala global [17-20]. Diversos estudios correlacionan las lluvias torrenciales y tormentas tropicales [21], las que en mayor medida son causadas por un aumento en las temperaturas [22]. Además, estos estudios analizan las anomalías atmosféricas que causan las alteraciones en los regímenes de lluvias.

No cabe duda de la relación temperatura/precipitación, y como el calentamiento global está haciendo aumentar las precipitaciones hasta el orden de un 1 – 3% por cada Kelvin [23] **Figura 1**, pero no de manera homogénea por igual en todo el planeta, sino que estos aumentos se localizan de manera más acusada en las zonas ecuatoriales (franja constituida entre la latitud 23° N y S), y no en las extratropicales más alejadas del ecuador terrestre [24].

Ahora bien, existen discrepancias sobre cómo este aumento de los gases de efecto invernadero (principalmente CO<sub>2</sub> producido por la actividad industrial desde el siglo XIX), puede estar relacionado con un aumento de las temperaturas medias globales, y estas a su vez con los cambios en el régimen de lluvias en todo el mundo, o si, por el contrario, se deben a fluctuaciones en los ciclos del Carbono, [25, 26].

## 1.2. Antecedentes



**Figura 1.** Porcentaje de anomalía en las principales variables climáticas.

De hecho, no es el  $\text{CO}_2$  el único gas de efecto invernadero, hay emisiones que contribuyen por igual que el  $\text{CO}_2$  al calentamiento global como el  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{SF}_6$ ; pero cuyo volumen de emisión es mucho menor al del  $\text{CO}_2$  [27], estos gases no se tenían en cuenta hasta principios de la década de 1970 [28].

Estas emisiones, que también se han relacionado con la alteración de las corrientes marinas, provocadas por el deshielo y el aumento de las temperaturas en eras pasadas[29-31], pone en duda hasta qué punto el ser humano puede ser el causante de una mayor emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera y por tanto causante del calentamiento global.

En cuanto a la Península Ibérica, diversos estudios se han venido realizando sobre las tendencias en precipitaciones y temperatura desde hace ya varias décadas [8, 32-35], en donde se registran descensos en el régimen de lluvias durante los meses de invierno y parte de la primavera [32], por el contrario, el mes de octubre es el mes en el que más aumentan las precipitaciones.

A nivel anual el descenso de las precipitaciones se aprecia en el 11% del territorio español de manera significativa [8]. Andalucía, por su ubicación geográfica, es la conexión entre el océano Atlántico y el mar Mediterráneo, y, por tanto, la influencia y relaciones de estos sobre el clima de la región es más que evidente. A esto hay que sumarle además de ser una de las regiones situada más al sur del continente europeo, junto con el sur de Italia [36], la enorme diversidad de unidades de relieve la cual presenta altas cordilleras que hacen de barrera a las borrascas Atlánticas [37, 38].

De entre los factores que pueden influir en el régimen de precipitaciones, cabe destacar la influencia tanto del océano Atlántico Norte (NAO), con el desplazamiento del anticiclón de las Azores, así como del mar Mediterráneo occidental (WeMO), sobre todo este último a la hora de explicar las precipitaciones de verano [39-43]. En cuanto a las temperaturas, estudios realizados sobre Península Ibérica, a diferentes escalas climáticas y regionales, a lo largo de la historia, han ido dilucidando un incremento de las temperaturas en todo el territorio español, como [44-48] y concretamente [49, 50] para el Sur y la región de Andalucía.

## 1.2. Antecedentes

---

Por tanto, estos lugares son los escenarios privilegiados desde el punto de vista geográfico, al estar ubicados en el límite entre el mundo tropical y el mundo templado, para poner de manifiesto los efectos en el clima del calentamiento global acelerado y el avance de la desertización. Siendo por tanto las regiones de Europa más vulnerables a este hecho [51, 52].

Así como los territorios se comportan de manera diferente en respuesta al clima general, el tipo de sustrato y la topografía del terreno [53], en este sentido la bioclimatología juega un papel crucial. La bioclimatología se define como: *la ciencia geobotánica que estudia la reciprocidad entre el clima y la distribución de los cuerpos vivos y sus comunidades en la Tierra*. Esta disciplina, también llamada fitoclimatología, comenzó a estructurarse como resultado de la conexión de los valores numéricos del clima (temperaturas y precipitaciones) con las áreas de distribución de especies vegetales, comunidades de plantas, ecosistemas y biomas [54]. Estos factores anteriormente expuestos, tienen su influencia directa en la vegetación. La combinación conjunta de sequía y sombra, conduce de manera intuitiva a una mayor fotoinhibición que una situación de déficit hídrico y sol [55], lo que afecta drásticamente el reclutamiento de plantas y la regeneración de las comunidades boscosas naturales. Esto, se puede relacionar en parte con el oscurecimiento que está causando el incremento de la temperatura a nivel global (por exceso de nubosidad en la atmósfera). La disminución en la cantidad de luz que acompaña el abandono de los ecosistemas leñosos mediterráneos junto con el oscurecimiento global previsto [56], probablemente provoque una disminución de la heterogeneidad espacial y temporal

de la luz y una desaparición gradual de las comunidades características de arbustos heliófilos, que a su vez, podría conducir a bosques empobrecidos y huecos con solo una capa de sotobosque herbáceo [57].

Diversos autores relacionan diferentes variables abióticas y bióticas con las tasas de germinación, establecimiento de plántulas y desarrollo completos de las diferentes especies que forman las comunidades vegetales, así; la variación climática interanual puede alterar la calidad de los microhábitats para el establecimiento de plántulas en bosques mediterráneos heterogéneos [58].

La emergencia y supervivencia de las plántulas son facilitadas por varios mecanismos, como la reducción de la radiación y la reducción en la desecación del suelo [59, 60]. La producción de hojarasca, disminuye las pérdidas por evaporación de agua, por lo que favorece la supervivencia de las diferentes plántulas y juveniles de las especies vegetales [61, 62], así como reducción de la compactación del suelo [63] y el aumento de la macroporosidad del suelo y el almacenamiento de agua [64, 65] son factores determinantes para el reclutamiento, establecimiento y regeneración de los bosques.

Otro aspecto a tener en cuenta a la hora de entender la dinámica de los bosques, es el papel que juegan las plantas nodrizas, generalmente hemicriptófitos, caméfitos o micro y mesofanerófitos, que actúan como orlas y se distribuyen en un gradiente desde los bordes preforestales hasta los biotopos no forestales (normalmente pastizales). Esta vegetación perenne densa, no nitrófila y de tamaño medio se

## 1.2. Antecedentes

---

encuentra en contacto con bosques bien conservados o ambientes pre forestales, (estadios dinámicos previos de la clímax). El entorno correspondiente en estas comunidades es de tipo transitorio entre el acceso de luz, el efecto refugio del ecoclima y los procesos edáficos del margen del bosque, favoreciendo las etapas más maduras o climácicas del entorno [66].

Estudios realizados sobre diferentes especies caducifolias presentes en pleno dominio bioclimático mediterráneo, plantean un problema de reclutamiento y regeneración. Así por ejemplo, [58, 67], muestran como la variación climática interanual puede alterar la calidad de los microhábitats, para la germinación y establecimiento de plántulas en bosques mediterráneos de *Acer opalus* subsp. *granatense* (Boiss.) Font Quer & Rothm. Siendo este establecimiento altamente dependiente del microhábitat, y mucho más bajo en espacios abiertos que bajo vegetación preestablecida, ya sea árboles o arbustos [68, 69].

Otros estudios realizados sobre especies caducifolias arbóreas como *Quercus pyrenaica* Willd. o *Quercus canariensis* Willd. arrojan resultados similares. *Q. pyrenaica* necesita de ambientes más fríos, con una mayor precipitación y una distribución más uniforme de estas precipitaciones durante todo el año. Estas condiciones climáticas podrían ser una de las razones fundamentales para producir germinación durante casi todo el año [70]. *Q. canariensis* presenta una tasa de germinación más baja comparada con otras especies caducifolias del género *Quercus*. Sin embargo, el establecimiento de estas plántulas, dependen en gran medida de la disponibilidad de agua en los meses más secos [71].



Por otro lado, la vegetación típica del bioclima mediterráneo, está adaptada a estas fluctuaciones características del clima mediterráneo [72], *Quercus rotundifolia* Lam. vive en un ambiente mediterráneo con una sequía estival, por lo que tiene estrategias desarrolladas que le permiten completar la germinación antes de que comience la estación seca [70]. Otra especie propia del bioclima mediterráneo, *Quercus suber* L. tiene mecanismos propios para soportar este estrés hídrico, tal como demuestran varios autores [71], donde un aumento de la disponibilidad de agua en verano, no conlleva un aumento de la actividad fotosintética.

En cuanto a los posibles efectos que el cambio global pueda tener en las formaciones de gimnospermas, la casuística de los bosques de coníferas es también variada. Se observa que el aumento de la temperatura y la aridización provocarán reducciones en los bosques de alta montaña, como los pinares de pino albar (*Pinus sylvestris* s.l.) e incluso de pino salgareño (*Pinus nigra* s.l.).

Sin embargo, en áreas actualmente lluviosas, los pinares albares y salgareños podrían beneficiarse de la disminución de las disponibilidades hídricas para ganar terreno a bosques caducifolios más exigentes en precipitaciones [73]. Ahora bien, los posibles bosques caducifolios a desplazar por estos pinares ocupan escasa superficie, en cambio ellos mismos serían desplazados por otros pinos más xerófilos en territorios más amplios, con lo que su ganancia neta superficial sería negativa.

Por otro lado, se encuentran los hábitats dominados por *Abies pinsapo* Boiss. Varios estudios se han centrado en profundidad en el estudio del impacto del

## 1.2. Antecedentes

---

calentamiento global sobre esta especie endémica del sur peninsular (concretamente de las Sierras de Grazalema, Nieves, Ronda y Bermeja). Estos estudios concluyen en su mayoría que el deterioro del hábitat causado por los episodios de sequía pone en grave riesgo de extinción no solo a las comunidades en sí, si no a la propia especie en su hábitat natural [74-76].

El comportamiento de los sabinares albares de tipo climatófilo (*Juniperus thurifera* L.) es más complejo de evaluar, ya que por un lado se podría prever una reducción de área frente a la encina por efecto del calentamiento global, pero por otra parte la disminución de precipitaciones, y el aumento de la amplitud térmica les puede favorecer frente a la encina o el quejigo. Asimismo, será también variada la respuesta de los pinares xerófilos mediterráneos, pudiendo verse favorecido el pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) en territorios de la mitad oriental peninsular [77, 78].

### 1.2.1. Calentamiento global y cambio climático.

Hoy día el estudio y comprensión del cambio climático a nivel global, es uno de los temas más interesantes, controvertidos y con más impacto a nivel social y económico de la actualidad, así como uno de los retos más importantes a los que se está enfrentando la humanidad. En este punto, existe un consenso que está de acuerdo con que la duplicación de las emisiones de CO<sub>2</sub>, el gas de efecto invernadero (GEI) más significativo, durante el resto de este siglo, provocará un marcado calentamiento global en las próximas décadas [1].

Los modelos se pueden usar para indicar tendencias futuras en la precipitación, así como para predecir temperaturas futuras probables. Así como la variación regional en la extensión de los cambios de temperatura se anticipa a lo largo del siglo XXI, también se esperan variaciones regionales significativas en la precipitación: algunas áreas se vuelven más secas, otras se vuelven más húmedas; a veces con cambios estacionales marcados o cambios en el patrón de precipitación a través del año o en una región. Muchos resultados indican, por ejemplo, que la región mediterránea en su conjunto puede experimentar un aumento general de la aridez [1, 69, 79]

Otros autores están descubriendo, cada día más las implicaciones que pueden llegar a tener en la sociedad actual, el cambio climático acelerado [80, 81].

La Península Ibérica, se sitúa en lugar estratégico en el contexto climatológico mundial, presentando con una enorme variabilidad climática condicionada en gran

## 1.2. Antecedentes

---

medida por las influencias del Atlántico [20, 39, 82, 83], así como la influencia de las oscilaciones del mar Mediterráneo [43, 84-88]. Estas influencias sumadas a la compleja orografía y grandes arcos montañosos que presenta la Península Ibérica, dan como resultado la enorme plasticidad climática de la región. Es por tanto crucial el estudio de esta plasticidad climática desde sus parámetros fundamentales que son precipitaciones y temperaturas.

Estudios recientes revelan que el clima mundial del último siglo ha sido particularmente inusual [89], calentamiento global y cambio climático son conceptos estrechamente interrelacionados que en ocasiones son confundidos o utilizados como sinónimos. Son fenómenos provocados total o parcialmente por el aumento en la concentración de gases de invernadero en la atmósfera, principalmente el CO<sub>2</sub> relacionado directa o indirectamente con actividades humanas como el uso de combustibles fósiles y deforestación.

Estudios científicos indican que el cambio climático ya está teniendo efectos sobre la biosfera [80]. Por su origen relacionado con actividades humanas y porque afectan la vida en todo el planeta, estos problemas ambientales deben ser conocidos y entendidos, no sólo por técnicos y científicos, sino también por la población en general [81].

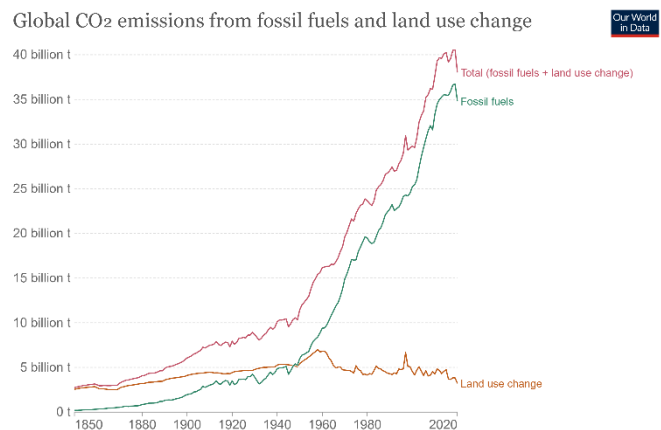
Análisis dendrológicos muestran que a partir de fines del siglo XIX la temperatura mundial aumenta progresivamente, de manera inusual con relación a los últimos 450 años [89]. Mediante la reconstrucción de la temperatura media mundial de los

últimos 600 y 1000 años respectivamente, y mediante análisis de tendencias de las tres principales variables que determinan el clima del planeta (actividad solar, actividad volcánica y concentración de gases de invernadero), se encontró que la influencia de estos tres parámetros, han sido cruciales en la variabilidad climática mundial en los últimos siglos. También añaden que la concentración de gases de invernadero se convirtió en el factor principal durante el siglo XX. En estos estudios, se determinó que la temperatura media anual en el hemisferio norte, durante cuatro años de la última década del siglo XX (1990, 1995, 1997 y 1998), alcanzó los niveles más altos en el último milenio. Sus resultados también sugieren que el calentamiento global registrado en el siglo XX se contrapone a la tendencia general de enfriamiento del último milenio [81].

Se aprecia pues, que la temperatura en el último siglo ha aumentado de manera inusual contraponiéndose a la tendencia a la baja que se observa hasta 1900 [81]. Se relaciona con una serie de cambios registrados en otros factores climáticos, así como en el ciclo hidrológico y otros ciclos biogeoquímicos del planeta. Durante el último siglo ha habido disminución de la superficie terrestre cubierta por nieve o hielo [90]; se ha reducido el tiempo en que algunos lagos y ríos permanecen congelados durante el año [91]; se registró un aumento en el nivel medio del mar; ha habido cambios en los patrones de precipitación, velocidad de los vientos, nubosidad y en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos. Fenómenos internos del sistema climático, como “El Niño” y su complemento “La Niña”, han aumentado su frecuencia e intensidad durante el siglo XX [81].

## 1.2. Antecedentes

El clima inusual en el siglo XX y el aumento en la concentración de gases de invernadero en la atmósfera están relacionados. Varios estudios científicos [92, 93] con modelos generales de circulación, indican que parece existir una correlación entre el calentamiento global y el aumento de



**Figura 2:** Evolución en la emisión de CO<sub>2</sub> desde mediados del S. XIX hasta la actualidad.

gases de invernadero en la atmósfera **Figura 2** [94]. Algunos autores [5,9,26] afirman que el aumento de CO<sub>2</sub> proveniente de las actividades humanas es la principal causa del cambio climático; y otros [17] consideran que la causa más probable es una combinación entre la variabilidad natural del clima y la que tiene su origen en actividades del hombre.

El cambio climático tiene efectos sobre los seres vivos, unas primeras revisiones,[95] ,[96] de la gran cantidad de información científica disponible indican que en la actualidad ya existen claras evidencias de que el cambio climático está teniendo efectos sobre especies animales y vegetales y sobre los ecosistemas. Los efectos del cambio climático sobre los seres vivos, según Hughes [80] se pueden clasificar en cuatro categorías:

1) fisiológicos (fotosíntesis, respiración, crecimiento). Se estima que el rendimiento agrícola aumentará en latitudes medias y altas (debido al incremento de las

temperaturas en zonas frías y al aumento de la fotosíntesis por esta causa y por el incremento de CO<sub>2</sub>).

2) Distribución geográfica. Es probable que la composición y distribución geográfica de muchos ecosistemas se desplacen a medida que las distintas especies reaccionan a los cambios del clima. Esto afectará especialmente a ecosistemas que se desarrollan en condiciones muy limitantes o con valencias ecológicas muy estrechas (corales, humedales de las regiones áridas, etc.).

3) Fenológicos (alteración de ciclo de vida por efecto de foto – período, horas/frío, etc.). A nivel de agricultura, el cambio en los patrones de precipitación obligará a modificar las temporadas de siembra y recogida, alterando con ello la oferta en los mercados y la disponibilidad de alimentos.

4) Adaptación (cambios microevolutivos in situ). Muchas especies, sobre todo aquellas de distribución restringida, incrementarán su riesgo de extinción y algunas de hecho se extinguirán por efecto directo del cambio climático.

Los impactos del cambio climático global pronosticados para la Península Ibérica tampoco parecen ser muy alentadores. Varios autores indican que la principal amenaza para la península ibérica, será la pérdida de recursos hídricos [1, 97, 98]. El IPCC estima que la disponibilidad de agua (incluyendo el consumo directo, así como el gasto per cápita en agricultura e industria) por persona y año descenderá en España de los 3310 m<sup>3</sup> en el año 1990 a entre los 1820 y 2220 m<sup>3</sup> en el año 2050. Una disminución del 10% en las precipitaciones y un aumento de la temperatura de 2.5°C,

## **1.2. Antecedentes**

---

significaría una disminución del 30% o más del agua disponible al producirse un aumento de la evapotranspiración.



### 1.2.2. Bioclimatología.

La Bioclimatología es una disciplina científica englobada dentro de la ecología que estudia la relación entre el clima y la distribución de los seres vivos en la Tierra. En la integración de esta rama de la ciencia, se relacionan primordialmente plantas y comunidades vegetales con determinados valores del clima. Así pues, podría denominarse también Fitoclimatología. No obstante, puesto que la finalidad es relacionar el clima con los seres vivos para crear unidades homogéneas que permita proyectar a nivel global el comportamiento de las especies y comunidades en relación a las diferentes variables bioclimáticas, parece que el nombre de bioclimatología, ya utilizado por numerosos autores, resulta más oportuno [99].

En la presente memoria de Tesis, el modelo bioclimático adoptado para la realización de los análisis y proyección de los escenarios de cambio climático en los hábitats, es el propuesto por Rivas – Martínez, en su *Clasificación Bioclimática Mundial* [99].

La clasificación de Rivas – Martínez es actualmente uno de los sistemas más completos y actuales de ordenación y proyección de modelos bioclimáticos, que a día de hoy sigue evolucionando y en constante estudio [100-102]. Esta clasificación se fundamenta en una serie de axiomas y razonamientos tales que abordan conceptos como: reciprocidad, fotoperiodo, continentalidad, estacionalidad de las precipitaciones, mediterraneidad, desiertos, orobioclimas y orogenias.

## 1.2. Antecedentes

---

Reciprocidad: Debe existir una correlación entre el clima y los diferentes taxones, tipos de vegetación y aspectos biogeográficos. Tanto es así que, a partir de comunidades vegetales, se pueden inferir de manera fidedigna los valores de los parámetros bioclimáticos.

Fotoperíodo: La influencia de la latitud comprendida entre 23° N y S, provoca que la incidencia de los rayos solares, sea prácticamente perpendicular y que la duración del día y de la noche varíen poco a lo largo del año, en este sentido, al macrobioclima se le define como tropical. En el otro lado, las horas de luz, o fotoperiodos estacionales limitados por los paralelos 35° y 52° N y S, fuerzan el crecimiento de las plantas y por tanto de las comunidades vegetales, siendo en este sentido una barrera bastante importante para el desarrollo de la vegetación en estas latitudes.

Continentalidad: Entiéndase la continentalidad, como la diferencia entre el mes con la temperatura media más alta y el mes con la temperatura media más baja. Esta diferencia simple se denomina Índice de Continentalidad simple (Ic) y tiene una influencia de primera magnitud en la distribución de la vegetación y, en consecuencia, en las fronteras de muchos bioclimas. Estos índices de continentalidad (Ic en este caso) procuran expresar la amplitud de la oscilación anual de la temperatura. Existen, por tanto, dos términos relacionados y contrarios entre sí, la continentalidad y la oceanidad [99].

Las masas terrestres muestran contrastes de temperatura mucho más rápido que las grandes masas de agua, debido por un lado al elevado calor específico del agua y

por otro a que dos terceras partes de la superficie terrestre es agua. Haciendo de amortiguador o tampón frente a las oscilaciones térmicas [103]. En cambio, la superficie rocosa transmite esa energía térmica a las masas de aire que tienen sobre ellas, provocando altas temperaturas en verano e intenso frío en invierno. Este hecho se acentúa conforme la distancia al mar es mayor o si hay una barrera topográfica que evite que la influencia amortiguadora del mar penetre hacia el interior [104].

Esto provoca que se produzcan movimientos ascendentes y precipitaciones de tipo convectivo en verano mientras que en invierno ocurre lo contrario, las masas de aire al entrar en contacto con la superficie fría de las masas continentales, se enfrían por la base, facilitándose situaciones de subsidencia e inversión térmica que dificultan las precipitaciones [22, 104-106].

Estacionalidad de las precipitaciones: La distribución o reparto de las precipitaciones a lo largo del año, probablemente sea una de las variables más importantes que influyan en la conformación de las comunidades vegetales. El cómo se reparten las precipitaciones a lo largo del año, tiene más importancia incluso, que la cuantía de las mismas. Esto determina en cada lugar de la Tierra, los macrobioclimas, bioclimas y las diferentes variantes bioclimáticas de éstos últimos.

Mediterraneidad: Tradicionalmente, y debido en parte a la hegemonía anglosajona en el inicio de la ciencia bioclimática, se define el bioclima mediterráneo como un tipo subtropical templado – cálido con abundantes lluvias de invierno y sequía en verano. Relacionando este hecho además con las formaciones boscosas y preclimáticas [107].

## 1.2. Antecedentes

---

El sistema de clasificación bioclimática de Rivas – Martínez, determina que existe un macrobioclima mediterráneo, latitudinalmente extratropical y ómbricamente diferente, que se opone a los macrobioclimas tropical y templado, independientemente de la altitud y de los diferentes valores de continentalidad que muestra una sequía estival de al menos dos meses consecutivos en los que  $P < 2T$ . Siendo P, la precipitación total anual, y T la temperatura media anual, pudiendo esta sequía, prolongarle durante todo el año. El macrobioclima mediterráneo, junto con el templado, tropical, boreal y polar, conforman los 5 macrobioclimas en que se divide la diversidad bioclimática del planeta en este sistema **Figura 3**.

Desiertos: En el presente modelo de clasificación bioclimática, se consideran los criodesiertos pergélidos o atérmicos polares y de las altas montañas permanentemente heladas, los bioclimas tropicales desérticos y los bioclimas mediterráneos desérticos, en función del ritmo y de la cuantía anual de las precipitaciones.

Los bioclimas tropical desértico y tropical hiperdesértico tienen el máximo de sus escasas lluvias en los cuatro meses subsiguientes al del solsticio de verano (régimen ómbrico tropical), en tanto que en los bioclimas mediterráneo desértico e hiperdesértico la mayor parte de las precipitaciones se producen entre los equinoccios de otoño y primavera, y éstas son superiores a las pocas lluvias que se recogen durante los cuatro meses siguientes al solsticio de verano (régimen ómbrico mediterráneo). La flora y vegetación de ambos tipos de desiertos tropicales y

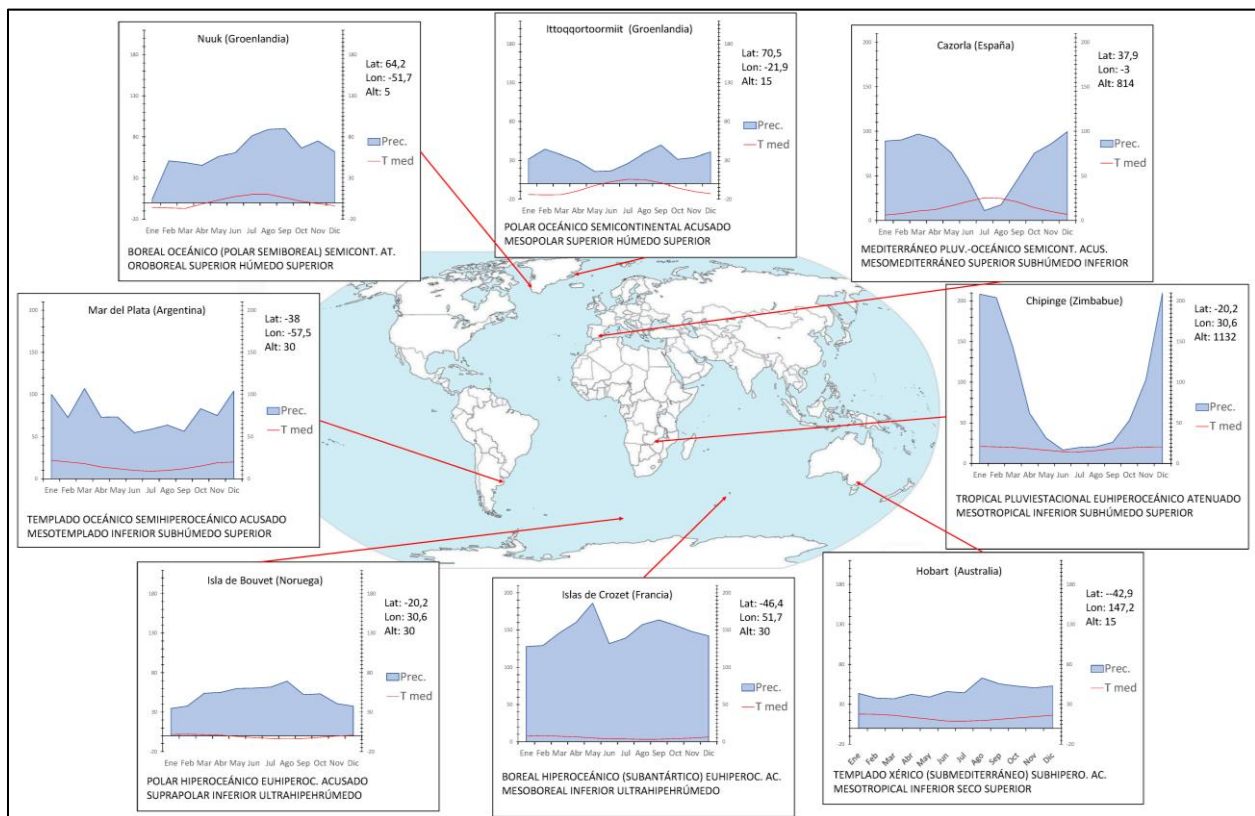


Figura 3: Ejemplos de diagramas bioclimáticos de los 5 macrobioclimas del mundo.

mediterráneos, son claramente distintas y están fenológicamente adaptadas a tales ciclos ómbricos opuestos.

Oroclimas: Para cualquier macrobioclima, existe una zonación o gradiente altitudinal que influyen tanto en la temperatura, como en la precipitación y que se encuentra en estrecha relación con sus pies de monte adyacentes. Esto, por tanto, condiciona también una zonación vertical de la vegetación. En este modelo bioclimático, para cada uno de los macrobioclimas, deben reconocerse unos termotipos y ombrotipos altitudinales denominados pisos bioclimáticos.

## 1.2. Antecedentes

---

Es evidente que las montañas situadas entre los trópicos poseen un ritmo solar anual equinoccial, en tanto que, en las zonas latitudinales extratropicales eutempladas y subtempladas, la duración del día varía de forma muy apreciable a lo largo del año. Como consecuencia de ello, el ritmo diario de temperaturas en las altas montañas tropicales se ajusta a lo largo del año a unos ciclos constantes de fuertes heladas nocturnas y elevadas temperaturas diurnas, lo que conlleva una alternancia diaria de hielo/deshielo (gelirremonición).

Por el contrario, en las montañas ubicadas a mayores latitudes existe un largo invierno helado, carente de deshielo y, hasta ciertas altitudes, un corto y fresco verano, carente de heladas. Esto influye de manera determinante en la flora y vegetación de las montañas, existiendo grandes diferencias entre las comunidades vegetales en las montañas tropicales frente a las extratropicales. Un ejemplo de esto, son las altas cordilleras orientadas con dirección norte – sur (cordilleras americanas), las cuales están constituidas de manera importante por elementos taxonómicos y sintaxonómicos cuyos linajes tienen origen en las floras de los piedemontes respectivos (tropicales, mediterráneas, templadas, etc.) [107-109].

Se puede concluir pues, que las montañas representan únicamente variaciones térmicas altitudinales, en la mayoría de los casos expresables a través de la zonación de los pisos bioclimáticos de los macrobioclimas que reinan en los valles y llanuras adyacentes.

Orogenias: La orogenia alpina dio lugar a las grandes cordilleras actuales de la Tierra. En el continente euroasiático originó un conjunto casi continuo de sistemas montañosos orientados este – oeste mientras que, en el continente americano, la disposición de las montañas es de norte – sur. Tales barreras, y los efectos asociados de "sombra de lluvia" o "valle interno", ha limitado en gran medida los movimientos migratorios de las plantas durante los cambios climáticos posteriores. Así, además de las severas extinciones acaecidas durante los períodos áridos o las épocas glaciales, las grandes cordilleras de la Tierra y sobre todas las transversales centroasiáticas (Himalaya, Karakorum, Hindu Kush, etc.) han limitado, en los períodos interglaciales y últimamente durante el holoceno, las migraciones florísticas y de los tipos de vegetación procedentes de los cinturones subtropicales adyacentes.

Como resultado del estudio de los preceptos anteriores, el sistema de clasificación bioclimática de Rivas Martínez, propone 5 macrobioclimas, 28 bioclimas y 9 variantes bioclimáticas [99, 110, 111] **Tabla 1.**

## 1.2. Antecedentes

**Tabla 1:** Macrobioclimas, bioclimas y variantes bioclimáticas de la clasificación bioclimática de Rivas Martínez.

MACROBIOCLIMA	BIOClima	MACROBIOCLIMA	VARIANTE BOCLIMÁTICA
Tropical	Tropical pluvial	Tropical	Bixérico
	Tropical pluviestacional		Antitropical
	Tropical xérico		Tropical seco
	Tropical desértico		Seropluvial
	Tropical hiperdesértico		Tropical semimediterráneo desértico
Mediterráneo	Mediterráneo pluviestacional oceánico	Mediterráneo	Estepario
	Mediterráneo pluviestacional continental		Tropical semimediterráneo desértico
	Mediterráneo xérico oceánico	Templado	Submediterráneo
	Mediterráneo xérico continental		Estepario
	Mediterráneo desértico oceánico	Boreal	Subantártica
	Mediterráneo desértico continental		Submediterráneo
	Mediterráneo hiperdesértico oceánico		Estepario
	Mediterráneo hiperdesértico continental		Polar Semiboreal
Templado	Templado hiperoceánico	Polar	Subantártica
	Templado oceánico		Submediterráneo
	Templado continental		Estepario
	Templado xérico		Polar Semiboreal
Boreal	Boreal hiperoceánico		Subantártica
	Boreal oceánico		
	Boreal subcontinental		
	Boreal continental		
	Boreal hipercontinental		
Polar	Boreal xérico		
	Polar hiperoceánico		
	Polar oceánico		
	Polar continental		
	Polar xérico		
	Polar pergélido		

Para establecer estos tipos bioclimáticos, el sistema se basa en una serie de parámetros e índices cuyos datos de origen son las temperatura y precipitaciones mensuales, coordenadas geográficas y altitud. A partir de ahí, cada uno de los macrobioclimas y bioclimas van tomando forma.

Los principales parámetros e índices bioclimáticos utilizados en la presente memoria son:



### Parámetros de precipitación:

- **P**: precipitación media anual en milímetros o en litros por metro cuadrado.
- **P<sub>1-12</sub>**: precipitación media mensual, siendo 1 = enero, ..., 12 = diciembre milímetros o en litros por metro cuadrado
- **P<sub>d</sub>**: precipitación del trimestre más seco del año milímetros o en litros por metro cuadrado.
- **P<sub>p</sub>**: precipitación positiva anual (es la precipitación de los meses de  $T_i$  superior a  $0^\circ\text{C}$ ) milímetros o en litros por metro cuadrado
- **P<sub>s</sub>**: precipitación del trimestre estival (verano) milímetros o en litros por metro cuadrado.
- **P<sub>sw</sub>**: precipitación del semestre más frío del año (invierno) milímetros o en litros por metro cuadrado.

### Parámetros de temperatura:

- **T**: temperatura media anual en grados centígrados.
- **T<sub>1-12</sub>**: temperatura media mensual, siendo 1 = enero, ..., 12 = diciembre.
- **T<sub>max</sub>**: temperatura media del mes más cálido del año en grados centígrados.
- **T<sub>min</sub>**: temperatura media del mes más frío del año en grados centígrados.
- **T<sub>p</sub>**: temperatura positiva anual: Suma en décimas de grados centígrados de las temperaturas medias mensuales.  $T_{1-12} > 0^\circ\text{C}$ .
- **T<sub>ps</sub>**: temperatura positiva del trimestre estival, en décimas de grados centígrados.  $\sum T_{6-8} > 0^\circ\text{C}$  en el hemisferio norte o  $\sum T_{12-2} > 0^\circ\text{C}$  en el hemisferio sur.
- **T<sub>s</sub>**: temperatura media del trimestre estival en grados centígrados.
- **M**: temperatura media de las máximas del mes más frío en grados centígrados.
- **m**: temperatura media de las mínimas del mes más frío en grados centígrados.

### Índices bioclimáticos

- **I<sub>c</sub>**: índice de continentalidad simple o intervalo térmico anual.

Se define como la diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y la temperatura media del mes más frío.

$$I_c = T_{max} - T_{min} \quad (1)$$

## 1.2. Antecedentes

Los distintos valores obtenidos de continentalidad (1) se engloban en los siguientes tipos de continentalidad:

**Tabla 2:** Tipos y niveles de continentalidad (Ic) contemplados.

Tipos	Subtipos	Niveles	Valores Ic
<b>Hiperoceánico</b>	Ultrahiperoceánico	Acusado	0 – 2
		Atenuado	2 – 4
	Euhiperoceánico	Acusado	4 – 6
		Atenuado	6 – 8
	Subhiperoceánico	Acusado	8 – 10
		Atenuado	10 – 11
<b>Oceánico</b>	Semihiperoceánico	Acusado	11 – 12
		Atenuado	12 – 14
	Euoceánico	Acusado	14 – 15
		Atenuado	15 – 17
	Semicontinental	Atenuado	17 – 19
		Acusado	19 – 21
<b>Continental</b>	Subcontinental	Acusado	21 – 24
		Atenuado	24 – 28
	Eucontinental	Acusado	28 – 37
		Atenuado	37 – 46
	Hipercontinental	Atenuado	46 – 56
		Acusado	56 – 66

- **PE:** Índice de evapotranspiración potencial anual de Thornthwaite, en este caso, se utiliza la fórmula corregida para el cálculo de la PE (2). Para latitudes templadas, el ajuste de esta ecuación es bastante elevado (hasta latitudes de hasta unos 55°, a partir de ahí, la fórmula sobreestima los valores de evapotranspiración, debido a que la radiación solar incide de manera más o menos paralela a partir de esas latitudes). Por el contrario, en las regiones tropicales la fórmula subestima los valores estos valores debido a que los rayos solares inciden de manera perpendicular. Este hecho se puede subsanar en parte, con un estimador de la potencia solar incidente en función de parámetros astronómicos, complicando mucho más los cálculos.

$$PE = \sum_1^{12} 16 \times \left( \frac{10 \times T_{1-12}}{I} \right)^a \times \left( \frac{N^{\circ} \text{ horas sol} \times N^{\circ} \text{ días mes para } T_{1-12}}{365} \right) \quad (2)$$

$$a = (6.75 \times 10^{-7} \times I^3) + (7.71 \times 10^{-5} \times I^2) + (1.792 \times 10^{-2} \times I) + 0.49239$$

$$I = \sum_1^{12} \left( \frac{T_{1-12}}{5} \right)^{1.514}$$

- **Iar**: Índice de aridez (3). Es el resultado del cociente entre la evapotranspiración corregida de Thornwaite (2) y la precipitación anual.

$$Iar = \frac{PE}{P} \quad (3)$$

- **Io**: índice ombrotérmico anual (4). Las relaciones entre precipitación y evapotranspiración permiten conocer las necesidades hídricas reales de la vegetación. No obstante, el escaso conocimiento o la dificultad que supone estimar tanto de manera directa o indirecta la evapotranspiración, no permite la utilización de manera fácil y cercana de este parámetro. Sin embargo, la estrecha relación entre la temperatura y la evapotranspiración, hace que la utilización de la temperatura de manera directa, sea posible [104].

$$Io = \frac{Pp}{Tp} \times 10 \quad (4)$$

En función de los valores de Io, se establecen los diferentes pisos ombrotérmicos **Tabla 3**.

**Tabla 3:** Tipos ombrotérmicos reconocidos.

Tipos ombrotérmicos	Horizontes	Valores
Ultrahiperárido	Inferior	0.0 – 0.1
	Superior	0.1 – 0.2
Hiperárido	Inferior	0.2 – 0.3
	Superior	0.3 – 0.4
Árido	Inferior	0.4 – 0.7
	Superior	0.7 – 1.0
Semiárido	Inferior	1.0 – 1.5
	Superior	1.5 – 2.0
Seco	Inferior	2.0 – 2.8
	Superior	2.8 – 3.6
Subhúmedo	Inferior	3.6 – 4.8
	Superior	4.8 – 6.0
Húmedo	Inferior	6.0 – 9.0
	Superior	9.0 – 12.0
Hiperhúmedo	Inferior	12.0 – 18.0
	Superior	18.0 – 24.0
Ultrahiperhúmedo		>24

- **Ios<sub>1</sub>**: índice ombrotérmico del mes más cálido del trimestre estival.

$$Ios_1 = \frac{Pp_{Tmax}}{Tp_{Tmax}} \times 10 \quad (5)$$

## 1.2. Antecedentes

---

- **Ios<sub>2</sub>**: índice ombrotérmico del bimestre más cálido del trimestre estival.

$$Ios_1 = \frac{\sum Pp_{7-8} (1-2 \text{ en hemisferio sur})}{\sum Tp_{7-8} (1-2 \text{ en hemisferio sur})} \times 10 \quad (6)$$

- **Ios<sub>3</sub>**: índice ombrotérmico del trimestre estival.

$$Ios_1 = \frac{\sum Pp_{6-8} (12-2 \text{ en hemisferio sur})}{\sum Tp_{6-8} (12-2 \text{ en hemisferio sur})} \times 10 \quad (7)$$

- **Ios<sub>4</sub>**: índice ombrotérmico del cuatrimestre resultante de la suma del trimestre estival y del mes inmediatamente anterior.

$$Ios_1 = \frac{\sum Pp_{5-8} (11-2 \text{ en hemisferio sur})}{\sum Tp_{5-8} (11-2 \text{ en hemisferio sur})} \times 10 \quad (8)$$

- **Ioe**: índice de ombro – evaporación anual

$$Ioe = \frac{P}{PE} \quad (9)$$

- **I<sub>tc</sub>**: índice de termicidad compensado (10). Es la suma en décimas de grado de T (temperatura media anual), m (temperatura media de las mínimas del mes más frío) y M (temperatura media de las máximas del mes más frío).

Este índice pondera la intensidad del frío, y en consecuencia supone un factor limitante para muchas plantas y comunidades vegetales, junto con la temperatura media anual. Este valor muestra una elevada correlación con la vegetación en climas cálidos y en climas templados. Sin embargo, en aquellos territorios, cuyos valores de I<sub>tc</sub> sean menores de 120 (lugares muy fríos) o los valores de I<sub>c</sub> sean mayores a 21 (territorios continentales), presenta mayor resolución y precisión el empleo del valor de temperatura positiva (T<sub>p</sub>).

Sin embargo, un análisis pormenorizado de la aplicación de este índice, muestra que debido a la estacionalidad que aparece en las zonas exteriores a los trópicos (al norte y al sur de los 23° de latitud), este índice subestima el valor de la termicidad en lugares con elevado I<sub>c</sub>. Por el contrario, en aquellos territorios donde el I<sub>c</sub> es demasiado bajo, el índice de termicidad sobreestima los valores de termicidad. Por ello el índice de termicidad compensado, es corregido por unos coeficientes (C) **Tabla 4** en función de la continentalidad del territorio, permitiendo así comparar regiones desde el punto de vista térmico.

$$I_{tc} = (T + M + m) * 10 + C \quad (10)$$

**Tabla 4:** Valores de C para compensar el índice de termicidad.

Valor de Ic	Valor de C
$Ic \leq 8$	$C = (Ic - 8) \times 10$
$8 < Ic \leq 18$	$C = 0$
$18 < Ic \leq 21$	$C = (Ic - 18) \times 5$
$21 < Ic \leq 28$	$C = (Ic - 21) \times 15$
$28 < Ic \leq 46$	$C = (Ic - 28) \times 25$
$46 < Ic \leq 65$	$C = (Ic - 46) \times 60$

En función de estos valores de Itc, así como de los valores de Tp bajo las condiciones anteriormente descritas, se establecen los diferentes pisos bioclimáticos para cada uno de los macrobioclimas descritos.

**Tabla 5:** Pisos bioclimáticos establecidos en función de los valores de Itc y Tp.

Pisos bioclimáticos	TROPICAL		MEDITERRÁNEO		TEMPLADO	
	Itc	Tp (Si Ic>21 o Itc<120)	Itc	Tp (Si Ic>21 o Itc<120)	Itc	Tp (Si Ic>21 o Itc<120)
Infra inferior	>800	>3200	515 – 580	>2600	–	–
Infra superior	710 – 800	2900 – 3200	450 – 515	2400 – 2600	>410	>2351
Termo inferior	600 – 710	2600 – 2900	400 – 450	2250 – 2400	350 – 410	2176 – 2350
Termo superior	490 – 600	2300 – 2600	350 – 400	2100 – 2250	290 – 350	2000 – 2175
Meso inferior	405 – 490	2000 – 2300	285 – 350	1800 – 2100	240 – 290	1700 – 2000
Meso superior	320 – 405	1700 – 2000	220 – 285	1500 – 1800	190 – 240	1400 – 1700
Supra inferior	240 – 320	1325 – 1700	150 – 220	1200 – 1500	(120) – 190	1100 – 1400
Supra superior	160 – 240	950 – 1325	(120) – 150	900 – 1200	–	800 – 1100
Oro inferior	(120) – 160	700 – 950	–	675 – 900	–	590 – 800
Oro superior	–	450 – 700	–	450 – 675	–	380 – 590
Crioro inferior	–	100 – 450	–	100 – 450	–	100 – 240 – 380
Crioro medio	–	–	–	–	–	–
Crioro superior	–	1 – 100	–	1 – 100	–	1 – 50 – 100
Pergélido	–	0	–	0	–	0
Pisos bioclimáticos	BOREAL		POLAR			
	Itc	Tp (Si Ic>21 o Itc<120)	Itc	Tp (Si Ic>21 o Itc<120)		
Infra inferior		–		–		
Infra superior		–		–		
Termo inferior		(740 – 800)		330 – 380		

## 1.2. Antecedentes

---

Termo superior		680 – (740)		280 – 330
Meso inferior		630 – 680		190 – 280
Meso superior		580 – 630		100 – 190
Supra inferior		530 – 580		50 – 100
Supra superior		480 – 530		1 – 50
Oro inferior		430 – 480		–
Oro superior		380 – 430		–
Criero inferior		280 – 380		–
Criero medio		100 – 280		–
Criero superior		1 – 100		–
Pergélido		0		0

### 1.2.3. Biogeografía y Paleobiogeografía.

Esta disciplina comprende el estudio de las distribuciones presentes y pasadas de los organismos, con un contexto evolutivo. Como parte del estudio se incluyen no solo delimitar y caracterizar zonas de flora y fauna, sino también intentar trazar su historia. La biogeografía pretende además utilizar esta información para incrementar el conocimiento sobre el curso de la evolución. Los seres vivos ocupan en el planeta una parte de la corteza terrestre denominada biosfera. En la biosfera, los seres vivos se distribuyen en virtud de factores determinados: estos factores y la distribución de la vida en el planeta constituyen el objeto de estudio de la biogeografía [107, 112].

La paleobiogeografía es la parte de la paleobiología que estudia la distribución geográfica de los organismos del pasado que conocemos por sus fósiles. Es una parte importante en la reconstrucción de la historia de la vida sobre la Tierra y explica la distribución actual de los seres vivos. En este sentido la unión o separación de masas continentales produce uniones o aislamientos de biotas (invasiones, insularidad, etc.), datos que han de contrastarse con la tectónica de placas, paleomagnetismo, etc. La identificación de afinidades y variaciones paleobiogeográficas ha permitido esclarecer relaciones entre zonas litosféricas actualmente dispersas por la tectónica de placas y ayudar en las reconstrucciones paleogeográficas y han servido, por ejemplo, para establecer la extensión y evolución del mar de Tetis, del supercontinente Pangea o de los continentes Gondwana y Laurasia [113].

## **1.2. Antecedentes**

---

La relación entre la biogeografía y el cambio climático, es bastante estrecha, y a día de hoy no se puede separar la influencia del calentamiento global en la distribución de la vegetación. Los impactos antrópicos y bióticos han incrementado la presión sobre la biodiversidad, si a esto le añade, el impacto directo del calentamiento global. Estas presiones afectan a todos los niveles de organización biológica tanto en el aspecto espacial como en el temporal [114], incluyendo cambios en la distribución de las especies, llegando de ese modo a causar profundos efectos ecosistémicos y, por ende, en los servicios que estos ofrecen a los humanos [115].



#### 1.2.4. Directiva Hábitats y Red Natura 2000.

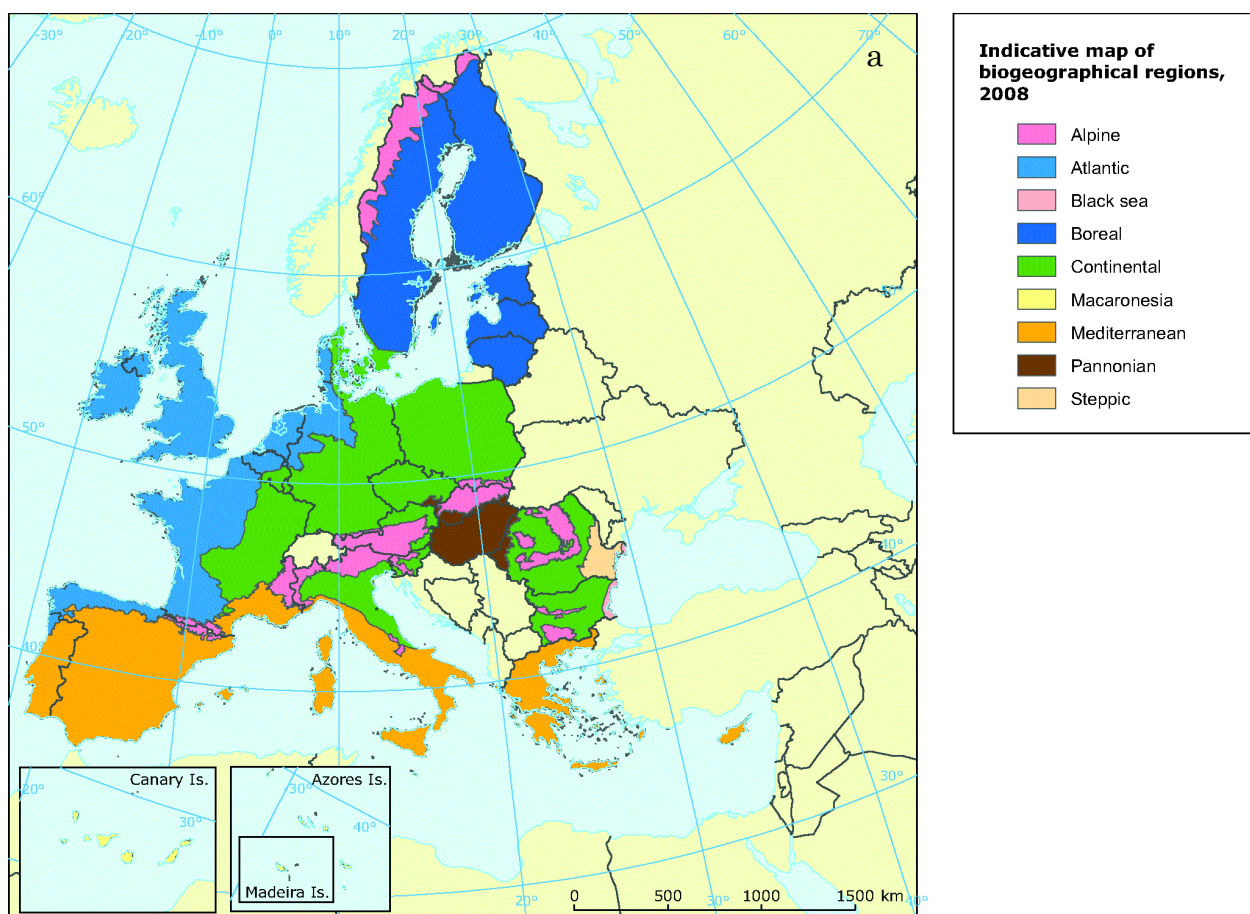
En mayo de 1992, se aprobó la Directiva hábitats, un documento por el cual los miembros de la Unión Europea se comprometían a cartografiar, describir y conservar los hábitats de cada estado. Actualmente la red Natura 2000 ocupa alrededor del 20% de la superficie europea e incluye prácticamente todos los valores naturales destacables que permanecen en Europa [116]. La Red Natura 2000, es el espacio legislativo que vertebra la conservación tanto de especies vegetales y animales, como también de los hábitats que estos conforman en Europa, junto con las zonas de especial protección para las aves [116]. Uno de los logros de los que puede presumir, es de la recuperación de los grandes carnívoros en Europa como lince, osos y lobos con mayor o menor éxito [117, 118].

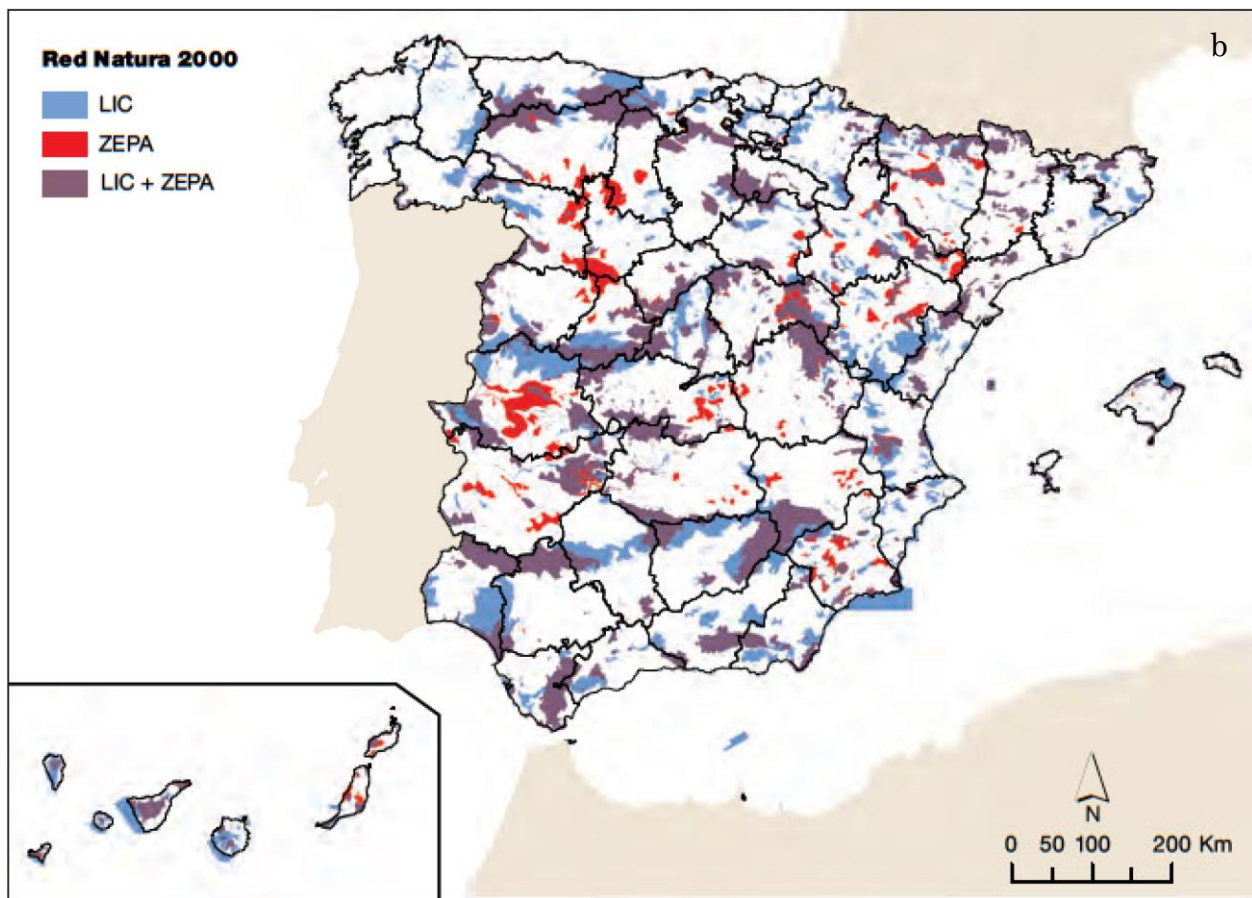
Esto se debe en cierto modo en la manera en que se estructura su legislación, en el artículo 1 de la Directiva Hábitats se pone de manifiesto lo siguiente en referencia a la conservación de los hábitats como el “*conjunto de medidas necesarias para mantener o restablecer los hábitats naturales y las poblaciones de especies de fauna y de flora silvestres en un estado favorable*”.

El artículo 2, define el objetivo principal de la Directiva Hábitats, “*contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres*”. Por tanto los esfuerzos por cumplir lo anterior irán dirigidos a mantener la supervivencia del hábitat en la totalidad de su superficie a largo plazo [119].

## 1.2. Antecedentes

Las listas de espacios que integran la red Natura 2000 son elaborados según criterios biogeográficos. Actualmente, se integran nueve las regiones biogeográficas de la red Natura 2000 en toda la Unión Europea **Figura 4** [120, 121], de las cuales 3 (4 si se considera a España en toda su extensión con la región Macaronésica de las Canarias) están representadas en la Península Ibérica: Alpina, Mediterránea y Atlántica [122]. Cabe destacar, que estas divisiones biogeográficas establecidas en la directiva hábitats, no se corresponden exactamente con la división biogeográfica adoptada formalmente en esta memoria. No obstante, se pueden establecer unas





**Figura 4:** a) Regiones biogeográficas contempladas en la Directiva Hábitats b) Red Natura 2000 en España.

equivalencias entre las grandes regiones biogeográficas de la Tierra y la denominación de regiones biogeográficas contempladas en la Directiva Hábitats, tal que la región Mediterránea, si se correspondería en gran medida con la utilizada en la Directiva hábitats. Las regiones denominadas en la **Figura 4** como Región Atlántica, Mar Negro, Pannoniana, Estépica, Alpina y Región Continental, se correspondería en gran medida con la Región Templada. La región Boreal de la Directiva hábitats, también se correspondería más o menos con la región Boreal. Por último, la Región Macaronésica, también se correspondería con su equivalente biogeográfico.

## 1.2. Antecedentes

---

En lo que concierne a la presente memoria de tesis, los hábitats contemplados en este estudio abordan:

**9230:** Bosques de *Quercus pyrenaica*.

**9240:** Bosques de *Quercus faginea* y *Quercus canariensis* (se incluyen aquí las formaciones de *Corylus avellana* y de *Acer granatense*).

**9320:** Bosques de *Olea sylvestris* (la presente tesis aborda solamente aquellas presentes sobre suelos arcillosos o vertisoles)

**9330:** Bosques de *Quercus suber*.

**9340:** Bosques climatófilos de *Quercus rotundifolia*.

**9520:** Bosques de *Abies pinsapo*.

**9530:** Bosques de *Pinus* sp. de alta montaña (solamente aquellas formaciones climatófilas).

**9540:** Bosques de *Pinus* sp. termo – mesomediterráneos (solamente aquellas formaciones climatófilas de ombroclima semiárido – árido, y aquellas formaciones climatófilas sobre dolomías o serpentinas).

**9560:** Bosques y bosquetes climatófilos de ambientes continentalizados o de alta montaña de *Juniperus* sp.

**5120:** Formaciones de *Genista purgans* (*Cytisus oromediterraneus*) en las altas montañas del suroccidente de Europa.

**5210:** Bosquetes o altos matorrales infra – termomediterráneos de lugares áridos de *Ziziphus lotus*, *Periploca angustifolia* y *Maytenus europaeus*.

**5330:** Altos matorrales o garrigas de carácter climatófilo de lugares semiáridos – áridos de *Chamaerop humilis*.

**6160:** Formaciones pascícolas de gramíneas duras del género *Festuca* crioromediterráneas, de carácter climatófilo.



### 1.3. Objetivos.

Para la realización de la presente tesis, y en concordancia con los antecedentes anteriormente expuestos, el marco de la presente memoria parte de las siguientes hipótesis:

- La climatología y la bioclimatología influyen de manera considerable en la vegetación.
- El cambio climático es una realidad científica constatable.
- El cambio climático no afecta de manera homogénea en las diferentes unidades de relieve.

Partiendo de las anteriores hipótesis se pone de manifiesto la importancia que tiene en el presente estudio, determinar la tendencia en las precipitaciones y temperaturas de Andalucía en los últimos 40 años, para posteriormente aplicar de manera homogénea los modelos predictivos a las diferentes formaciones vegetales. Por tanto, el objetivo principal del presente estudio es proyectar modelos climáticos y bioclimáticos predictivos a corto – medio plazo (25, 50, 100 años) y relacionarlos con las formaciones vegetales climáticas y climatófilas que se pueden encontrar en Andalucía.

Estas formaciones climatófilas se clasifican en bosques arbóreos típicos mediterráneos de clima más seco de *Quercus rotundifolia*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* s.l. y de *Olea sylvestris* sobre suelos arcillosos. *Ziziphus lotus*, *Periploca angustifolia* y *Maytenus senegalensis* subsp. *europaea*, de áreas áridas. Bosques mesófilos, subhúmedos de *Quercus suber*, *Quercus faginea* s.l., *Quercus broteroi*, y *Quercus canariensis*. Bosques caducifolios de *Quercus pyrenaica*, *Acer granatense* y

### 1.3. Objetivos.

---

*Corylus avellana*. Bosques relictos de nieblas de coníferas del endemismo andaluz  
*Abies pinsapo*. Bosques de coníferas de alta montaña o climas continentalizados de  
*Pinus nigra* subsp *salzmannii*, *Pinus sylvestris* subsp. *nevadensis*, *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica*, *Juniperus sabina* y *Juniperus thurifera*.  
Formaciones vegetales esteparias de alta montaña (crioromediterráneo) de *Festuca clementei*.

El Como objetivos secundarios, pero necesarios:

- Análisis de las tendencias de precipitación y temperatura ocurridas en Andalucía, a nivel mensual, estacional y anual durante los últimos 40 años (1980 – 2020).
- Otro objetivo es el análisis de las tendencias en los índices bioclimáticos a partir de las tendencias anteriores de precipitación y temperatura.
- Caracterización bioclimática precisa de la vegetación climatófila clímax. En este paso, se establecerán las relaciones entre la vegetación y el clima; así como el área de ocupación de las diferentes formaciones boscosas presente y futura de cada uno de los hábitats; ya que la descripción original de estas comunidades vegetales, siguiendo la metodología fitosociológica actual [123], se basa en la presencia y abundancia, o ausencia de las especies vegetales, así como de especies características, las cuales son exclusivas de cada comunidad vegetal.
- Otro objetivo, es poner de manifiesto los posibles cambios en la composición florística de dichas formaciones climatófilas de Andalucía en función de los diferentes escenarios de calentamiento global acelerado que se planteen. Qué



especies desaparecerán, qué especies reemplazarán a las que desaparezcan, qué área ocuparán los diferentes tipos de bosque.



## 1.4. Material y métodos.

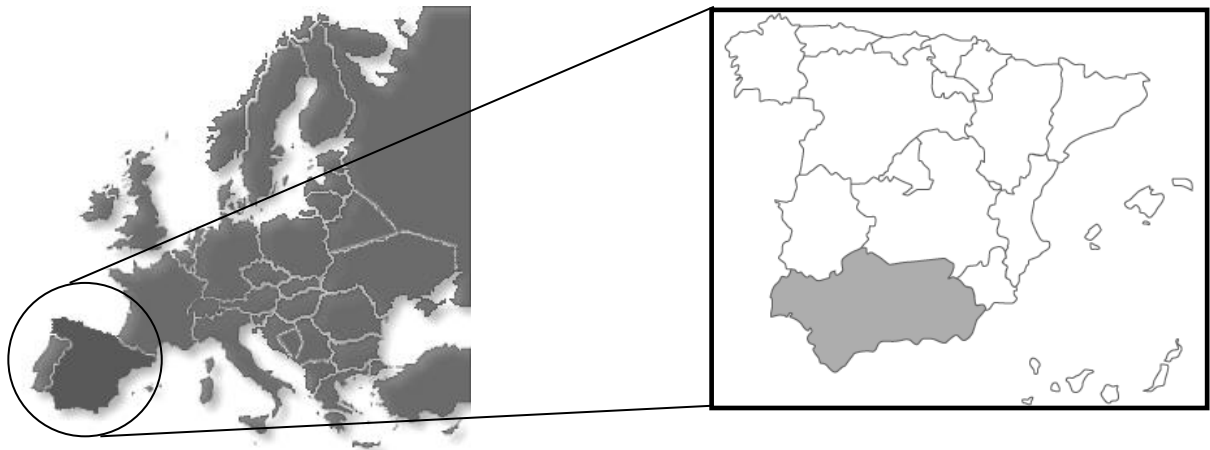
Para la consecución de los objetivos planteados en la presente memoria, la metodología empleada, se ha abordado desde diferentes perspectivas y ramas del conocimiento científico. Por un lado, se ha abordado la compilación de las bases de datos necesarias, que básicamente se pueden sintetizar en 2, una base de datos climáticos, y una base de datos de vegetación. Aunque el área de estudio se circunscribe a la Comunidad Autónoma de Andalucía, para abordar con el menor error posible las zonas límites, la compilación de los datos se ha extendido hasta el centro – sur de la Península ibérica (España y Portugal) y norte de Marruecos y Argelia.

### 1.4.1. El medio físico de Andalucía.

El área de estudio comprende la región de Andalucía, situada en el sur de la Península Ibérica, comprendida entre los paralelos 36° y 38° 44' N aproximadamente, y los meridianos 8° 31' y 1° 37' O **Figura 5**. Siendo su límite al norte, Sierra morena, que la recorre de Este a Oeste, mientras que limita al Sur con el mar Mediterráneo (hasta la zona correspondiente al Estrecho de Gibraltar, que le separa del continente africano y con el océano Atlántico, ocupando una extensión de 87.268 Km<sup>2</sup>.

#### 1.4. Material y métodos.

---



**Figura 5:** Situación geográfica del área de estudio, Andalucía.

Las grandes unidades del relieve que conforman el área de estudio están bien segregadas en función de la altitud. La gran cordillera que separa Andalucía de la submeseta sur, Sierra Morena en contadas ocasiones supera la cota de los 1.000 metros, encontrándose la mayoría de las zonas en una altura media entre 200 a 600 metros, se trata del macizo Hercínico, con materiales antiguos precámbricos y paleozoicos y por tanto muy erosionados. Las cumbres de Sierra morena tocan techo en los 1323 m. del pico Bañuela, en Sierra Madrona, en la provincia de Ciudad Real. En Andalucía, las alturas más importantes aparecen en los afloramientos calizos menos erosionados, de las zonas de Córdoba y Sevilla. Por último, cabe destacar el relieve de las zonas onubenses del Andévalo donde se alcanzan las cotas más bajas, con altitudes medias que no llegan a los 200 metros.

Al sur de Sierra Morena, y de manera abrupta, aparecen los materiales sedimentarios del terciario y del cuaternario la depresión bética, hallándose las altitudes más bajas hasta el nivel mar. La isocota de los 100 – 150 metros se asciende por el cauce del río Guadalquivir hasta prácticamente llegar a las zonas de

Córdoba, alcanzando y abarcando toda la campiña gaditana, y los valles de los afluentes procedentes de Sierra Morena, conformando los principales ríos: Tinto, Odiel, Guadiana, etc.

Ya fuera de las zonas correspondientes a la Depresión Bética (en gran medida Valle del Guadalquivir), a lo largo de la costa mediterránea aparece una franja de territorio situada a una cota altitudinal inferior a los 100 – 150 metros sobre el nivel del mar. Estas áreas aumentan en las respectivas desembocaduras de los principales ríos que conforman la Cuenca Sur: Almanzora, Andarax, Guadalhorce, Guadalfeo, etc. y en los deltas arenosos almerienses de Dalías y Níjar esto últimos caracterizados por los cauces de tipo rambla.

Continuando el ascenso en altitud en el valle del Guadalquivir, la franja comprendida entre los 100 y 200 metros, y de orientación oeste – este, aparece en la extensa campiña sevillana, a continuación, la campiña baja y el valle del Guadalquivir en Jaén en su tramo medio. En las zonas más cercanas al Mar Mediterráneo, debido a la proximidad de los Sistemas Béticos a la línea de costa, hace que esta banda altitudinal sea prácticamente inexistente. La única zona donde aparece con cierta entidad es en el Campo de Níjar y en el Valle del Almanzora.

La franja de altura entre los 200 y los 400 metros, contempla las zonas de campiñas altas de la Depresión Bética, siendo de mayor prevalencia en la zona jiennense. También la superficie que abarca esta franja es destacable en el valle de Guadiato.

#### **1.4. Material y métodos.**

---

Todavía, en la vertiente mediterránea, la superficie a estas cotas de altitud, no es de gran relevancia.

Continuando el gradiente altitudinal entre los 400 y 600 metros, aparecen ya los territorios del Surco Intrabético con las Hoyas (llanuras extensas rodeadas de montañas) de Antequera y Granada, Campo de Tabernas y en los Pedroches. También forma parte de la mayoría de Sierra Morena tal y como se ha comentado anteriormente.

En el tramo de 600 a 1.000 metros ya quedan incorporadas prácticamente todas las cumbres de Sierra Morena y el resto del Surco Intrabético. Destacando también la zona subbética de Córdoba, Los Vélez, Montes de Granada, Serranía de Ronda, etc.

A partir de los 1.000 metros, ya aparecen las zonas más montañosas del área de estudio. En el Campo de Gibraltar, sólo el Aljibe (1.092 m) supera la barrera de los 1.000 m. Mientras que la Serranía de Ronda es más abundante, superando en varios picos los 2.000 m (Torrecilla – Sierra de las Nieves 1.919 m). La zona sevillana, superan los 1.000 en el pico Terril (1.130 m); en la zona cordobesa, la Horconera en la Tiñosa, con 1.570 es la cumbre más importante.

Hacia las zonas más orientales, las alturas superiores a 1.500 m se ven incrementadas. En las sierras del sur de Jaén son habituales, llegando en Sierra Mágina hasta los 2.167 metros (techo de la provincia de Jaén. En las sierras de Cazorla, Segura y Castril las alturas superan en bastantes ocasiones los 2.000

metros, en los picos Cabañas (2027 m), Cabrilla Alta (2078 m), Empanadas (2107 m) o la Sagra (2383 m), cima más alta de las Subbéticas.

La cota de los 2000m también es habitual en las cordilleras más cercanas a la costa mediterránea: Sierra de Loja, Tejada – Almirajara (Maroma 2.065 m), Lújar, y la



Figura 6: Principales unidades de relieve de Andalucía.

Contraviesas, Gádor (Punta del Sabinar 2.235 m), llegando a superar los 2.200 metros en picos puntuales.

Por último, las cotas superiores de Andalucía y de la Península Ibérica se alcanzan en Sierra Nevada y en la Sierra de los Filabres. En la primera, el pico Mulhacén (3.481 m) supone el techo de la Península, mientras que en la segunda los 2.200 m se superan con bastante frecuencia.

#### 1.4. Material y métodos.

---

El relieve accidentado que muestra la región andaluza, debe de tenerse en cuenta a la hora de evaluar la configuración del medio natural. Es por tanto que las cadenas montañosas y sobre todo su disposición y orientación **Figura 6**, hacen que Andalucía muestre unos patrones de lluvias tan heterogéneos, y por tanto su climatología y bioclimatología sea también muy diversa. Esta variedad paisajística, deriva también en una alta heterogeneidad climática caracterizada por el fuerte contraste de altitudes que presenta.

La red hidrográfica andaluza vierte sobre los dos mares que la rodean. el Mediterráneo y el Atlántico, pero la disposición del relieve ha creado un fuerte desequilibrio en la captación de las aguas por uno y otro, en favor del Atlántico, aunque el litoral mediterráneo tenga mayor longitud, de ahí que el 73% del territorio andaluz vierta en la cuenca atlántica.

Respecto al caudal de los ríos de la vertiente atlántica andaluza, debido a la existencia de factores en algunos núcleos montañosos y en las zonas cercanas al mar que tiene una abundante pluviosidad, éste es más elevado. Entre todos los ríos, el Guadalquivir destaca por ser el río más largo de Andalucía y el quinto de la Península Ibérica (657 km). El Guadalquivir es la principal arteria fluvial de esta vertiente. Sin embargo, las cuencas que vierten en el mediterráneo son más secas, las discurre por sectores con pluviosidad escasa, con un régimen irregular. En el desigual comportamiento hídrico de Andalucía intervienen los factores climáticos, la composición y distribución del relieve y la actuación humana.



Andalucía, por su ubicación tiene un predominio seco mayoritariamente, y esto condiciona enormemente lo caudales y estiajes de los diferentes ríos que drenan sus cuencas. Casi todos los ríos andaluces pertenecen al régimen pluvial del bioclima mediterráneo pluviestacional oceánico, con clima suave y escasas precipitaciones en forma de nieve en sus cumbres, salvo en Sierra Nevada.

La disposición del relieve y su composición explican el encajamiento de los ríos o la formación de meandros. Desde el punto de vista hidrológico, Andalucía se divide en dos sectores: Al Sur de la región, se conforma la Cuenca del sur de España, y la cuenca del Guadalquivir al norte. Esta última se presenta como una verdadera cuenca hidrográfica formada por un conjunto de ríos, lagos y arroyos.

En cambio, la del sur, no se comporta como tal cuenca hidrográfica porque no existe un río que recorra toda ella y al que lleguen una serie de afluentes por cada orilla. Todas estas cuencas pequeñas, son las que forman la denominada cuenca del sur de España.

Los ríos de la cuenca atlántica se caracterizan por ser extensos, discurrir en su mayor parte por terrenos llanos y regar extensos valles. Este carácter determina los estuarios y las marismas que se forman en sus desembocaduras, como las marismas de Doñana formadas por el río Guadalquivir, y las marismas del Odiel. Los ríos de la cuenca mediterránea son más cortos, más estacionales y con más pendiente media, lo que provoca unos estuarios menos extensos y valles menos propensos a la agricultura.



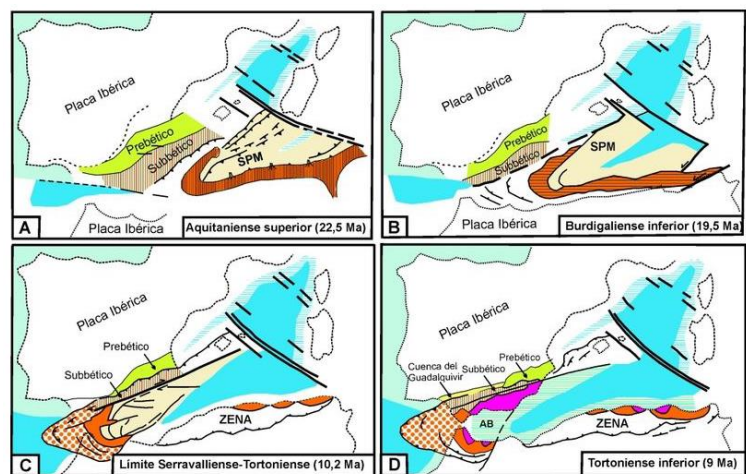
los ríos que desembocan en el Mediterráneo. Además, en Andalucía se extiende una pequeña parte de la cuenca del río Segura.



### 1.4.2. Geología de Andalucía.

La geología de Andalucía es el resultado del complejo proceso de orogenia que tuvo lugar tras la colisión de las microplacas Ibérica y de Alborán durante el Mioceno **Figura 8** (tomado de [124]). Los materiales más antiguos emergidos proceden de la antigua formación del Macizo Ibérico datada en el Carbonífero; el acercamiento de la Placa Africana provocó a lo largo del plegamiento alpino que los materiales presentes

en el antiguo lecho marino que rodeaba al macizo original salieran a la superficie conformando la actual Cordillera Bética. Sin embargo, las rocas presentes en esta cordillera señalan un origen complejo al ser originarias por



**Figura 8:** Proceso de formación de las principales unidades geológicas de Andalucía.

una parte del borde de la Placa Ibérica, por otra parte, del borde de la Placa de Alborán y por otra parte de los materiales depositados entre ambas.

Desde el punto de vista geológico, se pueden diferenciar dos grandes unidades geológicas:

#### a. Macizo Ibérico:

En esta zona se localizan rocas del Eón Precámbrico y todo el periodo desde el Paleozoico hasta el Carbonífero, estos materiales se caracterizan por presentar un

#### **1.4. Material y métodos.**

---

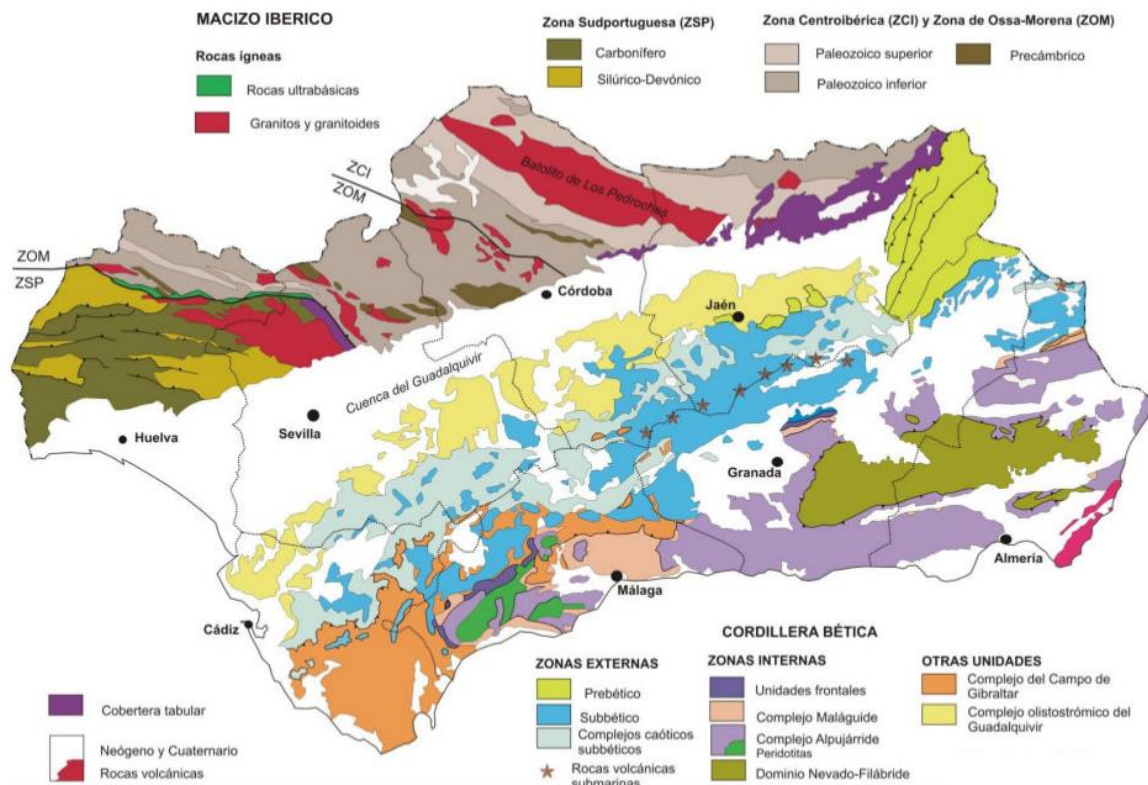
muy bajo metamorfismo, si bien aparecen algunas en localidades dispersas. Los límites de la zona están bien definidos por la presencia de rocas de afinidad oceánica (ofiolitas); presentes al noreste por la Zona de Cizalla de Badajoz – Córdoba y al sureste por las anfibolitas de Beja – Acebuches, que indican el cierre de zonas oceánicas y la sutura de bloques continentales [125].

Todo el macizo se puede interpretar como un bloque continental fusionado durante la orogenia que dio origen al macizo Hercínico, con los bloques adyacentes de la Zona Centroibérica y la Zona Subportuguesa. Las principales litologías se resumen en Rocas ultrabásicas en las zonas de Aracena. Rocas ígneas tipo granitos y pórfidos del batolito de los Pedroches y norte de Sevilla. Las zonas más occidentales, la zona subportuguesa, con materiales del Carbonífero y Silúrico – Devónico y las zonas precámbricas y paleozoicas de lo conocido como Zona de Ossa – Morena.

##### **b. Depresión Bética (Valle del Guadalquivir).**

La depresión del Guadalquivir se caracteriza por presentar forma triangular entre Sierra Morena al norte y las cordilleras Béticas al sur. Mayoritariamente está formada por sedimentos neógenos y cuaternarios que no han sido afectados por la tectónica de mantos de corrimientos.

También podemos encontrar afloramientos triásicos en las zonas más septentrionales, y unidades alóctonas olistostrómicas procedentes de la Zona de Ossa Morena. Estas unidades alóctonas están formadas principalmente por calizas organógenas, arenas, conglomerados, rocas silíceas. Estas zonas están ocupadas por



**Figura 9:** Principales unidades geológicas de Andalucía.

rocas que datan desde el Triásico hasta al Mioceno medio, formadas en el antiguo margen continental de la Placa Ibérica, con fuerte deformación y pliegues y cabalgamientos vergentes, en general, al norte – noroeste [125].

c. Cordillera Bética:

Son un conjunto de sistemas montañosos de más de 600 km, desde el estrecho de Gibraltar hasta los límites orientales de Andalucía, aunque esa gran unidad geográfica, continua hasta la Sierra de Tramontana en Mallorca, formando parte del Arco de Gibraltar. Se caracterizan por ser materiales de origen calcáreo, calizas, dolomías, pero también esquistos, filitas y cuarcitas, siendo menos abundantes las

#### **1.4. Material y métodos.**

---

peridotitas del complejo Alpujarride y las rocas volcánicas del Cuaternario en las zonas del cabo de Gata en Almería.



### 1.4.3. Edafología de Andalucía.

De los materiales geológicos anteriormente mencionados, derivan los diferentes tipos de suelos que se encuentran en el área de estudio [126]. La diversidad edáfica que se encuentra en el área de estudio **Figura 10** [127], influencia en gran medida la flora que se desarrolla en las mismas, la descripción de los principales unidades edáficas se hizo siguiendo la clasificación de la Soil Taxonomy [128] y cuando es posible, una breve correspondencia con la base referencial mundial del recurso suelo [129].

a) Alfisoles.

Son suelos minerales que normalmente están húmedos, y no tienen ni un epípedon mólico ni un horizonte óxico (horizonte donde la meteorización ha removido o alterado una gran parte de la sílice que está combinada con el hierro o aluminio, pero no con el cuarzo o las arcillas) ni espódico (horizonte iluvial con enriquecimiento en sesquióxidos, acompañados de carbono orgánico y arcilla). Son suelos que mantienen notables cantidades de minerales primarios, arcillas, etc, que han permanecido estables, esto es, libres de erosión y otras perturbaciones edáficas. Están presentes los subórdenes Xeralf y Aqualf

- *Haploxeralf*: Son Xeralfs relativamente delgados, de color rojizo hasta pardo, pero no rojo oscuro; el límite superior del horizonte argílico es neto o gradual o tienen una clase textural franca en todo el argílico. Tienen

#### 1.4. Material y métodos.

---

escasa, o ninguna plintita y no tienen un duripán, los materiales pueden ser ácidos o básicos. Incluyen a los Luvisoles háplicos.

- *Rhodoxeralf*: Son los Xeralfs más o menos rojo oscuro formados sobre calizas, basaltos y otros materiales básicos. Como grupo son suelos muy uniformes en cuanto a sus propiedades, excepto la profundidad. Algunos, que pueden estar recibiendo aportaciones carbonatos. Se corresponden con los Luvisoles rodocrómicos.
- *Palexeralf*: Son Xeralfs (Alfisoles de colores rojizos, propios de las regiones mediterráneas. Suelen tener un régimen de humedad xérico), pero no rojo oscuro, que tienen un grueso horizonte argílico y normalmente, algo de plintita en sus horizontes inferiores. Se encuentran sobre superficies antiguas, estables, y su formación se inició en el Pleistoceno medio, o antes. Suelen estar sobre material parental ácido o moderadamente básico, pero nunca sobre caliza. Se pueden relacionar con los Planosoles y Luvisoles éutricos, así como con paleosuelos.
- *Ochraqualf*: Son los Aqualfs (Alfisoles que tienen color gris y moteados. Poseen un régimen de humedad ácuico, o están artificialmente drenados. Puede darse el caso de que la capa freática ascienda durante gran parte del año hasta cerca de la superficie de latitudes medias) que tienen un epípedon ócrico que descansa sobre un horizonte argílico que no presenta un cambio textural abrupto si el argílico tienen baja conductividad hidráulica. Se pueden relacionar con los Luvisoles gleicos, o gleisoles.

b) Aridisoles

Los suelos pertenecientes a este Orden tienen en común la carencia de agua útil para las plantas mesófilas, es decir retenida a una presión inferior a 1500 kPa, durante largos períodos, el tener uno o más horizontes pedogenéticos, un horizonte o varios, superficiales, que no están significativamente oscurecidos por la presencia de humus y ausencia de grietas anchas y profundas, propias de los Vertisoles.

- *Haplargid*: Son los Argids (suelos con horizonte argílico) que tienen un horizonte argílico, pero no un nátrico ni un duripán ni un petrocálcico. Con frecuencia existe un horizonte cálcico por debajo del argílico, aunque normalmente, estos suelos no son calizos por encima del límite inferior de este horizonte. Se pueden corresponder con los Xerosoles.
- *Haplocalcid*: Son los Calcids (aridisoles con un horizonte cálcico o petrocálcico) que no tienen un horizonte petrocálcico dentro de los 100 cm superficiales. Se pueden corresponder con Xerosoles.
- *Petrocalcid*: Son los aridisoles del suborden calcid que presentan un horizonte petrocálcico dentro de los 100 cm desde la superficie. Pueden corresponderse con Xerosoles y Litosoles en parte.
- *Haplocambid*: Son suelos que se caracterizan por un horizonte poco desarrollado. Y presentan una redistribución de carbonatos por debajo del horizonte cámbico. Sin embargo, la cantidad de carbonatos es insuficiente para cumplir con la definición de un horizonte cálcico.

#### 1.4. Material y métodos.

---

- *Haplosalid*: Son suelos con un gran contenido de sales, presentando pues, un horizonte salino. Se pueden corresponder con los Solonchaks o Gipsisoles.

c) Histosoles.

La característica principal de estos suelos es el alto contenido en materia orgánica en sus 80 cm superiores. Este contenido en materia orgánica debe ser, por lo menos, del 20 al 30% en más de la mitad de su espesor, o en caso contrario, el horizonte rico en materia orgánica descansa sobre roca o cascajo. La mayoría de ellos son turbas más o menos evolucionadas, pero algunos se han formado a partir de la hojarasca de bosque o musgos, en un medio húmedo y libremente drenado.

d) Spodosoles.

Son suelos minerales que tienen un horizonte espódico (horizonte iluvial con enriquecimiento en sesquióxidos, acompañados de carbono orgánico y arcilla) con un espesor suficiente como para ser discernible después de cultivarse el suelo durante una serie de años. Está representado por el suborden *Orthod* (suelos con una superficie enriquecida en hierro y humus). Pueden corresponderse con los Podsoles.

e) Ultisoles.

Los Ultisoles se caracterizan por tener un horizonte argílico o kándico (un tipo de arcilla caolinítica) y con una baja saturación de bases. Aparecen a cualquier temperatura y humedad (excepto en el arídico) y con elevadas precipitaciones que

produzcan un lavado intenso de las bases. El único suborden representado es el *Xerult* (constituyen suelos libremente drenados, y con materia orgánica de bajo a moderada).

- *Haploxerult*: Son los Xerults más o menos libremente drenados, que tienen un horizonte argílico delgado o moderadamente grueso o que tienen un apreciable contenido en minerales alterables, o ambas cosas a la vez.

f) Molisoles.

Los molisoles reúnen a los suelos de color muy oscuro, ricos en bases, casi siempre, y un horizonte argílico, nátrico, cálcico o álbico, pudiendo tener también un duripán o un horizonte petrocálcico. Cubren amplias áreas que van de subhúmedas a semiáridas, encontrándose, por tanto, entre los Aridisoles de clima árido y los Spodosoles o Alfisoles de clima húmedo, siendo típicos de latitudes medias, aunque también se les encuentra en latitudes y altitudes elevadas. Presenta los siguientes subórdenes: *Alboll*, *Aquoll*, *Rendoll*, *Xeroll*, *Boroll*, *Ustoll* y *Udoll*, de los cuales, solo el suborden *Xeroll*, está representado en la vegetación climatófila de Andalucía.

- *Calcixeroll*: Son los Xerolls que tienen un horizonte cálcico o un gípsico y son calizos en cualquier parte del suelo situada por encima de estos horizontes, pueden corresponderse con regosoles y cambisoles cálcicos; Solonchaks, o Gypsisoles.
- *Haploxeroll*: Son los Xerolls que tienen un horizonte cámbico o una capa de material parental ligeramente alterado por debajo del epípedon mólico. La mayoría de estos suelos tienen un horizonte con acumulación de

#### 1.4. Material y métodos.

---

carbonatos y muchos un horizonte cálcico, pero en este caso, los horizontes superficiales suelen estar libres de carbonatos. Pueden asemejarse a cambisoles cálcicos, Gypsisoles, Solonchaks o Kastanozems y Phaeozems.

##### g) Entisoles.

Los entisoles son los suelos que no presentan ningún horizonte de diagnóstico evidente a menos que estén enterrados, siendo estos distintos de un epípedon ócrico, antrópico o hístico, u horizontes álbico o espódico, cuyos límites superiores estén por debajo de los 2 m, o que el material amorfo no sea dominante en el complejo de cambio.

Los subórdenes contemplados son: *Orthent*, *Aquient*, *Fluvent* y *Psamment*.

- *Epiaquent*: Incluye suelos muy húmedos, saturados, de textura media a moderadamente fina ligados a procesos de hidromorfismo semipermanente a permanente, con un drenaje deficiente. En los casos de hidromorfía de carácter permanente, la capa freática está sobre la superficie del suelo. Se corresponden en parte con los Fluvisoles.
- *Cryorthent*: Son los Orthents (suelos esqueléticos) de clima frío. La mayoría están en pendientes con la roca a escasa profundidad o en recientes depósitos de solifluxión. Corresponden con los Litosoles.
- *Torriorthent*: Son los Orthents secos o salinos de regiones cuyo clima va de fresco a cálido pero áridos. Tienen, por tanto, un régimen de humedad tórrico, son salinos, o ambas cosas a la vez. La mayoría son suelos neutros o calizos y se encuentran sobre pendientes que van de moderadas a fuertes,

aunque no es condición necesaria. Se corresponden con regosoles en parte, y con litosoles. Se corresponden con Litosoles y Regosoles.

- *Ustorthent*: Son los Orthents de latitudes media a bajas, que tienen un régimen de humedad del suelo ústico (con limitación moderada de la humedad) y de temperaturas que varía del frígido al hipertérmico, o isomésico o más cálido. Se corresponden con Litosoles y Regosoles.
- *Xerorthent*: Son Orthents de macrobioclima mediterráneo, que tienen un régimen de humedad xérico. La mayoría de ellos se encuentran sobre fuertes pendientes y pierden agua por escorrentía, aunque no todos tienen un régimen xérico, particularmente si el regolito es grueso. Se corresponden con Litosoles y Regosoles.
- *Quartzipsamment*: Estos suelos están constituidos por arenas cuarcíticas, libremente drenadas, de las regiones húmedas a semiáridas en latitudes medias o bajas. Normalmente tienen color blanco o están manchados con tonos pardos, amarillentos o rojos. Apenas si tienen materiales alterables. Corresponden con los Arenosoles álbicos.
- *Torrripsamment*: Son los arenales de climas cálidos y áridos, pudiendo constituir dunas fijas o móviles. Pueden tener cualquier composición mineralógica y cualquier color. Se corresponden con los Arenosoles.
- *Xeropsamment*: Son Psamments de macrobioclima mediterráneo que contienen minerales alterables, generalmente feldespatos, en la fracción

#### 1.4. Material y métodos.

---

arena. Estos suelos están húmedos en invierno y muy secos en verano, estando libremente drenados. Se corresponden con los Arenosoles.

- *Fluvent*: Son suelos formados sobre sedimentos recientes transportados por el agua, fundamentalmente sobre llanuras de inundación, deltas de ríos, etc, pero no en zonas pantanosas con drenaje pobre. Suelen contener una moderada cantidad de carbono de origen orgánico, asociado principalmente a la fracción arcilla. Dada la relativa periodicidad de las inundaciones es frecuente la aparente estratificación de los materiales. Se corresponden con los Fluvisoles.
- *Torrifluvent*: Son los Fluvents de climas áridos que no están frecuentemente inundados o que dejan de estarlo durante largos períodos, de tiempo. la mayoría son alcalinos o calizos y en algunos lugares, salinos. Se corresponden con los Fluvisoles cálcicos.
- *Xerofluvent*: Son los Fluvents que tienen un régimen de humedad xérico. En macrobioclima mediterráneo, no todos los Fluvents son Xerofluvents, ya que pueden existir inundaciones periódicas en verano como consecuencia del derretimiento de las nieves aguas arriba, por lo que el régimen de humedad no es xérico del todo. Se corresponden con los Fluvisoles.



h) Inceptisoles.

Son suelos que presentan uno o varios horizontes de diagnóstico, que se piensa que se han formado rápidamente y no presentan significativas muestras de eluviación, iluviación ni fuertes alteraciones. Son suelos bastante jóvenes y poco desarrollados en un estadio incipiente de desarrollo de los horizontes. Comprenden la mayoría de suelos de Andalucía, desarrollándose sobre diversos materiales. En el área de estudio, los muestreos de vegetación abarcan los subórdenes *Xererept*, *Cryept*, *Udept*, *Tropept*, *Ochrept*.

- *Calcixerept*: Son aquellos suelos, con régimen de lluvias xérico (Xerepts) que tienen un horizonte cálcico dentro de los 100 cm de la superficie o petrocálcico que tiene su límite superior dentro de los 150 cm de la superficie del suelo, pueden corresponderse en gran medida con los cambisoles cálcicos y regosoles calcáreos.
- *Dystrocryept*: Son suelos Cryept (suelos de lugares con temperaturas bajas) que no tienen carbonatos libres dentro de los 200 cm de la superficie del suelo mineral. Se pueden asemejar a la clasificación de los Cambisoles o leptosoles dístricos, sobre materiales silíceos, de alta montaña de carácter húmedo.
- *Dystroxerept*: Suelos de lugares xéricos o secos que no presentan carbonatos libres en los 200 cm. Se pueden asemejar a Cambisoles, Regosoles o leptosoles dístricos, sobre materiales silíceos, de montaña de carácter seco.

#### 1.4. Material y métodos.

---

- *Dystrudept*: Son suelos dístricos, sin carbonatos libres, sobre depósitos del Holoceno y que tienen un régimen de humedad perúdic o údic (la precipitación sobrepasa la evapotranspiración. Se pueden englobar en los Cambisoles, regosoles o leptosoles dístricos
- *Eutrocrypt*: Son los suelos éutricos (suelos con una saturación en bases de más del 50% en los primeros 20 – 50 cm de suelo, en lugares húmedos de alta montaña. Se pueden corresponder con los cambisoles y regosoles éutricos
- *Haploxerept*: Suelos poco diferenciados, típicos de vegas, valles y laderas, sobre diversos materiales, pero siempre con condiciones xéricas o secas de humedad. Pueden corresponderse con Cambisoles y Regosoles.
- *Humitropept*: Son suelos pardos, ricos en humus de regiones relativamente frescas y húmedas de montaña. El régimen de humedad del suelo es údic (con precipitación mayor que la evapotranspiración) generalmente, y el de temperaturas isotérmico o isomésico. La saturación en bases es baja. Se corresponde con Luvisoles y Cambisoles húmicos.
- *Xerochrept*: Son Inceptisoles caracterizados por un delgado horizonte A que descansa sobre un horizonte cámbico, desarrollándose en lugares de macrobioclima mediterráneo, donde existe disponibilidad de agua durante todo el año, salvo en los meses de verano, pueden englobarse parcialmente en Cambisoles, Regosoles y Luvisoles.
-

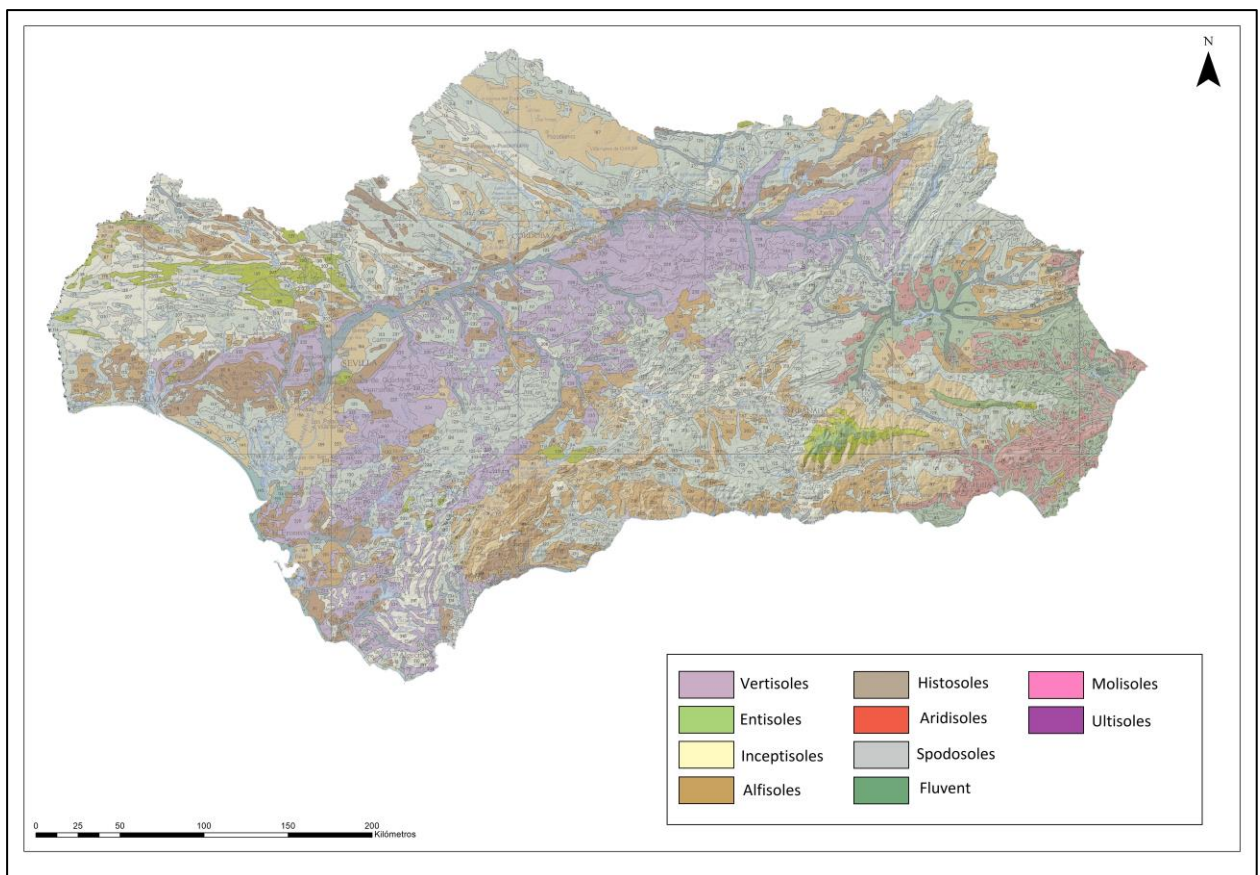
i) Vertisoles.

En la Clasificación taxonómica de suelos, los vertisoles son suelos que presentan un elevado contenido en arcillas expansibles, más del 35 %. Además, tienen una capacidad de cambio superior a 30 meq. en todos los horizontes situados por debajo de los 5 cm de profundidad desde la superficie. A menos que estén regados, se aprecian grietas de una anchura que va de 1 a 25 cm [130]. Este ciclo de expansión y contracción, provoca grandes daños en los sistemas radiculares de la mayoría de árboles que impiden su crecimiento y desarrollo. Son los suelos minerales que tienen un régimen de temperaturas mésico (T entre 8 – 15°C, Ic >5), isomésico (T entre 8 – 15°C, Ic <5) o más cálido [130]. En el área de estudio está representado por el suborden *Xerert*.

- *Calcixerert*: que tienen un horizonte cálcico o petrocálcico, cuyo límite superior se encuentra dentro de 100 cm medidos desde la superficie mineral, y sin un *Duripan* (partes endurecidas en un horizonte).
- *Chromoxerert*: tienen un subhorizonte, al menos, dentro de los 30 cm superficiales con croma (pureza de color) dominante de 2 o superior en la matriz y se encuentra presente en la mitad o más de cada pedón.
- *Haploxerert*: no tienen ni un duripán ni un horizonte cálcico o petrocálcico dentro de los 100 cm medidos desde la superficie mineral del suelo.

#### 1.4. Material y métodos.

Estos suelos, se pueden corresponder con los Vertisoles cálcicos, Vertisoles cámbicos, o incluso con los Cambisoles vérticos.



**Figura 10:** Mapa edáfico de Andalucía con los principales órdenes de suelos. (adaptado del mapa de suelos del Instituto Español de edafología 1:1.000.000)

#### 1.4.4. Componentes climáticos de Andalucía.

El aumento de las temperaturas durante los meses estivales, en especial julio y agosto, provoca un calentamiento de las masas de aires cargadas de humedad, por lo que estas, al condensarse de manera localizada, provocan las precipitaciones de origen convectivo, apareciendo de manera torrencial especialmente en el sur de la península ibérica, y en particular en la zona suroriental de Andalucía; así como en el levante español, donde destacan en los meses de verano, otoño, y en mucha menor medida en invierno ocasionando estas lluvias grandes daños en los sistemas agropecuarios.[131-133], siendo este tipo de precipitaciones torrenciales características del clima Mediterráneo [134].

Por tanto, régimen de lluvias en Andalucía es muy heterogéneo, encontrándose en el área de estudio regiones que se encuentran entre las más lluviosas de la península Ibérica como es Grazalema, Aracena o Cazorla con unos valores de precipitaciones en torno a 1000 – 1700 mm/año. Este tipo de precipitaciones son de tipo orográfico, en el cual las borrascas procedentes del océano Atlántico chocan de manera brusca con los sistemas montañosos, obligando a las masas de aire a ascender en altitud, y a enfriarse de manera súbita, con lo que descargan gran parte de su contenido en estas sierras de Grazalema y Aracena. El resto de frentes procedentes del Atlántico que no chocan y siguen su paso por el Valle del Guadalquivir, donde se quedan encajonados entre las cordilleras del Sur y Sierra Morena, siendo conducidos hasta las Sierras de Cazorla y Segura, son obligadas a descargar debido a la barrera que suponen sus cumbres de más de 2000 msnm.

#### 1.4. Material y métodos.

---

En la cara opuesta se encuentra el tercio suroriental de Andalucía, donde el Desierto de Tabernas, y Adra, con un régimen de lluvias de 235 mm/año es uno de los lugares más secos de la península Ibérica. Esta diversidad, se debe en gran parte a los sistemas Subbético y Penibético (Surco Intrabético) formado por las Hoyas de Guadix, Baza, Huéscar, que ejercen un efecto pantalla, impidiendo a las borrascas del Atlántico, progresar hacia la zona más suroriental de Andalucía.

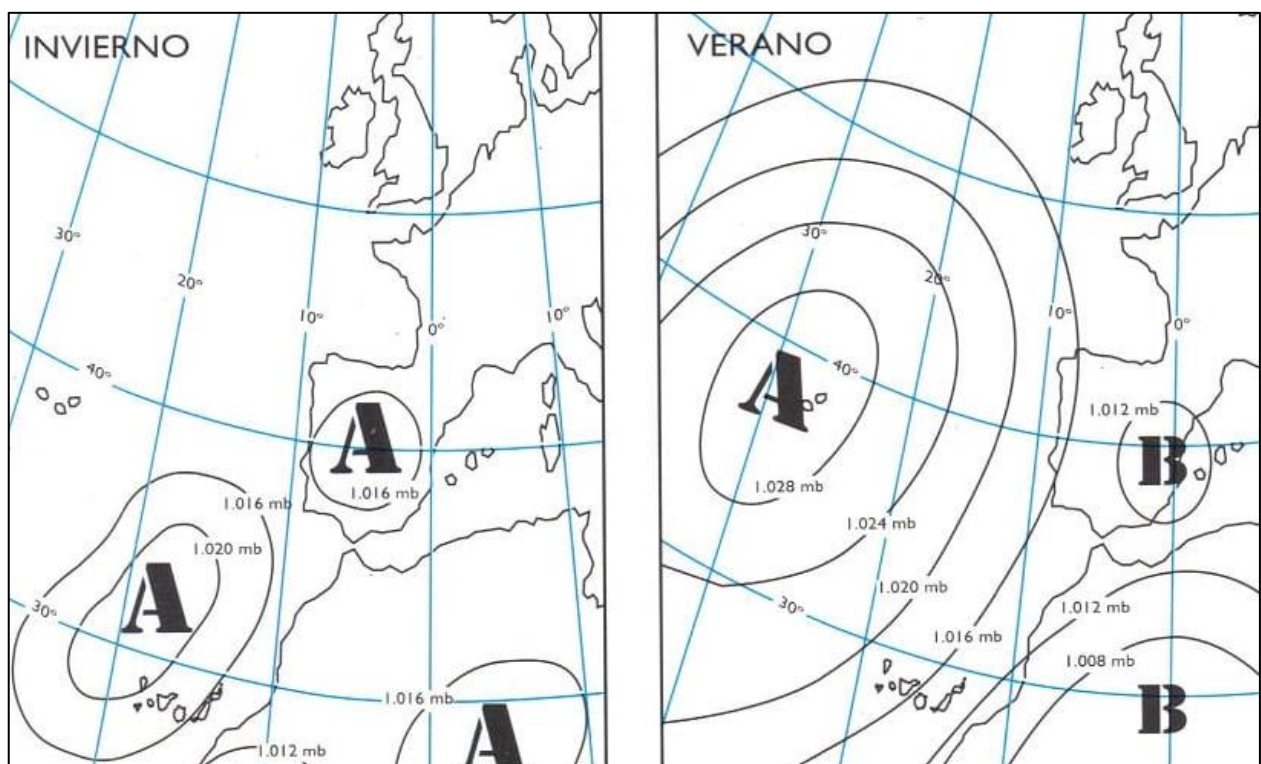
Andalucía se puede encontrar afectada por cinco grandes centros de acción, frentes o masas de aire.

a) Centros anticiclónicos: Anticiclón de las Azores.

Es una zona de altas presiones y de gran potencia, producido por el movimiento descendente del aire ecuatorial en su desplazamiento a latitudes mayores tropicales (dorsal africana). Esto provoca un movimiento de subsidencia que hace que toda la masa de aire, desde las capas medias de la atmósfera hasta la superficie, por lo que las inmediaciones presentan presiones por encima de los 1013 mb. La zona de recorrido del anticiclón de las Azores coincide con la de la corriente fría de Canarias, esta última, enfriando el aire en su base alimentando el carácter anticiclónico de éste [135].

El anticiclón de las Azores muestra dos posiciones claras en forma de movimientos hacia el norte o el sur siguiendo de manera estacional. Durante el invierno se encuentra más al sur, entre los 25° N y 30° N, mientras que la posición de verano se encuentra entorno a los 35° – 40° N **Figura 11** (tomada de [136]).

Aunque estos movimientos, se pueden producir en cualquier época del año, es sobre todo en verano cuando se hace más estable, desplazándose hacia el norte con un desarrollo importante, quedando toda la península Ibérica en una posición de altas presiones. Las altas presiones generan una gran estabilidad, con un aire bastante seco y cálido. Con la presencia del anticiclón de las Azores aparece la sequía estival. Por el contrario, cuando el anticiclón se encuentra en una posición más meridional,



**Figura 11:** Posición del anticiclón de las Azores (A) en la posición de verano y en la de invierno.

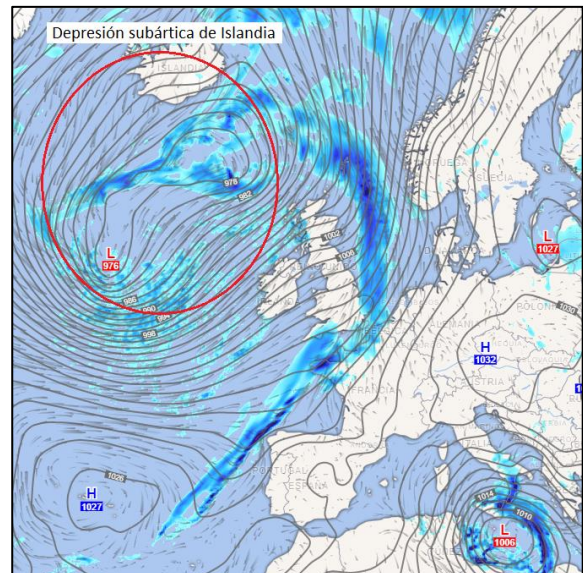
propicia la entrada de los ciclones promovidos por las borrascas o bajas presiones.

## 1.4. Material y métodos.

### b) Centros de acción atmosférico de tipo ciclónico.

Los principales frentes ciclónicos que afectan a la región de Andalucía, está la depresión del Atlántico norte, en la zona de paso de los ciclones del Frente Polar, Esto se produce por el choque de los frentes de aire frío polar, con los frentes cálidos tropicales. Esta posición ciclónica es estática durante todo el año, y está constantemente enviando ciclones hacia la península Ibérica entre otras regiones[137, 138].

Es por tanto la posición del Anticiclón de las Azores, el que modula la llegada de estos frentes. La depresión de Islandia frecuentemente se desplaza por Europa Occidental alcanzando en su borde la región andaluza. Su efecto es indirecto canalizando por su fachada occidental aire ártico o aire polar marítimo hacia las regiones más meridionales como la región andaluza **Figura 12**. Es una vía de penetración de las perturbaciones del frente polar.



**Figura 12:** Depresión ciclónica de Islandia, como se observa, una posición baja del anticiclón de las Azores, permite la entrada de los frentes procedentes de esta zona de bajas presiones.

Análogamente al anticiclón de las Azores, la depresión de las Azores, suele ocupar en la posición del anticiclón de las Azores influenciados por los mecanismos de la



corriente en chorro. Tiene un efecto bastante directo sobre Andalucía, puesto que cuando está situado más al Norte, canaliza aire atlántico hacia Andalucía.

c) Masas de aire que tienen influencia sobre Andalucía

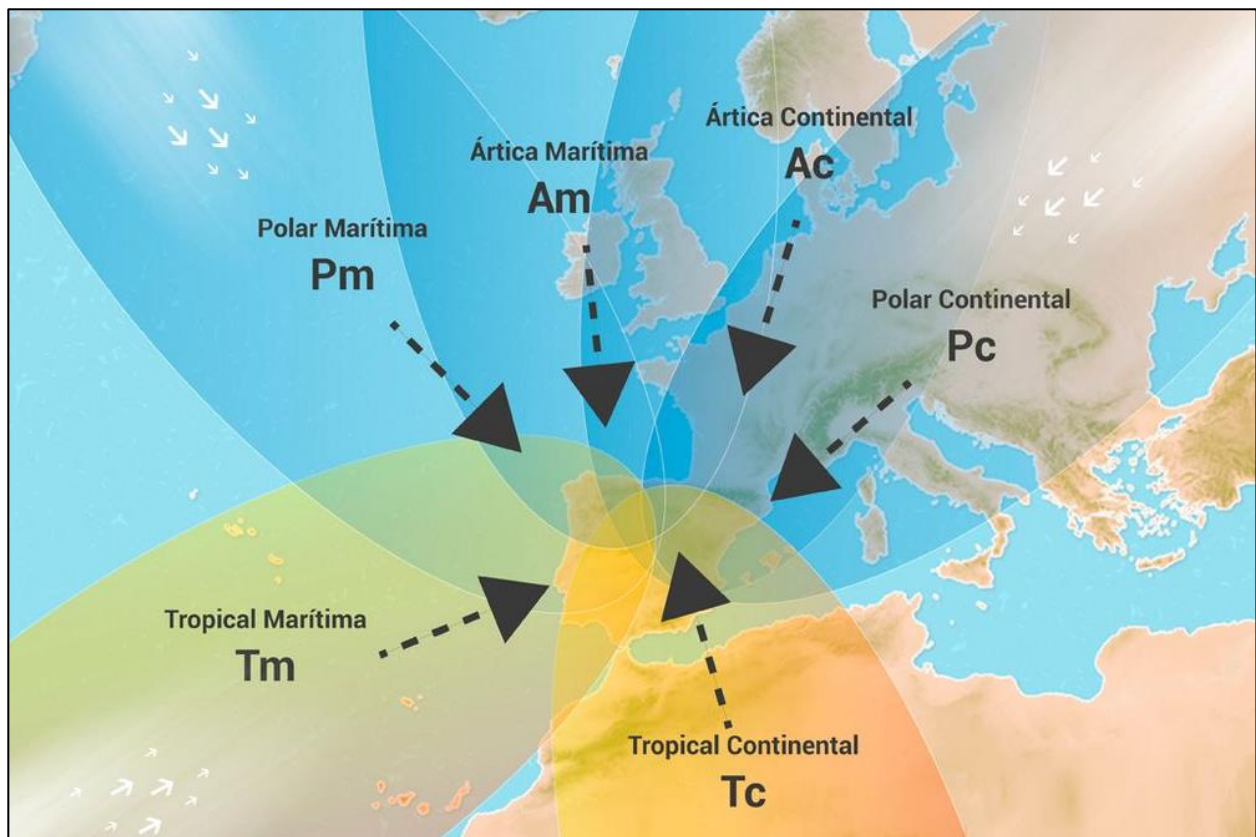
Varias masas de aire tienen influencia en Andalucía, por un lado, las de origen tropical. El aire tropical, de gran influencia marina, se forma en la zona del anticiclón de las Azores **Figura 13**, tomada de [139]. Se trata de una masa de aire cálida y húmeda (al menos en la base), favorecida por la evaporación del agua del mar. Debido a su origen anticiclónico, es una masa de aire de gran estabilidad, incrementándose conforme se desplaza hacia el norte. Otra masa de aire de origen tropical, pero en este caso continental, se forma en el norte de África a los 30 – 35° en invierno, esta masa de aire es muy seca y cálida. Sin embargo, puede formarse también en verano cuando el aire atlántico penetra en África. Tiene su mayor presencia en verano generando olas de calor con vientos de polvo rojizo procedentes del desierto.

La masa derivada de influencia polar marítima, que trae frentes fríos, al área de Andalucía, pero de manera menos importante **Figura 13**. Por el contrario, el aire polar continental, tiene su origen en el continente europeo en invierno en la etapa de los grandes anticiclones continentales, con aire frío y seco. Pero a pesar de su sequedad puede provocar nieblas nocturnas y provocando olas de frío intenso sin precipitaciones. Este, en no pocas ocasiones, choca con el aire más cálido del Golfo de Cádiz, generando una actividad frontal que da lugar a fenómenos tormentosos en el sur.

#### 1.4. Material y métodos.

---

Por otro lado, las masas de aire ártico marítimo y continental proceden en su origen, del Océano Glacial Ártico y de las grandes islas respectivamente. Solo de manera muy puntual, llegan a alcanzar al sur de la Península Ibérica, trayendo un aire muy frío.



**Figura 13:** Centros de origen de las principales masas de aire que tienen influencia en Andalucía.

d) Principales frentes de Andalucía.

El principal frente que descarga precipitaciones en esta región, es el frente polar Atlántico. Se origina en las costas de América del Norte desplazándose de oeste a este de manera general, aunque también puede adoptar otras direcciones menos usuales como de norte a sur. Este frente polar derivado llega hasta el Mediterráneo y en contacto con este aire caliente se fortalece afectando a la línea de costa del mediterráneo español. Se sitúa según las estaciones del año entre los 35° y los 65° Norte, fluctuando en función de la posición del anticiclón de las Azores. En otoño y primavera el frente polar puede ubicarse bastante al sur, alcanzando de lleno todo el sur peninsular, pero nunca lo hará durante el verano debido a la posición del anticiclón.

Otro frente de acción, es el frente del Mediterráneo, de gran influencia desde octubre hasta abril. Se forma por el contacto del aire continental peninsular, y el aire del Mediterráneo. Este no suele producir precipitaciones importantes en Andalucía, pero puede alimentarse del frente polar o cuando se asocia con una situación de altura de gota fría.

Por último, el frente Ártico, normalmente está situado muy al norte y no suele tener mucha influencia, pero cuando el Ciclón de Islandia desciende y se posiciona por encima de la península si puede afectar a Andalucía, y es reseñable porque su llegada provoca temporales de tiempo muy frío y con importantes precipitaciones de nieve.

## 1.4. Material y métodos.

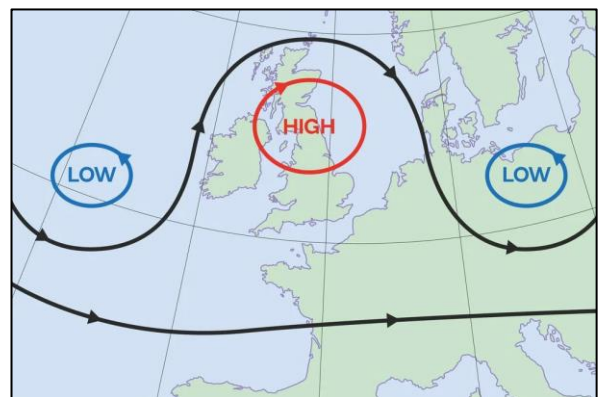
---

### e) Circulación en altura

La circulación en altura crea una serie de situaciones con una fuerte influencia de lo que ocurre en superficie. Cuando existe una discordancia atmosférica en altura y en superficie se puede generar un ciclón, pero no produce apenas precipitaciones ya que se impone la situación en altura. Las lluvias, cuando se dan son esporádicas, muy localizadas y de corta duración.

La corriente en chorro polar suele situarse al norte de Andalucía y consecuentemente no suele afectar a la región andaluza. Cuando estos tienen una circulación lenta describiendo grandes ondulaciones al Norte y al Sur es cuando la corriente en chorro polar puede situarse sobre la región andaluza e influir en su tiempo atmosférico.

La situación en omega **Figura 14** (tomado de [140]) es una posición atmosférica que va a tener su repercusión en la superficie. El aire genera un torbellino en las dorsales y en las vaguadas. En la dorsal norteafricana, la que más afecta a Andalucía, suele girar en



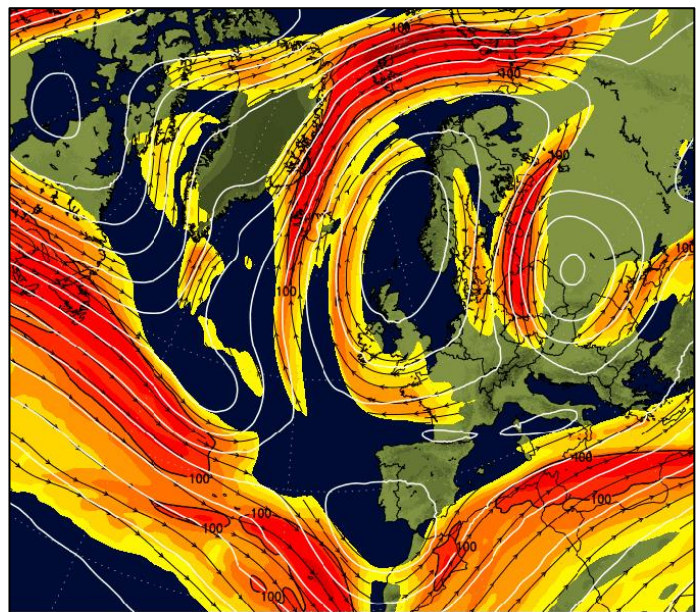
**Figura 14:** Esquema de un bloqueo en omega.

el sentido de las agujas del reloj, tornándose una situación anticiclónica. En el caso contrario, es decir, los torbellinos en las vaguadas, generan posiciones ciclónicas explosivas[141].

En las dorsales, el aire caliente se sobrepone al aire frío, generando una gran estabilidad, por el contrario, en las vaguadas, el aire frío penetra sobre el cálido, tendiendo a bajar y generando posiciones ciclónicas. Básicamente consiste en un área de alta presión intercalándose entre dos zonas de bajas presiones una al este y al oeste, y también ligeramente hacia el sur [140].

Por último las situaciones en rombo **Figura 15** , las cuales se producen cuando la corriente del chorro se divide en dos y una de las corrientes derivadas cambia la dirección O – E por una dirección SO – NE y después gira formando un meandro para tomar la dirección NE – SO mientras que la otra corriente hace lo contrario, de forma que ambas corrientes tienden a

juntarse, esto provoca un embolsamiento de aire en altura que comienza a desplazarse de una forma errática hacia el sur, provocando lluvias muy intensas y concentradas en el tiempo [141], son las tormentas de verano – otoño de resultado torrencial, llegando a descargar hasta 150 – 200 mm en cuestión de una hora.



**Figura 15:** Configuración de la situación en rombo, se aprecian los dos ramales de la corriente, además del meandro sobre los países escandinavos para encontrarse y chocar contra el otro ramal del sur.

## 1.4. Material y métodos.

---

### 1.4.5. Rasgos biogeográficos de Andalucía.

La biogeografía de Andalucía se enmarca en su totalidad en la región mediterránea. La síntesis o esquema biogeográfico se establece a continuación a partir de las diferentes provincias biogeográficas en que se divide el territorio andaluz

**Figura 17** siguiendo con la propuesta biogeográfica de Rivas – Martínez [113]:

- a) **Provincia Bética:** Comprende el valle del Guadalquivir y cordilleras Béticas.
- **Sector hispalense:** Terrenos sedimentarios y aluviales de la depresión del Guadalquivir.
    - *Distrito Aljarafeño*
    - *Distrito Bajo Campiñés*
    - *Distrito Altocampiñés*
  - **Sector rondeño:** Distribuido fundamentalmente por la provincia de Málaga, materiales calizos y ultramáficos.
    - *Distrito Serrano Arundense*
    - *Distrito Bermejense*
    - *Distrito Antequerano*
    - *Distrito Hoyano malagueño*
  - **Sector Granadino – Serrano Almijareense:** Unidad ecológicamente muy heterogénea.
    - *Distrito Axarquense:* complejo maláguide (filitas y esquistos).
    - *Distrito Serrano Almijareense:* Presencia de dolomías, calizas y filitas del complejo alpujárride.

- *Distrito Vegano Granadino*: materiales neógeno – cuaternarios aluviales de la Vega de Granada.
- *Distrito Serrano Trevenquino*: Zona calizo dolomítica de S. Nevada, S. de Huetor.
- Sector Alpujarreño – Gadorense: Sureste de la provincia de Granada y el suroeste de Almería.
  - *Distrito Alpujarreño*: Parte media y baja de las Alpujarras.
  - *Distrito Serrano Gadorense* (oriental): S. de Gádor.
- Sector subbético: Sur y este de Jaén, noreste de Málaga y sureste de Córdoba
  - *Distrito Subbético Cordobés*
  - *Distrito Serrano Giennense Suroccidental*
  - *Distrito Serrano Maginense*: S. de Mágina
  - *Distrito Serrano Cazorleño*: S. de Cazorla, S. de Castril.
  - *Distrito Subbético Murciano*: Zonas más orientales de las Subbéticas
  - *Distrito Serrano Segureño*: S. de Segura.
  - *Distrito Alcaraceño*: Norte de Jaén.
- Sector Nevadense: Centro – este de la provincia de Granada y centro este de Almería.
  - *Distrito Alto Nevadense*
  - *Distrito Nevadense Oriental*

#### 1.4. Material y métodos.

---

- Sector Hoyano Accitano – Basitano: Noroeste de la provincia de Granada y norte de Almería. Presenta marcadas diferencias topográficas, geológicas y florísticas.
  - *Distrito Hoyano Basitano*: Altiplano y depresión sedimentaria de Guadix – Baza y valle del Guadiana menor.
  - *Distrito Serrano Basitano*: Porción calizo – dolomítica de la S. de Baza.
  - *Distrito Serrano Estanciano*: S. de las Estancias y porción carbonatada de la S. de los Filabres.
  - *Distrito Serrano Mariense*: Sierras de Orce y María
  - *Distrito Serrano Filábrico*: Sierra de los Filabres.
  
- b) Provincia Murciano – Almeriense: Penetra por la costa levemente en la provincia de Granada ocupa todo el este y sur de Almería.
  
- Sector Almeriense:
  - *Distrito almeriense* – occidental: Rodeando la base sur y este de la Sierra de Gádor y laderas orientales de Sierra Nevada y las meridionales de la Sierra de los Filabres ocupando los campos de Tabernas hasta la Sierra de Alhamilla.
  - *Distrito Charidemo*: Territorios volcánicos y carbonatados. Sierra del Cabo de Gata, litoral de Sierra de Cabrera, Alhamilla, Cabo de Gata, Campo de Níjar.
  - *Distrito Serrano Alhamillense*



- *Distrito Almeriense Oriental*: Sierra de Cabrera, terrenos yesíferos de Sorbas, hasta el tramo medio – bajo del río Almanzora y otras cuencas del noreste de Andalucía continuando en la provincia de Murcia.
- c) **Provincia castellano – maestrazgo – manchega**: En Andalucía solo se encuentra al noreste.
  - **Sector Manchego**: Quedan muy pocos restos de vegetación. La mayor parte son ahora cultivos de cereales.
    - *Distrito Serrano Espuñense*.
- d) **Provincia gaditano – onubo – algarviense**: Litoral mediterráneo – atlántico. Desde la “Costa del sol” hasta Portugal. Se adentra hacia el interior por las extensas llanuras de las marismas del Guadalquivir.
  - **Sector aljibico**: Arenas silíceas
    - *Distrito Serrano Aljibico*
    - *Distrito Aljecureño Genalense*
    - *Distrito Marbellí*
  - **Sector gaditano – onubense litoral**: Territorio eminentemente litoral, no supera los 200m. Lo ubicamos en el sur, sureste de la provincia de Huelva, penetra por el valle del Guadalquivir hasta las proximidades de Sevilla.
    - *Distrito Gaditano Litoral*
    - *Distrito Marismeño*
    - *Distrito Onubense litoral*.

## 1.4. Material y métodos.

e) **Provincia Mediterránea Ibérica Occidental:** Se localiza por toda Sierra Morena desde Huelva hasta Jaén.

➤ **Sector Cordillerano Mariánico:** Se divide a la altura de Guadalcanal, Alanís, San Nicolás del Puerto y Navas de la Concepción.

- *Distrito Serrano Aracense.*
- *Distrito Alentejano.*

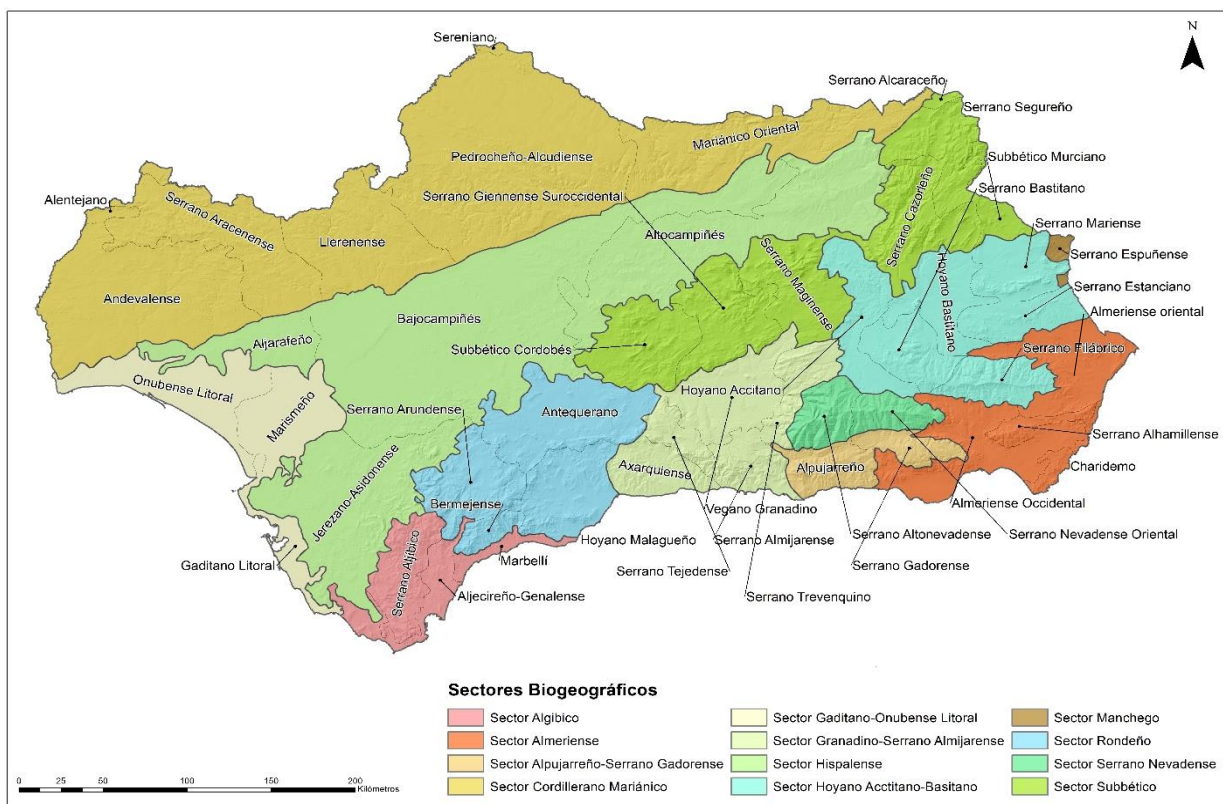


Figura 17: Distritos y sectores biogeográficos de Andalucía.

- *Distrito Andevalense.*
- *Distrito Llerenense.*
- *Distrito Pedrocheño – Alcudiense.*
- *Distrito Sereniano.*

- *Distrito Mariánico oriental.*

## **1.4. Material y métodos.**

---

### **1.4.6. Compilación y tratamiento de datos.**

#### **1.4.6.1. Bases de Datos: Obtención y organización.**

Para la realización del presente trabajo, los datos necesarios para llevar a cabo todos y cada uno de los diferentes análisis, se pueden dividir en dos grandes grupos. Por un lado, están los datos climáticos representativos no solo de Andalucía, si no que se amplían a la mitad sur de la península ibérica, incluyendo datos de Castilla – la Mancha, Extremadura, Madrid y sur de la Comunidad Valenciana, pertenecientes a España; de otros países se han incorporado datos de Portugal (del centro – sur), y norte de África que incluye datos relativos al, norte de Marruecos y norte de Argelia.

Otro grupo de datos necesario, son los datos o muestreos de vegetación que, siguiendo unos criterios similares al anterior, no solo se circunscriben a Andalucía, sino que abarcan muestreos de las formaciones vegetales de Castilla – La Mancha, Extremadura, Madrid, Murcia y sur de la comunidad valenciana, pertenecientes a España. Mientras que también se incluyen muestreos de vegetación de Portugal y del norte de África de manera puntual.

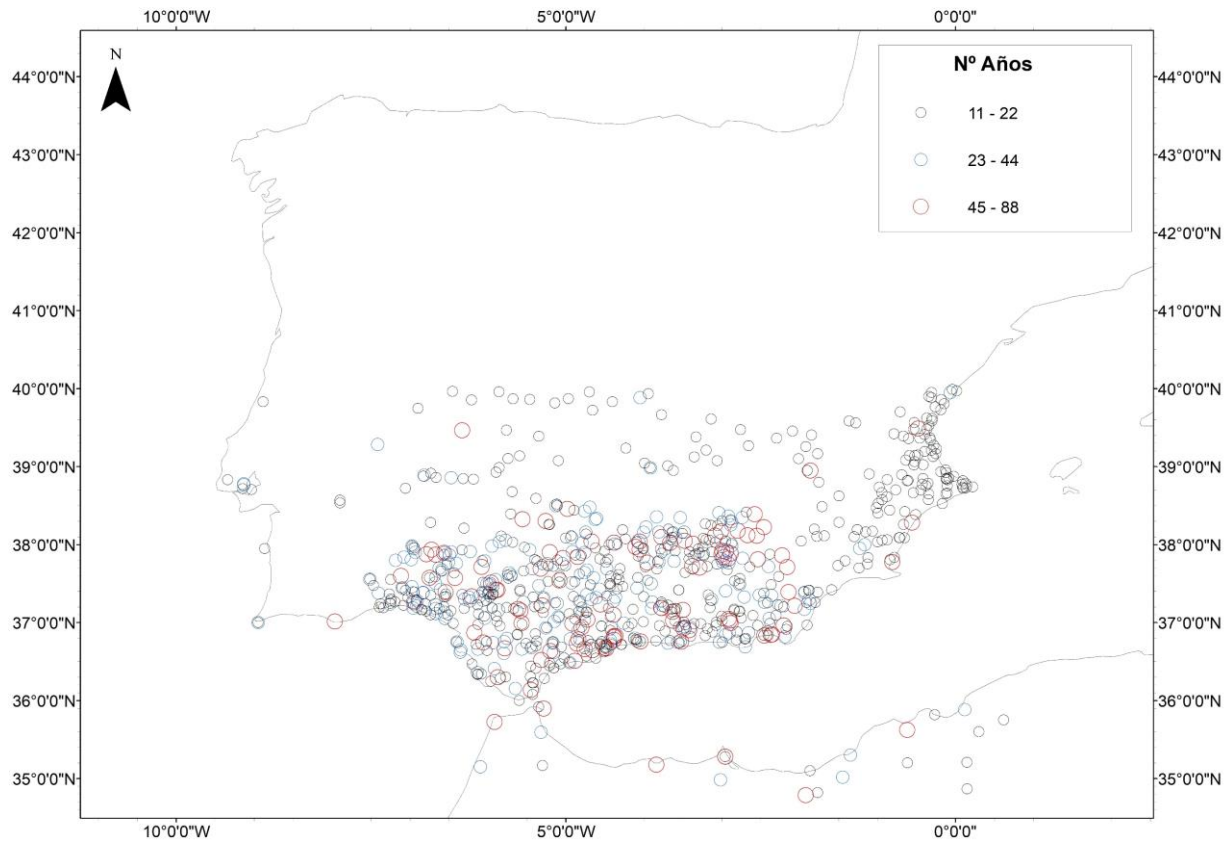
La elaboración de la base de datos climáticos parte de la obtención de los datos de precipitación y temperatura máxima, media y mínima mensuales a partir de los datos procedentes de 3988 estaciones meteorológicas distribuidas por la mitad sur de la península ibérica, así como del norte de África, procedentes de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Sistema de Información Climática de la Junta de Andalucía, Servicio integral de Asesoramiento al Regante de Castilla – La Mancha (SIAR),

Sistema de Información Agraria de Murcia (SIAM), Red de asesoramiento del Regante de Extremadura (REDAREX).

Se seleccionaron aquellas series temporales lo más completas posible, siendo el número de valores perdidos no superior 3% de huecos [142], en el caso de que apareciesen valores perdidos, éstos se rellenaban con la media correspondiente de cada serie temporal [35, 44, 131, 142, 143]. El periodo elegido fue desde 1980 hasta 2019 (40 años), lo que según trabajos sobre ciclos solares y su influencia sobre el clima del planeta Tierra [144, 145], suponen 3 ciclos completos de 11 años cada uno [146-148]

La distribución de las estaciones meteorológicas no es homogénea en todo el territorio, sino que hay áreas con una elevada presencia de estaciones meteorológicas, y otras grandes extensiones sin estaciones. La ratio estaciones/Km<sup>2</sup> se calculó dividiendo el número de estaciones seleccionadas distribuidas por el área de estudio **Figura 18** entre la superficie de la misma. La densidad de estaciones es de 1 estación cada 30 Km<sup>2</sup>, lo que representa a una circunferencia de aproximadamente 3,09 Km de radio, de media, si bien es cierto que hay áreas mayores de 30 Km<sup>2</sup>, en donde no se encuentra ninguna estación. Esta alta densidad de estaciones meteorológicas hace que los resultados se presenten de manera robusta.

## 1.4. Material y métodos.



**Figura 18:** Distribución de las estaciones meteorológicas que presentaban más de 11 años.

Para los cálculos estacionales se consideró para el invierno los meses de diciembre, enero y febrero; primavera los meses de marzo, abril y mayo; verano: junio, julio y agosto; y otoño: septiembre, octubre y noviembre [131]

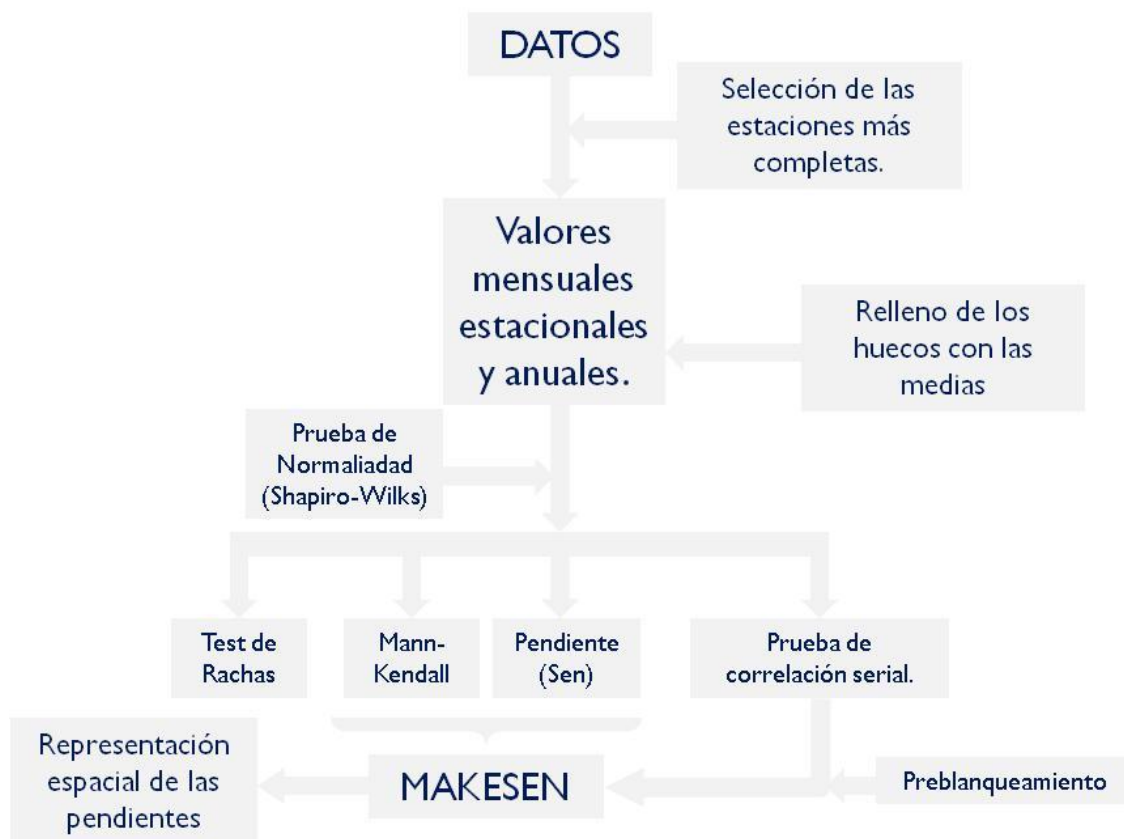
Para la definición de las diferentes variables climáticas y bioclimáticas, se sigue el criterio de Rivas – Martínez [149]. La interpolación de los datos climáticos de precipitación y temperatura para cada uno de los puntos de muestreo, se obtienen a partir de los datos procedentes de 3192 estaciones meteorológicas distribuidas por la mitad sur de la península ibérica, así como del norte de África, procedentes de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Sistema de Información Climática de la Junta de Andalucía, Servicio integral de Asesoramiento al Regante de Castilla – La

Mancha (SIAR), Sistema de Información Agraria de Murcia (SIAM), Red de asesoramiento del Regante de Extremadura (REDAREX). Mediante métodos de geoestadísticos de interpolación basados en *Kriging* y *Cokriging*, se obtienen los valores de precipitación y temperatura para cada uno de los diferentes puntos de muestreo. Posteriormente se calculan, a partir de los valores interpolados, las diferentes variables bioclimáticas anteriormente expuestas.

El análisis de los datos climáticos se ha abordado desde dos perspectivas, por un lado, se ha procedido a preparar los datos para la elaboración de los mapas bioclimáticos de Andalucía, y, por otro lado, el análisis de las series temporales para establecer las tendencias y proyectar los modelos bioclimáticos en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años vista. El esquema de trabajo de análisis de datos, se puede sintetizar en el siguiente esquema **Figura 19**.

## 1.4. Material y métodos.

---



**Figura 19:** Esquema seguido para el tratamiento de los datos climáticos y series temporales.

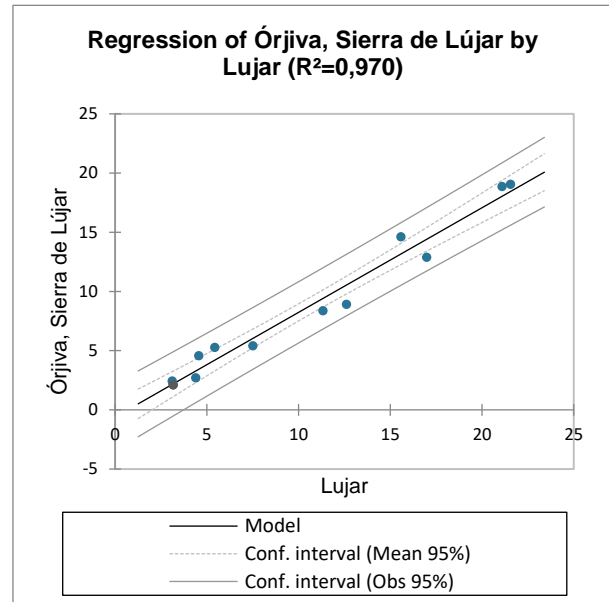
Para el establecimiento de los parámetros bioclimáticos de cada asociación, se procedió en un primer lugar a la selección de las estaciones termométricas, pluviométricas o termopluviométricas que contaban con un mínimo de 11, lo que supone un ciclo solar de 11 años, ciclo correlacionado con la NAO [150], principal patrón de teleconexión de la península Ibérica [42, 83, 151].

Esto permite establecer que sea el mínimo de años suficiente para que la estación en cuestión refleje unos parámetros bioclimáticos robustos acordes con la vegetación circundante. Dada la escasez de datos a partir de los 1500 metros, aquellas estaciones con menos de 11 años se corrigieron con la estación de referencia (con más de 11 años



de datos) más cercana, calculando la correlación lineal **Figura 20** entre esta estación y la de referencia más cercana[152].

	Estación de referencia	Estación a corregir	Valor corregido
Localidad	Lujar	Órjiva, Sierra de Lújar	Órjiva, Sierra de Lújar
Años	12,00	8,00	8,00
<b>TMED_01</b>	3,11	2,44	2,067
<b>TMED_02</b>	3,16	2,12	2,207
<b>TMED_03</b>	4,39	2,71	3,379
<b>TMED_04</b>	7,50	5,41	6,095
<b>TMED_05</b>	12,61	8,91	10,700
<b>TMED_06</b>	16,98	12,89	14,688
<b>TMED_07</b>	21,55	19,05	18,168
<b>TMED_08</b>	21,09	18,86	17,693
<b>TMED_09</b>	15,57	14,61	12,940
<b>TMED_10</b>	11,33	8,37	9,500
<b>TMED_11</b>	5,43	5,28	4,024
<b>TMED_12</b>	4,56	4,57	3,215



**Figura 20:** Ejemplo de estación con menos de 11 años corregida con la estación más cercana utilizando una regresión lineal.

Una vez seleccionadas aquellas estaciones que cumplen con un mínimo de años y aquellas situadas a más de 1500 metros con menos de 11 años de datos corregidas, se procedió a evaluar la calidad de los datos. Para ello se hizo una prueba de valores atípicos, rechazando aquellos datos que excedían  $3\sigma$  (tres veces la desviación estándar) [152] y rellenado el este valor con la media del valor mensual anterior y posterior a este. Una vez depurados los datos, se procedió a elaborar los promedios mensuales de temperaturas y precipitaciones, así como los promedios estacionales y anuales.

Para analizar la influencia del cambio climático en las diferentes comunidades vegetales, se tomaron de bibliografía 5749 muestreos o inventarios de vegetación

#### 1.4. Material y métodos.

---

donde la presencia y abundancia de las especies directrices de cada comunidad vegetal era mayor, y en las que todos estuviesen realizados bajo una misma metodología **Tabla 6**. Mientras que los muestreos propios de las diferentes comunidades con menor representación fueron de 227. Estos inventarios de vegetación, están realizados mediante el método fitosociológico de abundancia/dominancia [123], y transformados sus índices de abundancia [53], donde los valores originales no numéricos "+" y "r" fueron sustituidos por "0,5" y "0,25" respectivamente.

**Tabla 6:** Número de inventarios utilizados para cada una de las asociaciones o hábitats estudiados.

ASOCIACIÓN	Nº INVENTARIOS
<i>Arisaro vulgare</i> – <i>Quercetum pyrenaicae</i>	46
<i>Adenocarpus decorticans</i> – <i>Quercetum pyrenaicae</i>	70
<i>Arbutus unedo</i> – <i>Quercetum pyrenaicae</i>	93
<i>Berberis hispanica</i> – <i>Quercetum pyrenaicae</i>	18
<i>Luzula baetica</i> – <i>Quercetum pyrenaicae</i>	15
<i>Sorbus torminalis</i> – <i>Quercetum pyrenaicae</i>	46
<i>Daphne latifolia</i> – <i>Aceretum granatensis</i>	83
<i>Berberis hispanica</i> – <i>Aceretum granatensis</i>	32
<i>Gea urbana</i> – <i>Coryletum avellanae</i>	34
<i>Viburnum tino</i> – <i>Quercetum alpestris</i>	87
<i>Berberis hispanica</i> – <i>Quercetum alpestris</i>	49
<i>Vincetoxicum difformis</i> – <i>Quercetum fagineae</i>	58
<i>Olea sylvestris</i> – <i>Quercetum alpestris</i>	38
<i>Pistacia terebinthi</i> – <i>Quercetum broteroi</i>	165
<i>Pyro bourgaeana</i> – <i>Quercetum broteroi</i>	53
<i>Doronicum plantagineum</i> – <i>Quercetum canariensis</i>	14
<i>Euphorbia monchiquensis</i> – <i>Quercetum canariensis</i>	16
<i>Ruscus hypophylli</i> – <i>Quercetum canariensis</i>	60
<i>Aro neglecti</i> – <i>Oleetum sylvestris</i>	133
<i>Lavandula viridis</i> – <i>Quercetum suberis</i>	92
<i>Centaurea sempervirens</i> – <i>Quercetum suberis</i>	45
<i>Sanguisorbo hybridae</i> – <i>Quercetum suberis</i>	387
<i>Teucrium baeticum</i> – <i>Quercetum suberis</i>	133

ASOCIACIÓN	Nº INVENTARIOS
<i>Aro neglecti</i> – <i>Quercetum suberis</i>	43
<i>Oleo sylvestris</i> – <i>Quercetum suberis</i>	76
<i>Adenocarpus decorticans</i> – <i>Quercetum suberis</i>	39
<i>Asparagus acutifolius</i> – <i>Quercetum rotundifoliae</i>	73
<i>Adenocarpus decorticans</i> – <i>Quercetum rotundifoliae</i>	269
<i>Berberido hispanicae</i> – <i>Quercetum rotundifoliae</i>	252
<i>Paeonio coriacea</i> – <i>Quercetum rotundifoliae</i>	943
<i>Pyro bourgaeanae</i> – <i>Quercetum rotundifoliae</i>	819
<i>Myrto communis</i> – <i>Quercetum rotundifoliae</i>	238
<i>Rhamno laderoi</i> – <i>Quercetum rotundifoliae</i>	23
<i>Rhamno oleoidis</i> – <i>Quercetum rotundifoliae</i>	116
<i>Rubio longifoliae</i> – <i>Quercetum rotundifoliae</i>	56
<i>Bunio macucae</i> – <i>Abietetum pinsapo</i>	18
<i>Paeonio broteri</i> – <i>Abietetum pinsapo</i>	73
<i>Avenello ibericae</i> – <i>Pinetum nevadensis</i>	46
<i>Daphno oleoidis</i> – <i>Pinetum nevadensis</i>	102
<i>Junipero sabiniae</i> – <i>Pinetum latisquamae</i>	88
<i>Astrágalo granatensis</i> – <i>Juniperetum sabiniae</i>	22
<i>Rhamno infectoriae</i> – <i>Juniperetum sabiniae</i>	19
<i>Berberido hispanicae</i> – <i>Juniperetum thuriferae</i>	21
<i>Quercus cocciferae</i> – <i>Pinetum acutisquamae</i>	21
<i>Pinetum acutisquamae</i>	45
<i>Ephedro fragilis</i> – <i>Pinetum halepensis</i>	46
<i>Quercus cocciferae</i> – <i>Pinetum halepensis</i>	30
<i>Rhamno almeriensis</i> – <i>Pinetum halepensis</i>	30
<i>Oleo sylvestris</i> – <i>Maytenetum europaei</i>	24
<i>Mayteno europaei</i> – <i>Periplocetum angustifoliae</i>	90
<i>Ziziphetum loti</i>	48
<i>Zizipho loti</i> – <i>Maytenetum europaei</i>	56
<i>Chamaeropo humilis</i> – <i>Rhamnetum lycioidis</i>	118
<i>Erigeronto frigidi</i> – <i>Festucetum clementei</i>	138

Posteriormente, a partir de la información geográfica y topográfica contenida en dichos inventarios, se procedió a georreferenciar y a implementar en un Sistema de Información Geográfica (SIG) cada uno de los muestreos, para lo cual se hace uso de los mapas topográficos correspondientes y la posterior correspondencia con los

#### **1.4. Material y métodos.**

---

topónimos, así como con el resto de datos procedentes de los muestreos de bibliografía, para posteriormente poder obtener las diferentes variables geográficas, topográficas, climáticas y bioclimáticas para cada uno de los muestreos.

Para la obtención de los valores de altitud, orientación e inclinación, se proyectan los puntos previamente georreferenciados en un Modelo Digital del Terreno (MDT) con una resolución de pixel de 30x30 metros para los puntos localizados en Portugal y en Marruecos, mientras que para los puntos que se sitúan en España, el modelo digital del terreno utilizado es de 10x10 metros de resolución. A partir de los MDT, se obtienen los valores numéricos de altitud, orientación e inclinación para cada uno de los puntos de muestreo [53, 69, 153]. La caracterización geológica y edafológica también se han implementado a partir de las respectivas cartografías [127, 154-156]. Por último, se incorpora para cada inventario las variables de las propiedades físicas y químicas del suelo tomada a partir de los rasters del European Soil Data Centre [157].

Al final, para cada muestreo de vegetación, se tienen asociadas por un lado las variables bioclimáticas, variables topográficas, variables geográficas y variables geológicas.

Posteriormente, se llevó a cabo la asignación de cada uno de los inventarios a una de las comunidades vegetales descritas para Andalucía o zonas limítrofes, así como sus subasociaciones y variantes biogeográficas y bioclimáticas según la memoria del mapa de Series de vegetación de España [15].



## **1.4. Material y métodos.**

---

### **1.4.6.2. Análisis estadísticos y geoestadísticos.**

El abordaje y tratamiento de los datos, así como las diferentes herramientas estadísticas utilizadas en este apartado se puede dividir en dos grandes, por un lado, están las herramientas propias del análisis de las series temporales, y por otro lado está la interpolación y proyección de los diferentes modelos y escenarios.

El análisis clásico de las series temporales se basa en la suposición de que los valores que toma la variable de observación es la consecuencia de tres componentes, cuya actuación conjunta da como resultado los valores medidos, estos componentes son:

a) Componente tendencia. Se puede definir como un cambio a largo plazo que se produce en la relación al nivel medio, o el cambio a largo plazo de la media. La tendencia se identifica con un movimiento suave de la serie a largo plazo.

b) Componente estacional. Muchas series temporales presentan cierta periodicidad o, dicho de otro modo, variación de cierto período (mensual, estacional, o anual).

c) Componente aleatoria. Esta componente no responde a ningún patrón de comportamiento, sino que es el resultado de factores fortuitos o aleatorios que inciden de forma aislada en una serie temporal.

De estos tres componentes los dos primeros son componentes determinísticos, mientras que la última es aleatoria.

Posteriormente se comprobó la normalidad de las series temporales seleccionadas para lo cual se utilizó, el test de Shapiro – Wilk [158] que es uno de los test más potentes para el contraste de la normalidad, sobre todo cuando el número de muestras es inferior 30 muestras, esta prueba de normalidad se realizó con el software de extensión de EXCEL®, XSTAT®. La aplicación del test de Shapiro – Wilk, determinó que la mayoría de las series temporales no se distribuyen según una distribución normal, por lo tanto, los métodos de análisis paramétricos no son viables. El test de Shapiro – Wilk se define a continuación:

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (11)$$

Donde  $x_{(i)}$  es el número que ocupa la  $i$  – ésima posición en la muestra;  $\bar{x}$  es la media muestral. Cada uno de los valores  $a_i$  se calcula de la siguiente manera:

$$(a_1, \dots, a_n) = \frac{m^T V^{-1}}{(m^T V^{-1} V^{-1} m)^{1/2}} \quad (12)$$

Siendo  $m = (m_1, \dots, m_n)^T$  en los que los valores  $m_1, \dots, m_n$  son los valores medios del estadístico ordenado, de variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas, muestreadas de distribuciones normales.  $V$  es la matriz de covarianzas de ese estadístico de orden. Por regla general, los valores de  $a_i$  están previamente tabulados; Así como la distribución del estadístico para cada uno de los valores de significación. El contraste de normalidad se plantea en los siguientes términos:

- | H0: "la muestra procede de una población normal"
- | H1: "la muestra no procede de una población normal"

#### 1.4. Material y métodos.

---

Después, se comprobó la homogeneidad y aleatoriedad de los datos [44] mediante el test de rachas de Thom [159], test no paramétrico especialmente recomendado por la Organización Meteorológica Mundial [43, 160]. El test de rachas de Thom, consiste en contabilizar el número de rachas o secuencias de datos que quedan por encima o por debajo de la mediana. A partir del número de rachas y del número de datos de la serie, simbolizados mediante  $R$  y  $n$ , se calculó el estadístico  $Z$ :

$$Z = \frac{R - \frac{(n+2)}{2}}{\sqrt{\frac{n(n-2)}{4(n-1)}}} \quad (13)$$

El contraste del test de rachas de Thom sigue una distribución normal y se basa en las siguientes hipótesis:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0: \text{"la serie temporal es aleatoria"} \\ H_1: \text{"la serie temporal no es aleatoria"} \end{array} \right.$$

Para la detección de la magnitud de las tendencias, así como de su significación estadística, se utilizó la aplicación para EXCEL® MAKESENS [161]. Esta aplicación usa el método no paramétrico del cálculo de la significación estadística de Mann – Kendall [44, 100, 142, 143]. Este test es robusto frente a los datos perdidos y a la no distribución normal de los mismos [162]. Para una serie de tiempo  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , el estadístico  $S$  está dado por la fórmula:



$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \operatorname{sgn}(x_j - x_k) \quad (14)$$

Donde  $x_j$  y  $x_k$  son los valores de precipitación desde 1980 hasta 2019 en los años  $j$  y  $k$ , siendo  $j > k$ , respectivamente, y

$$\operatorname{sgn}(x_j - x_k) = -1 \quad \in \quad x_j - x_k > 0$$

$$\operatorname{sgn}(x_j - x_k) = 0 \quad \in \quad x_j - x_k = 0$$

$$\operatorname{sgn}(x_j - x_k) = 1 \quad \in \quad x_j - x_k < 0$$

El valor del estadístico  $Z$  calculados para establecer la significación estadística al 95%, se calcula a partir de la varianza de  $S$  de la siguiente manera:

$$Z = \frac{S-1}{\sqrt{\operatorname{Var}(S)}}; \quad \text{si} \quad S > 0$$

$$Z = 0; \quad \text{si} \quad S = 0$$

$$Z = \frac{S+1}{\sqrt{\operatorname{Var}(S)}}; \quad \text{si} \quad S < 0$$

Donde la varianza se calcula:

$$\operatorname{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18} \quad (15)$$

siendo  $n$  el número de muestras, en nuestro caso 33 (que son los 33 años de datos) y siendo  $t_p$  los valores de repetición que forma cada grupo  $p$  de cambio de signo.

#### 1.4. Material y métodos.

---

MAKESENS también usa el test de Sen para la determinación de la pendiente de la recta asociada a las series temporales. El test de Theil – Sen, para el cálculo de la pendiente es el siguiente:

$$S_{ij} = \frac{(Y_j - Y_i)}{(X_j - X_i)} \quad (16)$$

Donde  $i < j$ , de esta manera, el número de valores de  $S_{ij}$  viene dado por la siguiente expresión:

$$N = C_n^2 \quad (17)$$

Por último, el valor  $\beta$  de la pendiente se define como la mediana de los diferentes valores de  $S_{ij}$  para cada serie temporal.

El test de Mann – Kendall no es lo suficientemente robusto frente a las series temporales que presentan autocorrelación serial, [162-165], un suceso que ocurre al estar la variable en cuestión influenciada por otras variables no contempladas, generando un retardo Lag – 1, por lo que esta correlación serial, afecta sobreestimando o subestimando la significación estadística de la tendencia en la prueba de Mann – Kendall.

Para eliminar este proceso autorregresivo ( $AR_1$ ), se aplicó el procedimiento de preblanqueamiento de series temporales [100, 163, 165] donde primero se calcula el coeficiente de autocorrelación [166] y su significación estadística, al 95% [167].

Si este coeficiente no era significativo al 95% no se le aplicaba el preblanqueamiento a la serie temporal y el test de Mann – Kendall se podía aplicar

directamente, de lo contrario, primero se aplicaba el preblanqueamiento, para posteriormente aplicar el test de Mann – Kendall. El procedimiento de preblanqueamiento de las series temporales con autocorrelación serial es la siguiente:

a) Una vez calculada la tendencia ( $T_t$ ) de la serie temporal, (la cual se asume lineal) mediante el procedimiento de Theil – Sen, si la pendiente ( $\beta$ ) es 0, entonces no se aplica el procedimiento, si la pendiente es diferente de 0, se le elimina la tendencia mediante:

$$X'_t = X_t - T_t = X_t - \beta t \quad (18)$$

donde  $X'_t$  son los valores nuevos de la variable;  $X_t$  los valores iniciales

b) El coeficiente de correlación serial  $r_1$  del retardo Lag – 1 de las series ya sin la componente de tendencia, se calcula de la siguiente manera:

$$r_1 = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^{n-1} [X_t - (\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_t)] [X_{t+1} - (\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_t)]}{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-1} [X_t - (\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_t)]^2} \quad (19)$$

c) Una vez calculado este coeficiente de correlación serial se procede a preblanquear las series temporales de la siguiente manera:

$$Y'_t = X'_t - r_1 X'_{t-1} \quad (20)$$

d) Por último se restablece la componente de tendencia inicial  $T_t$  a los residuos restantes así:

$$Y_t = Y'_t + T_t \quad (21)$$

#### 1.4. Material y métodos.

---

Posteriormente se aplica el test de Mann – Kendall para comprobar la significación estadística de esta tendencia.

El otro gran bloque de herramientas utilizadas, son las herramientas estadísticas de interpolación. Tras la selección de las estaciones meteorológicas y la adecuación y corrección de los datos, se procedió a realizar la interpolación de los diferentes modelos bioclimáticos. Para ello, se utilizaron diversas herramientas con la intención de minimizar el error cuadrático medio de los modelos proyectados, las diferentes variables explicativas utilizadas para interpolar los datos fueron **Tabla 7**:

**Tabla 7:** Variables explicativas utilizadas en las diversas técnicas de interpolación utilizadas.

Abreviatura	Unidades	Descripción
ALT	metros	Altitud sobre el nivel del mar
LAT	grados	Coordenada de latitud en grados decimales absolutos
LONG	grados	Coordenada de latitud en grados decimales absolutos
PEND	grados	Inclinación, obtenido a partir del modelo digital del terreno
DIST_ATL	kilómetros	Distancia a la costa del océano Atlántico
DIST_MED	kilómetros	Distancia a la costa del Mar Mediterráneo
ORI	grados	Orientación, obtenido a partir del modelo digital del terreno
CURV	–	Curvatura, es la tasa de cambio de la pendiente, para la modelización de la temperatura, explica mejor los fenómenos de inversión térmica
RAD	W/m <sup>2</sup>	Radiación solar incidente
DIST_COST	kilómetros	Distancia a la costa sin discriminar la masa de agua

##### a) Regresión Lineal Múltiple.

Un modelo de regresión lineal múltiple, es un modelo de regresión en el que, a partir de unas variables explicativas, se trata de ajustar de manera lineal (solo

mediante sumas de coeficientes) las variables descriptivas y las variables a predecir de la siguiente manera:

$$Y_j = b_0 + b_1 \times X_{1j} + b_2 \times X_{2j} \dots + u_j \tag{22}$$

Donde  $Y$  es la variable a predecir,  $b$  son los coeficientes de regresión,  $X$  son las variables explicativas y  $u$  son los residuos.

Este tipo de modelo se utilizó para interpolar las temperaturas y precipitaciones de aquellas cotas superiores a 1800 metros, donde el resto de herramientas no ofrecía unos resultados satisfactorios. Esto es en gran parte debido a la topografía de esos territorios, así como a las escasas estaciones ubicadas en esas alturas. El mejor modelo ajustado con coeficientes de correlación bastantes altos ( $R^2 > 0.8$ ) **Tabla 8**, se obtuvo teniendo en cuenta aquellas estaciones situadas a una altitud superior a 1700 m. para tener un margen de 100 metros de altitud en la cota de 1800 m. Para el resto de altitudes, al haber un número mayor de estaciones representativas, fue más conveniente la utilización de otras herramientas.

**Tabla 8:** coeficientes de correlación ( $R^2$ ) y P – valor de los modelos de regresión múltiple efectuados para la estimación de las variables de Temperatura máxima (TMAX), Temperatura mínima (TMIN), Temperatura media y Precipitación (PREC) para cada uno de los meses

Variable	R <sup>2</sup>	P – valor	Variable	R <sup>2</sup>	P – valor	Variable	R <sup>2</sup>	P – valor	Variable	R <sup>2</sup>	P – valor
TMAX_01	0,955	<0,0001	TMIN_01	0,898	<0,0001	TMED_01	0,937	<0,0001	PREC_01	0,843	<0,0001
TMAX_02	0,896	<0,0001	TMIN_02	0,952	<0,0001	TMED_02	0,928	<0,0001	PREC_02	0,694	0,001
TMAX_03	0,884	<0,0001	TMIN_03	0,938	<0,0001	TMED_03	0,938	<0,0001	PREC_03	0,786	0,001
TMAX_04	0,913	<0,0001	TMIN_04	0,917	<0,0001	TMED_04	0,939	<0,0001	PREC_04	0,768	0,000
TMAX_05	0,901	<0,0001	TMIN_05	0,913	<0,0001	TMED_05	0,933	<0,0001	PREC_05	0,775	0,000
TMAX_06	0,735	0,003	TMIN_06	0,887	<0,0001	TMED_06	0,919	<0,0001	PREC_06	0,945	<0,0001
TMAX_07	0,931	<0,0001	TMIN_07	0,885	<0,0001	TMED_07	0,926	<0,0001	PREC_07	0,930	<0,0001
TMAX_08	0,922	<0,0001	TMIN_08	0,878	<0,0001	TMED_08	0,956	<0,0001	PREC_08	0,936	<0,0001

#### 1.4. Material y métodos.

---

Variable	R <sup>2</sup>	P – valor	Variable	R <sup>2</sup>	P – valor	Variable	R <sup>2</sup>	P – valor	Variable	R <sup>2</sup>	P – valor
TMAX_09	0,874	<0,0001	TMIN_09	0,902	<0,0001	TMED_09	0,957	<0,0001	PREC_09	0,747	0,000
TMAX_10	0,887	<0,0001	TMIN_10	0,906	<0,0001	TMED_10	0,948	<0,0001	PREC_10	0,839	<0,0001
TMAX_11	0,908	<0,0001	TMIN_11	0,925	<0,0001	TMED_11	0,952	<0,0001	PREC_11	0,699	0,003
TMAX_12	0,853	0,000	TMIN_12	0,905	<0,0001	TMED_12	0,913	<0,0001	PREC_12	0,775	<0,0001

---

#### b) Técnicas de Aprendizaje Automático (Machine Learning).

Para el resto de estaciones y cotas, se abordó la interpolación de los modelos de temperatura media mensual, mediante la utilización de bosques aleatorios. Para explicar en qué consiste la metodología de bosques aleatorios, se ha de explicar en primer lugar en qué consiste un árbol de decisión.

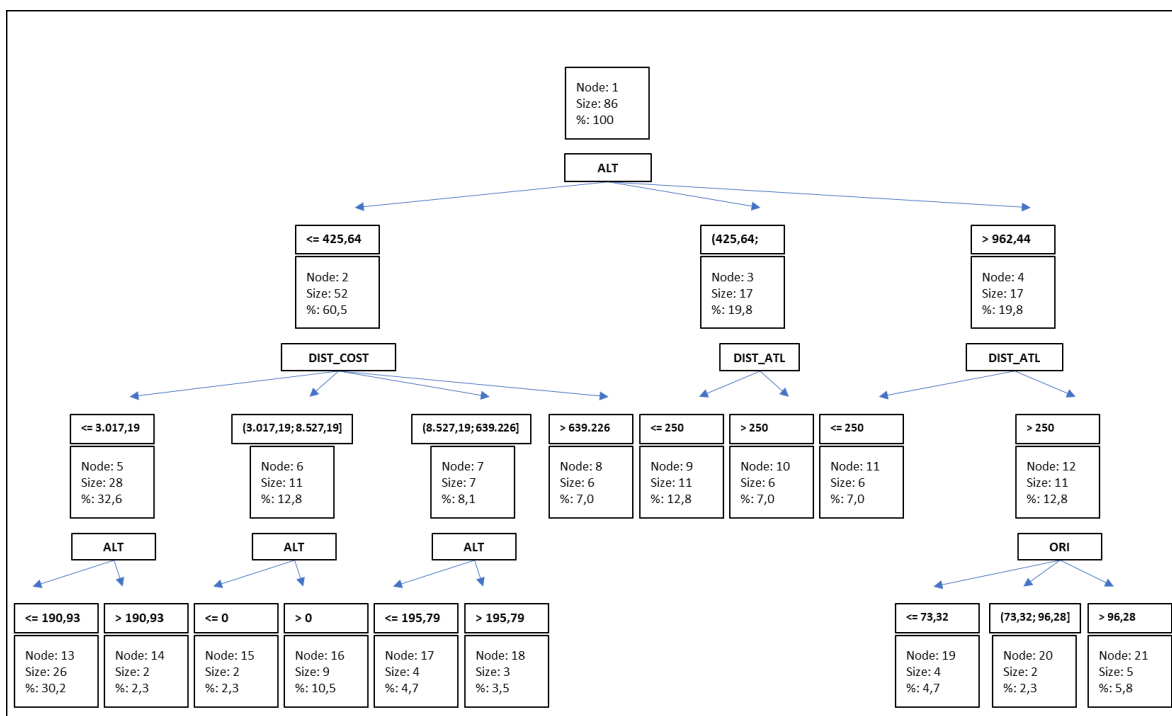
Un árbol de decisión es un modelo matemático de predicción que consiste en, a partir de un conjunto de datos, construir una serie de diagramas siguiendo las reglas lógicas que rigen la distribución de los datos **Figura 21**. Estas reglas sirven para representar y categorizar una serie de condiciones que ocurren de forma sucesiva, para la resolución de un problema [168]. Los árboles de decisión están formados por nodos, vectores de números, flechas y las diferentes etiquetas.

Cada nodo se puede definir como el momento en el que se ha de tomar una decisión de entre varias posibles, lo que va haciendo que a medida que aumenta el número de nodos aumente el número de posibles finales a los que puede llegar el individuo.

Los vectores de números serían la solución final a la que se llega en función de las diversas posibilidades que se tienen, dan las utilidades en esa solución.

Las flechas son las uniones entre un nodo y otro y representan cada acción distinta.

Las etiquetas se encuentran en cada nodo y cada flecha y dan nombre a cada decisión.



**Figura 21:** Ejemplo de árbol de decisión empleado para predecir, en este caso la TMAX del mes de enero a partir de las variables topográficas seleccionadas.

Dicho esto, un Bosque Aleatorio, es por tanto un conjunto de árboles de decisión combinados para tomar la decisión final, este conjunto de árboles se construye a partir de una porción de los datos, cada árbol por separado coge de manera aleatoria un número de datos predefinido con anterioridad (en este caso, las muestras para cada dato eran de 500 datos para cada árbol. Con esto se logra que ningún árbol sea entrenado con todo el conjunto de datos, si no que cada árbol se

#### 1.4. Material y métodos.

---

entrene con distintas muestras de datos para un mismo problema. De esta forma, al combinar sus resultados, unos errores se compensan con otros, dando como salida una solución mejor [169].

Las principales ventajas de utilizar este tipo de algoritmos se resumen en que actualmente se trata de uno de los algoritmos de aprendizaje más certeros que hay disponible[170]. Funcionan eficientemente en bases de datos grandes, manejando cientos de variables de entrada sin excluir ninguna. Dar estimaciones de qué variables son importantes en la clasificación.[169, 171]

No obstante, este método presenta algunas desventajas como el sobreajuste en clústeres de datos. A diferencia de los árboles de decisión, la clasificación hecha por Bosques Aleatorios es difícil de interpretar [172, 173].



### 1.4.6.3. Modelización de hábitats mediante MaxEnt.

MaxEnt, es un software informático dirigido a la modelización en base al principio de máxima entropía de un sistema. El principio de máxima entropía es un enunciado matemático, con aplicación en la estadística y en la física, que establece que la distribución de probabilidad menos sesgada, es decir aquella que cuyo error sea menor, con el que se puede caracterizar a un sistema estadístico (en el caso de este trabajo, el sistema sería cada uno de los diferentes hábitats estudiados), es aquella distribución de probabilidad en las que a partir de unas condiciones iniciales dadas, en este caso cada una de las variables bioclimáticas y edáficas de partida, maximiza la entropía [174, 175].

Aquí la entropía se refiere a entropía de la información, que mide el grado de predictibilidad de una variable a partir de una información dada. Esto, en resumen, quiere decir que en una situación de desconocimiento de información, la distribución estadística menos sesgada será aquella en la que menos información procedente de fuera del problema contenga y por tanto más influyan las variables [176].

Por tanto, el objetivo de MaxEnt, es “recuperar” una señal sesgada, o predecir probabilidades a partir de información incompleta, generando modelos que deben seleccionarse a partir del parecido de nuestro modelo con una expectativa previa, siempre que esta sea consistente con los datos de partida [177].

El algoritmo de MaxEnt, comienza con la hipótesis nula de que todas las celdas (en el caso de estudio del presente trabajo, cada celda es un cuadrado de  $0.003^\circ$  arco de

#### 1.4. Material y métodos.

---

lado lo que equivale a unos 330 metros de lado, en los que se ha dividido el territorio de estudio para la realización de todos los modelos y predicciones) contienen la misma probabilidad de encontrar a una representación del hábitat objetivo de estudio en cada momento, con lo que cada hábitat utilizan un área de establecimiento, en función del área total disponible.

A la hora de establecer cada uno de los modelos, MaxEnt tiene en cuenta los siguientes conceptos:

- Background: a partir de las presencias, y de las capas de variables ambientales, extrae para cada dato de presencia, una serie de variables ambientales asociadas, pues bien el Background, es una muestra aleatoria de puntos de no presencia del hábitat en este caso con las variables ambientales asociadas también, y que permite contrastar con los datos de presencia para establecer el modelo de distribución [176]. La elección del background, es importante, porque delimita la dispersión del hábitat de manera natural. En este caso, la restricción de este background se ha realizado mediante criterios biogeográficos, insertando la variable biogeografía en el modelo, y adaptando para cada modelo dicho background. Tras ello, se va cambiando este parámetro hasta que el modelo resultante cumplía con este principio de expectativa previa basada en caracterización bioclimática, edáfica y biogeográfica de cada hábitat [178].
- Features: Se trata de todas las variables ambientales implicadas, así como sus múltiples combinaciones lineales y no lineales. Cabe destacar que MaxEnt, automáticamente, genera las combinaciones y transformaciones de todas las

variables entre sí, con la desventaja de que el algoritmo no presenta ninguna salida en la que indique, qué combinación y transformación de variables está utilizando en cada momento ni la importancia que tienen al final.

- Regularización: es el parámetro que permite modificar la complejidad del modelo, puesto que pueden darse modelos sobreajustados, siendo difícilmente interpretables, para ello, el parámetro regularización da más peso a aquellas variables que más contribuyen al ajuste del modelo, y dando un peso nulo al resto de variables. En otras palabras, un incremento del factor de regularización, disminuye la complejidad del modelo.
- Gain: A grandes rasgos, es la ganancia del modelo. Para obtener una solución, MaxEnt maximiza la función de ganancia, una función de máxima verosimilitud penalizada. Exponenciando la función de ganancia se obtiene el cociente de probabilidad de una presencia media con respecto a un punto. Por tanto, maximizar la ganancia es análogo a encontrar un modelo que pueda diferenciar mejor las presencias de las ubicaciones del background [176].

Una vez establecidos los principales parámetros que utiliza MaxEnt para modelizar la distribución de cada hábitat en cada uno de los escenarios, el método de trabajo del algoritmo, es el siguiente.

En primer lugar, MaxEnt toma una lista de presencias de la especie (solo presencias), así como un conjunto de predictores ambientales de un área de interés predefinida. De esta área, el algoritmo extrae una serie de puntos de background que sirve de contraste con los lugares de presencia.

#### 1.4. Material y métodos.

---

A continuación, se calcula el ratio de presencia [179], donde este ratio es:

$$R = \frac{e^{z(x_i)L}}{\sum e^{z(x_i)L}} \quad (23)$$

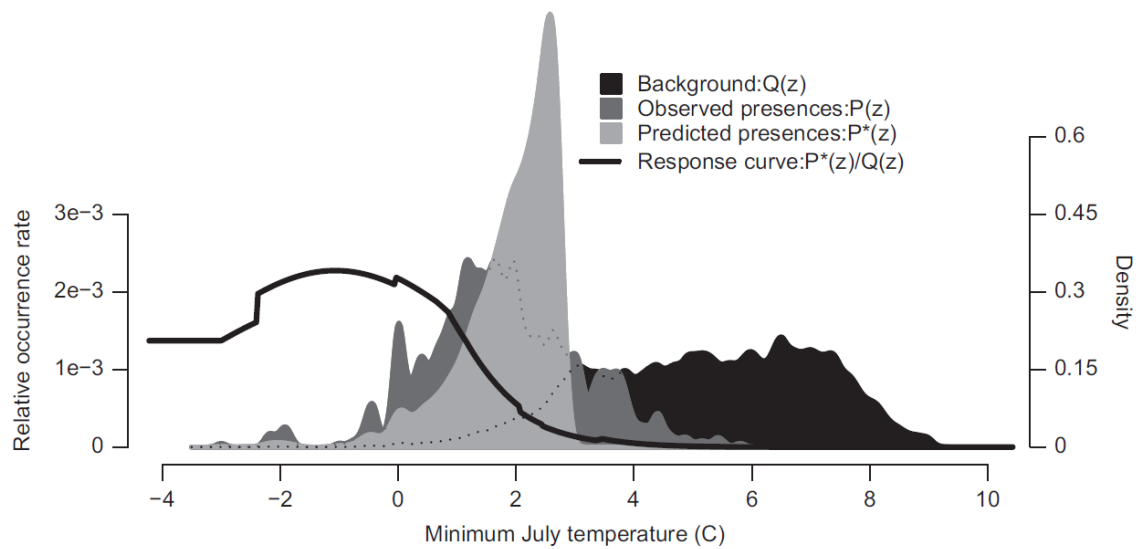
Siendo  $z$  un vector de las variables medioambientales en la localización  $x_i$  y  $L$  es un vector de los coeficientes de regresión. Esta ratio suma 1 en toda el área porque el denominador es una suma de las ratios en todas las cuadrículas en las que se divide el área de interés (lo que se denomina normalización). La normalización garantiza que las tasas de ocurrencia sean tasas de presencia relativas.

A continuación, se calcula la entropía relativa para cada celda o cuadrícula de la siguiente manera:

$$\sum_{i=1}^N R \times \text{Log} \frac{R}{Q_i} \quad (24)$$

Donde  $Q_i = 1/N$ .

Para llegar a entender las proyecciones de escenarios de MaxEnt en el área de interés, se necesitan tres densidades de probabilidad: la densidad de probabilidad previa del background  $Q(z)$ , la densidad de probabilidad de las presencias de hábitat,  $P(z)$ ; y la ratio (R) prevista para cada cuadrícula en cada localización en el área de interés **Figura 22** (tomado de [176]).



**Figura 22:** Ejemplo de gráficos de densidad de probabilidad para un escenario de predicción de MaxEnt. Obsérvese como la máxima probabilidad de encontrar una determinada especie (“Observed presences”), no se corresponde con el máximo pico la densidad de probabilidad del Background, ni con la curva de respuesta de la variable (“Response curve”), la predicción de la presencia (“Predicted presences”) máxima para esta especie en este ejemplo, se sitúa en el rango en torno a los 3° C de temperatura mínima del mes de julio.

## 1.4. Material y métodos.

---

### 1.4.7. Bioclimatología de Andalucía.

#### 1.4.7.1. Macrobioclimas y bioclimas de Andalucía.

A partir del tratamiento de los datos meteorológicos, se realizó la caracterización bioclimática de Andalucía. Los macrobioclimas son las unidades bioclimáticas de mayor entidad en la clasificación bioclimática de Rivas – Martínez. Estas grandes divisiones bioclimáticas son delimitadas por los diferentes valores de latitud, longitud, y diversos parámetros bioclimáticos y vegetales, los cuales presentan una amplia distribución territorial y que están relacionados con los grandes tipos de climas y de biomas, así como con regiones biogeográficas de la Tierra. El área de estudio, se engloba en su totalidad en el macrobioclima Mediterráneo [11, 15, 99].

El macrobioclima Mediterráneo parece a cualquier altitud y valor de continentalidad ( $I_c$ ), en todos los territorios extratropicales ( $23^\circ$  a  $52^\circ$  N & S). Siendo el carácter discriminatorio que lo define la existencia de al menos dos meses consecutivos con aridez durante el período más cálido del año (junio, julio y agosto en el hemisferio norte y diciembre, enero y febrero en el hemisferio sur). En este caso la aridez se refiere a que la precipitación media de los dos meses más cálidos del verano sea menor que el doble de la temperatura media de esos dos meses estivales expresada en grados centígrados ( $P_{s2} < 2T_{s2}$ ) [99].

No obstante, en los territorios de la cintura subtropical ( $23^\circ$  a  $35^\circ$  N & S), ha de cumplirse al menos dos de los siguientes supuestos: que  $T < 25^\circ$  (Temperatura media sea inferior a  $25^\circ\text{C}$ ), que  $m < 10^\circ$ , (Temperatura media de las mínimas) o que  $I_{tc} < 580$

(índice de termicidad compensado). El macrobioclima mediterráneo tiene su mayor representación territorial en el centro y en el occidente de todos los continentes excepto, como es lógico, en la Antártida.

Además, en el área de estudio, se identifican cuatros bioclimas mediterráneos

**Figura 23:**

a) Bioclima Mediterráneo Pluviestacional Oceánico.

Es el bioclima predominante en Andalucía y se caracteriza por presentar un  $I_c$  inferior o igual a 21, de hiperoceánico a oceánico y un  $I_o$  superior a 2, es decir desde el seco hasta el ultrahiperhúmedo. Ocupa un área de 79573 Km<sup>2</sup>. Lo que supone el 90.84% de la superficie. La vegetación predominante se compone de bosques de encinar, alcornocales, bosques marcescentes, caducifolios, pinsapares y algunos bosques oromediterráneos occidentales [99, 180].

b) Bioclima Mediterráneo Xérico Oceánico.

Este bioclima se caracteriza al igual que el anterior, por presentar valores de  $I_c$  inferiores o iguales a 21, pero el  $I_o$  está comprendido entre 1 y 2, es decir, aparece en el ombroclima semiárido. Los termotipos que abarca, van desde el termomediterráneo hasta el mesomediterráneo. Está representado en el este – sureste de Andalucía, ocupando una extensión de 5811 Km<sup>2</sup> lo que supone el 6.63% del territorio, siendo el segundo por extensión. Las formaciones clímax presentes se reducen a diversos bosquetes abiertos de *Pinus halepensis* con *Juniperus phoenicia* [15, 78, 181].

#### 1.4. Material y métodos.

---

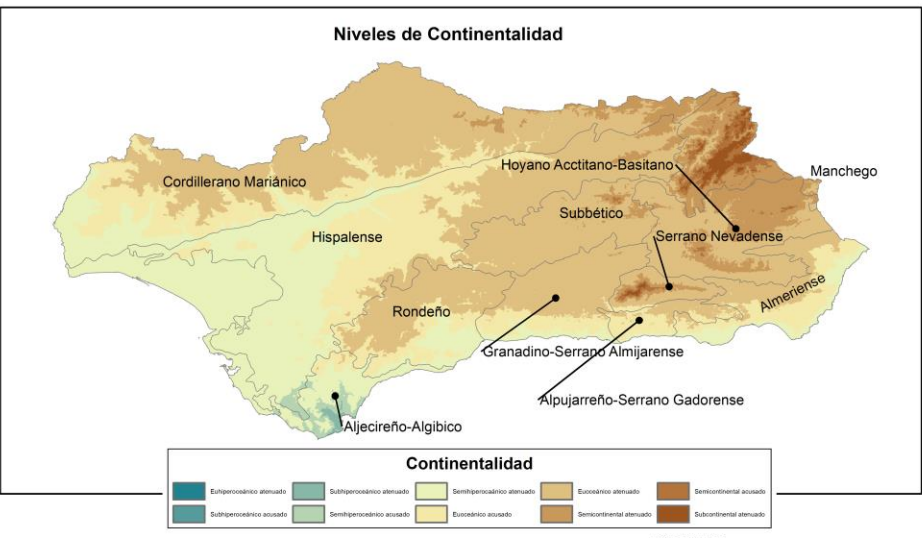
##### c) Bioclima Mediterráneo Desértico Oceánico.

Es el bioclima más árido presente en la Península Ibérica, a diferencia del anterior, este bioclima aparece en los territorios de ombroclima árido del sureste peninsular (Io comprendido entre 0.3 y 1), se distribuye en los termotipos termomediterráneo y puntualmente en aquellos territorios determinados como inframediterráneo superior. Ocupa una superficie de 1641 Km<sup>2</sup>, lo que supone el 1.87% de la superficie andaluza. La vegetación clímax climatófila corresponde a un alto matorral abierto xerófilo, caducifolias en verano caracterizadas por *Ziziphus lotus*, *Periploca angustifolia* o *Maytenus europaeus* [15].

##### d) Bioclima Pluviestacional Continental.

Es el bioclima de menor representación en Andalucía. Se caracteriza por presentar en sus territorios, Ic superiores a 21 (Tipo continental), y un Io mayor de 2. Ocupa un área de 574 Km<sup>2</sup> (0.66% del territorio). Se distribuye por los termotipos oro y crioromediterráneo más oriental de ombroclimas subhúmedo a hiperhúmedo. La vegetación climatófila clímax corresponde a diversos bosques de *Pinus nigra*, *P. sylvestris*, o altos matorrales rastreros de *Juniperus communis*, *J. sabina*. En las zonas con Io menor, supramediterráneas, muy puntuales, formaciones de *Juniperus thurifera*, y en las zonas crioromediterráneas (Tp < 450) ya la vegetación clímax climatófila se compone de pastizales psicroxerófilos de *Festuca clementei* [15, 182, 183].





# Bioclimas presentes en Andalucía

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
 Datum: ETRS 1989  
 Units: Degree

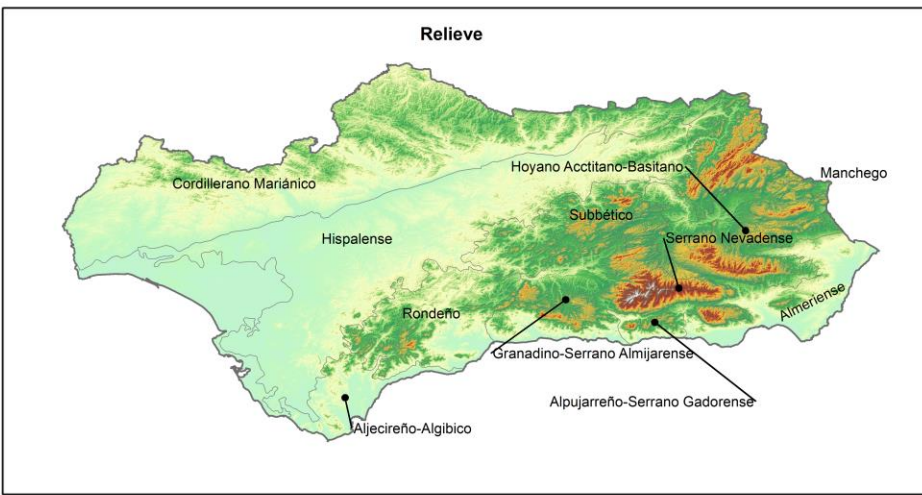
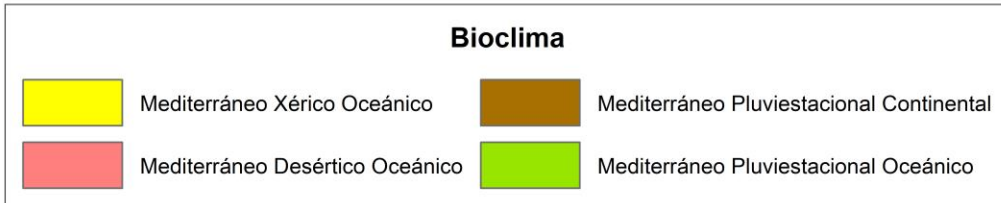
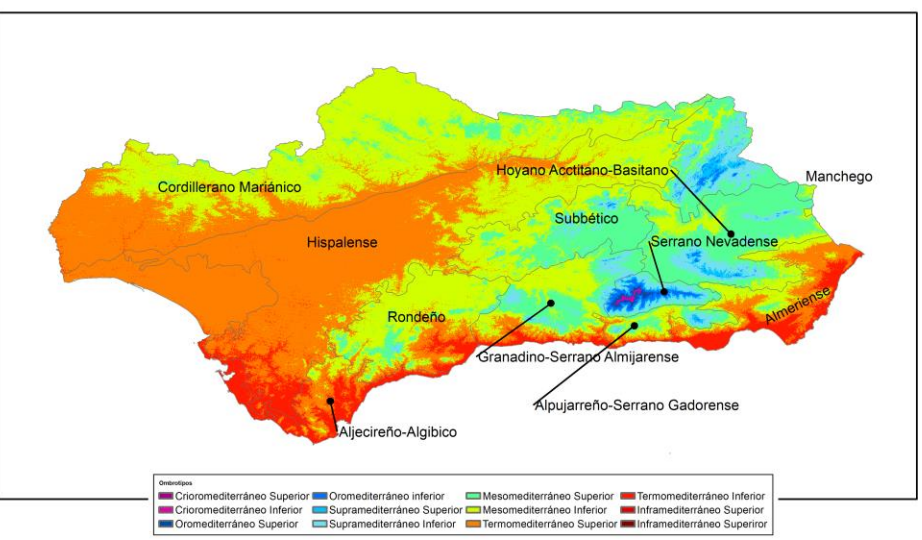
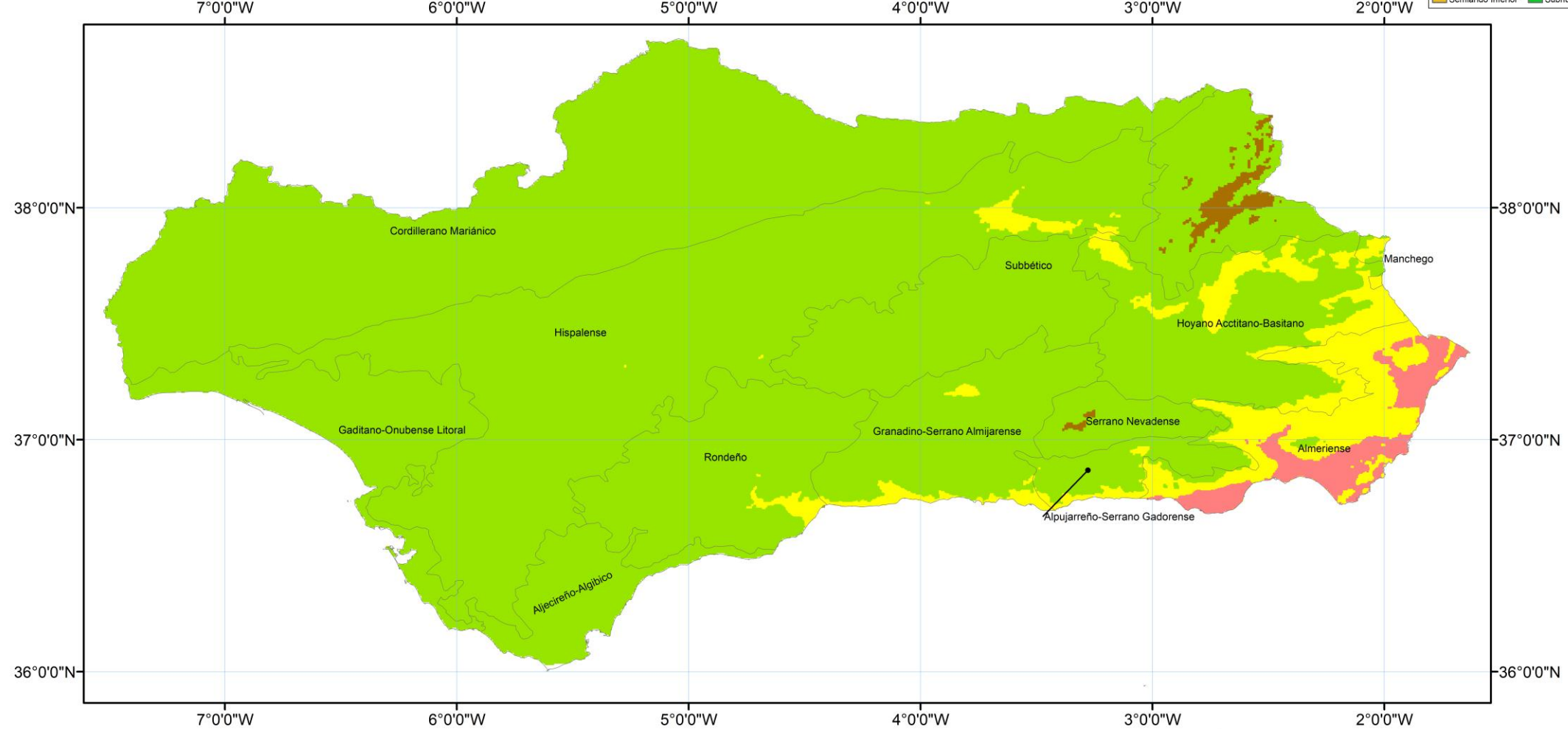
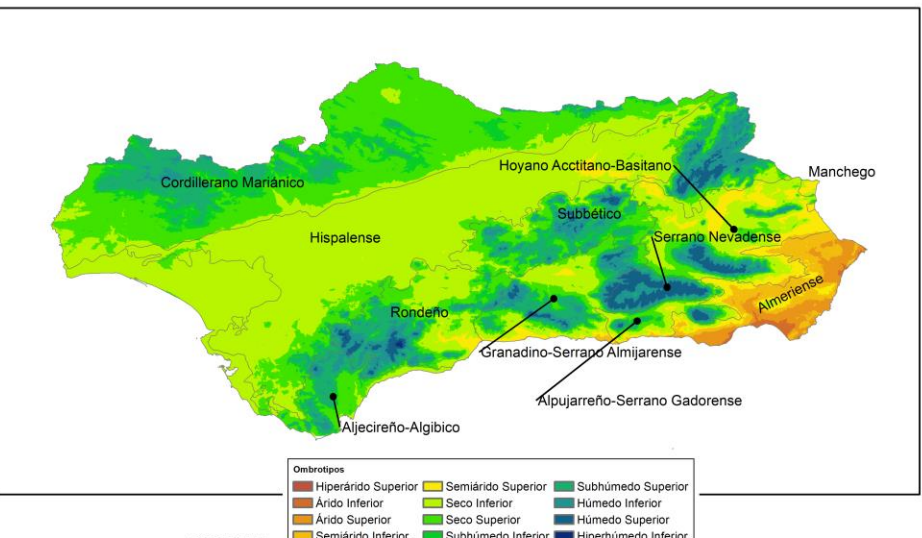


Figura 23: Bioclimas presentes en Andalucía.



**1.4.7.2. Tipos de Continentalidad.**

La Continentalidad o amplitud térmica tiene una influencia directa en las formaciones vegetales [99, 100]. Como resultado de la caracterización bioclimática de Andalucía, se reconocen los niveles hiperoceánico, oceánico y continental. Si bien, la presencia del tipo oceánico es el dominante. Los diferentes tipos de continentalidad identificados **Figura 24**, así como sus áreas de ocupación en Andalucía son los siguientes **Tabla 9**:

**Tabla 9:** Área y ocupación de los tipos y subtipos de continentalidad presentes en Andalucía.

<b>Tipo de Continentalidad</b>	<b>Subtipo</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>% de ocupación</b>
HIPEROCEÁNICO	Subhiperoceánico atenuado	145,36	0,17
	Semihiperoceánico acusado	4982,31	5,69
	Semihiperoceánico atenuado	15516,12	17,71
OCEÁNICO	Euoceánico acusado	40163,83	45,85
	Euoceánico atenuado	17511,29	19,99
	Semicontinental atenuado	6905,19	7,88
	Semicontinental acusado	1754,81	2
CONTINENTAL	Subcontinental atenuado	620,08	0,71

- a) Hiperoceánico: Este tipo de continentalidad aparece en las zonas más suroccidentales de Andalucía, el subtipo representado es el subhiperoceánico atenuado, ocupando un área de 145.36 Km<sup>2</sup>, lo que representa 0.17% del área total. La vegetación climatófila, está formada por los bosques de *Quercus canariensis* del Aljibe, y en las zonas más secas encinares y alcornoques.
- b) Oceánico: Es el tipo o nivel de continentalidad más extendido en el área de estudio, estando representados todos los subtipos, representando el 93.4 % de

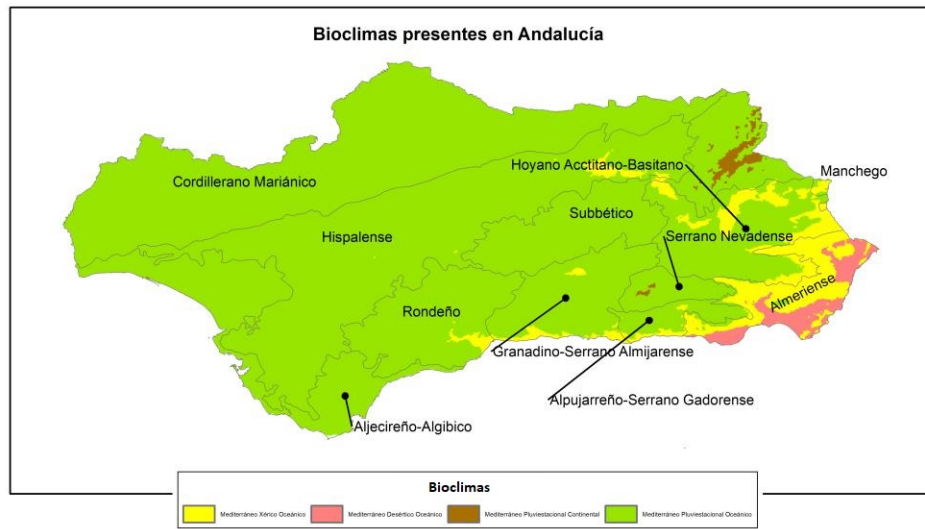
#### 1.4. Material y métodos.

---

la superficie, lo que supone una extensión de 81810.4 Km<sup>2</sup> **Tabla 9**. La vegetación climatófila es la que se circunscribe a los bioclimas Mediterráneo Pluviestacional – Oceánico, Mediterráneo Xérico Oceánico y Mediterráneo Desértico Oceánico, formada por bosques caducifolios, marcescentes y perennifolios; así como por los bosquetes o altos matorrales xéricos de las zonas surorientales de Andalucía.

- c) Continental: Este tipo se localiza en las zonas más alta y orientales de Andalucía, de clara influencia meseteña. Ocupa un área de 620 Km<sup>2</sup> (0.71% de la superficie) La vegetación climatófila de estos lugares está formada por bosques abiertos de *Pinus nigra* con *Juniperus sabina* en el oromediterráneo húmedo – hiperhúmedo, mientras que, en el supramediterráneo, los bosques clímax son encinares donde aparece la sabina arbórea *Juniperus thurifera*, y los bosques de *Quercus alpestris* y *faginea*, además de los acerales de *Acer granatense*. El otro lugar donde aparece este tipo, es en las cumbres de Sierra Nevada, en el piso oromediterráneo superior y crioromediterráneo, dominados los pastizales psicroxerófilos de *Festuca clementei*.





## Niveles de Continentalidad

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree

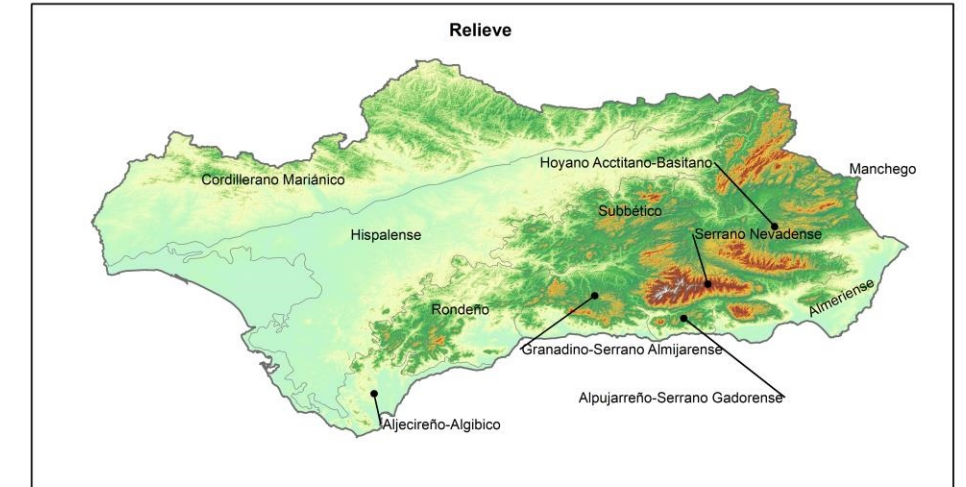
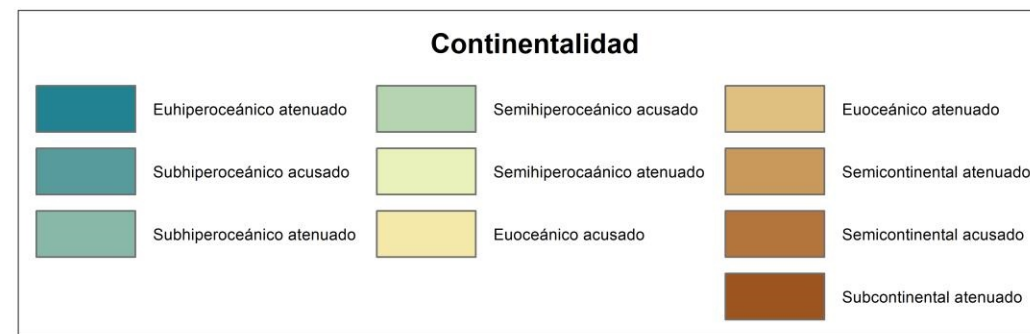
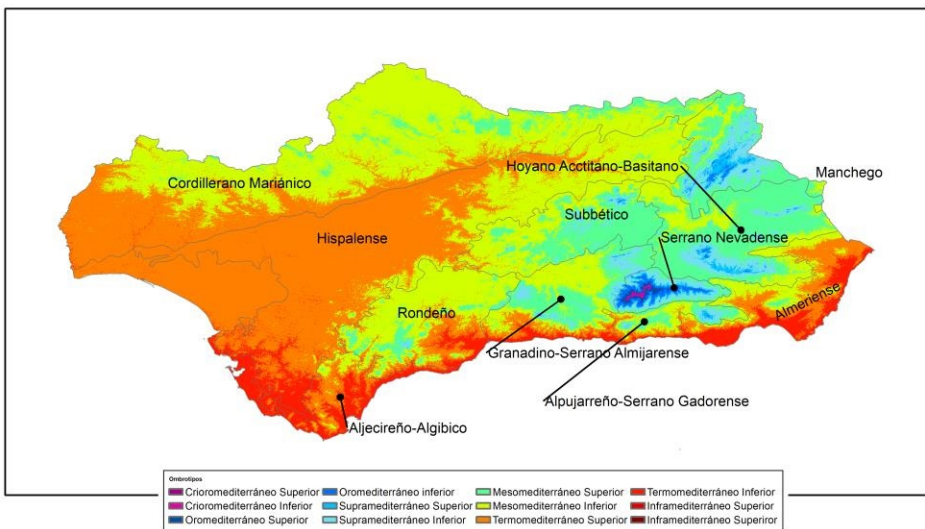
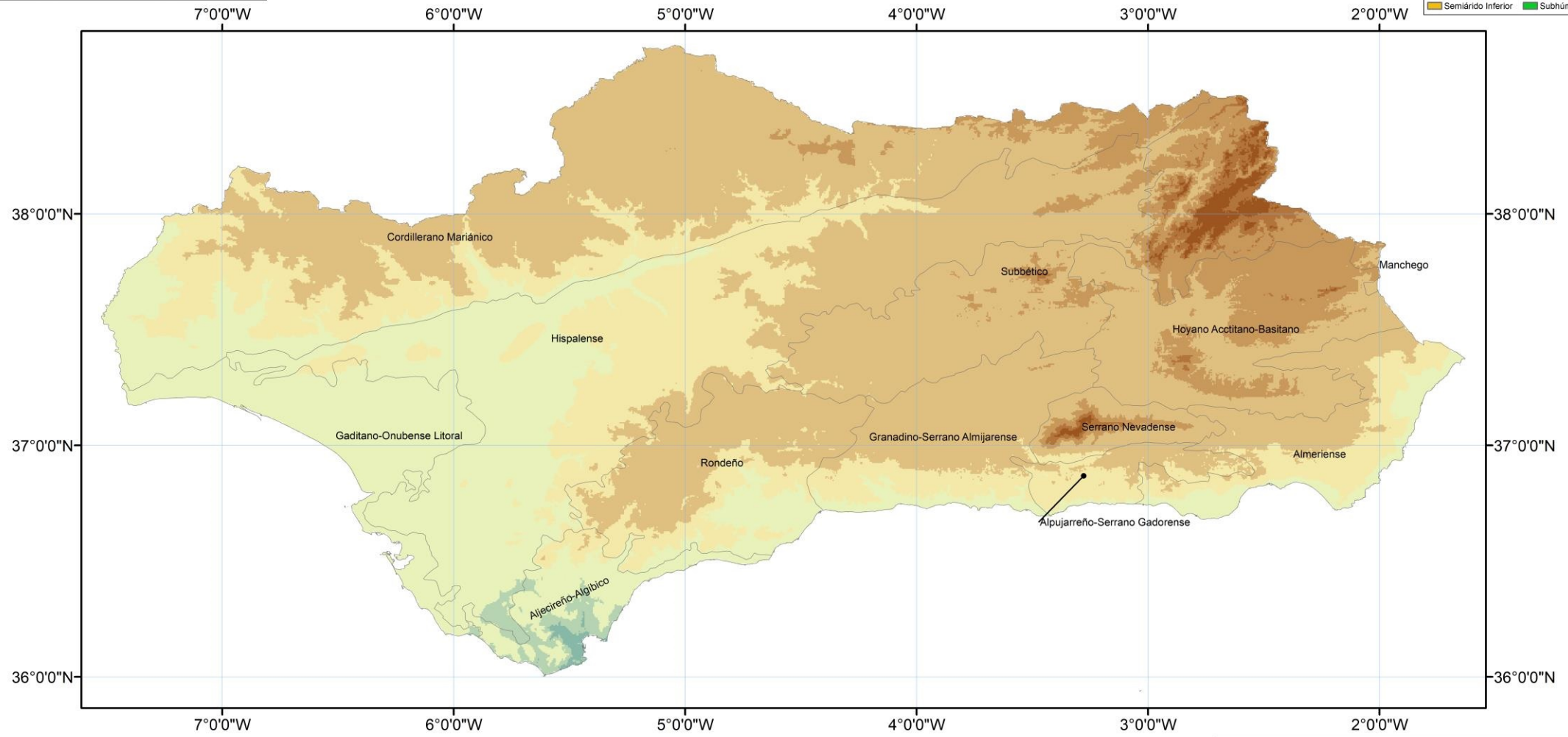
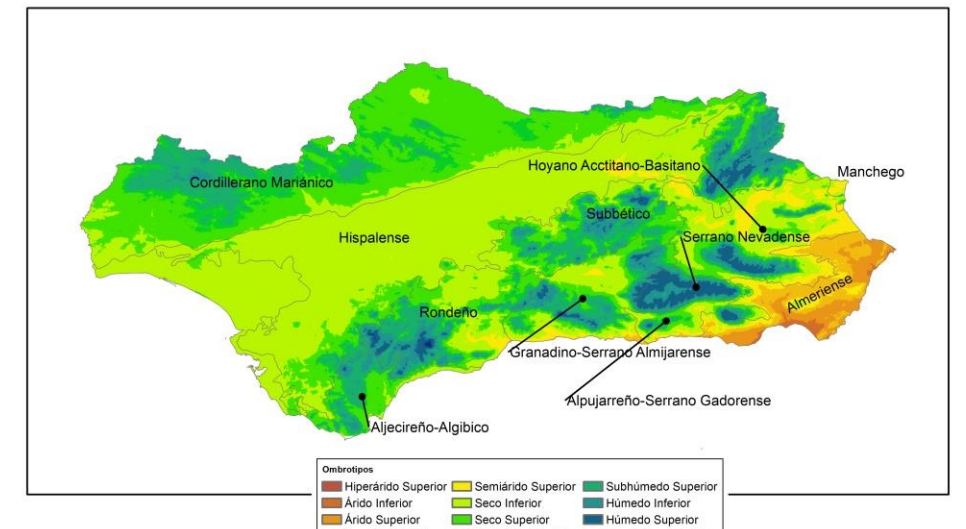


Figura 24: Niveles de continentalidad presentes en Andalucía



### 1.4.7.3. Pisos termoclimáticos.

La enorme diversidad de relieves y las grandes altitudes que alcanzan, hacen que en Andalucía aparezcan todos los pisos termobioclimáticos **Figura 25**, a excepción del inframediterráneo **Tabla 10**, (de dudosa existencia, a pesar de que algunas estaciones meteorológicas por las zonas de Adra, en Almería, muestra un comportamiento bioclimático correspondiente con este termotipo.

**Tabla 10:** Área y ocupación de los termotipos presentes en Andalucía.

<u>Horizonte termotípico</u>	<u>Área (Km<sup>2</sup>)</u>	<u>% de ocupación</u>
Crioromediterráneo inferior	47,23	0,05
Oromediterráneo superior	134,44	0,15
Oromediterráneo inferior	502,9	0,57
Supramediterráneo superior	775,4	0,89
Supramediterráneo inferior	3718,58	4,25
Mesomediterráneo superior	14229,31	16,24
Mesomediterráneo inferior	32519,22	37,12
Termomediterráneo superior	30176,84	34,45
Termomediterráneo inferior	5495,09	6,27

- a) Termomediterráneo: Se localiza en las zonas basales y más cercanas a la costa, ascendiendo hasta zonas del interior de la provincia de Jaén a través del Valle del Guadalquivir hasta aproximadamente los 250 m. de altitud. La vegetación climatófila de este piso bioclimático corresponde a altos matorrales y bosquetes abiertos en el horizonte inferior áridas y semiáridas, mientras que en el horizonte superior de ombroclima seco, se desarrollan encinares pertenecientes al *Rhamno oleoidis* – *Quercetum rotundifoliae* para suelos calcáreos, y *Myrto communis* – *Quercetum rotundifoliae* para suelos silíceos. También se

#### 1.4. Material y métodos.

---

desarrollan formaciones de *Quercus suber* en aquellos lugares con compensación hídrica en el suelo (propiedades temporhigrófilas). En las zonas más húmedas aparecen bosques marcescentes de *Quercus broteroi*, *Quercus marianica* y *Quercus canariensis*.

- b) Mesomediterráneo: Es el piso bioclimático predominante en extensión en el área de estudio. En las orientaciones Sur, Sureste, al estar más insoladas, asciende hasta los 1100 – 1200 m. Mientras en las zonas más frías y orientales, asciende hasta los 950 – 1000 m. La vegetación climatófila en Andalucía está formada por pinares en los lugares más xerófilos, encinares y alcornoques en los lugares secos – subhúmedos. Mientras que cuando las precipitaciones son mayores, con un ombrotipo subhúmedo – húmedo o donde se den fenómenos de compensación edáfica, aparecen los bosques marcescentes y caducifolios. En los lugares más húmedos aparecen los bosques de *Abies pinsapo*, mientras que los fenómenos de compensación, ya da lugar a que puedan introducirse elementos más higrófilos y propios de la vegetación higrófila andaluza como *Fraxinus angustifolia* subsp. *angustifolia* o *Alnus lusitánica* (anteriormente las poblaciones del suroeste peninsular adscritas a *Alnus glutinosa* [184]).
- c) Supramediterráneo: A partir de los 1000 – 1200 y hasta los 1600 – 1800 m de altitud, aparece el piso supramediterráneo, las formaciones vegetales en este termotipo, ya comienzan a mostrar adaptaciones a los vientos, y temperaturas bajas en invierno. Las formaciones climatófilas son similares a las del piso mesomediterráneo, a los que hay que añadir, como consecuencia del aumento



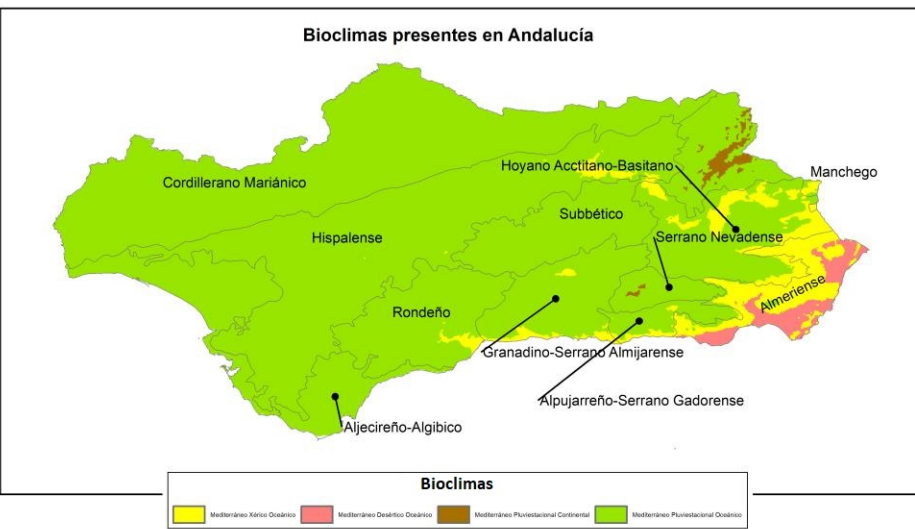
en las precipitaciones, las formaciones de *Acer granatense* y *Corylus avellana*, en el extremo de la definición de la vegetación climatófila, en suelos profundos, donde existe una marcada compensación edáfica, entrando en contacto ya, con la vegetación riparia de chopos, fresnos y sauces. Y en los lugares continentalizados, las relictas formaciones de *Juniperus thurifera*, muy residuales y puntuales.

- d) Oromediterráneo: Se trata ya del termotipo de alta montaña, aparece desde los 1600 – 1800 m hasta los 2500 – 2700 m. su extensión es escasa (637,34 Km<sup>2</sup>) y casi única en Europa a esas latitudes. En Andalucía, ya las formaciones vegetales de angiospermas no pueden prosperar por los vientos y por el frío. Esto provoca que la vegetación forestal sea dominada por los pinares, sabinares y piornales de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (en las zonas más continentales aparece la variedad *latisquama*), *Pinus sylvestris* subsp. *nevadensis*, *Juniperus sabina*, *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica*, *Genista versicolor* o *Cytisus nevadensis*; los cuales medran al no existir competidores más agresivos. Estas formaciones, responden al ombrotipo húmedo e hiperhúmedo.
- e) Crioromediterráneo: Este piso aparece exclusivamente en el macizo de Sierra Nevada, a partir de los 2600 – 2800 m. a partir de estas altitudes, las condiciones de temperatura, así como los suelos poco desarrollados y la radiación solar, impiden el desarrollo de fanerófitos, las comunidades vegetales están formadas por hemicriptófitos sobre todo del género *Festuca*, como *Festuca*

#### 1.4. Material y métodos.

---

clementei, *Festuca pseudeskia*, *Festuca baetica* subsp. *moleri*. y pequeños caméfitos como *Artemisia granatensis*.



# Pisos Bioclimáticos de Andalucía

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree

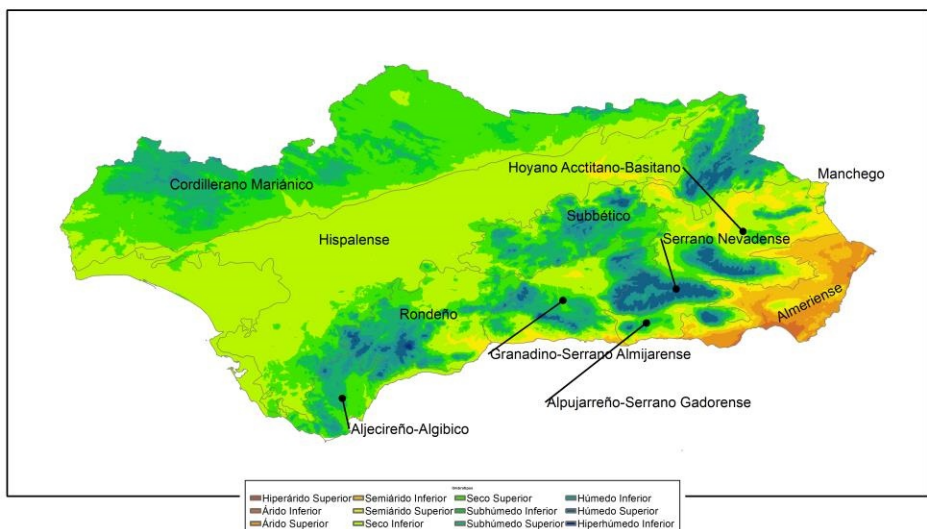
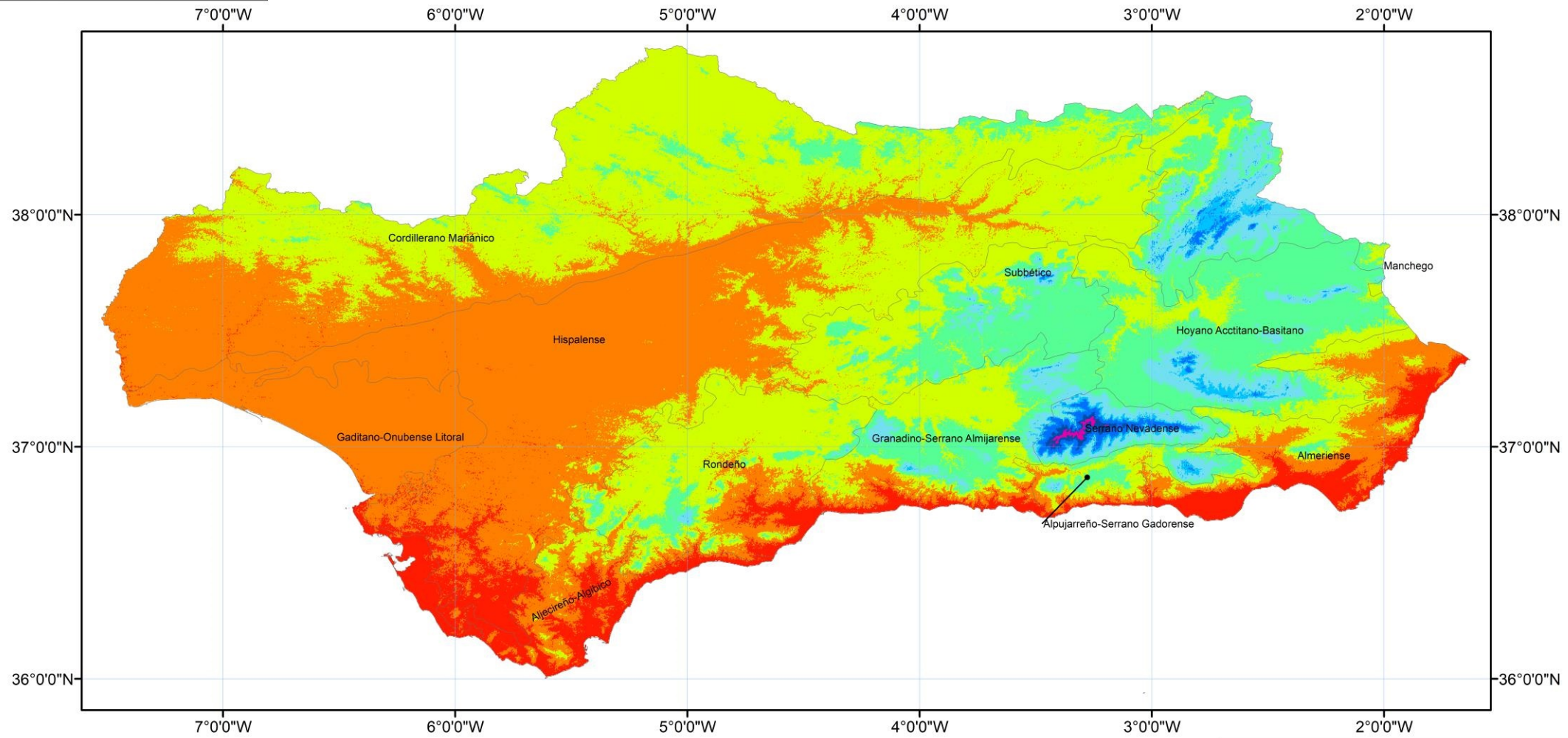
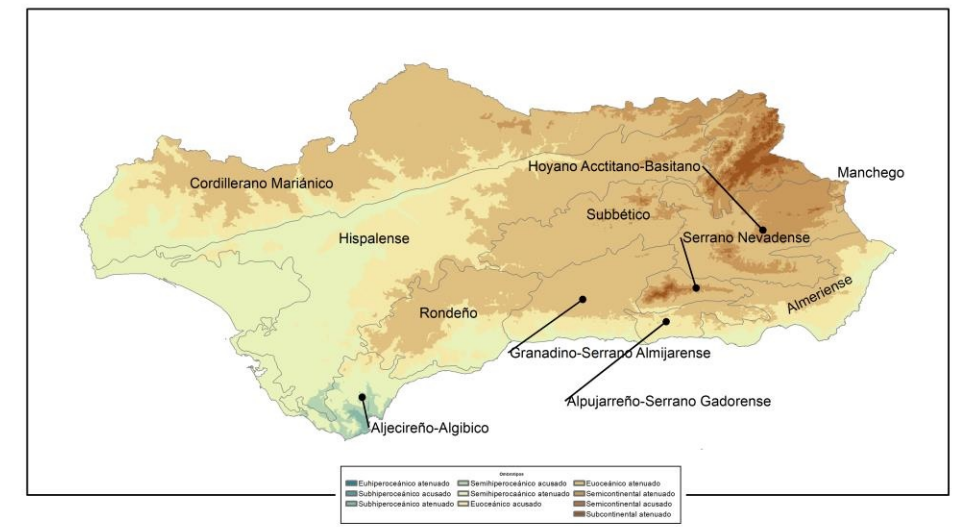
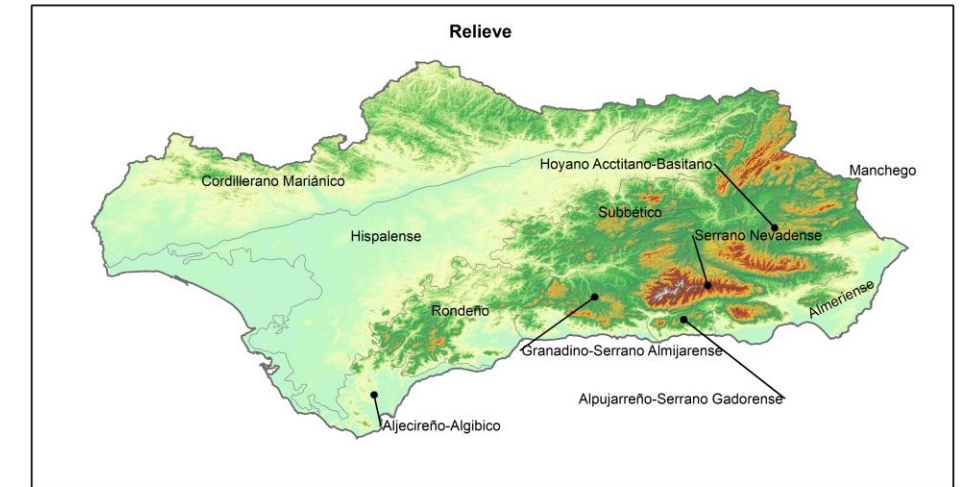


Figura 25: Pisos bioclimáticos presentes en Andalucía





**1.4.7.4. Pisos ombroclimáticos.**

A pesar de su ubicación, en el sur de Europa, y con gran influencia del norte de África, Andalucía presenta unas contrastadas diferencias en cuanto a los pisos ombroclimáticos **Tabla 11**, estando representados en el área de estudio desde el Árido, en el extremo suroriental hasta puntualmente el hiperhúmedo en las montañas de los macizos de la Serranía de Ronda y Grazalema. El tipo más representado es el seco, ocupando las dos terceras partes del territorio.

**Tabla 11:** Área y ocupación de los ombrotipos presentes en Andalucía.

<b>Piso ombroclimático</b>	<b>Horizonte ombroclimático</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>% de ocupación</b>
Árido	Árido inferior	224,14	0,26
	Árido superior	1412,44	1,61
Semiárido	Semiárido inferior	2208,05	2,52
	Semiárido superior	3516,62	4,01
Seco	Seco inferior	35078,55	40,04
	Seco superior	21901,91	25
Subhúmedo	Subhúmedo inferior	12457,25	14,22
	Subhúmedo superior	4131,25	4,72
Húmedo	Húmedo inferior	4480,48	5,11
	Húmedo superior	2164,31	2,47
Hiperhúmedo	Hiperhúmedo inferior	23,99	0,03

- a) Árido: Este piso ombroclimático se distribuye por las zonas surorientales de Andalucía. Es la zona más seca de Europa continental, la vegetación climatófila como se ha comentado anteriormente, la constituyen altos matorrales de *Ziziphus lotus*, *Maytenus europaeus* y *Periploca angustifolia*, las cuales debido a la acentuada xericidad, pierden la hoja en verano, y se comportan como

#### 1.4. Material y métodos.

---

freatófitos en muchos casos (obtienen más agua del suelo que lo que le llega a aportar precipitación).

- b) Semiárido: El ombroclima semiárido, orla al anterior, penetrando hasta las hoyas (depresiones del terreno rodeado de montañas) como las hoyas de Guadix, Baza o de manera muy puntual en la Vega de Granada, y algunas zonas de la campiña de la provincia de Jaén. La vegetación climatófila se estructura en bosquetes abiertos de *Pinus halepensis* y *Juniperus phoenicia* juntos a otros matorrales xerófilos como como *Ephedra fragillis* o *Rhamnus oleoides* subsp. *angustifolia*. En las zonas más continentalizadas, se enriquecen en otros arbustos como *Quercus coccifera* y *Rhamnus lycioides* de carácter más meseteño.
- c) Seco: Este ombrotipo es el dominante en el área de estudio, y es prácticamente único en el valle del Guadalquivir. La vegetación climatófila asociada son los encinares de *Quercus rotundifolia*, y en aquellos sustratos de naturaleza arenosa, con bajo contenido en carbonatos, y que presenten cierta temporhigrofilia, pueden aparecer formaciones de *Quercus suber* de carácter oceánico. Sobre materiales margosos, pero también con cierta hidromorfía los encinares bien estructurados pueden enriquecerse de otras especies arbóreas más mesófitas como *Quercus faginea*. En condiciones edáficas concretas, como la presencia de dolomías y peridotitas, la vegetación climatófila se estructura en pinares de *Pinus pinaster* subsp. *acutisquama*.

- d) Subhúmedo: El ombrotipo subhúmedo, se distribuye por las faldas y laderas de los grandes sistemas montañosos, donde las lluvias comienzan a descargar las precipitaciones al encontrarse con las grandes alturas. La vegetación marca ya un tránsito hacia los bosques caducifolios, estructurándose en los denominados bosques marcescentes y perennifolios de *Quercus faginea*, *Quercus broteroi*, *Quercus suber* y *Quercus rotundifolia*. La aparición de fenómenos de temporhigrofilia, lugares nemorales o umbrosos, propicia la presencia de especies arbóreas más mesófilas como *Quercus canariensis*, *Quercus marianica* o *Quercus pyrenaica*. Son propias de este termotipo también, las diversas formaciones de pinar, como los pinares de *Pinus pinaster* subsp. *acutisquama* en sustratos como peridotitas y dolomías, *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* o *Pinus sylvestris* subsp. *nevadensis* de las altas cumbres.
- e) Húmedo e Hiperhúmedo: El ombroclima húmedo e hiperhúmedo queda relegado a aquellos entornos de media – alta montaña, expuestos directamente a los frentes de origen atlántico, en primer lugar, aparecen las primeras barreras montañosas en las Sierras de Grazalema y Ronda al suroeste, mientras que la Sierra Morena más occidental, en el noroeste, en las zonas de la Sierra de Aracena, también suponen las primeras barreras de los frentes atlánticos noroccidentales. En un segundo lugar quedaría el extremo oriental de las Sierras de Cazorla y Segura, donde las altas cumbres de más de 2000 metros en algunos casos, hacen de barrera, así como la vertiente norte de Sierra Nevada, hasta los 2200 – 2400 m. a partir de ahí las precipitaciones son algo

#### 1.4. Material y métodos.

---

menores, porque solo las nubes más altas pueden proseguir. La vegetación hasta el supramediterráneo, está estructurada en las formaciones plano – caducifolias propiamente dichas, de *Quercus pyrenaica*, *Acer granatense* y *Corylus avellana*; formaciones marcescentes de *Quercus alpestris* y los abetales endémicos de *Abies pinsapo* del Sector Rondeño. En las cumbres montañosas más altas, húmedas e hiperhúmedas los bosques climatófilos se componen de formaciones de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*, *Juniperus sabina*, *Juniperus comunis* subsp. *hemisphaerica*, y puntualmente, sobre sustratos dolomíticos, *Pinus pinaster* subsp. *acutisquama*. La vegetación supraforestal subhúmeda – húmeda, corresponde con el termotipo crioromediterráneo y se estructura en formaciones dominadas por hemicriptófitos gramínoideas de *Festuca* sp.



# Ombroclimas de Andalucía

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree

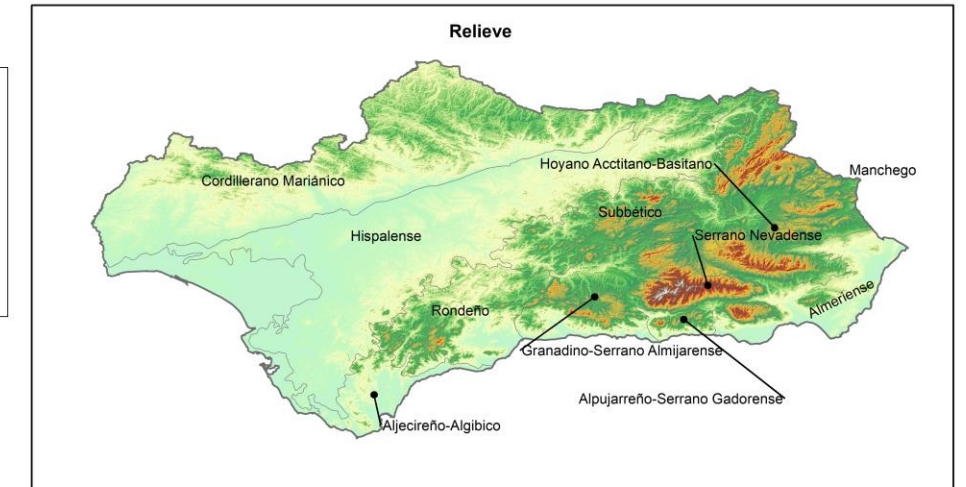
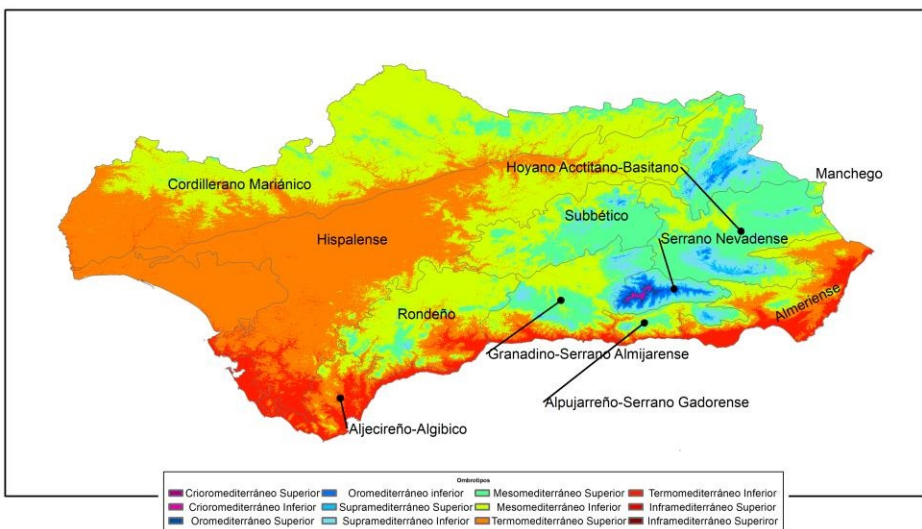
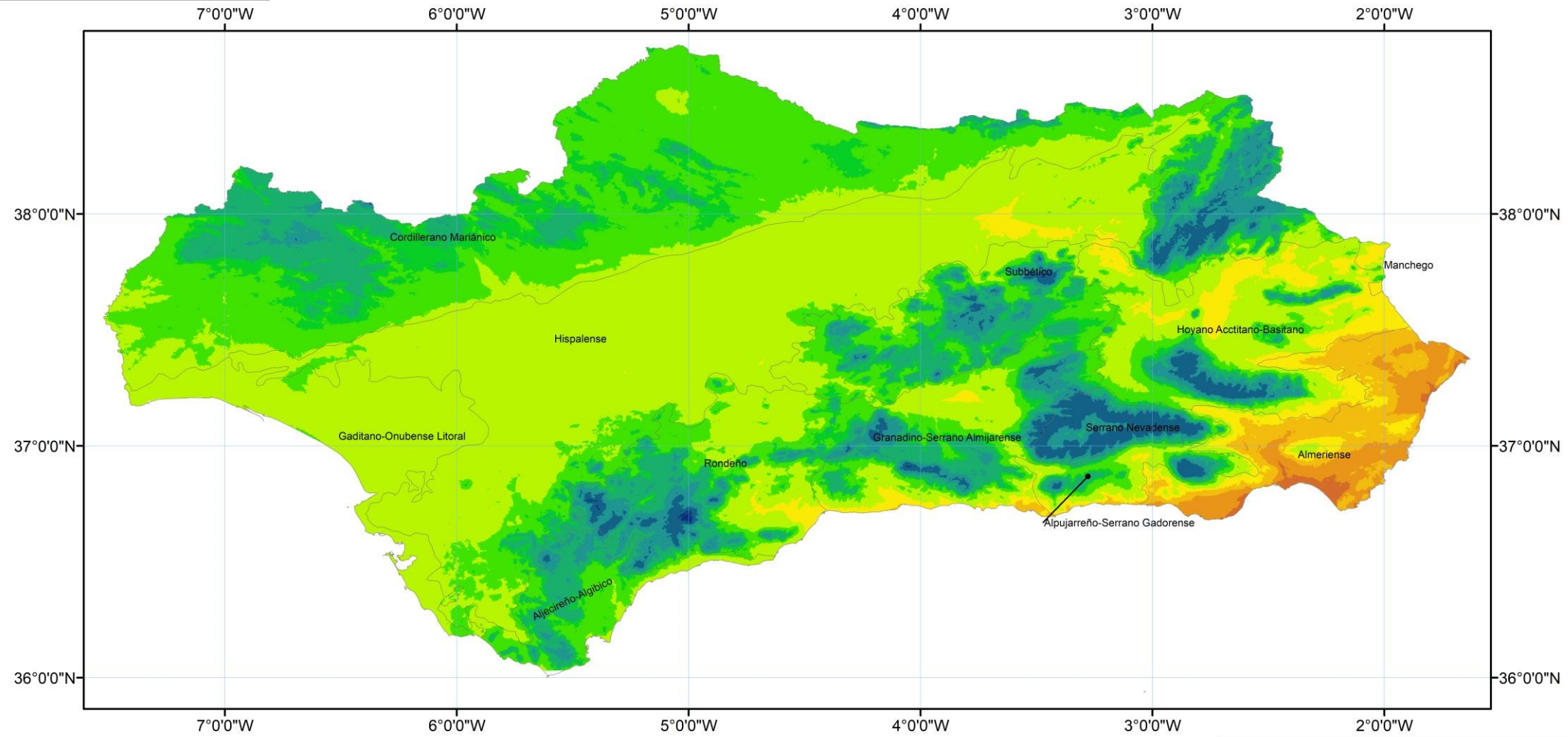
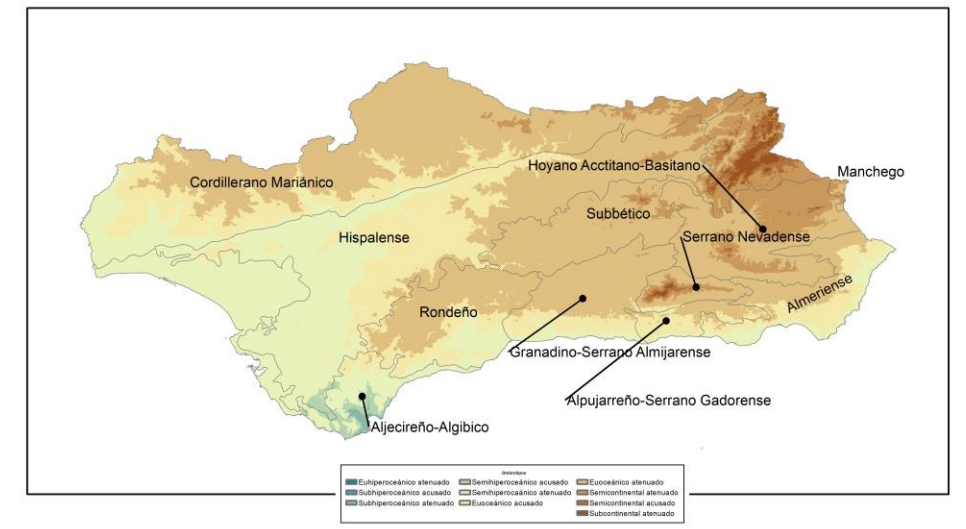
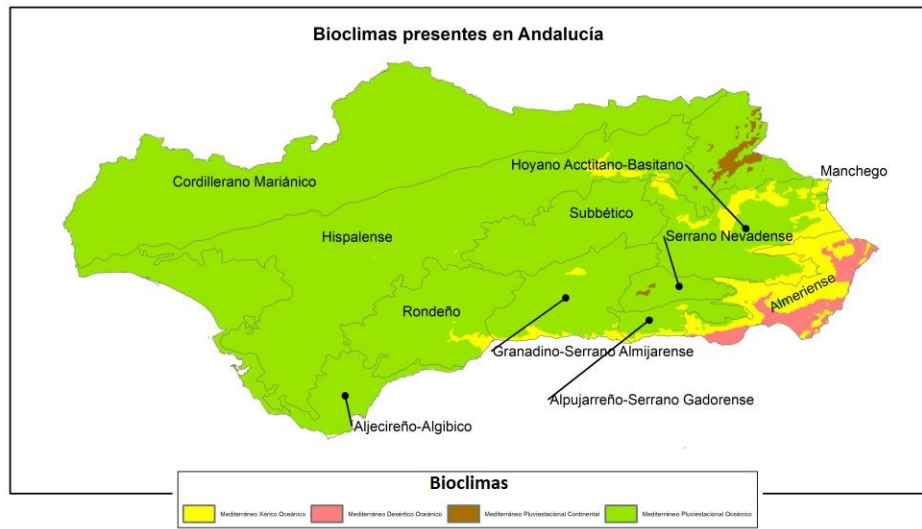
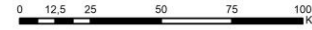


Figura 26: Ombrotipos presentes en Andalucía.

## 1.4. Material y métodos.

---

### 1.4.8. Hábitats y series de vegetación de Andalucía.

#### 1.4.8.1. 9230: Bosques de *Quercus robur* y *Quercus pyrenaica*.

- a) (AvQp) *Arisaro vulgare* – *Quercetum pyrenaicae* C. Pinto – Gomes, R. Paiva – Ferreira, C. Aguiar, M. Lousã, J. C. Costa, M. Ladero & S. Rivas – Martínez [185].

Melojar termo – mesomediterráneo, subhúmedo – húmedo, semihiperoceánicos – euoceánico, mediterráneos pluviestacional oceánico.

Se distribuyen por el oeste de la península ibérica y las zonas más o menos cercanas al mar de Portugal y Andalucía. En el área de estudio, estos bosques aparecen de manera finícola en las zonas de Aracena (Distrito Serrano Aracense) **Figura 27**.

Como especies características y diferenciales de otros melojares, aparecen plantas como *Hedera hibernica* (G. Kirchn.) Bean, *Arisarum simorrhinum* var. *simorrhinum* Durieu., *Asparagus aphyllus* subsp. *aphyllus* L., *Olea europaea* var. *sylvestris* (Mill.) Lehr o *Laurus nobilis* L. [185].

b) AdQp) *Adenocarpus decorticans* – *Quercetum pyrenaicae* Martínez – Parras & Molero [186].

Melajar mesomediterráneo superior y supramediterráneo, subhúmedo – húmedo, de euoceánicos a semicontinental, mediterráneo pluviestacional oceánico y de distribución bética.

Como especies características y diferenciales de otros melojares, aparecen plantas como *Cytisus scoparius* subsp. *reverchonii* (Degen & Hervier) Rivas Goday & Rivas Mart., *Festuca elegans* subsp. *elegans* Boiss. O *Adenocarpus decorticans* Boiss [15, 186].

Estos bosques son exclusivos de las zonas de Sierra Nevada, y Almirajara, la siguiente tabla recoge la caracterización bioclimática y ecológica de estos bosques

**Figura 27.**

La variabilidad de estos melojares se reúne en dos variantes [15]:

b.1.) Variante neutro – basófila con *Daphne laureola* subsp. *latifolia* (Coss.) Rivas Mart. (Ph medio 7.25, CaCO<sub>3</sub> medio 245.87), que se desarrolla sobre calcosquistos, feldespatos, y mármoles.

b.2.) Variante típica acidófila de *Chistus laurifolius* L.

#### 1.4. Material y métodos.

---

c) (AuQp) *Arbuto unedonis* – *Quercetum pyrenaicae* (Rivas Goday in Rivas Goday, Esteve, Galiano, Rigual & Rivas – Martínez 1960) Rivas – Martínez [187].

Melojar mesomediterráneo, subhúmedo – húmedo, de euoceánico a semicontinental acusado y de distribución mediterránea occidental.

Las especies características y diferenciales de otros melojares son *Bupleurum falcatum* L., *Viburnum tinus* L. o *Hyacinthoides hispanica* (Mill.) Rothm.

En el área de estudio se distribuye por Sierra Morena, encuadrado en el sector Cordillerano Mariánico.

La variabilidad de este melojar descrita para el área de estudio, se resume en:

c.1.) *Arbuto unedonis* – *Quercetum pyrenaicae blechnetosum spicanti* [188].

Subasociación más ombrófila y nemoral, de tendencia tempohigrófila, enriquecida en helechos como *Osmunda regalis* L. o *Blechnum spicant* subsp. *spicant* (L.) Roth

c.2.) *Arbuto unedonis* – *Quercetum pyrenaicae quercetosum pyrenaicae* típico

Subasociación típica

d) (BhQp) *Berberido hispanicae* – *Quercetum pyrenaicae* F. Valle, Gómez – Mercado & Mota [189]

Melojar mesomediterráneo superior – supramediterráneo, subhúmedo – húmedo, semicontinental atenuado, mediterráneo pluviestacional oceánico.

Distribución bética oriental, restringido al distrito Serrano Segureño del Sector Cazorleño **Figura 27**. Estos bosques se desarrollan en los afloramientos silíceos de la facies Utrillas, pero al ser una isla con silíceo en pleno dominio calcáreo, el aporte de los materiales circundantes hace que los suelos se comporten como neutros (pH medio de 6.91) en superficie. La elevada precipitación del lugar, hace que los carbonatos sean lixiviados y neutralizados.

Las especies características son *Quercus faginea* subsp. *alpestris* (Boiss.) Maire, *Daphne laureola* subsp. *latifolia* (Coss.) Rivas Mart., *Taxus baccata* L., *Cytisus scoparius* subsp. *reverchonii* (Degen & Hervier) Rivas Goday & Rivas Mart., *Berberis hispanica* Boiss. & Reut., *Viburnum lantana* L.

#### 1.4. Material y métodos.

---

e) (LbQp) *Luzulo baeticae* – *Quercetum pyrenaicae* Rivas – Martínez [190]

Melajar mesomediterráneo, húmedo superior y puntualmente hiperhúmedo, semicontinental atenuado, mediterráneo pluviestacional oceánico.

Distribución Aljibica **Figura 27**. Estos bosques representan las formaciones más meridionales de *Quercus pyrenaica* en la Península Ibérica.

Las especies características de estos melojares son *Luzula forsteri* subsp. *baetica* P. Monts., *Senecio lopezii* Boiss., *Smilax aspera* var. *aspera* L., *Quercus lusitanica* Lam., *Allium scorzonerifolium* Desf. ex DC. in Redouté, *Ilex aquifolium* L.

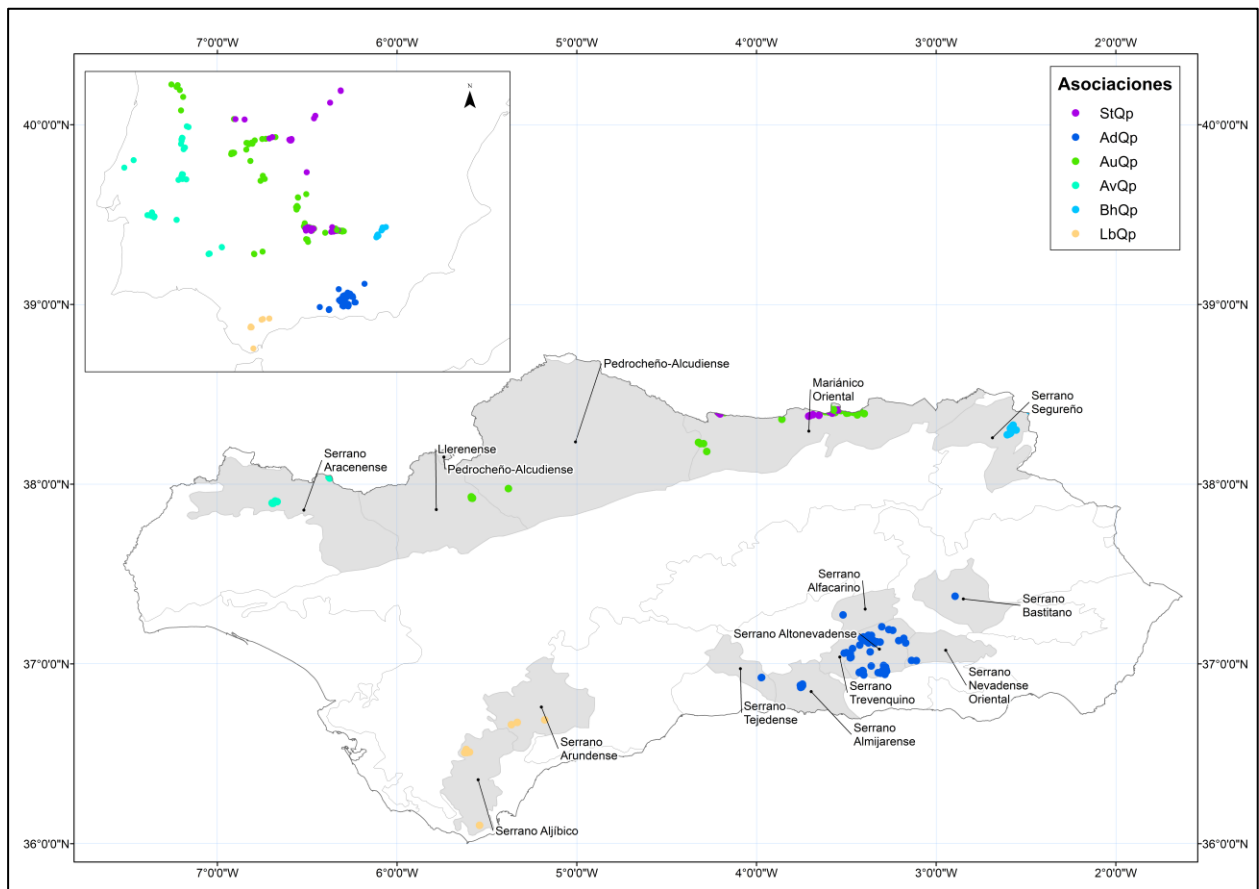
f) (StQp) *Sorbo torminalis* – *Quercetum pyrenaicae* Rivas Goday ex Rivas – Martínez [187]

Melojar supramediterráneo, subhúmedo – húmedo, semicontinental atenuado mediterráneo pluviestacional oceánico.

Se distribuye por la provincia Ibérica occidental, aunque en el área de estudio, llega de manera finícola y muy empobrecida a las zonas más altas supramediterráneas inferior de sierra Morena.

Las especies características son *Allium massaessylum* Batt. & Trab., *Milium vernale* subsp. *montianum* (Parl.) Jahand. & Maire, *Sorbus torminalis* (L.) Crantz, *Dictamnus albus* L.

## 1.4. Material y métodos.



**Figura 27:** Área de distribución de los melojares (formaciones dominadas por *Quercus pyrenaica* en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica.



**1.4.8.2. 9240: Bosques de *Quercus faginea* y *Quercus canariensis***

Se incluyen aquí las formaciones de *Corylus avellana* y de *Acer granatense* de carácter climatófilo.

a) (DIAG) *Daphno latifoliae* – *Aceretum granatensis* [191].

Aceral meso y supramediterráneo, subhúmedo – húmedo superior, temporhigrófilo, de semicontinental atenuado a puntualmente subcontinental, mediterráneo pluviestacional oceánico y puntualmente mediterráneo pluviestacional continental.

De distribuye por la provincia bética, en los sectores Subbético, sobre sustratos calcáreos **Figura 28**.

Las especies más características son *Daphne laureola* subsp. *latifolia* (Coss.) Rivas Mart., *Sorbus aria* (L.) Crantz, *Primula acaulis* (L.) L., *Geum sylvaticum* Pourr., *Paeonia officinalis* subsp. *microcarpa* (Boiss. & Reut.) Nyman

La variabilidad descrita en estos acerales se restringe a:

a.1) Faciación típica Cazorleña de *Aquilegia hispanica* [15] de distribución acotada a los distritos Serrano Cazorlense y Serrano Segureño.

a.2.) Faciación penibética oriental de *Prunus ramburii* [15], de distribución en los distritos Serrano basitano, Serrano Gadorense y Alpujarreño.

a.3.) Faciación penibética occidental de *Crataegus boissieri* [15], que se distribuye por los distritos Serrano Tejedense, Serrano Almijarense y Serrano Arundense.

#### 1.4. Material y métodos.

---

b) (BhAg) *Berberido hispanicae* – *Aceretum granatensis*. [182]

Aceral supramediterráneo, húmedo, temporhigrófilo, semicontinental atenuado, mediterráneo pluviestacional oceánico.

Se distribuye por el Sector Nevadense **Figura 28**, en los sectores Subbético, sobre sustratos ácidos, micaesquistos y rocas metamórficas.

Las especies características y diferenciales son *Conopodium pyrenaicum* (Loisel.) Miégev. *Doronicum plantagineum* subsp. *plantagineum* L. *Berberis hispanica* Boiss. & Reut. *Adenocarpus decorticans* Boiss.

c) (GuCa) *Geo urbani* – *Coryletum avellanae*. [192]

Avellanar mesomediterráneo superior y supramediterráneo, subhúmedo – húmedo, semicontinental atenuado, mediterráneo pluviestacional oceánico temporhigrófilo, estando en límite entre la vegetación propiamente climatófila y la edafohigrófila.

Se distribuye por el sector subbético, en los distritos Serrano Cazorleño y Serrano Segureño **Figura 28**.

Las especies que caracterizan estos avellanares son: *Corylus avellana* L., *Ilex aquifolium* L., *Primula acaulis* (L.) L., *Geum sylvaticum* Pourr., *Hepatica nobilis* Schreb., *Sanicula europaea* L., *Mycelis muralis* (L.) Dumort., *Viburnum lantana* L., *Fragaria vesca* L.

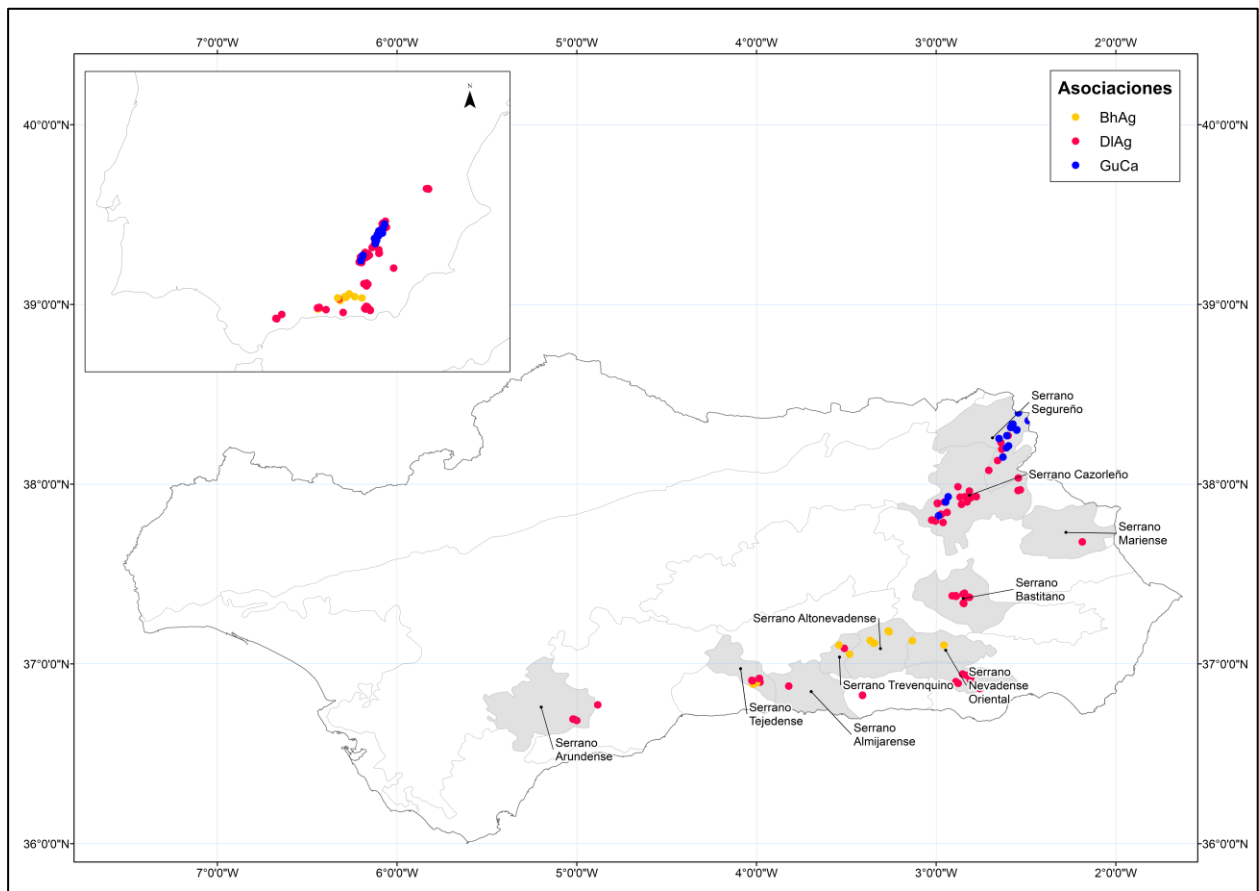
Se reconoce una subasociación además de la típica:

c.1.) *Geo urbani* – *Coryletum avellanae ulmetosum glabra* [193].

Supramediterráneo superior y de carácter más mesófilo.

c.2.) *Geo urbani* – *Coryletum avellanae coryletosum avellanae*. Típico [192].

## 1.4. Material y métodos.



**Figura 28:** Área de distribución de los acerales y avellanares (formaciones dominadas por *Acer granatense*, y *Corylus avellana*) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica.

d) (VtQa) *Viburno tini* – *Quercetum alpestris* [194]

Quejigar mesomediterráneo, subhúmedo, semicontinental atenuado. de matiz temporhigrófilo.

Se distribuye por la provincia Bética **Figura 29**, sobre sustratos arcillosos y margosos, carbonatados.

Las especies características y diferenciales son *Quercus faginea* subsp. *alpestris* (Boiss.) Maire, *Quercus faginea* subsp. *faginea* Lam., *Acer monspessulanum* subsp. *monspessulanum* L., *Viburnum tinus* L., *Bupleurum fruticosum* L., *Bupleurum rigidum* subsp. *rigidum* L.

Pueden reconocerse dos variantes:

d.1.) Variante termófila, mesomediterránea inferior, enriquecida en especies termófilas como *Pistacia lentiscus* o *Smilax aspera*.

d.2.) Variante típica, mesomediterránea superior, más fría.

#### 1.4. Material y métodos.

---

e) (BhQa) *Berberido hispanicae* – *Quercetum alpestris*. Rivas – Martínez [15]

Quejigar supramediterráneo, subhúmedo – húmedo, semicontinental atenuado.  
De matiz tempohigrófilo.

Se distribuye por las medias montañas de la provincia Bética **Figura 29**, sobre sustratos calcáreos y dolomíticos **Figura 29**.

Las especies características y diferenciales son *Quercus faginea* subsp. *alpestris* (Boiss.) Maire, *Quercus faginea* subsp. *faginea* Lam., *Acer monspessulanum* subsp. *monspessulanum* L., *Helleborus foetidus* L., *Ulmus glabra* Huds., *Sorbus aria* (L.) Crantz, *Berberis hispanica* Boiss. & Reut., *Lonicera splendida* Boiss., *Cytisus scoparius* subsp. *reverchonii* (Degen & Hervier) Rivas Goday & Rivas Mart., *Lonicera arborea* Boiss.

Se reconocen tres variantes:

e.1.) Faciación subbética oriental de *Quercus faginea*, de matiz más continental [15]

e.2.) Faciación subbética centro – occidental típica de *Berberis hispánica* [15]

e.3.) Faciación penibética de *Crataegus granatensis* [15]

f) (VdQf) *Vinca difformis* – *Quercetum fagineae* [195].

Quejigar mesomediterráneo, subhúmedo superior – húmedo, de semihiperoceánico atenuado a semicontinental atenuado.

Se distribuye por principalmente en el Sector Rondeño, radiando hacia el este, al Sector Granadino – Serrano Almirajense, y muy puntualmente, hacia el oeste, a las zonas montañosas del Sector Hispalense, sobre margas y calizas **Figura 29**.

Las especies características y diferenciales de estos quejigares son *Quercus faginea* subsp. *faginea* Lam., *Quercus faginea* subsp. *alpestris* (Boiss.) Maire, *Lonicera estrusca* Santi, *Paeonia coriacea* Boiss., *Vinca difformis* Pourr., *Spartium junceum* L., *Ulex parviflorus* subsp. *willkommii* (Webb) Borja & al., *Ulex baeticus* subsp. *baeticus* Boiss., *Cytisus arboreus* subsp. *baeticus* (Webb) Maire, *Cytisus arboreus* subsp. *catalaunicus* (Webb) Maire in Emb. & Maire.

Se reconocen las siguientes variantes:

f.1.) Variante temporhigrófila con *Fraxinus angustifolia*. [195]

f.2.) Variante típica de *Quercus faginea*. [195]

#### 1.4. Material y métodos.

---

g) (OsQb) *Oleo sylvestris* – *Quercetum broteroi*. [196]

Quejigar termomediterráneo, seco superior – subhúmedo, temporhigrófilo euoceánico, mediterráneo pluviestacional oceánico.

Se distribuye por la zona penibética occidental, desde los sectores Hispalense y Jerezano – Asidonense **Figura 29**, hasta y muy puntualmente en el sector rondeño sobre sustratos margosos y arcillosos de naturaleza carbonatada.

Las especies características y diferenciales son *Quercus broteroi* (Cout.) Rivas Mart., *Quercus faginea* subsp. *alpestris* (Boiss.) Maire, *Pistacia lentiscus* L., *Olea europaea* var. *sylvestris* (Mill.) Lehr, *Ceratonia siliqua* L., *Phillyrea latifolia* subsp. *latifolia* L., *Rhamnus oleoides* subsp. *oleoides* L., *Calicotome villosa* (Poir.) Link, *Bupleurum gibraltarium* Lam., *Crataegus monogyna* subsp. *brevispina* (Kunze) Franco, *Ulex baeticus* subsp. *scaber* (Kunze) Cubas, *Brachypodium gaditanum* Talavera



h) (PtQb) *Pistacio terebinthi* – *Quercetum broteroi*. [197]

Quejigar mediterráneo pluviestacional oceánico, de euoceánico a semicontinental, mesomediterráneo, subhúmedo.

Se distribuye por el Sector Cordillerano Mariánico **Figura 29**, sobre sustratos silíceos como cuarcitas, pizarras y arcosas.

Las especies características de estos quejigares son: *Quercus broteroi* (Cout.) Rivas Mart., *Luzula forsteri* subsp. *forsteri* (Sm.) DC. in Lam. & DC., *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch, *Teucrium scorodonia* subsp. *scorodonia* L., *Epipactis helleborine* subsp. *helleborine* (L.) Crantz, *Pistacia terebinthus* L., *Pyrus bourgaeana* Decne., *Cytisus scoparius* subsp. *bourgaei* (Boiss.) Rivas Mart., Fern. Gonz. & Sánchez Mata

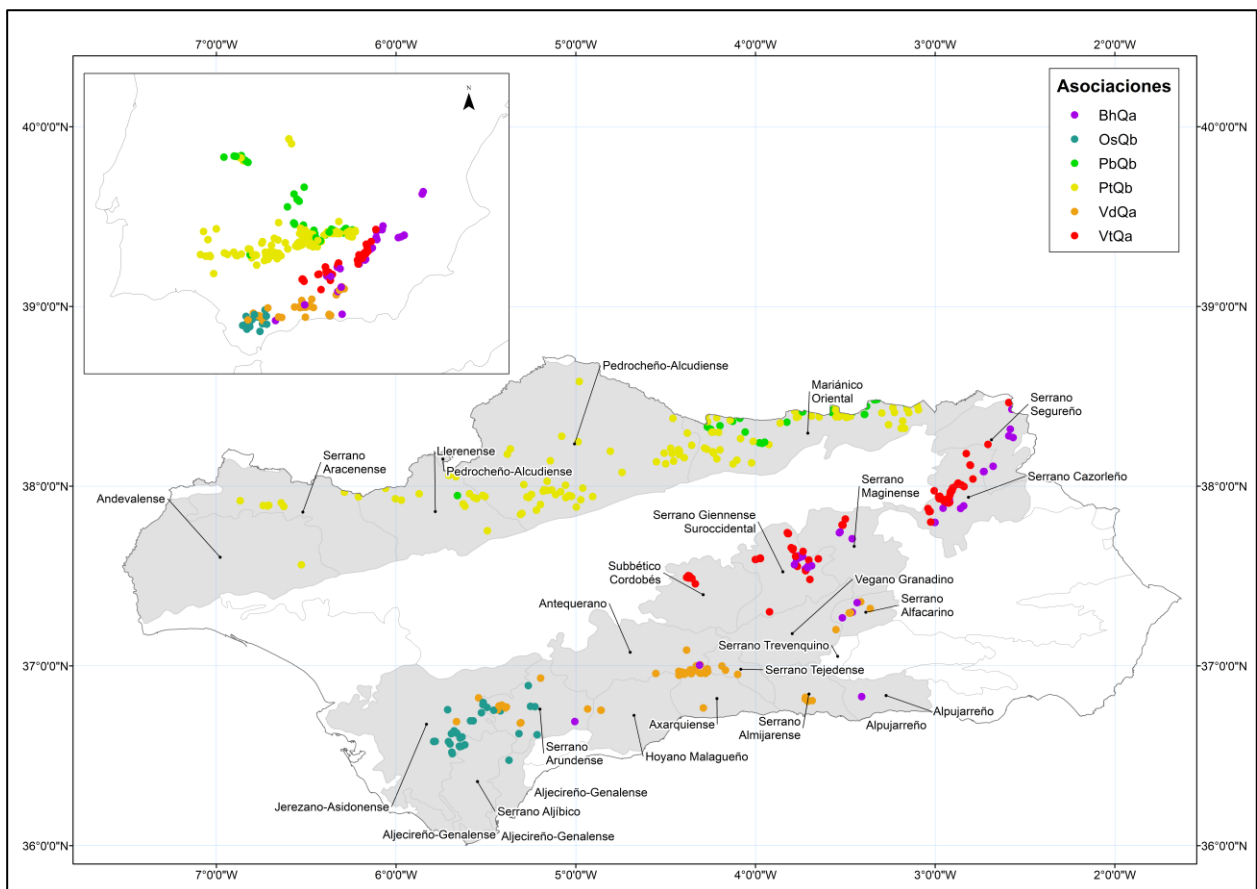
#### 1.4. Material y métodos.

j) (PbQb) *Pyro bourgaeanae* – *Quercetum broteroi* [198].

Quejigar mediterráneo pluviestacional oceánico, temporhigrófilo, semicontinental, mesomediterráneo superior – supramediterráneo, seco superior – subhúmeda.

De óptimo montitoledano, **Figura 29**, al área de estudio llega de manera relativamente abundante sobre sustratos silíceos y suelos parcialmente podsolizados.

Las especies características son *Quercus broteroi* (Cout.) Rivas Mart., *Pyrus bourgaeana* Decne., *Juniperus oxycedrus* subsp. *badia* (H. Gay) Debeaux, *Erica scoparia* subsp. *scoparia* L.



**Figura 29:** Área de distribución de los quejigares (formaciones dominadas por *Q. broteroi*, *Q. faginea* y *Q. alpestris*) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica.

k) (DpQc) *Doronicum plantagineum* – *Quercetum canariensis*. [15]

Quejigar mediterráneo pluviestacional oceánico, mesomediterráneo, subhúmedo – húmedo, de euoceánico a semicontinental atenuado.

De distribución Mariánico oriental sobre sustratos silíceos, en el área de estudio no se ha detectado por el momento, si bien, justo en el límite a escasos kilómetros, en Sierra Madrona **Figura 30**, se ubican estos bosques, por lo que no se descarta su presencia en Andalucía, puesto que potencialmente existen las condiciones ecológicas para que puedan existir estos bosques relictos.

Las plantas características son *Quercus canariensis* Willd., *Quercus marianica* C. Vicioso, *Juniperus oxycedrus* subsp. *badia* (H. Gay) Debeaux, *Paeonia broteri* Boiss. & Reut., *Doronicum plantagineum* subsp. *plantagineum* L., *Viburnum tinus* L., *Hedera hibernica* (G. Kirchn.) Bean

#### 1.4. Material y métodos.

---

l) (EmQc) *Euphorbia monchiquensis* – *Quercetum canariensis*. [199]

Quejigar mediterráneo pluviestacional oceánico, termo – mesomediterráneo, subhúmedo – húmedo temporhigrófilo, euoceánico.

Presenta una distribución Monchiquense y Cordillerano Mariánica occidental, en el área de estudio restringida al distrito Serrano Aracenense **Figura 30**, de manera disyunta respecto al área original en la Sierra de Monchique en Portugal siempre sobre sustratos silíceos.

Las especies características son *Quercus canariensis* Willd., *Quercus marianica* C. Vicioso, *Euphorbia paniculata* subsp. *monchiquensis* (Franco & P. Silva) Vicens, Molero & C., *Hedera helix* subsp. *helix* L., *Cytisus striatus* subsp. *striatus* (Hill) Rothm., *Viburnum tinus* L., *Luzula forsteri* subsp. *baetica* P. Monts.

m) (RhQc) *Rusco hypophylli* – *Quercetum canariensis* [200].

Quejigar mediterráneo pluviestacional oceánico, climato – temporhigrófilo, termo – mesomediterráneo, subhúmedo – húmedo superior, de semihiperoceánicos a euoceánicos.

Se distribuye en el Sector Aljecireño – Aljibico y muy puntualmente al Sector Rondeño **Figura 30** sobre sustratos silíceos.

Las especies características son *Quercus canariensis* Willd., *Phillyrea latifolia* subsp. *latifolia* L., *Viburnum tinus* L., *Ruscus hypophyllum* L., *Luzula forsteri* subsp. *baetica* P. Monts., *Arisarum simorrhinum* var. *subexertum* (Webb) Talavera, *Teucrium pseudoscorodonia* Desf., *Frangula alnus* subsp. *baetica* (Willk. & Reverchon) Devesa

La variabilidad de estos bosques se reúne en:

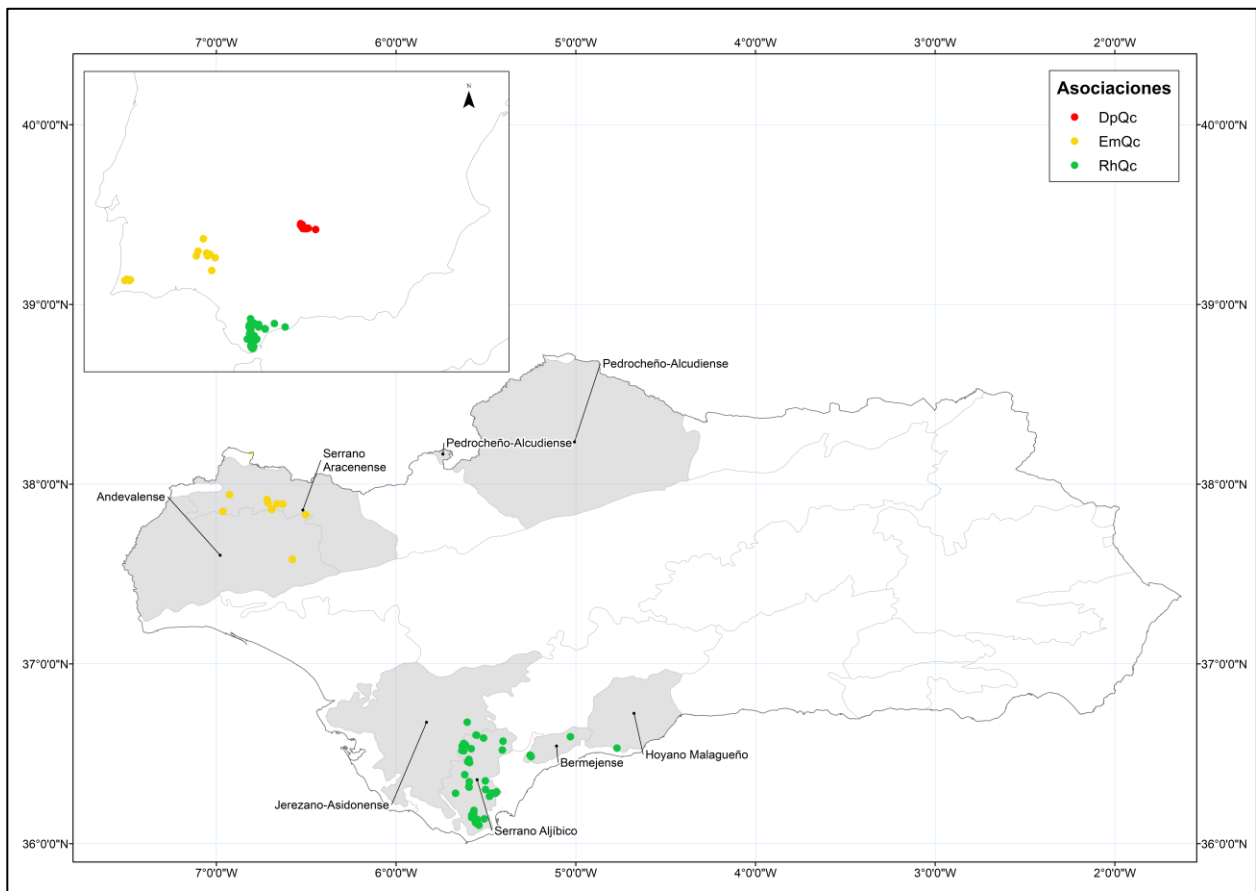
m.1.) *Rusco hypophylli* – *Quercetum canariensis lauretosum nobilis*. [201]

Subasociación más oceánica y térmica

m.2.) *Rusco hypophylli* – *Quercetum canariensis rododendretosum baetici*,  
Subasociación más húmeda y temporhigrófila [202].

m.3.) *Rusco hypophylli* – *Quercetum canariensis quercetosum canariensis*.  
Subasociación típica [200].

## 1.4. Material y métodos.



**Figura 30:** Área de distribución de los quejigares andaluces (formaciones dominadas por *Quercus canariensis*) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica.

**1.4.8.3. 9320: Bosques termomediterráneos de Olea y Ceratonia  
(Península Ibérica, Islas Baleares y Canarias).**

La presente tesis aborda solamente aquellas formaciones climatófilas presentes sobre suelos arcillosos o vertisoles.

a) (AnOs) *Aro neglecti* – *Oleetum sylvestris* [190].

Acebuchar mediterráneo pluviestacional oceánico, termo – mesomediterráneo, seco – subhúmedo, euoceánico.

Se distribuye en la provincia bética occidental **Figura 31**, sobre suelos arcillosos cuyo ciclo de expansión y contracción de las arcillas provoca la rotura de raíces e impide el crecimiento de otras especies arbóreas de *Quercus* sp.

Las especies características son *Olea europaea* var. *sylvestris* (Mill.), *Crataegus monogyna* subsp. *brevispina* (Kunze) Franco Lehr, *Aristolochia baetica* L., *Arisarum simorrhinum* var. *simorrhinum* Durieu., *Arisarum simorrhinum* var. *subexertum* (Webb) Talavera, *Arisarum vulgare* Targ. – Tozz., *Tamus communis* L., *Arum italicum* subsp. *italicum* Mill.

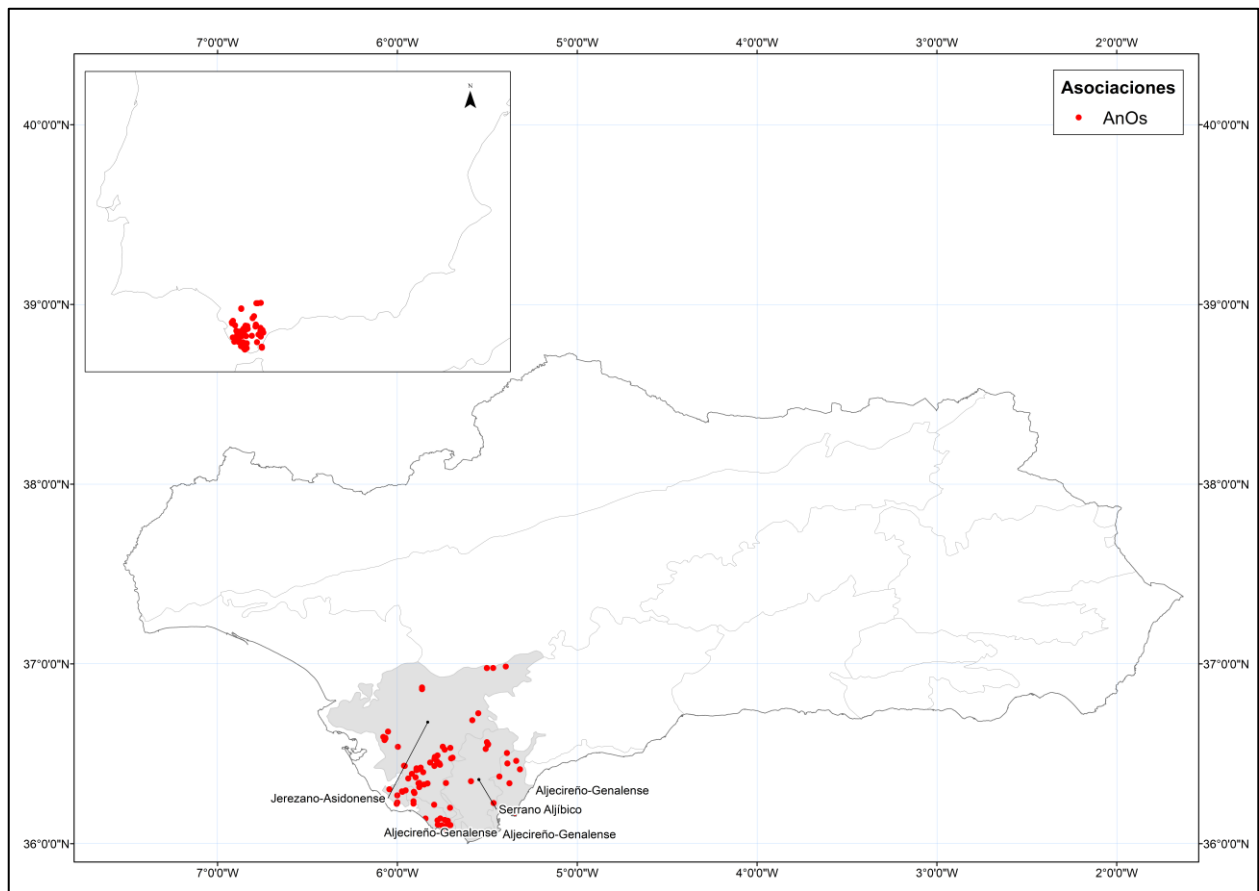
Presenta 3 variantes:

a.1.) Faciación bética termomediterránea de *Chamaerops humilis*

a.2.) Faciación bética mesomediterránea de *Rhamnus laderoi*.

a.3.) Faciación típica termomediterránea jerezano - aljibica de *Crataegus brevispina*.

## 1.4. Material y métodos.



**Figura 31:** Área de distribución de los acebuchares (formaciones dominadas por *Olea sylvestris*) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica.



**1.4.8.4. 9330: Bosques de *Quercus suber* (alcornocales)**

a) (LvQs) *Lavandula viridis* – *Quercetum suberis* [203]

Alcornocal mediterráneo pluviestacional oceánico, termomediterráneo – mesomediterráneo inferior, seco – subhúmedo, euoceánico.

Se distribuye por el sureste peninsular, Portugal y España, alcanzando de manera bastante representativa las zonas occidentales de Andalucía de los distritos Alentejano, Andevalense y Serrano Aracense **Figura 32** manera finícola.

Las especies características son *Quercus suber* var. *suber* L., *Lavandula viridis* L'Hér., *Phlomis purpurea* subsp. *purpurea* L., *Asparagus aphyllus* subsp. *aphyllus* L., *Luzula forsteri* subsp. *baetica* P. Monts., *Quercus lusitanica* Lam., *Quercus coccifera* subsp. *rivasmartinezii* Capelo & J.C. Costa, *Ulex argenteus* Welw. ex Webb, *Cytisus striatus* subsp. *striatus* (Hill) Rothm.

#### 1.4. Material y métodos.

---

b) (CsQs) *Centaureo sempervirentis* – *Quercetum suberis* [204]

Alcornocal mediterráneo pluviestacional oceánico, mesomediterráneo, subhúmedo, euoceánico.

Este alcornocal está restringido a los sectores Serrano Granadino – Almiyarenses y al Sector Rondeño y puntualmente en los Montes de Málaga **Figura 32** sobre micaesquitos, calcoesquistos, grauvacas, y materiales ligeramente carbonatados.

Las plantas características y diferenciales son *Quercus suber* var. *suber* L., *Rubia agostinhoi* Dans. & P. Silva, *Calicotome villosa* (Poir.) Link, *Ulex parviflorus* subsp. *parviflorus* Pourr., *Opopanax chironium* (L.) W.D.J. Koch, *Cheirolophus sempervirens* (L.) Pomel, *Vinca difformis* Pourr., *Cytisus arboreus* subsp. *baeticus* (Webb) Maire

Presenta dos variantes:

b.1.) Variante térmica de *Olea sylvestris*

b.2.) Variante típica de *Quercus suber*.

c) (ShQs) *Sanguisorbo hybridae* – *Quercetum suberis* [197]

Alcornocal mediterráneo pluviestacional oceánico, mesomediterráneo, seco – subhúmedo, semihiperoceánico – semicontinental.

De amplia distribución en la provincia Ibero atlántica, en el área de estudio está presente en todos los distritos del Sector Cordillerano Mariánico **Figura 32**.

Las especies características de este alcornocal son *Quercus suber* var. *suber* L., *Sanguisorba hybrida* (L.) Font Quer, *Luzula forsteri* subsp. *baetica* P. Monts., *Lavandula stoechas* subsp. *luisieri* (Rozeira) Rozeira

La variabilidad de este alcornocal se aúna en:

c.1.) Variante termófila de *Pistacia lentiscus*

c.2.) Variante típica de *Quercus suber*.

#### 1.4. Material y métodos.

---

d) (TbQs) *Teucrio baetici* – *Quercetum suberis* [202]

Alcornocal mediterráneo pluviestacional oceánico, termomediterráneo – mesomediterráneo, subhúmedo – húmedo, euoceánico.

Se distribuye por el sureste de Andalucía en los distritos Serrano Aljábico, Jerezano – Asidonense, Bermejense y de manera menos significativa en el Arundense **Figura 32.**

Las especies características son *Quercus suber* var. *suber* L., *Teucrium pseudoscorodonia* Desf., *Quercus canariensis* Willd., *Aristolochia baetica* L., *Calicotome villosa* (Poir.) Link, *Rubia agostinhoi* Dans. & P. Silva, *Luzula forsteri* subsp. *baetica* P. Monts., *Abies pinsapo* Boiss., *Ulex baeticus* subsp. *baeticus* Boiss., *Teline monspessulana* (L.) K. Koch, *Teline linifolia* (L.) Webb in Webb & Berth.

La variabilidad de estos alcornocales se aúna en:

d.1.) *Teucrio baetici* – *Quercetum suberis quercetosum canariensis*

d.2.) Variante termomediterránea de *Rhamnus oleoides*.

d.3.) Variante típica mesomediterránea de *Teucrium pseudoscorodonia*.

e) (AnQs) *Aro neglecti* – *Quercetum suberis*. [15]

Alcornocal mediterráneo pluviestacional oceánico, temporhigrófilo termomediterráneo, seco – subhúmedo, semihiperoceánico.

Se distribuye por la Provincia Lusitano – costero – Andaluza – litoral, sobre paleodunas y suelos arenosos **Figura 32**, que presentan compensación edáfica por tener el nivel freático a poca profundidad.

Las especies características son *Quercus suber* var. *suber* L., *Juniperus navicularis* Gand., *Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata* (Guss.) Nyman, *Corema album* (L.) D. Don, *Stauracanthus lusitanicus* (L.) Cubas, *Ulex australis* subsp. *welwitschianus* (Planch.) Espírito Santo & al., *Stauracanthus genistoides* (Brot.) Samp., *Lavandula pedunculata* subsp. *lusitanica* (Chaytor) Franco, *Halimium halimifolium* subsp. *multiflorum* (Salzm. ex Dunal) Maire, *Pteridium aquilinum* subsp. *aquilinum* (L.) Kuhn, *Arum italicum* subsp. *neglectum* (Townson) Prime

La variabilidad que presentan este alcornocal es:

e.1.) Variante temporhigrófila de *Pteridium aquilinum*

e.2.) Variante Ribatagano – Sadense de *Juniperus navicularis* para Portugal (en la actualidad, las poblaciones descubiertas de *Juniperus navicularis* en Huelva y Cádiz, podrían, junto con más estudios, ampliar el área de esta variante [205, 206])

e.3.) Variante típica gaditano – algarviense de *Ulex australis*

#### 1.4. Material y métodos.

---

f) (OsQs) *Oleo sylvestris* – *Quercetum suberis* [187]

Alcornocal mediterráneo pluviestacional oceánico, termomediterráneo, seco – subhúmedo, semihiperoceánico.

Se distribuye por la provincia lusitano – costero – Andaluza – litoral, irradiando hacia zonas de la Axarquía y muy puntualmente en los afloramientos de areniscas del interior del distrito Bajo Campiñés **Figura 32**. Se desarrollan sobre areniscas duras, que presentan compensación edáfica por tener el nivel freático a poca profundidad.

Las especies características son *Quercus suber* var. *suber* L., *Myrtus communis* L., *Chamaerops humilis* L., *Aristolochia baetica* L., *Rhamnus oleoides* subsp. *oleoides* L., *Rhamnus lycioides* subsp. *laderoi* Rivas Mart. & J.M. Pizarro, *Calicotome villosa* (Poir.) Link, *Olea europaea* var. *sylvestris* (Mill.) Lehr

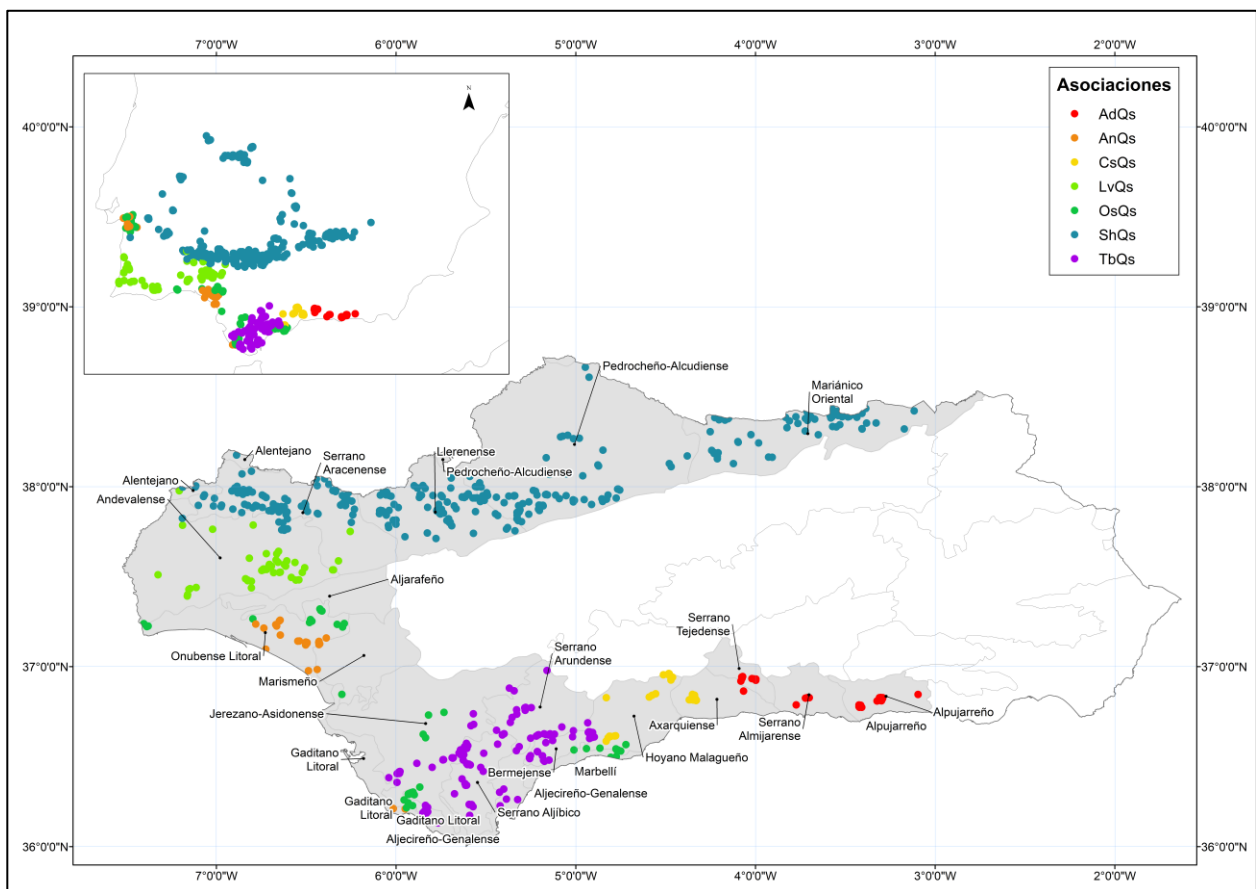
h) (AdQs) *Adenocarpus decorticans* – *Quercetum suberis* [207]

Alcornocal mediterráneo pluviestacional oceánico, meso – supramediterráneo, subhúmedo, semicontinental.

Se distribuye por la provincia bética, en los distritos Alpujarreño, Almirajense y Tejedense **Figura 32**. Sobre esquistos, calcoesquistos, grauvacas y gneises, puntualmente sobre rocas carbonatadas metamorfizadas.

Las especies características son *Quercus suber* var. *suber* L., *Adenocarpus decorticans* Boiss., *Festuca scariosa* (Lag.) Asch. & Graebn., *Celtica gigantea* (Link)

F. M. Vázquez & Barkworth



**Figura 32:** Área de distribución de los alcornocales (formaciones dominadas por *Quercus suber*) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica.

## 1.4. Material y métodos.

---

### 1.4.8.5. 9340: Bosques de *Quercus ilex* y *Quercus rotundifolia*

a) (AaQr) *Asparago acutifoliae* – *Quercetum rotundifoliae* [190].

Encinar mediterráneo pluviestacional oceánico, mesomediterráneo, seco – subhúmedo, semicontinental acusado.

Este encinar, de distribución Mediterránea ibérica central, sobre sustratos calizos. Alcanza de manera finícola y muy empobrecida las estribaciones más nororientales de Andalucía del distrito Serrano Espuñense **Figura 33**. Las especies más características son *Quercus rotundifolia* Lam., *Asparagus acutifolius* L., *Macrochloa tenacissima* (L.) Kunth, *Quercus coccifera* subsp. *coccifera* L.

La variabilidad de estos encinares [15], se sintetiza en:

a.1.) Faciación típica calcícola mesomediterránea de *Quercus coccifera*.

a.2.) Faciación termófila verticícola de *Olea sylvestris*.

a.3.) Faciación Montielense de *Genista speciosa*.

a.4.) Faciación gipsícola de *Gypsophila struthium*.

a.5.) Faciación sobre granodioritas y pararendzinas de *Stipa tenacissima*.

a.6.) Faciación Manchega Murciana de *Arctostaphylos crassifolia*.

a.7.) Faciación espuñense mesomediterránea de *Genista jimenezi*, esta última la única representada en el territorio.



b) (AdQr) *Adenocarpus decorticans* – *Quercetum rotundifoliae* [187]

Encinar mesomediterráneo pluviestacional oceánico, meso – supramediterráneo, seco – subhúmedo, semicontinental.

De distribución penibética, por los sectores Serrano Nevadense, Hoyano Acctitano – Basitano, y en menor medida irradia a los sectores Granadino – Serrano Almiarjense, y Almeriense **Figura 33**. Siempre sobre sustratos silíceos de esquistos, calcoesquistos, grauvacas y gneises.

Las especies características son *Quercus suber* var. *suber* L., *Adenocarpus decorticans* Boiss., *Festuca scariosa* (Lag.) Asch. & Graebn.

Si bien, este encinar es descrito por primera vez por Losa Quinta [208], la tipificación corresponde a Rivas Martínez [187]. La variabilidad se recoge en:

b.1.) *Adenocarpus decorticans* – *Quercetum rotundifoliae jasminetosum fruticantis* [209]

b.2. *Adenocarpus decorticans* – *Quercetum rotundifoliae quercetosum fagineae* [209]

b.3.) Variante Serrana alhamillense de *arenaria intricata* [15]

b.4.) Variante Serrana estanciana esquistosa de *Anthyllis cytisoides* [15]

b.5.) Variante Termófila de *Retama sphaerocarpa*. [15]

b.6.) Típica supramediterránea de *Adenocarpus decorticans*. [187]

#### 1.4. Material y métodos.

---

(BhQr) *Berberido hispanicae* – *Quercetum rotundifoliae* [187]

Encinar mediterráneo pluviestacional oceánico, supramediterráneo, seco – subhúmedo, semicontinental acusado.

Se distribuye por toda la provincia bética **Figura 33**, sobre calizas y calizodolomías.

Las especies características son *Quercus rotundifolia* Lam., *Brachypodium retusum* subsp. *boissieri* (Nyman) Romero García, *Paeonia broteri* Boiss. & Reut., *Erinacea anthyllis* Link, *Echinopartum boissieri* (Spach) Rothm., *Berberis hispanica* Boiss. & Reut., *Lonicera splendida* Boiss., *Festuca scariosa* (Lag.) Asch. & Graebn.

La variabilidad de este encinar es:

c.1.) *Berberido hispanicae* – *Quercetum rotundifoliae juniperetosum thuriferae*. [210] De distribución subbética murciana.

c.2.) *Berberido hispanicae* – *Quercetum rotundifoliae quercetosum fagineae* [211]

De lugares más mesófilos, o con ligera compensación edáfica.

c.3.) Variante Bética granatense calco – dolomítica de *Lavandula lanata*. [15]

c.4) Variante Penibética oriental de *Prunus ramburii*. [15]

c.5.) Típica calcícola de *Berberis hispanica*. [15]

c) (PcQr) *Paeonio coriaceae* – *Quercetum rotundifoliae* [191]

Encinar mediterráneo pluviestacional oceánico, mesomediterráneo, seco – subhúmedo, semicontinental.

Se distribuye por toda la provincia bética **Figura 33**, sobre materiales calizos

Las especies más características son *Quercus rotundifolia* Lam., *Paeonia coriacea* Boiss., *Genista cinerea* subsp. *speciosa* Losa & Rivas Goday (Vill.) DC., *Ulex parviflorus* subsp. *willkommii* (Webb) Borja & al.

Este encinar, presentea múltiples razas bioclimáticas y biogeográficas:

d.1.) *Paeonio coriaceae* – *Quercetum rotundifoliae pistacietosum lentisci* [212]

d.2.) *Paeonio coriaceae* – *Quercetum rotundifoliae quercetosum fagineae* [213]

d.3.) *Paeonio coriaceae* – *Quercetum rotundifoliae ulicetosum parviflori* [214]

d.4.) Variante Accitano – Basitana de *Genista pumila*. [15]

d.5.) Variante Almiarense sobre dolarenitas de *Rhamnus velutinus*. [15]

d.6.) Variante Penibética almeriense de *Phlomis almeriensis*. [15]

d.7.) Variante Subbética murciana de *Cytisus reverchonii*. [15]

d.8.) Variante con *Quercus suber* [15]

d.9.) Variante Vegueña granadina gipsícola de *Ononis crassifolia*. [15]

d.10.) Típica mesomediterránea superior de *Quercus coccifera*. [191]

#### 1.4. Material y métodos.

---

d) (PbQr) *Pyrus bourgaeanae* – *Quercetum rotundifoliae* [126].

Encinar mediterráneo pluviestacional oceánico, mesomediterráneo, seco – subhúmedo, semicontinental.

Se distribuye por el sector cordillerano Mariánico **Figura 33**, sobre sustratos silíceos como pizarras, cuarcitas, granitos, arcosas o grauvacas.

Las especies características son *Quercus rotundifolia* Lam., *Pyrus bourgaeana* Decne., *Lavandula pedunculata* subsp. *sampaiana* (Rozeira) Franco

Este encinar, por su presencia y abundancia, presenta múltiples razas:

e.1.) *Pyrus bourgaeanae* – *Quercetum rotundifoliae juniperetosum oxycedri* [215] [188] sobre litosoles y ambientes más continentalizados.

e.2.) *Pyrus bourgaeanae* – *Quercetum rotundifoliae myrtetosum communis* [187] Cordillerano Mariánico termófila mesomediterránea inferior.

e.3.) *Pyrus bourgaeanae* – *Quercetum rotundifoliae quercetosum broteroi* [188] Mesófila nemoral subhúmeda.

e.4.) *Pyrus bourgaeanae* – *Quercetum rotundifoliae quercetosum suberis* [197] Mesófila nemoral, seca subhúmeda de tendencia oceánica.

e.4.) Variante termófila de tendencia continental Toledana – Tagana de *Olea sylvestris* [15]

e.5.) Variante típica mesomediterránea superior de *Pyrus bourgaeana* [15]

e) (McQr) *Myrto communis* – *Quercetum rotundifoliae* [197]

Encinar mediterráneo pluviestacional oceánico, termomediterráneo, seco – subhúmedo, euoceánico – semicontinental atenuado.

Se distribuye por el sector cordillerano Mariánico, sobre sustratos silíceos como pizarras, cuarcitas, granitos, arcosas o grauvacas.

Las especies características y diferenciales son *Quercus rotundifolia* Lam., *Myrtus communis* L., *Asparagus albus* L., *Chamaerops humilis* L., *Rhamnus oleoides* subsp. *oleoides* L., *Lavandula pedunculata* subsp. *sampaiana* (Rozeira) Franco

Las diferentes subasociaciones y variantes reconocidas son:

f.1.) *Myrto communis* – *Quercetum rotundifoliae lavanduletosum viridis* ined. [216], Andevalense y Aracenense.

f.2.) *Myrto communis* – *Quercetum rotundifoliae quercetosum broteroi*, [217] más mesófila y nemoral, por compensación edáfica.

f.4.) Faciación bajocampiñesa sobre rañas arenosas de *Halimium halimifolium* [15].

f.4.) *Myrto communis* – *Quercetum rotundifoliae Quercetosum rotundifoliae*, típica termomediterránea de *Chamaerops humillis* [15].

#### 1.4. Material y métodos.

---

f) (RlQr) *Rhamno laderoi* – *Quercetum rotundifoliae* [15]

Encinar mediterráneo pluviestacional oceánico, termo – mesomediterráneo, seco – subhúmedo, euoceánico.

Se distribuye en las intercalaciones calcáreas, dolomíticas o ultramáficas de la provincia Iberoatlántica **Figura 33**.

Las plantas que caracterizan este encinar son *Quercus rotundifolia* Lam., *Pistacia lentiscus* L., *Phlomis purpurea* subsp. *purpurea* L., *Cistus albidus* L., *Rhamnus lycioides* subsp. *laderoi* Rivas Mart. & J.M. Pizarro

La variabilidad de estos encinares es:

g.1.) Faciación llereno – aracenense calcodolomítica y ultramáfica de *Phlomis purpurea* [15], única presente en el área de estudio.

g.3.) Faciación pacense argilícola de *Arum neglectum* [15].

g.3.) Faciación típica toledano – tagana de *Rhamnus laderoi* [15].

g) (RoQr) *Rhamno oleoidis* – *Quercetum rotundifoliae*. [190]

Encinar mediterráneo pluviestacional oceánico, termomediterráneo, seco – subhúmedo, euoceánico.

Se distribuye por toda la provincia bética, en la franja termomediterránea de los sectores Hispalense, Aljibico, Granadino – Serrano Almijarense, y Alpujarreño **Figura 33**, sobre margas, calizas y calizodolomías, puntualmente sobre calcosquistos básicos.

Las especies características son *Quercus rotundifolia* Lam., *Olea europaea* var. *sylvestris* (Mill.) Lehr, *Phlomis purpurea* subsp. *purpurea* L., *Rhamnus oleoides* subsp. *oleoides* L., *Aristolochia baetica* L., *Chamaerops humilis* L., *Rubia peregrina* subsp. *longifolia* (Poir.) O. Bolòs, *Asparagus albus* L.

La variabilidad descrita es:

h.1.) *Rhamno oleoidis* – *Quercetum rotundifoliae juniperetosum turbinatae* [218]

h.2.) Faciación Alpujarreño – almijarense calco – dolomitícola de *Rhamnus velutinus*. [15]

h.3.) Faciación Axarquiense sobre esquistos básicos de *Genista equisetiformis* [15].

h.4.) Faciación Gadorense de *Phlomis almeriensis* [15].

h.5.) Malacitana de *Maytenus europaeus* [15]

h.6.) Típica bética occidental de *Rhamnus oleoides*. [15]

#### 1.4. Material y métodos.

---

h) (RpQr) *Rubio longifoliae* – *Quercetum rotundifoliae* [219].

Encinar mediterráneo pluviestacional oceánico, termo – mesomediterráneo, seco – subhúmedo, euoceánico.

En Andalucía se restringe al Sector Almeriense **Figura 33**, llegando de manera finícola y muy empobrecido.

Las especies características de estos encinares en el área de estudio son *Quercus rotundifolia* Lam., *Pistacia lentiscus* L., *Rubia peregrina* subsp. *longifolia* (Poir.) O. Bolòs, *Phlomis purpurea* subsp. *almeriensis* (Pau) Losa & Rivas Goday, *Rhamnus oleoides* var. *angustifolia* Lange ex Willk. in Willk. & Lange

La variabilidad de estos encinares es:

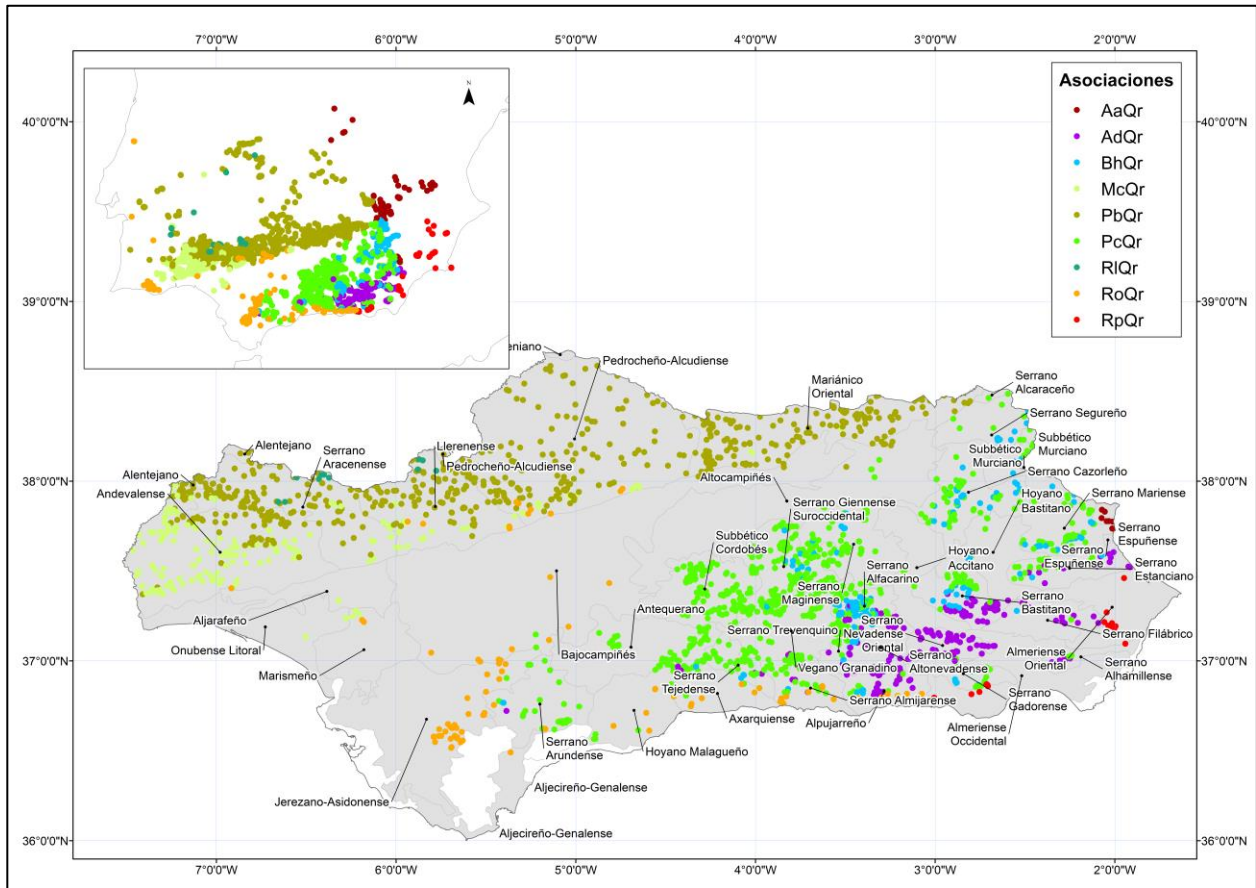
i.1.) Faciación almeriense de *Phlomis almeriensis*, única representada en el área de estudio[15].

i.2.) Faciación mesomediterránea termófila calcícola de *Pistacia lentiscus* [15].

i.3.) Faciación sobre areniscas rodenas de *Calicotome spinosa* [15].

i.4.) Faciación típica termomediterránea sobre sustratos calcáreos de *Chamaerops humilis* [15].





**Figura 33:** Área de distribución de los encinares (formaciones dominadas por *Quercus rotundifolia*) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica.

## 1.4. Material y métodos.

---

### 1.4.8.6. 9520: Abetales (pinsapares) de *Abies pinsapo*.

a) (BmAp) *Bunio macucae* – *Abietetum pinsapo* [220]

Pinsapar mediterráneo pluviestacional oceánico, meso – supramediterráneo, húmedo – hiperhúmedo, euoceánico.

Se restringe al Distrito Bermejense **Figura 34**, sobre materiales ultramáficos y peridotíticos.

Las especies características y diferenciales son *Abies pinsapo* Boiss., *Cistus populifolius* subsp. *major* (Dunal) Heywood, *Cerastium gibraltarium* var. *lanuginosum* (Gren.) F.N. Williams, *Bunium macuca* subsp. *macuca* Boiss.

b) (PbAp) *Paeonio broteri* – *Abietetum pinsapo* [220]

Pinsapar mediterráneo pluviestacional oceánico, meso – supramediterráneo, húmedo – hiperhúmedo, euoceánico.

Se distribuye por las Sierras de Grazalema y Sierra de las Nieves, y puntualmente en la Sierra de la Yunquera, dentro del sector Rondense **Figura 34**, sobre suelos calcáreos y dolomíticos.

Las especies características y diferenciales de estos pinsapares son *Abies pinsapo* Boiss., *Daphne laureola* subsp. *latifolia* (Coss.) Rivas Mart., *Helleborus foetidus* L., *Quercus faginea* subsp. *alpestris* (Boiss.) Maire, *Acer opalus* subsp. *granatense* (Boiss.) Font Quer & Rothm., *Viscum cruciatum* Sieber ex Boiss., *Berberis hispanica* Boiss. & Reut.

A pesar de su reducida área restringida a los enclaves húmedo e hiperhúmedos, se reconocen:

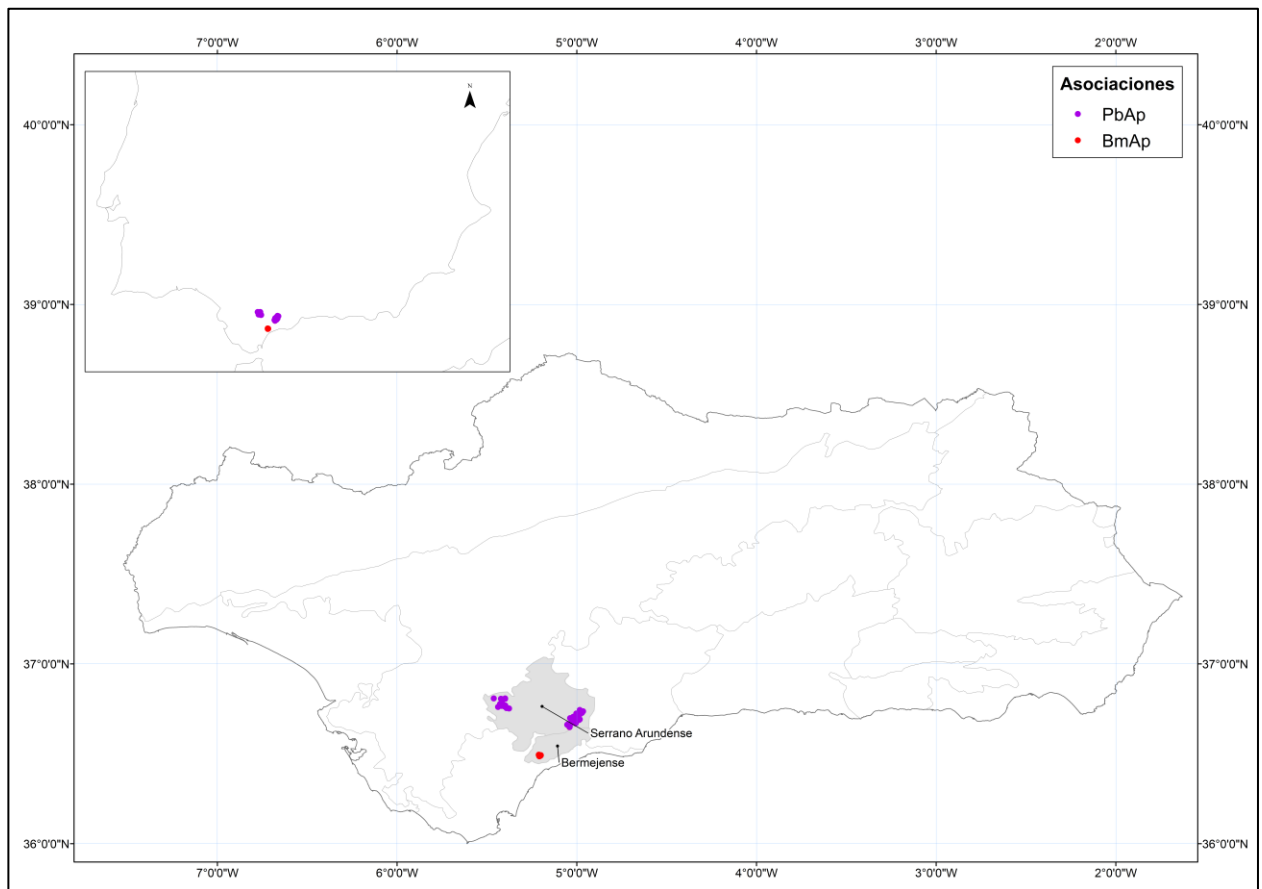
b.1.) *Paeonio broteri* – *Abietetum pinsapo daphnetosum latifoliae* [220]

b.2.) *Paeonio broteri* – *Abietetum pinsapo juniperetosum phoeniciae* [221]

b.3) Variante con *Taxus bacata* [221]

b.4) Variante típica

## 1.4. Material y métodos.



**Figura 34:** Área de distribución de los pinsapares (formaciones dominadas por *Abies pinsapo*) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica.

**1.4.8.7. 9530: Pinares mediterráneos de pinos negros endémicos**  
**(*Pinus salzmannii*, *Pinus clusiana*)**

Se incluyen aquellas formaciones climatófilas.

a) (AiPn) *Avenello ibericae* – *Pinetum nevadensis* [222]

Pinar mediterráneo pluviestacional oceánico y puntualmente mediterránea pluviestacional continental, supramediterráneo superior – oromediterráneo, subhúmedo húmedo, semicontinental y puntualmente subcontinental.

Sintaxon de reciente descripción, si bien en 2021, aparecen como *ass. nova*, en la publicación, no se refleja diagnosis o inventario tipo alguno [222], p. 107. Referencias a este sintaxon pueden encontrarse en publicaciones como [54, 182, 223], en esta última haciendo referencia a una tesis no disponible aún (a fecha de 2022) “Marfil, J.M. 2017. Estudio geobotánico global del Parque Nacional de Sierra Nevada (PNSN). Mem. Doc. (inéd.). Univ. Granada. 202 pp.” donde podría estar la diagnosis de este pinar. No obstante, en base a las descripciones publicadas, se han podido reunir una serie de muestreos adscribibles a este pinar. En ese caso, las especies características son *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica* (C. Presl) Nyman, *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* var. *latisquama* (Willk.) E. Laguna, *Cytisus balansae* subsp. *nevadensis* Cantó & Rivas Mart., *Pinus sylvestris* subsp. *nevadensis* (Christ.) Rivas Mart., A. Asensi, Molero Mesa & F. Valle, *Genista versicolor* Boiss., *Adenocarpus decorticans* Boiss. De Distribución nevadense y filábrica sobre sustratos silíceos y máficos **Figura 35.**

#### 1.4. Material y métodos.

---

b) (DoPn) *Daphno oleoidis* – *Pinetum nevadensis* [190]

Pinar mediterráneo pluviestacional oceánico supramediterráneo superior – oromediterráneo, subhúmedo – húmedo, semicontinental acusado.

De Distribución Serrano Bastitano y Trevenquino **Figura 35** sobre sustratos calcáreos o calizodolomíticos.

Las especies características son *Juniperus sabina* L., *Pinus sylvestris* subsp. *nevadensis* (Christ.) Rivas Mart., A. Asensi, Molero Mesa & F. Valle, *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica* (C. Presl) Nyman, *Berberis hispanica* Boiss. & Reut., *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* var. *latisquama* (Willk.) E. Laguna, *Astragalus granatensis* Lam., *Prunus ramburii* Boiss., *Daphne oleoides* Schreb.

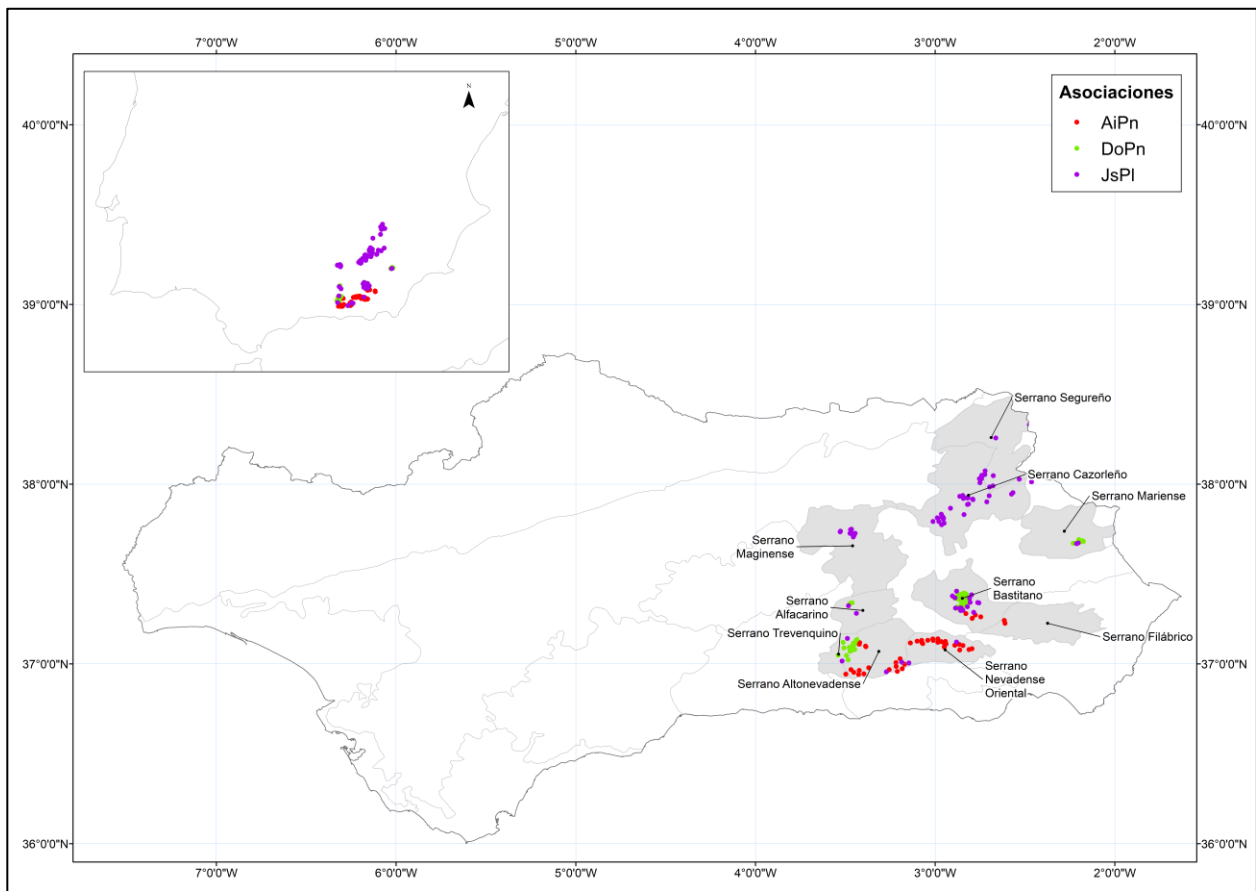
c) (JsPl) *Junipero sabinæ – Pinetum latisquamae* [190]

Pinar mediterráneo pluviestacional oceánico y mediterráneo pluviestacional continental, supramediterráneo superior – oromediterráneo, subhúmedo – húmedo, semicontinental y subcontinental.

De distribución Serrano Cazorleño y Serrano Segurense, irradiando puntualmente en el pico Mágina (Serrano Maginense) **Figura 35** sobre materiales calcáreos.

Las especies características son *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* var. *latisquama* (Willk.) E. Laguna, *Juniperus sabina* L., *Berberis hispanica* Boiss. & Reut., *Ononis aragonensis* Asso, *Daphne oleoides* Schreb., *Juniperus communis* subsp. *communis* L., *Helictotrichon filifolium* subsp. *cazorlense* (Romero Zarco) Rivas Mart., A. Asensi, Molero Mesa & F. Valle, *Genista longipes* subsp. *longipes* Pau

## 1.4. Material y métodos.



**Figura 35:** Área de distribución de los pinares de alta montaña (formaciones dominadas por *Pinus nevadensis* y *Pinus latissuama*) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica.



1.4.8.8. 9560 Bosques abiertos mediterráneos endémicos de  
*Juniperus* sp. pl.

a) (AgJs) *Astragalo granatensis – Juniperetum sabinæ* [182].

Sabinar mediterráneo pluviestacional oceánico, oromediterráneo, húmedo – hiperhúmedo, semicontinental.

Se distribuye en las altas cumbres de Sierras de Alfaguara, Mágina, Trevenque, Gádor, María y puntualmente en el Distrito Serrano Giennense Suroccidental en la Sierra de la Pandera **Figura 36** sobre litosoles y regosoles de naturaleza calcárea.

Sintaxon de reciente y críptica descripción, se hace referencia a estos sabinares en [15], como una variante granadina y maginense de los sabinares de *Rhamno infectoriae – Juniperetum sabinæ* y más reciente en [182] donde aparece el nombre del sintaxon, y una descripción, pero no ningún inventario tipo, ni autoría previa. Las especies características son *Juniperus sabinæ* L., *Astragalus granatensis* Lam., *Prunus ramburii* Boiss., *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica* (C. Presl) Nyman, *Ononis aragonensis* Asso, *Amelanchier ovalis* Medik., *Lonicera arborea* Boiss., *Daphne oleoides* Schreb.

Una postura conservadora, permite relacionar las variantes propuestas por Rivas – Martínez [15], con unas diferencias más biogeográficas que florísticas. Se pueden así diferenciar dos variantes:

a.1.) Variante Gadorense de *Daphne oleoides*

a.2.) Variante típica de *Astragalus granatensis*

#### 1.4. Material y métodos.

---

b) (RiJs) *Rhamno infectoriae* – *Juniperetum sabiniae* [224]

Sabinar mediterráneo pluviestacional oceánico, oromediterráneo, húmedo – hiperhúmedo, de euoceánico a semicontinental.

Se distribuye en las altas cumbres del Distrito Serrano Arundano, Serrano Tejedense, Serrano Almijareense **Figura 36** sobre sustratos calcáreos.

Las especies características son *Juniperus sabina* L., *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica* (C. Presl) Nyman, *Berberis hispanica* Boiss. & Reut., *Abies pinsapo* Boiss., *Daphne laureola* subsp. *latifolia* (Coss.) Rivas Mart., *Rhamnus saxatilis* subsp. *infectoria* (L.) P. Fourn.

Analizando los inventarios, se pueden diferenciar dos variantes:

b.1.) Variante hiperhúmeda Arundense de *Abies Pinsapo*, correspondería con *Abieti pinsapo* – *Juniperetum sabiniae* [221]

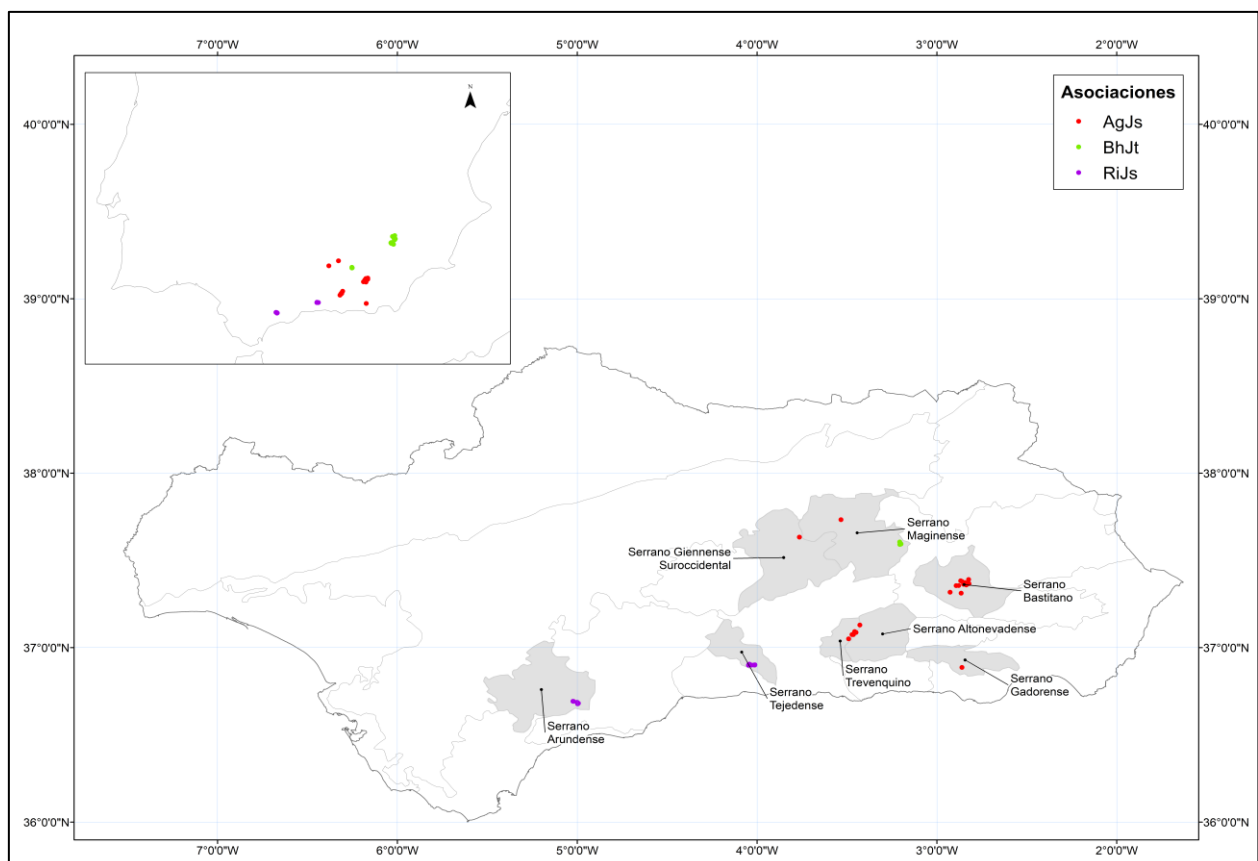
b.2.) Variante Almijareense y Tejedense de *Genista viciosi* [15].

c) (BhJt) *Berberido hispanicae* – *Juniperetum thuriferae* [15]

Sabinar mediterráneo pluviestacional oceánico y puntualmente mediterráneo pluviestacional continental, supramediterráneo, seco – subhúmedo, semicontinental acusado, subcontinental.

Se distribuye en el Distrito Subbético Murciano **Figura 36**, irradiando de manera finícola hacia el distrito Serrano Maginense.

Las especies características son *Juniperus thurifera* L., *Juniperus phoenicea* subsp. *phoenicea* L., *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* var. *latisquama* (Willk.) E. Laguna, *Berberis hispanica* Boiss. & Reut., *Pinus halepensis* Mill.



**Figura 36:** Área de distribución de los sabinars (formaciones dominadas por *Juniperus sabina* y *Juniperus thurifera*) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica.

## 1.4. Material y métodos.

---

### 1.4.8.9. 9540: Pinares mediterráneos de *Pinus pinaster* endémicos

#### (*P. pinaster* subsp. *acutisquama*).

a) (CcPp) *Quercus cocciferae* – *Pinetum acutisquamae* [225]

Pinar mediterráneo pluviestacional oceánico, termo – mesomediterráneo, subhúmedo – húmedo, euoceánico.

Se distribuye en el Distrito Bermejense, sobre sustratos ultramáficos y puntualmente donde afloran estos sustratos en las sierras cercanas **Figura 37**.

Las especies características y diferenciales de este pinar son *Pinus pinaster* subsp. *acutisquama* (Boiss.) Rivas Mart., A. Asensi, Molero Mesa & F. Valle, *Quercus coccifera* subsp. *coccifera* L., *Ulex baeticus* subsp. *baeticus* Boiss., *Genista hirsuta* subsp. *lanuginosa* (Spach) Nyman, *Staehelina baetica* DC., *Digitalis obscura* subsp. *laciniata* (Lindl.) Maire

b) (PiAc) *Pinetum acutisquamae* [226].

Pinar mediterráneo pluviestacional oceánico, termo – supramediterráneo, seco – húmedo, euoceánico.

De distribución Granadino – Almiyarensis, sobre sustratos dolomíticos **Figura 37**. Si bien la corrección nomenclatural de esta asociación la realiza Rivas – Martínez [15], no se designa un inventario tipo, consultado el trabajo de Modesto Laza Palacios de 1946, solo se aporta una tabla sintética con los índices de sociabilidad [226]

La variabilidad de este pinar, viene definida por los diferentes pisos termoclimáticos [15]:

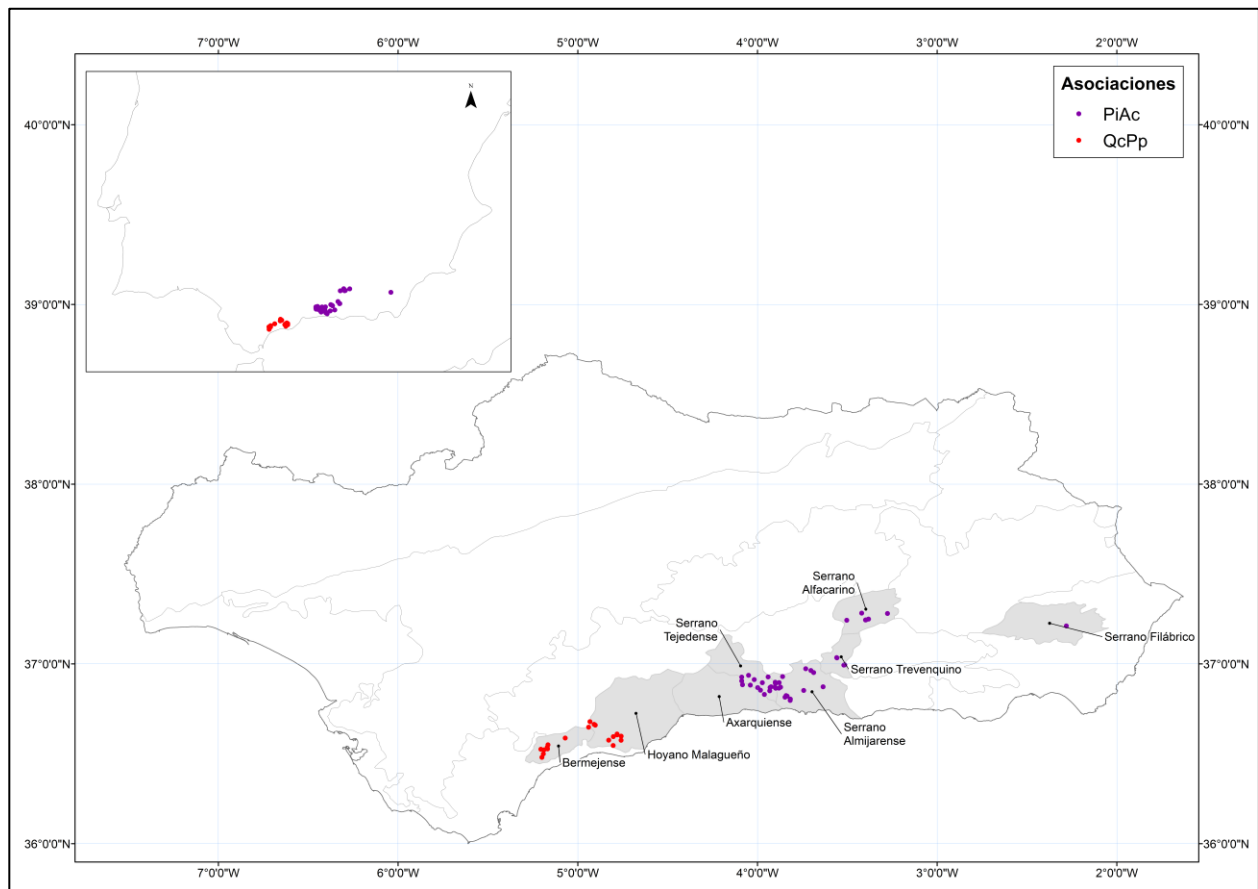
Las especies características son *Pinus pinaster* subsp. *acutisquama* (Boiss.) Rivas Mart., A. Asensi, Molero Mesa & F. Valle, *Lavandula lanata* Boiss., *Ulex parviflorus* subsp. *rivasgodayanus* Cubas, *Rhamnus myrtifolia* subsp. *myrtifolia* Willk., *Rhamnus velutina* subsp. *velutina* Boiss.

b.1.) Faciación termomediterránea de *Chamaerops humilis*.

b.2.) Faciación mesomediterránea de *Pinus halepensis*.

b.3.) Faciación típica supramediterránea de *Pinus acutisquama*.

## 1.4. Material y métodos.



**Figura 37:** Área de distribución de los pinares (formaciones dominadas por *Pinus pinaster* subsp. *acutisquama*) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica.

**1.4.8.10. 9540: Pinares mediterráneos de pinos mesogeanos endémicos**

b) (EfPh) *Ephedro fragilis* – *Pinetum halepensis* [227]

Pinar mediterráneo xérico oceánico y muy puntualmente mediterráneo pluviestacional oceánico, mesomediterráneo, semiárido – seco inferior, semicontinental.

Se distribuye por el Sector Hoyano Acctitano – Basitano, irradiando hacia las zonas más xéricas y continentales del distrito alto campiñés sobre margas, calizas, yesos, y esporádicamente esquistos **Figura 38**. Las especies características y diferenciales son: *Pinus halepensis* Mill., *Macrochloa tenacissima* (L.) Kunth, *Ephedra fragilis* Desf., *Juniperus phoenicea* subsp. *phoenicea* L., *Rhamnus lycioides* subsp. *lycioides* L., *Quercus coccifera* subsp. *coccifera* L. y *Lygeum spartum* L.

Si bien, en [227] aparece por primera vez una descripción de estos pinares bajo la denominación de “Comunidad de *Ephedra fragilis* y *Pinus halepensis*, la descripción formal y tipificación de esta asociación se formaliza en [15].

La variabilidad reconocida es la siguiente [15]:

b.1.) Faciación típica termófila de *Olea sylvestris*.

b.2.) Faciación mesomediterránea superior de *Genista pumila*.

b.3.) Faciación gipsícola de *Gypsophila struthium*.

b.4.) Faciación estanciano-filábrica esquistosa de *Anthyllis cytisoides*.

#### 1.4. Material y métodos.

---

(QcPh) *Quercus cocciferae* – *Pinetum halepensis* [15].

Pinar mediterráneo xérico oceánico y mediterráneo pluviestacional oceánico, mesomediterráneo, semiárido – seco, semicontinental acusado.

Se distribuye por el Sector Manchego, en el área de estudio, aparece de manera testimonial y finícola en el distrito Serrano Espuñense, sobre, margas y calizas

#### Figura 38.

Las especies más representativas y características de esta asociación son; *Pinus halepensis* Mill., *Quercus coccifera* subsp. *coccifera* L., *Macrochloa tenacissima* (L.) Kunth, *Thymus membranaceus* subsp. *membranaceus* Boiss., *Rhamnus lycioides* subsp. *lycioides* L., *Bupleurum fruticosum* subsp. *spinosum* (Gouan) O. Bolòs & Vigo, *Daphne gnidium* L., *Asparagus horridus* L. in Murray, *Genista mugronensis* Vierh.

La variabilidad reconocida es:

- c.1.) Faciación típica mesomediterránea de *Quercus coccifera*.
- c.2.) Faciación termófila de *Pistacia lentiscus*.
- c.3.) Faciación manchega sucrense de *Erica multiflora*.
- c.4.) Faciación manchego-almeriense de *Salsola genistoides*.



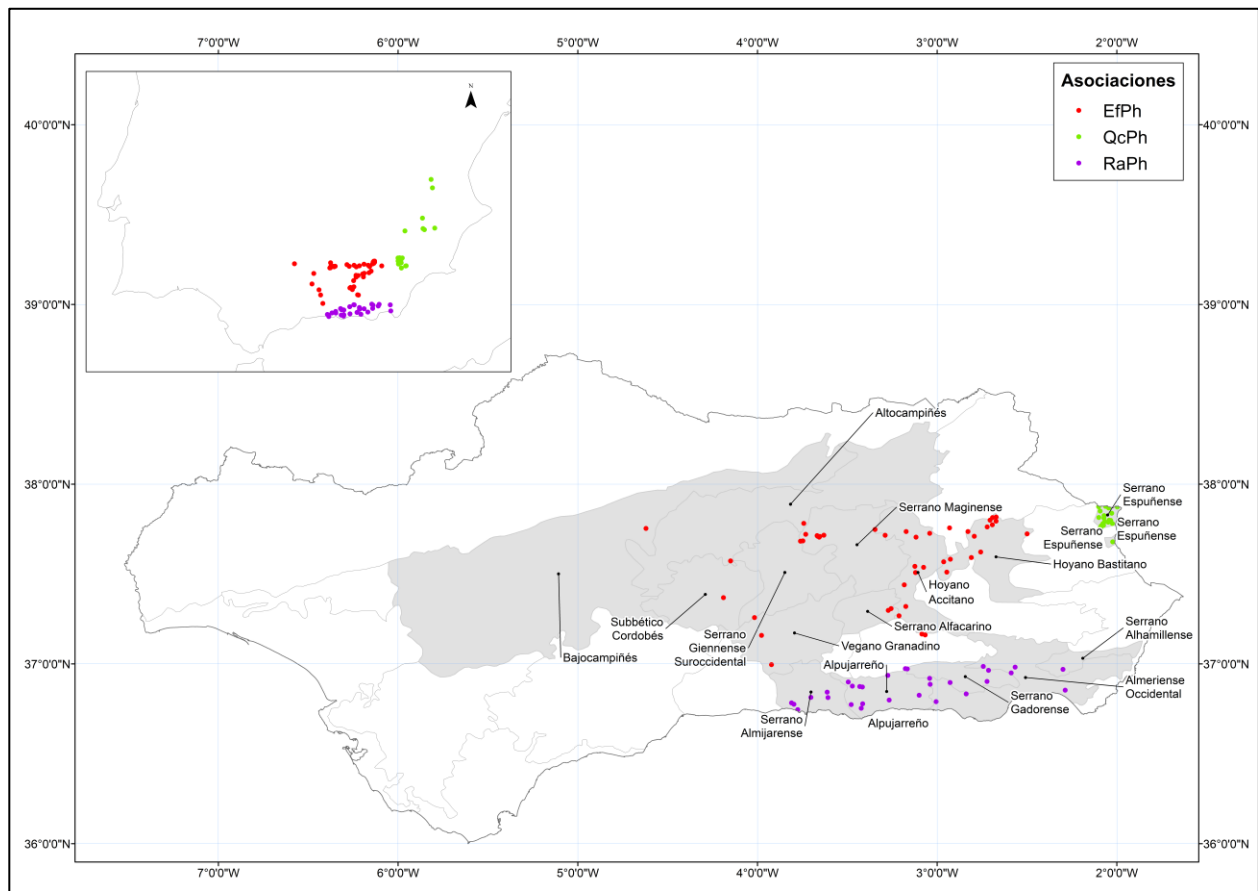
c) *Rhamno almeriensis* – *Pinetum halepensis* [15].

Pinar mediterráneo xérico oceánico y puntualmente mediterráneo pluviestacional oceánico, termomediterráneo, semiárido – seco inferior, euoceánico.

Se distribuye por el Sector Almeriense y en el distrito Serrano Gadorense, sobre materiales calcáreos, calizas y dolomías **Figura 38**.

Las especies características y diferenciales son las siguientes: *Pinus halepensis* Mill., *Macrochloa tenacissima* (L.) Kunth, *Genista umbellata* subsp. *umbellata* (L'Hér.) Dum. Cours., *Anthyllis cytisoides* L., *Chamaerops humilis* L., *Olea europaea* var. *sylvestris* (Mill.) Lehr, *Rhamnus velutina* subsp. *almeriensis* Rivas Mart. & J.M. Pizarro, *Phlomis purpurea* subsp. *almeriensis* (Pau) Losa & Rivas Goday, *Genista spartioides* Spach

## 1.4. Material y métodos.



**Figura 38:** Área de distribución de los pinares (formaciones dominadas por *Pinus halepensis*) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica.

**1.4.8.11. 5120: Formaciones de *Genista purgans* (*Cytisus oromediterraneus*) en las altas montañas del suroccidente de Europa.**

a) (GvCn) *Genisto versicoloris* – *Cytisetum nevadensis* [15]

Piornal mediterráneo pluviestacional oceánico, oromediterráneo, semicontinental acusado, subhúmedo – húmedo.

Se distribuye por el distrito Serrano Filábrico sobre materiales de naturaleza silíceo y algunos materiales máficos, por lo que podría catalogarse como una asociación silicibasílica.

En la descripción original, los autores diagnostican esta comunidad como climatofila y “cabeza de serie”, aunque con cierta duda, debido al pasado uso del territorio, así como los incendios los cuales habrían hecho que especies propias de las etapas maduras como *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica* hubiesen desaparecido [15], por lo que prácticamente sería indiferenciable esta asociación de la geovicariante siguiente.

Las especies características son *Cytisus balansae* subsp. *nevadensis* Cantó & Rivas Mart., *Genista versicolor* Boiss. ex Steud., *Festuca longiauriculata* Fuente, Ortúñez & Ferrero Lom. y *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica* (C. Presl) Nyman (de manera testimonial).

#### 1.4. Material y métodos.

---

b) (GvJh) *Genisto versicoloris* – *Juniperetum hemisphaericae*. [228].

Piornal mediterráneo pluviestacional oceánico, oromediterráneo, semicontinental acusado y subhúmedo – húmedo.

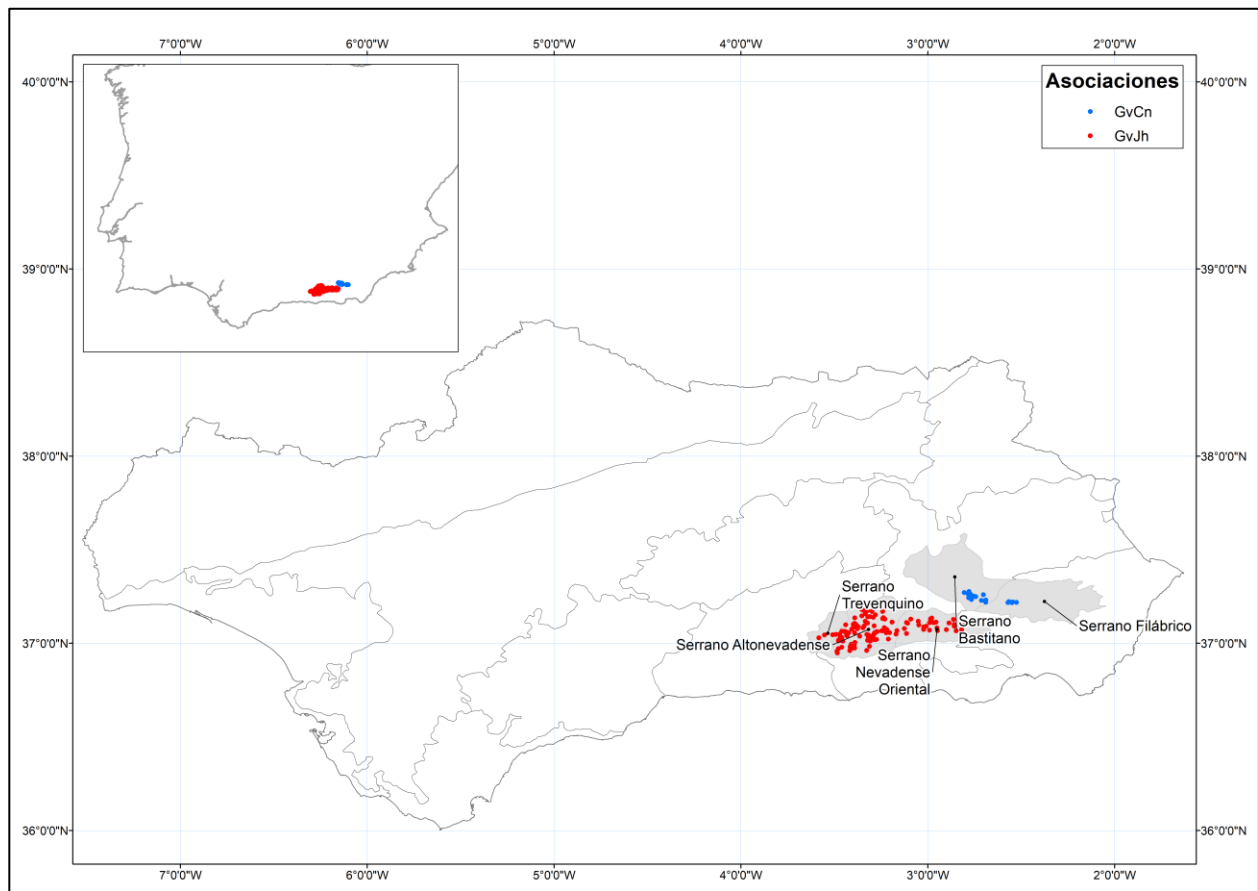
Se distribuye por el Sector Nevadense sobre materiales silíceos y puntualmente en materiales neutros o neutrobásicos **Figura 39**.

Las especies características son *Genista versicolor* Boiss. ex Steud, *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica* (C. Presl) Nyman, *Thymus serpylloides* subsp. *serpylloides* Bory, *Cytisus balansae* subsp. *nevadensis* Cantó & Rivas Mart., *Arenaria pungens* subsp. *pungens* Clemente ex Lag., *Thlaspi nevadense* Boiss. & Reut., *Prunus prostrata* Labill. y *Agrostis nevadensis* Boiss.

Se reconocen dos facies [15]:

b.1.) Faciación típica silicícola con *Cytisus nevadensis*.

b.2.) Faciación silicibasícolica con *Juniperus sabina*.



**Figura 39:** Área de distribución de los enebrales y piornales (formaciones dominadas por *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica*, *Cytisus balansae* subsp. *nevadensis* y *Genista versicolos*) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica.

#### 1.4. Material y métodos.

---

1.4.8.12. 5210: Bosquetes o altos matorrales infra – termomediterráneos de lugares áridos de *Ziziphus lotus*, *Periploca angustifolia* y *Maytenus europaeus*.

a) (OsMe) Oleo sylvestris – Maytenetum europaei [229].

Artal mediterráneo desértico oceánico y mediterráneo xérico oceánico, termomediterráneo, árido – semiárido, semihiperoceánico.

Se distribuye por las zonas costeras, próximas al mar, de los distritos serrano Almijarense, Alpujarreño y puntualmente Hoyano malagueño **Figura 40**.

Las especies características de esta asociación son: *Olea europaea* var. *sylvestris* (Mill.) Lehr, *Phlomis purpurea* subsp. *almeriensis* (Pau) Losa & Rivas Goday, *Maytenus senegalensis* (Lam.) Exell, *Rhamnus oleoides* var. *angustifolia* Lange ex Willk. in Willk. & Lange

b) (MePa) *Mayteno europaei* – *Periplocetum angustifoliae* [197]

Cornical mediterráneo desértico oceánico y mediterráneo xérico oceánico, termomediterráneo, árido – semiárido, semihiperoceánico.

Se distribuye por las zonas costeras, próximas al mar, del Distrito Charidemo

**Figura 40.**

Las especies características son: *Maytenus senegalensis* (Lam.) Exell, *Periploca angustifolia* Labill., *Asparagus horridus* L. in Murray y *Chamaerops humilis* L

#### 1.4. Material y métodos.

---

c) (ZiLo) *Ziziphetum loti* [230].

Artal mediterráneo desértico oceánico y mediterráneo xérico oceánico, termomediterráneo, árido – semiárido, semihiperoceánico.

Se distribuye por las zonas costeras, aunque irradia hacia zonas más internas del Sector Almeriense **Figura 40**.

Las especies que caracterizan y diferencia a esta asociación son: *Ziziphus lotus* (L.) Lam., *Salsola oppositifolia* Desf., *Launaea lanifera* Pau y *Asparagus albus* L.

Se reconocen tres variantes [15]:

g.1.) Faciación típica alquianense dunar de *Salsola oppositifolia*.

g.2.) Faciación almeriense oriental calcícola de *Rhamnus angustifolius*.

g.3.) Faciación tabernense margosa de *Euzomodendron bourgeanum*.

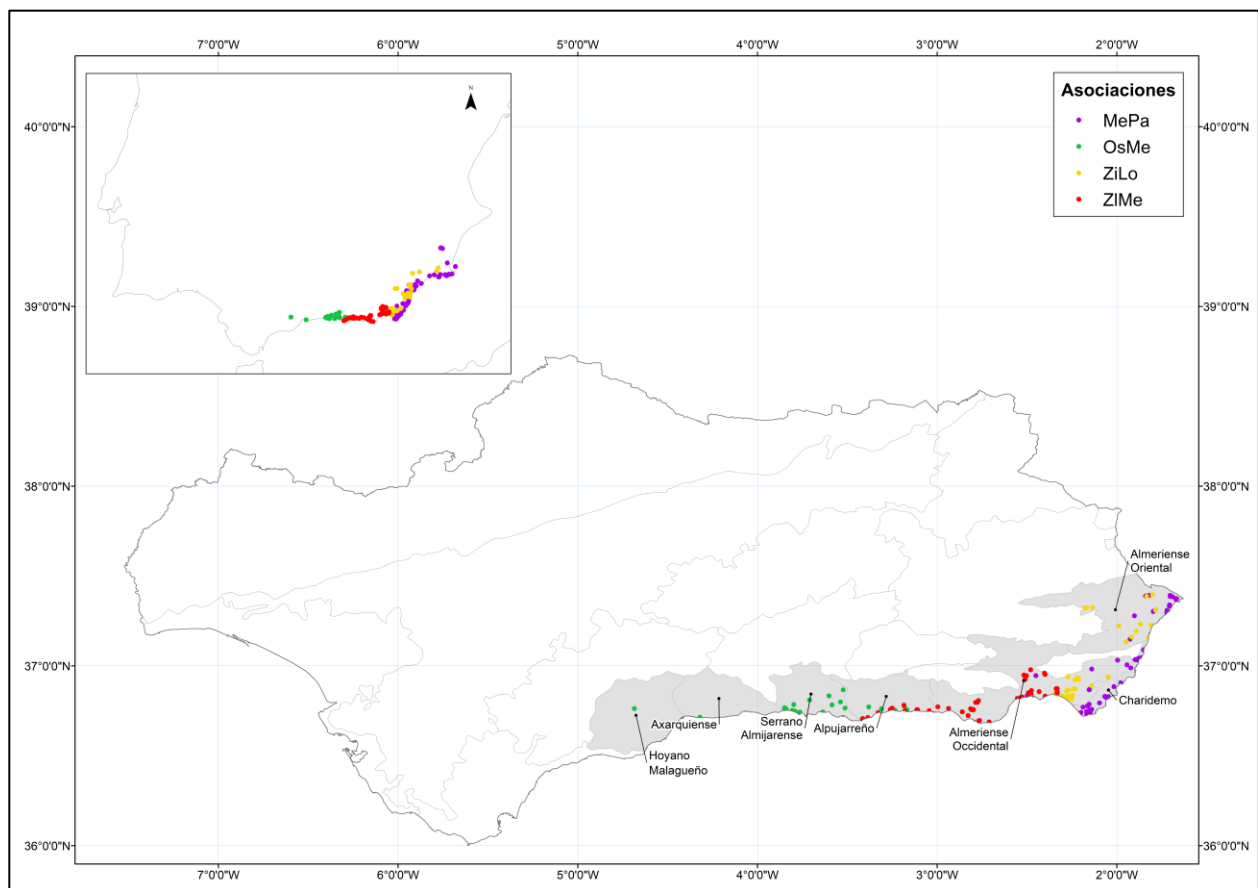


d) (ZlMe) *Zizipho loti* – *Maytenetum europaei* [231].

Artal mediterráneo desértico oceánico y mediterráneo xérico oceánico, termomediterráneo, árido – semiárido, semihiperoceánico.

Se distribuye por las zonas costeras, aunque irradia hacia zonas más internas del Sector Almeriense **Figura 40**.

Las especies características son: *Maytenus senegalensis* (Lam.) Exell, *Ziziphus lotus* (L.) Lam., *Rhamnus oleoides* var. *angustifolia* Lange ex Willk. in Willk. & Lange, y *Withania frutescens* (L.) Pauquy.



**Figura 40:** Área de distribución de los artales y cornicales (formaciones dominadas por *Ziziphus lotus*, *Maytenus europaeus* y *Periploca laevigata* subsp. *angustifolia*) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica.

## 1.4. Material y métodos.

---

### 1.4.8.13. 5333: Altos matorrales o garrigas de carácter climatófilo de lugares semiáridos – áridos de *Chamaerops humilis*.

a) (ChRl) *Chamaerops humilis* – *Rhamnetum lycioidis* [232].

Palmital mediterráneo xérico oceánico, termomediterráneo, semiárido, euoceánico.

Se distribuye por el Sector Almeriense, y en los distritos Alpujarreño y Serrano Almijareense **Figura 41**.

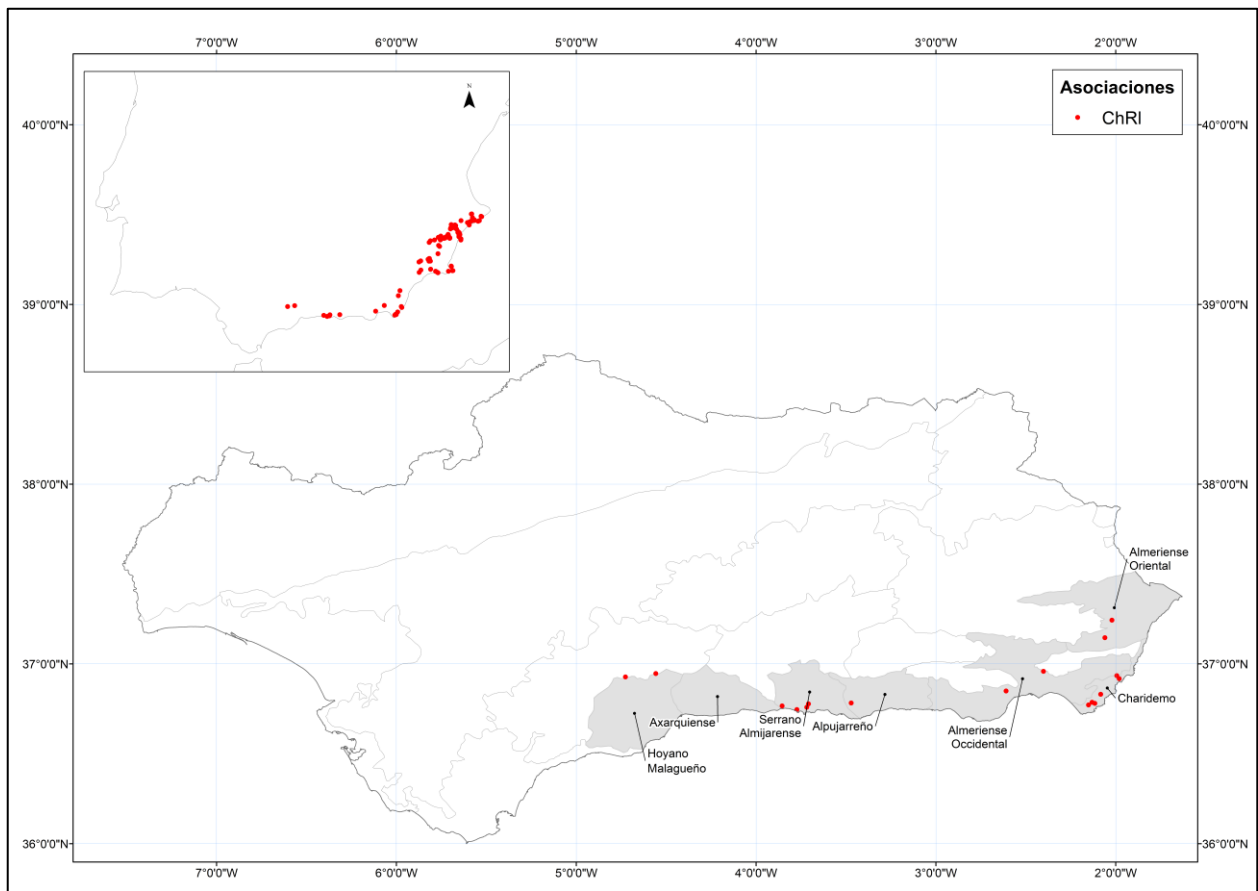
Las especies características en el territorio son: *Chamaerops humilis* L, *Pinus halepensis* Mill., *Phlomis purpurea* subsp. *almeriensis* (Pau) Losa & Rivas Goday, *Rhamnus oleoides* var. *angustifolia* y *Thymus hyemalis* Lange

Se reconocen tres variantes [15]:

a.1.) Faciación típica murciana de *Rhamnus angustifolius*.

a.2.) Faciación almeriense occidental de *Phlomis almeriensis*.

a.3.) Faciación almeriense oriental gipsícola de *Santolina viscosa*.



**Figura 41:** Área de distribución de los palmitares (formaciones dominadas por *Chamaerops humilis*) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica.

#### 1.4. Material y métodos.

---

##### 1.4.8.14. 6160: Formaciones pascícolas de gramíneas duras del género *Festuca* crioromediterráneas, de carácter climatófilo.

a) (EfFc) *Erigeronto frigidii* – *Festucetum clementei* [228].

Pastizal mediterráneo pluviestacional continental, crioromediterráneo, subhúmedo – húmedo, subcontinental.

Se distribuye exclusivamente en el distrito Alto Nevadense, sobre litosoles de naturaleza silíceas, micaesquistos y feldespatos **Figura 42**.

Las especies características de estos pastizales son: *Erigeron frigidus* Boiss. ex DC., *Erigeron major* (Boiss.) Vierh., *Festuca clementei* Boiss., *Linaria glacialis* Boiss., *Artemisia granatensis* Boiss. y *Ranunculus angustifolius* DC. subsp. *alismoides* (Bory) Malag.

Se reconocen las siguientes variantes [183]:

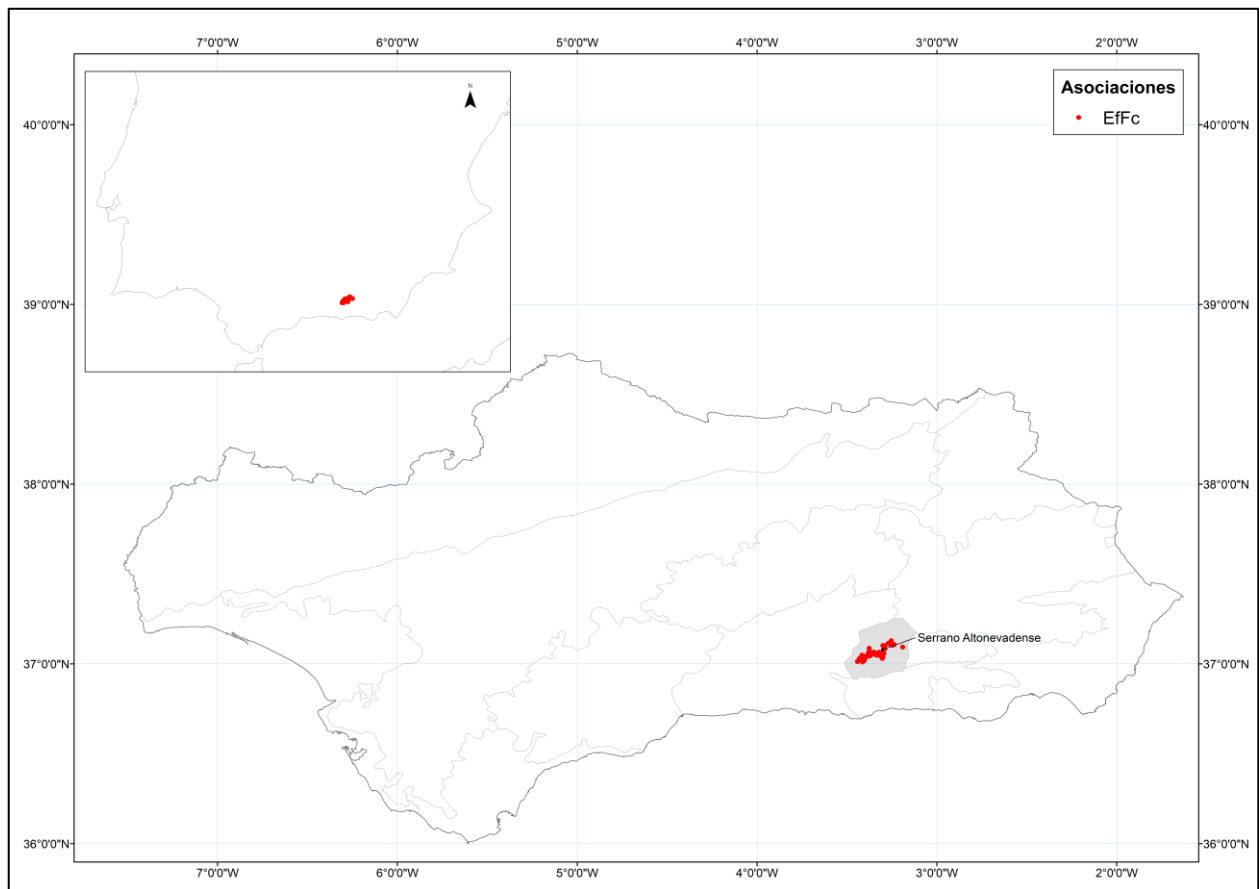
a.1.) Variante de *Arenaria pungens*

a.2.) Variante de *Hornatophylla spinosa*

a.3.) Variante de *Sideritis glacialis*

a.4.) Variante de *Vaccinium uliginosum*

a.5.) Variante Típica



**Figura 42:** Área de distribución de los pastizales psicroxerófilos (formaciones dominadas por *Festuca clementei*) en Andalucía, y el área de distribución en la península ibérica.



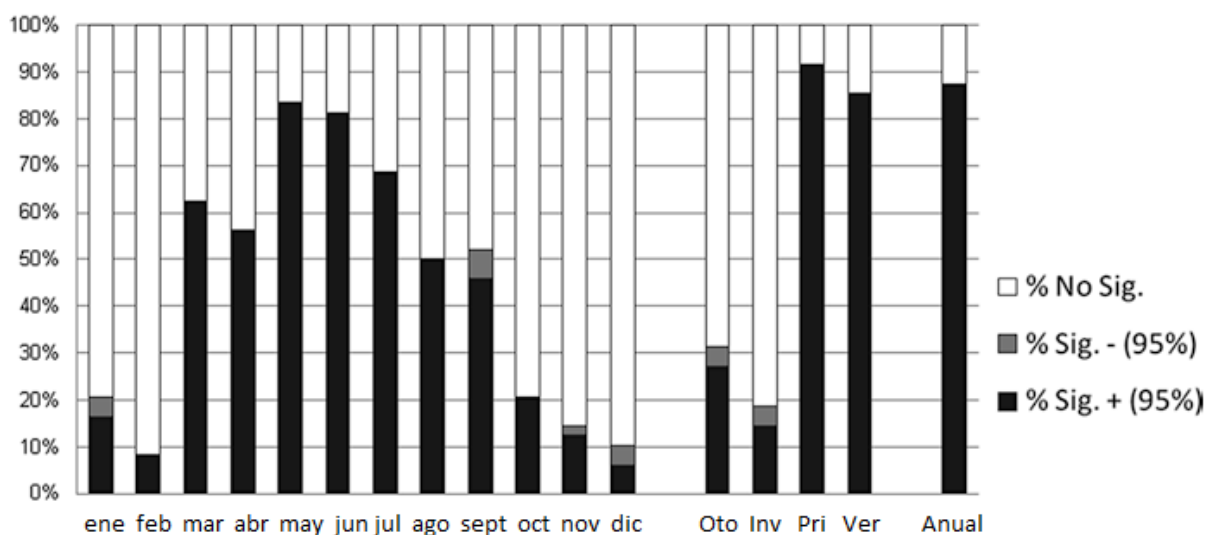
## 1.5. Resultados y discusión.

### 1.5. Resultados y discusión.

#### 1.5.1. Temperaturas y precipitaciones.

Tras el análisis de las tendencias de los datos climáticos durante los últimos 40 años (1980 – 2019), a grandes rasgos se pueden apreciar en algunas áreas cambios sustanciales tanto en temperaturas como en precipitaciones. En un análisis de las temperaturas y precipitaciones a escala mensual, se puede observar como las tendencias que han experimentados tanto precipitaciones como temperaturas no han sido homogéneas, si no que los meses, agrupados por estaciones, se han comportado de manera diferente.

Como se puede observar en la **Figura 43** [233], los meses de marzo a septiembre, son los que presentan una tendencia positiva de las temperaturas de manera más significativa, esto se corresponde con los meses de primavera y verano. Por el



**Figura 43:** Porcentaje de estaciones que muestran una tendencia positiva estadísticamente significativa al 95% de confianza (Sig. +), negativa (Sig. -) o no presentan una tendencia significativa (No Sig.)

## **1.5. Resultados y discusión.**

---

contrario, los meses de invierno y otoño, sus tendencias no son tan significativas, encontrándose en algunos casos, estaciones que han mostrado una tendencia negativa en sus temperaturas máximas de manera significativa.

Esto se refleja también cuando se analizan las estaciones meteorológicas a nivel estacional, donde se aprecia que la tendencia en primavera (marzo, abril y mayo) y verano (junio, julio y agosto) de las temperaturas ha sido bastante predominante en la mayoría de las estaciones, donde el porcentaje de estaciones con tendencia positiva es muy elevado llegando al 100% en primavera y 92% en verano, mientras que la proporción de estaciones significativas es del 92% y del 85% respectivamente (con un nivel de confianza del 95%) [233].

En este segundo grupo que engloba al otoño (septiembre, octubre y noviembre) e invierno (diciembre, enero y febrero) el porcentaje de estaciones con una tendencia positiva fue más moderada del 50% para el otoño y el 44% para el invierno respectivamente junto con un marcado descenso de las estaciones con significación estadística en torno al 27% y el 15%.

Sin embargo, aunque en invierno predominan las estaciones con tendencia negativa y se distribuyen homogéneamente en otoño, estadísticamente, y considerando el total de estaciones significativas, hay más estaciones meteorológicas con tendencias significativas positiva en otoño e invierno que con tendencia negativa, con resultados del 87% frente al 13% (invierno) y del 78% frente al 22% (verano). Mensualmente, a partir del invierno, diciembre presenta el mayor porcentaje (86%)



de estaciones con un nivel de significación inferior al 95% y el menor porcentaje de estaciones significativas con tendencia positiva (6%), en comparación con el resto de meses de la misma estación y con los 12 meses del año.

A nivel anual, se puede observar que el 96% de las estaciones, mostraron una tendencia positiva significativa **Figura 43**. Esto se refleja en las proyecciones o escenarios a 25, 50 y 100 años vista. Para el periodo 1980 – 2019, la temperatura media anual de Andalucía es de 15.93°C mientras que, en el escenario a 25 años vista, la temperatura media es de 16.3°C lo que supone un incremento de 2.32% (0.37°C). En los escenarios más alejados, la temperatura media dentro de 50 años, se prevé que sea de 16.67°C lo que supone un incremento de 4.65 %, mientras que, en el modelo proyectado de 100 años vista, la temperatura media prevista es de 17.42°C lo que equivale a un aumento de 9.35% respecto a la temperatura media del periodo 1980 – 2019.

En el **Anexo 1 – 5**, se pueden apreciar la distribución espacial de los modelos de temperaturas medias estacionales y anuales, así como sus escenarios proyectados de 25, 50 y 100 años.

De manera análoga, se han analizado las precipitaciones durante el periodo 1980 – 2019, Un análisis anual de la tendencia de las precipitaciones totales de Andalucía, muestra una distribución heterogénea de las mismas, aunque se puede hablar de descensos en la mayor parte de las zonas montañosas de Grazalema, Ronda, Cazorla,

## 1.5. Resultados y discusión.

---

Segura, Sierra Nevada y en gran parte de Sierra Morena para los escenarios a 25, 50 y 100 años **Anexo 6**.

La magnitud de descenso llega a ser del orden hasta 20 – 30 mm/década en la mitad centro – oriental del área de estudio, de manera significativa; aunque de manera puntual se detectan descensos de hasta 55 – 60 mm/década en Grazalema, pero no de manera significativa.

Un aumento de las precipitaciones se aprecia en el noreste de Andalucía, y a lo largo de toda la costa de la provincia de Huelva y Málaga, cabe destacar que estos aumentos en las precipitaciones no presentan una significación estadística relevante, si bien su extensión es considerable. Por tanto se observa una disminución generalizada de las precipitaciones coincidentes con [35, 131, 143, 234, 235] así como una reducción del número de días de precipitación, aunque se da la paradoja de que las precipitaciones extremas de esos días han aumentado en toda la costa mediterránea y en Andalucía [106, 132], acentuándose estas en los macizos montañosos más lluviosos, como son Sierra de Ronda, Aracena y Cazorla, estableciéndose además una disimetría entre el Atlántico y el Mediterráneo [131, 234, 235].

El número de estaciones que presentan, para el periodo estudiado, tendencias significativas al 95% de confianza, son muy bajas, a nivel mensual, solo julio llega a presentar un 30% de estaciones con tendencia significativa, en este caso negativa. Como se puede observar en la **Figura 44**, los meses de invierno (diciembre, enero y

febrero), presentan un porcentaje de estaciones significativas muy bajo, con predominio de estaciones con significación negativa, con menos del 8% de las estaciones muestran tendencias significativas estadísticamente. Entre los meses de primavera, destaca marzo, que presenta un importante porcentaje de estaciones con tendencia significativa positiva (27%), estas estaciones se distribuyen por el tercio occidental y zonas más atlánticas en su mayoría, sin embargo, el resto de los meses de primavera, las tendencias negativas son predominantes.

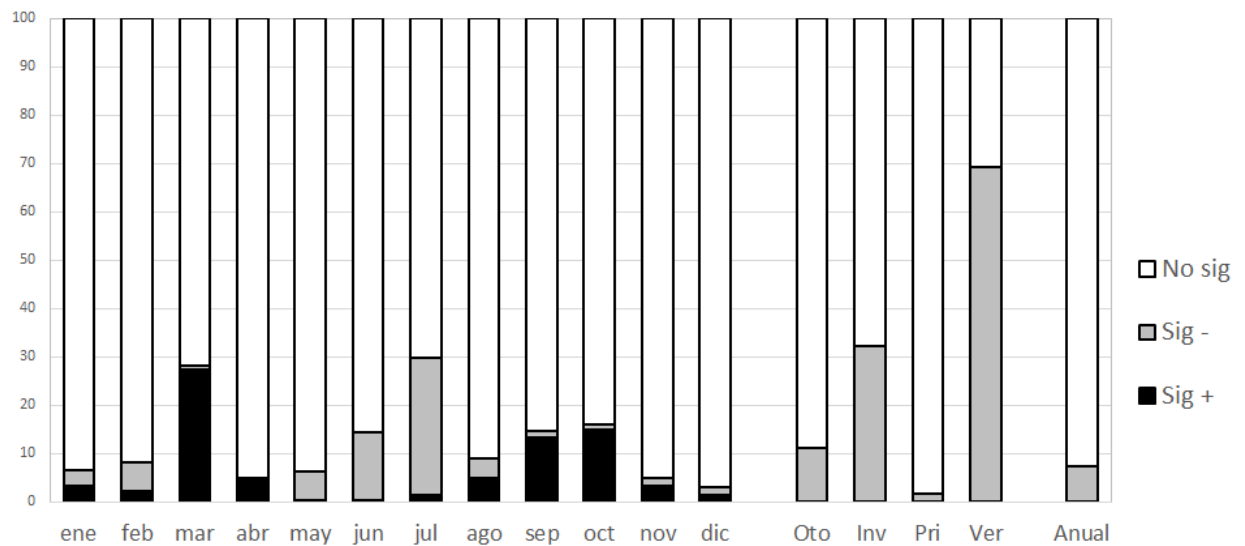
Los meses de verano, destacan por la tendencia general de descenso de las precipitaciones. Solo se encuentran tendencias positivas, en los meses de julio y agosto, en estaciones cercanas a la costa mediterránea. Esto se debe en gran medida al aumento de las precipitaciones extremas o de tipo torrencial, las cuales son cada vez más comunes [105, 106]. Los meses de otoño, muestran un notable número de estaciones con tendencia positiva en las precipitaciones, aunque predominan las tendencias negativas. Estas estaciones significativas, también se localizan por el tercio más occidental, de clara influencia atlántica.

A nivel estacional, destaca el verano, cuando se analizan las precipitaciones para cada estación en su conjunto, se puede apreciar como el 69% de las estaciones, presentan para el verano, una tendencia significativa y negativa. Seguidamente, el invierno, con un 32% de estaciones significativas, muestran una tendencia de las precipitaciones negativa.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

En el **Anexo 6**; se puede apreciar la distribución espacial de las precipitaciones medias anuales y estacionales y sus proyecciones en los escenarios de 25, 50 y 100 años.



**Figura 44** Porcentaje de estaciones de precipitación que muestran una tendencia positiva estadísticamente significativa al 95% de confianza (Sig. +), negativa (Sig. -) o no presentan una tendencia significativa (No Sig.).

## 1.5. Resultados y discusión.

---

### 1.5.2. Parámetros bioclimáticos.

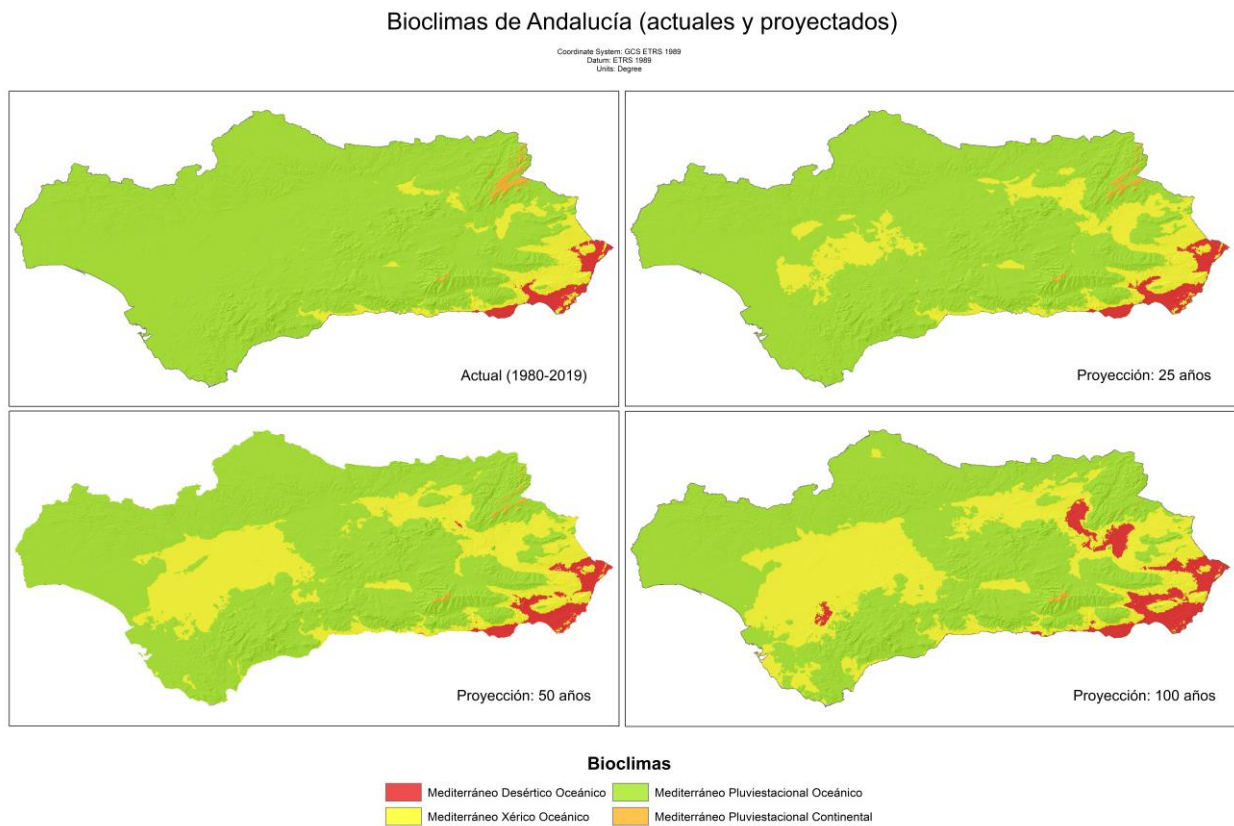
Al analizar las tendencias que han ocurrido en las diferentes variables bioclimáticas estudiadas, las cuales definen tanto los bioclimas, como los pisos bioclimáticos y ombroclimáticos, se prevén cambios, en algunos lugares bastantes importantes, que haría que los diferentes hábitats se modificasen, no de manera abrupta, si no que al desaparecer las condiciones óptimas de los diferentes hábitats, estos, sufrirán cambios en la composición florística, mediante introgresiones o desapariciones de diversos taxones, alejándose o pareciéndose cada vez más a otras comunidades vegetales, mejor adaptadas a las nuevas condiciones bioclimáticas que se irían instaurando con el tiempo [69].

#### a) Cambios en los bioclimas de Andalucía.

El análisis de los diferentes bioclimas mediterráneos identificados en Andalucía, muestran cómo, en los diferentes escenarios proyectados a futuro, de 25, 50 y 100 años, se percibe un desplazamiento y ocupación del territorio de manera más o menos importante **Figura 45**.

El bioclima predominante es el Mediterráneo Pluviestacional Oceánico (MePO), que representa el 90% del territorio, si bien, en las diferentes proyecciones, este bioclima, empieza a ser desplazado por el Mediterráneo Xérico Oceánico (MeXO), siendo el valle del Guadalquivir, las zonas donde las tendencias negativas en las precipitaciones y positivas en las temperaturas, hacen que, con mayor rapidez, aparezca el bioclima MeXO, ya en las proyecciones a 25 años, se puede apreciar un

## 1.5. Resultados y discusión.



**Figura 45:** Distribución espacial de los bioclimas presentes en Andalucía, presentes y proyectados.

retroceso del MePO pasando a ocupar el 83,11% en 25 años, 73.25% en 50 años, o el 64.33% del territorio en 100 años **Tabla 12.**

Los bioclimas que se prevén que aumenten su extensión son por tanto el MeXO y el Mediterráneo Desértico Oceánico (MeDO), el primero, aumentará su área desde los territorios de la provincia Murciano – Almeriense, así como los distritos Hoyano Bastitano, Vegano Granadino, y la zona oriental, limítrofe de con el Hoyano Bastitano del distrito Alto Campiñés, aunque irradiando hacia prácticamente todo el Sector Hispalense **Figura 45.**

El bioclima MeDO, sigue un patrón espacial similar, su distribución actual, se restringe a las zonas surorientales de Andalucía, del Sector Almeriense, pasando a ocupar más del 5% del territorio en los modelos a 100 años **Tabla 12**.

Por último, el bioclima menos representado, es el Mediterráneo Pluviestacional Continental (MePC), el cual ocupa un 0.71% del área total, restringido a las altas cumbres de Sierra Morena y las cumbres y páramos de las zonas de Cazorla y Segura en las zonas más nororientales **Figura 45**. Los modelos arrojan un descenso en la extensión de este bioclima, sobre todo en las zonas de Cazorla y Segura, mientras que se mantiene o aumenta de manera importante en las cumbres de Sierra Nevada.

**Tabla 12:** Ocupación y diferencias de ocupación de los bioclimas de Andalucía en los diferentes escenarios proyectados.

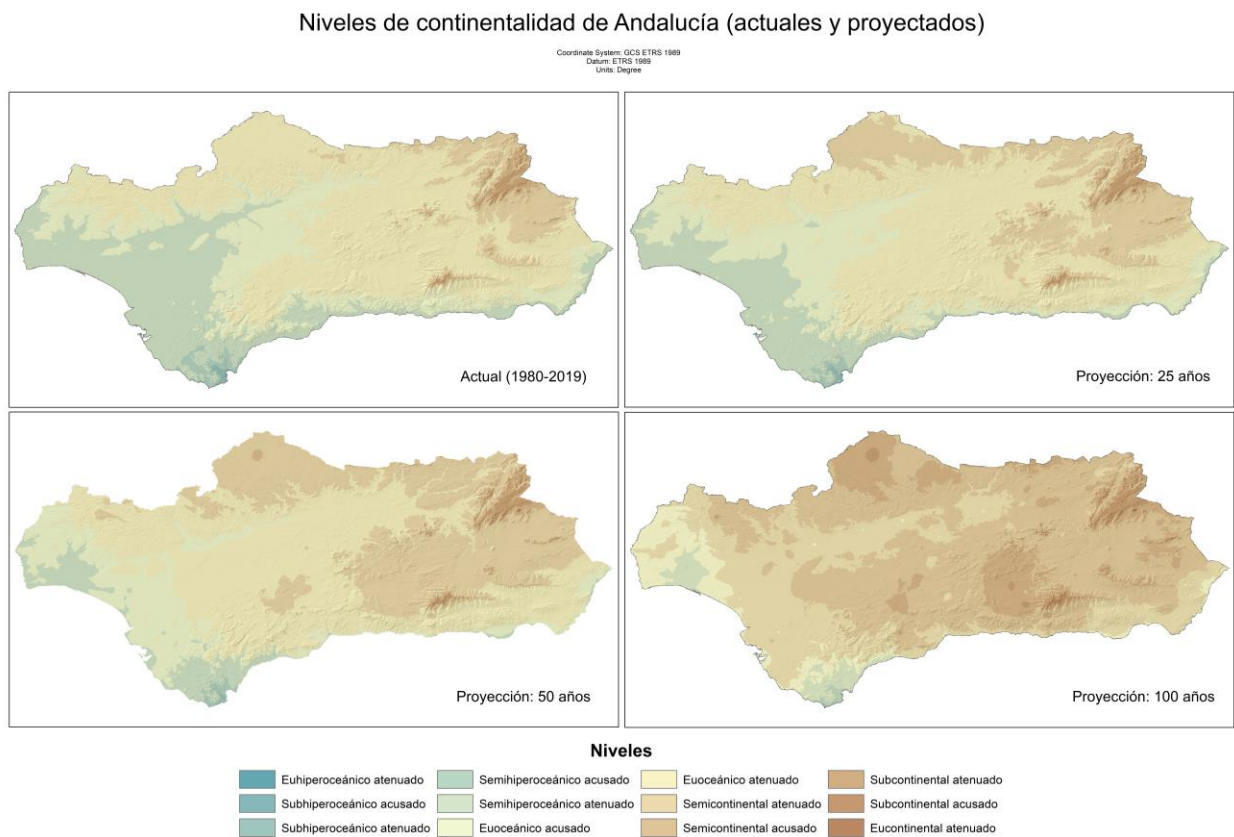
Bioclimas	Actual		Proy. 25 años			Proy. 50 años			Proy. 100 años		
	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Diferencia (%)	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Diferencia (%)	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Diferencia (%)
Mediterráneo Desértico Oceánico	1614,82	1,843	1943,64	2,219	+20,36	2420,4	2,763	+49,89	4420,11	5,046	+173,72
Mediterráneo Xérico Oceánico	5722,17	6,53	12454,23	14,22	+117,65	20778,47	23,72	+263,12	26709,42	30,49	+366,77
Mediterráneo Pluviestacional Oceánico	79636,77	90,91	72799,66	83,11	- 8,59	64167,41	73,25	- 19,42	56349,95	64,33	- 29,24
Mediterráneo Pluviestacional Continental	625,24	0,71	401,47	0,46	- 35,79	232,72	0,27	- 62,78	119,52	0,14	- 80,88

b) Cambios en los niveles de Continentalidad.

Como tendencia general, los modelos proyectados arrojan una tendencia hacia la continentalización del clima, siendo esta tendencia más acusada en las zonas del valle del Guadalquivir **Figura 46**. Si bien el nivel de continentalidad más extenso es el

## 1.5. Resultados y discusión.

euoceánico acusado, con una ocupación del 45.88% del territorio, el modelo a 25 años vista, proyecta un descenso del 10% de su ocupación. Por otro lado, cabe destacar la aparición del tipo subcontinental acusado y eucontinental atenuado de manera muy puntual en las cumbres de Sierra Nevada en las proyecciones de 50 y 100 años, aunque muy poco representados **Tabla 13**. El incremento en la continentalidad, como



**Figura 46:** Distribución espacial de los diferentes niveles de continentalidad de Andalucía actuales y proyectados.

se verá más adelante, tendrá consecuencias en la distribución potencial de algunos hábitats de matiz hiperocéánico como las formaciones de *Periploca angustifolia*.



El tipo de continentalidad que más se prevé que aumente su extensión es el semicontinental, que puede llegar a quintuplicar su extensión en vista 100 años.

**Tabla 13:** Ocupación y diferencias de ocupación de los bioclimas de Andalucía en los diferentes escenarios proyectados.

Niveles de Continentalidad	Actual		Proy. 25 años			Proy. 50 años			Proy. 100 años		
	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Diferencia (%)	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Diferencia (%)	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Diferencia (%)
Subhiperoceánico acu.	0	0	0	0	0	0	0	0	1,58	0,002	0
Subhiperoceánico ate.	145,36	0,17	95,14	0,11	-34,55	49,41	0,06	-66,01	19,45	0,02	-86,62
Semihiperoceánico acu.	4982,31	5,69	1947,05	2,22	-60,92	1303,12	1,49	-73,85	797,69	0,91	-83,99
Semihiperoceánico ate.	15516,12	17,71	10201	11,65	-34,26	4121,72	4,71	-73,44	1834,3	2,09	-88,18
Euoceánico acu.	40163,83	45,85	36041,25	41,14	-10,26	30472,12	34,79	-24,13	14976,38	17,1	-62,71
Euoceánico ate.	17511,29	19,99	21010,46	23,98	+19,98	21384,47	24,41	+22,12	15294,93	17,46	-12,66
Semicontinental ate.	6905,19	7,88	16303,42	18,61	+136,1	27804,91	31,74	+302,67	42285,33	48,27	+512,37
Semicontinental acu.	1754,81	2	1270,26	1,45	-27,61	1601,69	1,83	-8,73	10973,2	12,53	+525,32
Subcontinental ate.	620,08	0,71	718,84	0,82	+15,93	840,27	0,96	+35,51	1334,92	1,52	+115,28
Subcontinental acu.	0	0	11,56	0,01	0	21,29	0,02	0	80,16	0,09	0
Eucontinental ate.	0	0	0	0	0	0	0	0	1,05	0,001	0

c) Cambios en los pisos termoclimáticos.

La tendencia positiva generalizada de las temperaturas, se verá reflejada en las diferentes modelizaciones de los termoclimas presentes en Andalucía. Los modelos proyectados para los diferentes pisos termoclimáticos identificados en Andalucía, prevén drásticas reducciones en el área que ocupan los cinturones de alta montaña **Figura 47**, con especial incidencia en los pisos Crioromediterráneo, presente solamente en Sierra Nevada (distrito Alto Nevadense), a partir de los 2800 metros de altitud. Los modelos a 25 años, proyectan una reducción del 45.5% para ese periodo, y la práctica totalidad para dentro de 100 años, con una reducción de más del 90% respecto al área actual **Tabla 14**.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

El resto de pisos, denominados de alta montaña, como el oromediterráneo también muestra acusados descensos en sus áreas de ocupación proyectados, de más de un 20% para el escenario a 25 años, reduciéndose el horizonte superior en más de un 80% en 100 años. Este fenómeno es más enfatizado en las áreas montañosas situadas más al sur, o donde la tendencia de las temperaturas ha sido positiva con mayor magnitud.

Los pisos de media montaña o alta campiña como el supramediterráneo o el mesomediterráneo, también tienen previsto reducir sus áreas de ocupación en los diferentes escenarios, aunque en menor medida, ocupando por otro lado, los lugares que antes se comportaban como oromediterráneo y supramediterráneo respectivamente. Aun así, para dentro de 100 años, se prevé que el supramediterráneo esté representado en poco más del 1% del territorio, mientras que, para el periodo actual de estudio, más del 5% del territorio se comporta como supramediterráneo.

El mesomediterráneo, por su parte, se prevé que se reduzca a la mitad dentro de unos 100 años, sobre todo en las zonas del Alto Guadalquivir, y la franja de los 500 – 1000 metros de altitud, pasando de ocupar más de la mitad del territorio actualmente, a ocupar poco más del 23% en el escenario de 100 años **Tabla 14**.

Por último, destacar el aumento de los territorios que se podrían comportar como termomediterráneos en los diferentes escenarios. El horizonte termomediterráneo inferior, se prevé que quintuple su área de ocupación en 100 años, pasando de

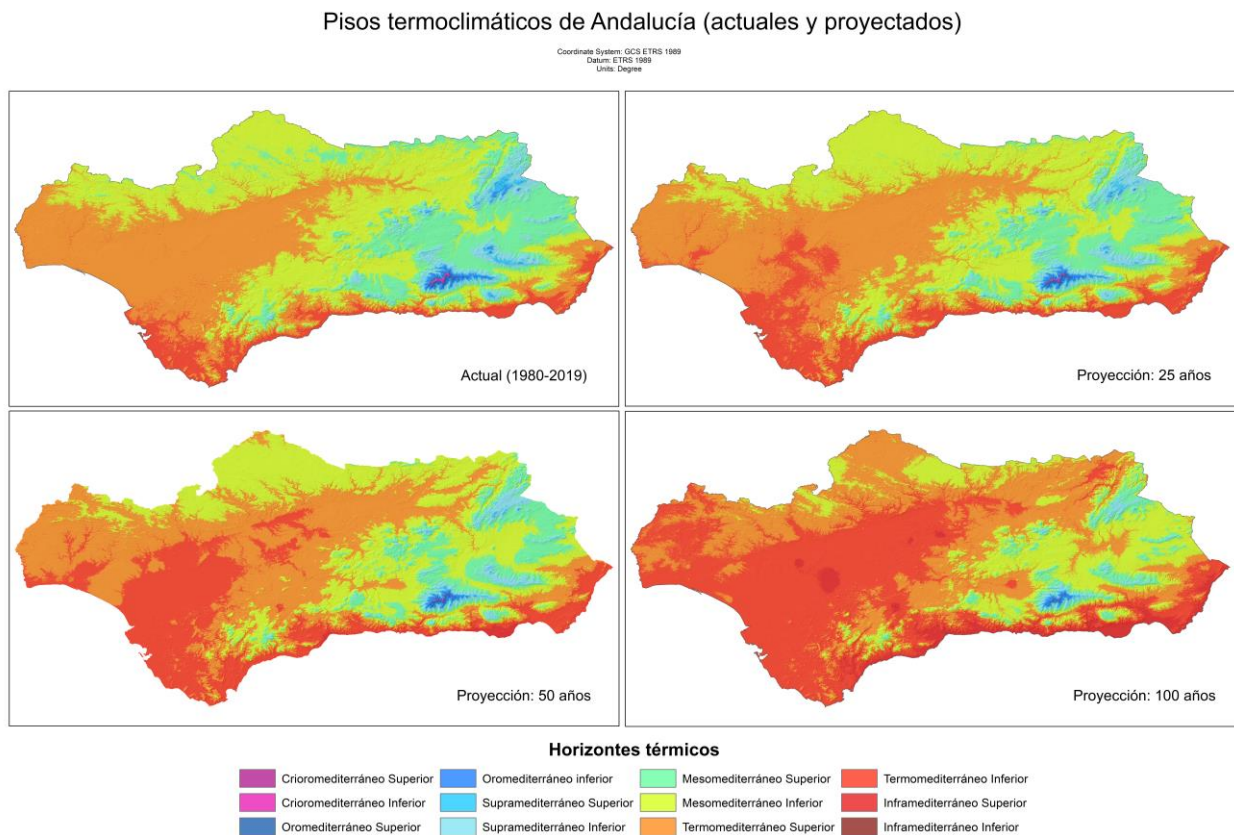
ocupar poco más del 6% del territorio, con unos 5500 Km<sup>2</sup> a ocupar casi el 38% del territorio (33257 Km<sup>2</sup>). En los diferentes escenarios, también se prevé que algunos territorios se comporten como inframediterráneos, en las zonas más surorientales de Andalucía. Si bien, en el modelo a 25 años, solo aparece en un 0.07% del territorio, circunscrito a la zona del Campo de Dalías en Almería, en el escenario a 100 años, ya llega a representar más del 4 % del territorio.

Este cambio tan sustancial de los diferentes pisos termoclimáticos, se verá reflejado en los diferentes hábitats climatófilos que ocupan esas áreas, desapareciendo, apareciendo o siendo desplazados por otros hábitats, incluso transformando sus composiciones florísticas en otros hábitats [53, 69, 236]

**Tabla 14:** Ocupación y diferencias de ocupación de los pisos termoclimáticos de Andalucía en los diferentes escenarios proyectados.

Piso termoclimático	Actual		Proy. 25 años			Proy. 50 años			Proy. 100 años		
	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Diferencia (%)	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Diferencia (%)	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Diferencia (%)
Crioromediterráneo inf.	47,23	0,05	25,74	0,029	- 45,5	12,29	0,014	- 73,98	2,92	0,003	- 93,82
Oromediterráneo sup.	134,44	0,15	102,33	0,12	- 23,88	75,62	0,09	- 43,75	26,18	0,03	- 80,53
Oromediterráneo inf.	502,9	0,57	323,71	0,37	- 35,63	234,2	0,27	- 53,43	146,2	0,17	- 70,93
Supramediterráneo sup.	775,4	0,89	435,77	0,5	- 43,8	233,41	0,27	- 69,9	113,48	0,13	- 85,36
Supramediterráneo inf.	3718,58	4,25	2898,52	3,31	- 22,05	2157,44	2,46	- 41,98	950,17	1,08	- 74,45
Mesomediterráneo sup.	14229,31	16,24	10780,91	12,31	- 24,23	8024,09	9,16	- 43,61	3733,8	4,26	- 73,76
Mesomediterráneo inf.	32519,22	37,12	29794,55	34,01	- 8,38	25847,45	29,51	- 20,52	16738,14	19,11	- 48,53
Termomediterráneo sup.	30176,84	34,45	32273,93	36,84	+6,95	31317,07	35,75	+3,78	28964,26	33,06	- 4,02
Termomediterráneo inf.	5495,09	6,27	10905,09	12,45	+98,45	19055,22	21,75	+246,77	33257,82	37,97	+505,23
Inframediterráneo sup.	0	0	58,37	0,07	0	642,2	0,73	0	3650,75	4,17	0
Inframediterráneo inf.	0	0	0	0	0	0	0	0	15,3	0,017	0

## 1.5. Resultados y discusión.



**Figura 47:** Distribución espacial de los diferentes pisos termoclimáticos de Andalucía actuales y proyectados.

### d) Cambios en los pisos ombroclimáticos.

Análogamente al estudio de los pisos termoclimáticos, la presencia generalizada de tendencias positivas en la temperatura, y tendencias negativas en las precipitaciones, hace que la modelización de los diferentes escenarios, arrojen cambios sustanciales en los diferentes pisos ombroclimáticos identificados en Andalucía. En líneas generales, se detecta un incremento de los tipos más secos, como el árido y el semiárido, con especial relevancia en el valle del Guadalquivir **Figura 48**, y en las de por sí ya zonas semiáridas y áridas actualmente. Por el contrario, la

disminución en la presencia de los ombrotipos seco, subhúmedo, húmedo e hiperhúmedo, se hace notable, aunque de manera dispar por todo el territorio.

Si bien cabría esperar una fuerte disminución de las áreas hiperhúmedas, su localización en las zonas más occidentales y de media montaña, donde los frentes atlánticos contactan en primer lugar, hace que se mantengan más o menos estables, con disminuciones aparentemente grandes (si bien el modelo a 100 años proyecta una disminución del 37.72%, el área de ocupación sigue siendo de aproximadamente unos 15 Km<sup>2</sup>). Las zonas húmedas, acorde con las tendencias negativas en las precipitaciones, si muestran descensos importantes en los modelos, disminuyendo en casi un 30% en el escenario a 25 años, un 34% en 50 años y más del 50% en 100 años

**Tabla 15.**

Los ombrotipos Subhúmedo y Seco, también muestran reducciones importantes en sus áreas, siendo las zonas subhúmedas de horizonte inferior, las que en mayor medida va a desaparecer, para pasar a ser de ombrotipo seco. El modelo a 100 años arroja una disminución del área determinada como subhúmeda del 70%, con especial relevancia en las zonas noroccidentales de Huelva, Sevilla o Córdoba **Figura 48**. Donde las formaciones climatófilas marcescentes de quejigos, se ven desplazadas en primer término por alcornocales o por encinares.

El Ombrotipo seco, que ocupa grandes extensiones en toda la zona del valle del Guadalquivir, así como en los valles y zonas basales de los pies de monte más orientales, verá reducida su área de ocupación en más del 50% en 100 años, dando

## **1.5. Resultados y discusión.**

---

paso a ombroclimas más secos como el Semiárido o el Árido. Esto tendrá grandes repercusiones en el hábitat mayoritario, los encinares, los cuales se verán desplazados, o sus composiciones florísticas cambiarán drásticamente.

Los diferentes modelos y escenarios, prevén un aumento pues, de los ombroclimas más secos, en consonancia con el previsible aumento de las temperaturas, y la disminución de las precipitaciones. Se estima pues, que el ombroclima Semiárido, aumentará en 100 años su superficie en más de un 700%, pasando de ocupar no más del 6.53% de la superficie de Andalucía a ocupar poco más del 30%, siendo la mayor parte territorio que antes ocupaba el ombroclima seco.

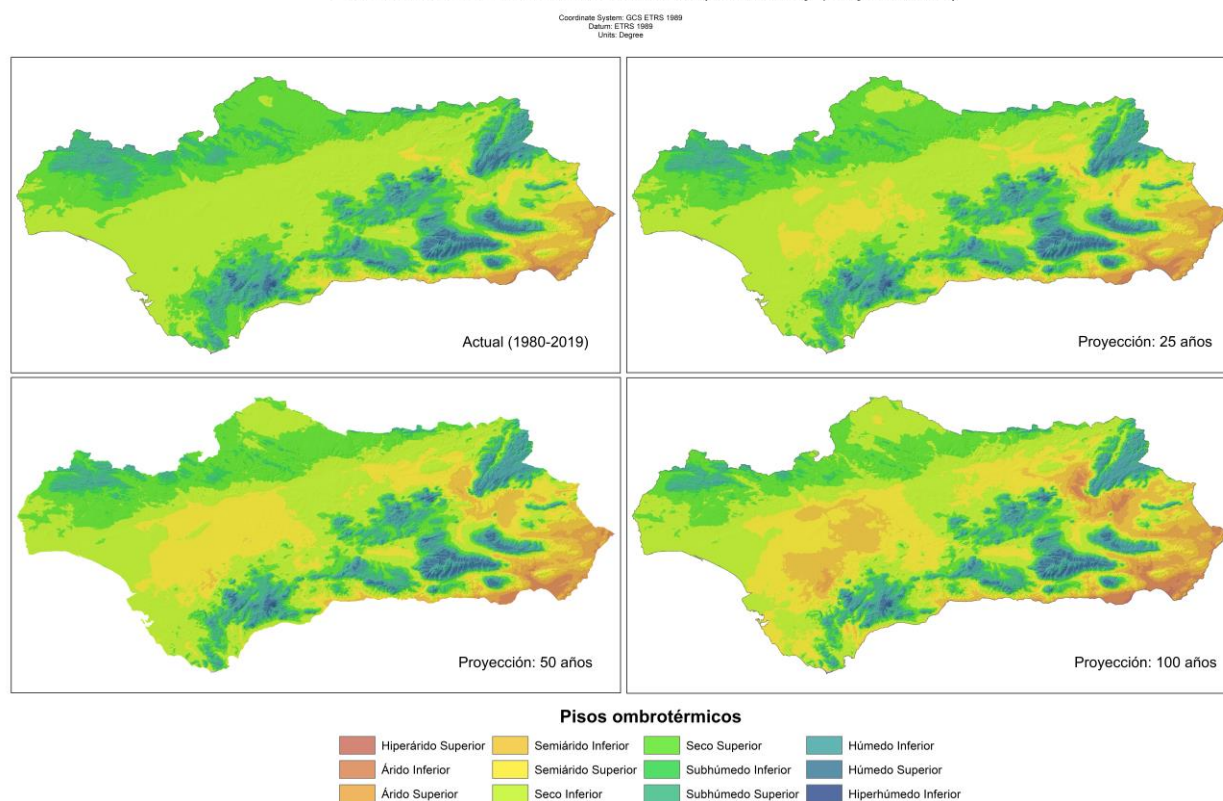
Sobre el ombroclima árido, los modelos también proyectan escenarios en los cuales, el aumento de los territorios que se comportan como áridos, es mayor. En la actualidad, este ombrotipo, no llega a 2% del territorio, mientras que ya en un escenario a 25 años, esta cifra ya supera al 2% del territorio, casi el 3% para dentro de 50 años, y un 5% para el escenario a 100 años. Esta distribución del ombrotipo Árido, no es homogénea, si no que será más acusada en los territorios más interiores del distrito Alto Campiñes y Hoyano Bastitano, mientras que, en las zonas más surorientales, este ombrotipo se mantiene más o menos estable en los primeros escenarios.

Por último, cabe reseñar, la aparición del tipo hiperárido, de manera muy puntual en el escenario a 100 años en las zonas más surorientales, de Almería.

**Tabla 15:** Ocupación y diferencias de ocupación de los pisos ombroclimáticos de Andalucía en los diferentes escenarios proyectados.

Piso ombroclimático	Actual		Proy. 25 años			Proy. 50 años			Proy. 100 años		
	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Diferencia (%)	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Diferencia (%)	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Diferencia (%)
Hiperárido superior	0	0	0	0	0	0	0	0	20,15	0,02	0
Árido inferior	224,14	0,26	128,95	0,15	- 42,47	379,5	0,43	+69,31	799,22	0,91	+256,57
Árido superior	1412,44	1,61	1821,07	2,08	+28,93	2000,04	2,28	+41,6	3558,44	4,06	+151,94
Semiárido inferior	2208,05	2,52	2537,03	2,9	+14,9	4195,66	4,79	+90,02	8928,66	10,19	+304,37
Semiárido superior	3516,62	4,01	9914,18	11,32	+181,92	16566,27	18,91	+371,09	17771,06	20,29	+405,34
Seco inferior	35078,55	40,04	33484,65	38,22	- 4,54	29595,4	33,79	- 15,63	26994,56	30,82	- 23,05
Seco superior	21901,91	25	19907,47	22,73	- 9,11	17929,79	20,47	- 18,14	15130,89	17,27	- 30,92
Subhúmedo inferior	12457,25	14,22	10001,68	11,42	- 19,71	7982,2	9,11	- 35,92	6272,76	7,16	- 49,65
Subhúmedo superior	4131,25	4,72	3641,25	4,16	- 11,86	3223,3	3,68	- 21,98	2847,69	3,25	- 31,07
Húmedo inferior	4480,48	5,11	4290,75	4,9	- 4,23	4140,68	4,73	- 7,58	3984,34	4,55	- 11,07
Húmedo superior	2164,31	2,47	1854,3	2,12	- 14,32	1569,71	1,79	- 27,47	1276,29	1,46	- 41,03
Hiperhúmedo inferior	23,99	0,03	17,68	0,02	- 26,3	16,44	0,02	- 31,47	14,94	0,02	- 37,72

Pisos ombrotérmicos de Andalucía (actuales y proyectados)



**Figura 48:** Distribución espacial de los diferentes pisos ombroclimáticos de Andalucía actuales y proyectados.





## **1.5. Resultados y discusión.**

---

### **1.5.3. Cambio en los hábitats.**

A continuación, se analiza, en base a los modelos proyectados, las variaciones y cambios en la distribución y composición florísticas de cada uno de los hábitats climatófilos presentes en Andalucía.



## 1.5. Resultados y discusión.

---

### 1.5.3.1. 9230: Bosques de *Quercus robur* y *Quercus pyrenaica*.

En Andalucía, este hábitat, representa a los bosques caducifolios dominados por *Quercus pyrenaica* (melojares). Acompañados, en aquellos territorios bien conservados de especies vegetales propias de ambientes templados, y también caducifolias como diversas especies de *Sorbus* sp. *Acer* sp., otras frondosas como *Ilex aquifolium*, *Arbutus unedo*, *Taxus baccata*, o diversas especies de *Viburnum* sp. además de un cortejo de especies nemorales como los géneros *Primula*, *Paeonia*, *Luzula*... A grandes rasgos, los melojares, en Andalucía se distribuyen en territorios donde el Io promedio es de 5.78 (Subhúmedo superior). Un resumen de la caracterización ecológica de los melojares se puede observar en la **Tabla 16**.

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 16:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Quercus pyrenaica* presentes en Andalucía. AvQp = *Arisaro vulgare* – *Quercetum pyrenaicae*, AdQp = *Adenocarpus decorticans* – *Quercetum pyrenaicae*, AuQp = *Arbutus unedo* – *Quercetum pyrenaicae*, BhQp = *Berberis hispanica* – *Quercetum pyrenaicae*, LbQp = *Luzula baetica* – *Quercetum pyrenaicae* y StQp = *Sorbus torminalis* – *Quercetum pyrenaicae*.

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)					
	AvQp	AdQp	AuQp	BhQp	LbQp	StQp
Rel C/N	13,28	13,023	12,872	13,058	13,935	12,476
	±0,455	±0,126	±0,256	±0,353	±0,622	±0,218
Fósforo (mg/Kg)	14,402	18,581	18,038	17,85	9,883	21,526
	±2,42	±1,355	±1,843	±2,116	±3,051	±1,781
CaCO <sub>3</sub> (g/Kg)	41,458	83,919	42,524	191,331	74,387	49,224
	±21,621	±17,913	±5,501	±20,383	±13,278	±8,553
Potasio (mg/Kg)	233,172	208,789	281,708	216,12	257,093	228,23
	±17,922	±5,781	±13,445	±19,326	±32,825	±15,719
pH	5,941	6,538	6,28	6,919	6,22	6,404
	±0,135	±0,079	±0,074	±0,064	±0,15	±0,041
Nitrógeno (g/Kg)	1,815	2,248	1,811	2,018	2,114	1,637
	±0,127	±0,225	±0,117	±0,261	±0,131	±0,102
CIC (cmol/Kg)	10,721	17,986	11,755	21,607	16,509	14,269
	±1,282	±0,689	±0,425	±0,918	±0,837	±0,46
Fragmentos gruesos	26,466	30,514	26,138	29,416	26,253	26,38
	±1,617	±0,772	±0,888	±0,923	±1,877	±0,962
Arcilla	15,263	22,172	18,795	20,983	21,786	19,994
	±1,01	±0,544	±0,779	±1,576	±1,465	±0,876
Limo	34,387	38,693	35,738	36,808	29,04	33,496
	±1,085	±0,61	±0,801	±0,668	±2,641	±0,873
Arena	50,351	39,135	45,467	42,209	49,174	46,51
	±1,637	±1,02	±1,293	±2,062	±3,58	±1,311
PEs	131,575	103,509	122,499	115,271	115,237	108,923
	±2,313	±2,074	±1,843	±1,731	±2,312	±2,342
PE	807,635	607,413	726,713	664,465	699,46	674,06
	±18,667	±15,593	±7,764	±8,389	±12,736	±10,287
Iar	0,812	0,716	0,903	0,76	0,503	0,81
	±0,037	±0,036	±0,027	±0,051	±0,029	±0,028
IH	25,568	44,882	12,727	32,912	98,718	24,287
	±6,451	±7,189	±3,679	±8,882	±10,242	±4,47
Ioe	1,25	1,444	1,122	1,326	1,981	1,239
	±0,065	±0,072	±0,037	±0,089	±0,103	±0,045
Ios1	0,42	0,209	0,351	0,576	0,187	0,56
	±0,052	±0,029	±0,049	±0,088	±0,048	±0,086
Ios2	0,463	0,258	0,389	0,569	0,272	0,633
	±0,046	±0,023	±0,037	±0,081	±0,019	±0,094
Ios3	0,72	0,416	0,652	0,729	0,479	0,926
	±0,047	±0,038	±0,031	±0,122	±0,045	±0,096
Ios4	1,279	1,648	1,426	2,036	1,378	2,01
	±0,05	±0,127	±0,052	±0,229	±0,056	±0,14
Ic	16,87	16,752	17,764	17,468	17,277	17,295
	±0,447	±0,252	±0,206	±0,1	±0,072	±0,324
Io	5,185	7,093	4,802	5,94	8,468	5,448

**Capítulo 1. Memoria.**

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)					
	AvQp	AdQp	AuQp	BhQp	LbQp	StQp
	±0,275	±0,496	±0,163	±0,411	±0,451	±0,25
Tp	1957,455	1275,408	1707,623	1487,592	1642,123	1545,049
	±53,463	±62,832	±23,509	±33,05	±44,366	±38,245
Ite	317,467	151,265	263,819	214,082	246,117	225,78
	±10,381	±23,688	±5,817	±6,987	±14,461	±8,019
SHANNON TOTAL	4,124	2,981	3,887	4,55	3,175	4,027
	±0,182	±0,17	±0,221	±0,117	±0,324	±0,339
SHANNON CARACTERÍSTICAS	0,829	0,64	0,868	1,558	0,583	1,468
	±0,084	±0,053	±0,074	±0,232	±0,089	±0,168
QUERCO – FAGETEA	0,829	0,64	0,868	1,558	0,583	1,468
	±0,084	±0,053	±0,074	±0,232	±0,089	±0,168
QUERCETEA ILICIS	1,018	0,265	1,265	0,403	0,893	0,627
	±0,179	±0,049	±0,104	±0,119	±0,274	±0,137
JUNIPERO – PINETEA	0	0,022	0	0,135	0	0,006
	±0	±0,02	±0	±0,071	±0	±0,007
FESTUCETEA INDIGESTAE	0,003	0,01	0,002	0,012	0	0
	±0,005	±0,012	±0,004	±0,018	±0	±0
DIV. CARAC. /DIV TOTAL	0,202	0,223	0,23	0,343	0,191	0,367
	±0,018	±0,018	±0,019	±0,049	±0,034	±0,033
Nº de TAXONES	24,478	11,814	23,86	29,167	14,4	30,022
	±2,346	±1,454	±2,717	±3,313	±3,18	±6,764

## 1.5. Resultados y discusión.

---

- a) (AvQp) *Arisaro vulgare* – *Quercetum pyrenaicae* C. Pinto – Gomes, R. Paiva – Ferreira, C. Aguiar, M. Lousã, J. C. Costa, M. Ladero & S. Rivas – Martínez [185].

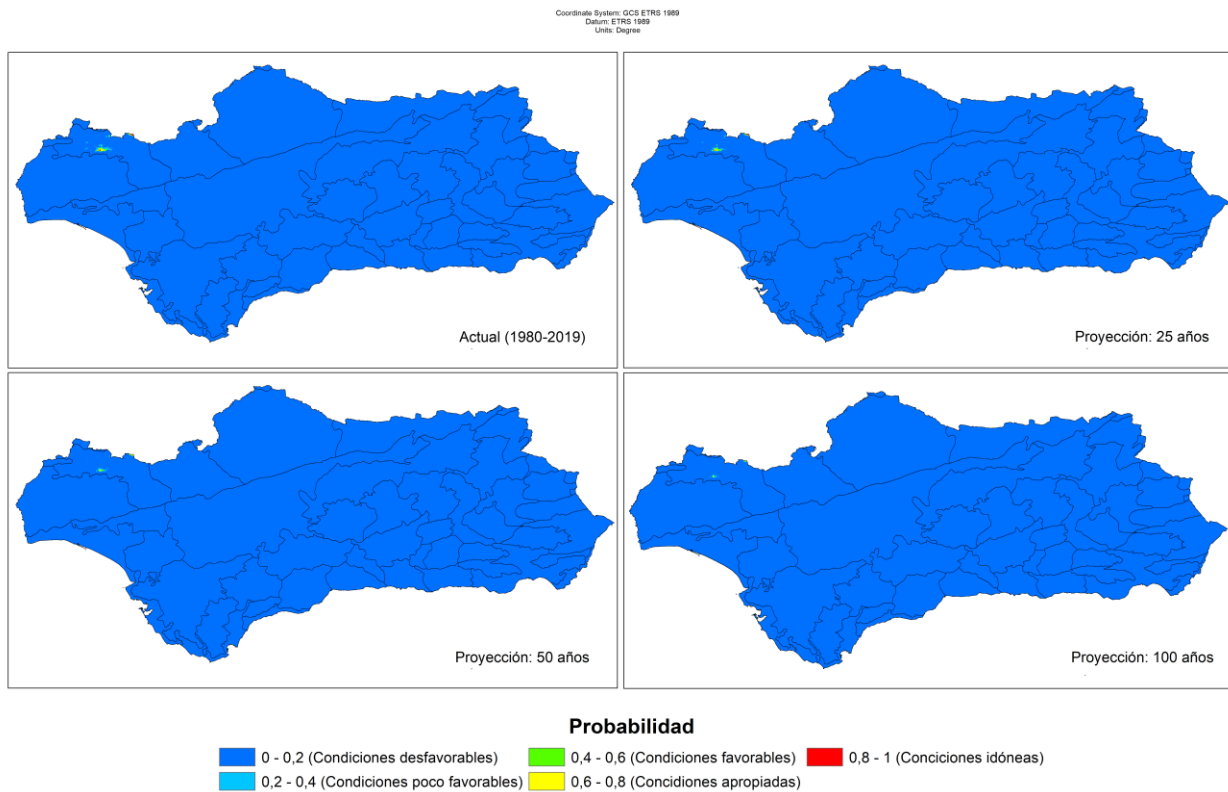
Los modelos proyectados mediante MaxEnt, de la idoneidad o probabilidad de que confluyan en una determinada área, las condiciones bioclimáticas propicias para este hábitat, arrojan cambios importantes en la distribución futura de estos melojares **Figura 49**, que ya de por sí, alcanza a Andalucía de manera finícola.

En términos generales se espera una reducción importante de las condiciones bioclimáticas óptimas o idóneas para que estos melojares puedan continuar manteniendo su composición florística característica más o menos parecida a la composición florística actual. A priori, en la actualidad, la extensión territorial que presentan una probabilidad favorable ( $> 0.4$ ) de que existan las condiciones bioclimáticas adecuadas para el establecimiento de estos melojares es de unos 32,3 **Tabla 17** Km<sup>2</sup> (0.04% del territorio andaluz) restringidos al distrito Serrano Aracenense.

Sin embargo, los modelos a 25 años, ya proyectan un área propicia de 23.9 Km<sup>2</sup>, lo que supone una reducción de un 26% en 25 años. El modelo a 100 años vista, plantea la práctica desaparición de estos melojares, reduciendo su área favorable a poco más de 6 Km<sup>2</sup>

En comparación con el modelo de distribución por especies características de las comunidades estudiadas, es probable que estas formaciones se sustituyan por

9230 *Arisaro vulgare-Quercetum pyrenaicae*



**Figura 49:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de *Arisaro vulgare-Quercetum pyrenaicae*.

alcornocales próximos a *Lavandulo viridi* – *Quercetum suberis*, encinares de *Myrto communis* – *Quercetum rotundifoliae*, u otros alcornocales o encinares con combinaciones florísticas diferentes.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

- b) (AdQp) *Adenocarpus decorticans* – *Quercetum pyrenaicae* Martínez – Parras & Molero [181].

El modelo de distribución actual y futura de estos melojares de distribución bética nevadense, aprecian cambios en la distribución, las tendencias en los diferentes parámetros bioclimáticos estudiados reflejan la pérdida de las condiciones apropiadas en las zonas más bajas de su distribución actual en el macizo de Sierra Nevada, desplazándose hacia cotas más altas en aquellos lugares donde las condiciones edáficas sean las adecuadas (suelos ácidos, Ranker o luvisoles profundos) **Figura 50**.

Si bien, el área con condiciones bioclimáticas y edáficas adecuadas para el desarrollo de estos melojares, es en la actualidad de unos 469.75 Km<sup>2</sup>, las proyecciones a 25, 50 y 100 años arrojan una pérdida de superficie aproximadamente de un 14%, 27% y 20% respectivamente. Este menor descenso en el modelo a 100 años, es resultado de, que como se aprecia en la **Tabla 17**, un incremento en las condiciones favorables en las zonas más altas de los Filabres y Sierra Nevada para la proyección a 100 años.

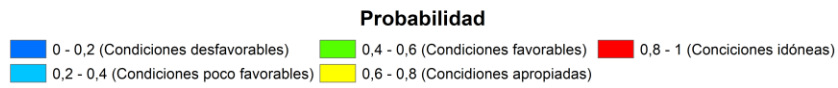
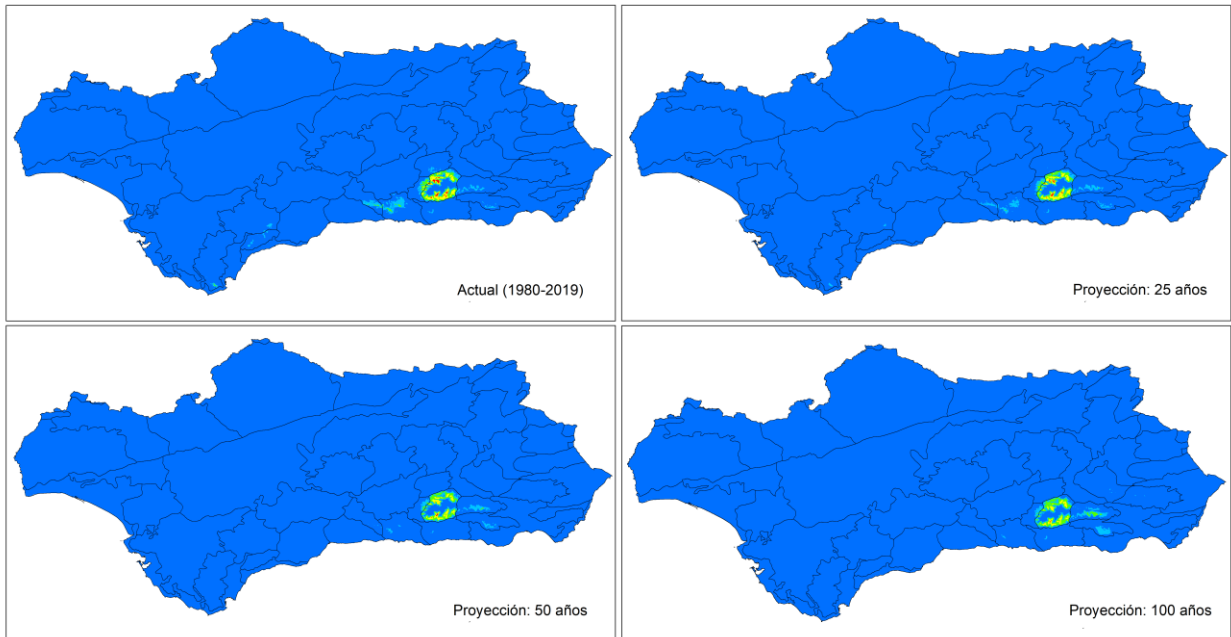
Estas variaciones, en los diferentes modelos, hacen que la superficie favorable para estos melojares (probabilidad mayor a 0.4), pase de ocupar el 0.54% de la superficie de Andalucía, a ocupar el 0.43% de la misma.

Se puede estimar, que estos melojares se sustituyan por encinares próximos al *Adenocarpus decorticans* – *Quercetum rotundifoliae*.



9230 *Adenocarpus decorticans*-*Quercetum pyrenaicae*

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 50:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de *Adenocarpus decorticans* – *Quercetum pyrenaicae*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

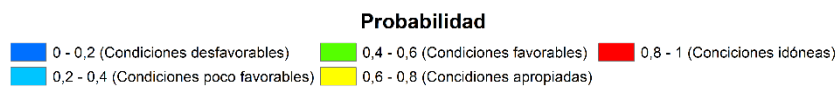
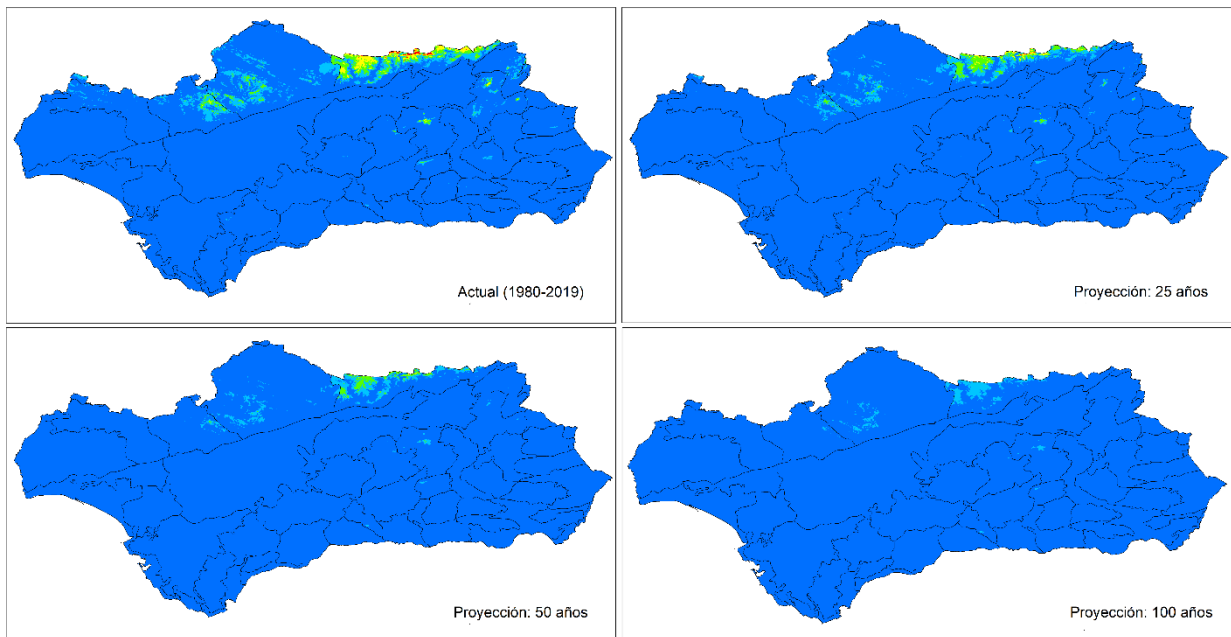
- c) (AuQp) *Arbuto unedonis* – *Quercetum pyrenaicae* (Rivas Goday in Rivas Goday, Esteve, Galiano, Rigual & Rivas – Martínez 1960) Rivas – Martínez [187].

Los diferentes modelos establecen que, a grandes rasgos, y acorde con las tendencias de los índices bioclimáticos, este melojar Luso – Extremadureño, restringido al Sector Cordillerano Mariánico, estén en franca regresión por pérdida de superficie donde aparecen sus condiciones óptimas de desarrollo **Figura 51**.

Este tipo de melojar, el de mayor extensión en Andalucía, dispondría de un área potencial actual con condiciones adecuadas para su desarrollo de unos 1634 Km<sup>2</sup> suponiendo el 1.87% de la superficie de Andalucía en la actualidad, pero en las proyecciones a futuro, esta disponibilidad se espera que disminuya a la mitad en el modelo a 25 años, y prácticamente desapareciendo dentro de 100 años, donde los modelos no contemplan áreas donde la probabilidad de ocurrencia sea mayor a 0.6 **Tabla 17**. Esto en gran medida se debe al poco margen altitudinal de que podrían disponer estos bosques en el área de estudio, distribuyéndose mayoritariamente entre los 700 – 1000 metros. Se podría esperar que estos bosques se sustituyesen, si las condiciones edáficas persisten, en quejigares, o en formaciones de alcornocal similares a lo que a día de hoy se denomina *Sanguisorbo hybridae* – *Quercetum suberis*, o *Pistacio terebinthi* – *Quercetum broteroi* en el caso de los quejigares.

9230 *Arbuto unedonis-Quercetum pyrenaicae*

Coordinate System: GCS\_ETRS\_1989  
Datum: ETRS\_1989  
Units: Degree



**Figura 51:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de *Arbutus unedo* – *Quercetum pyrenaicae*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

d) (BhQp) *Berberido hispanicae* – *Quercetum pyrenaicae* F. Valle, Gómez – Mercado & Mota [189].

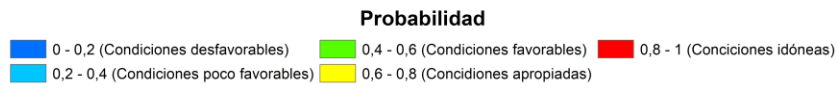
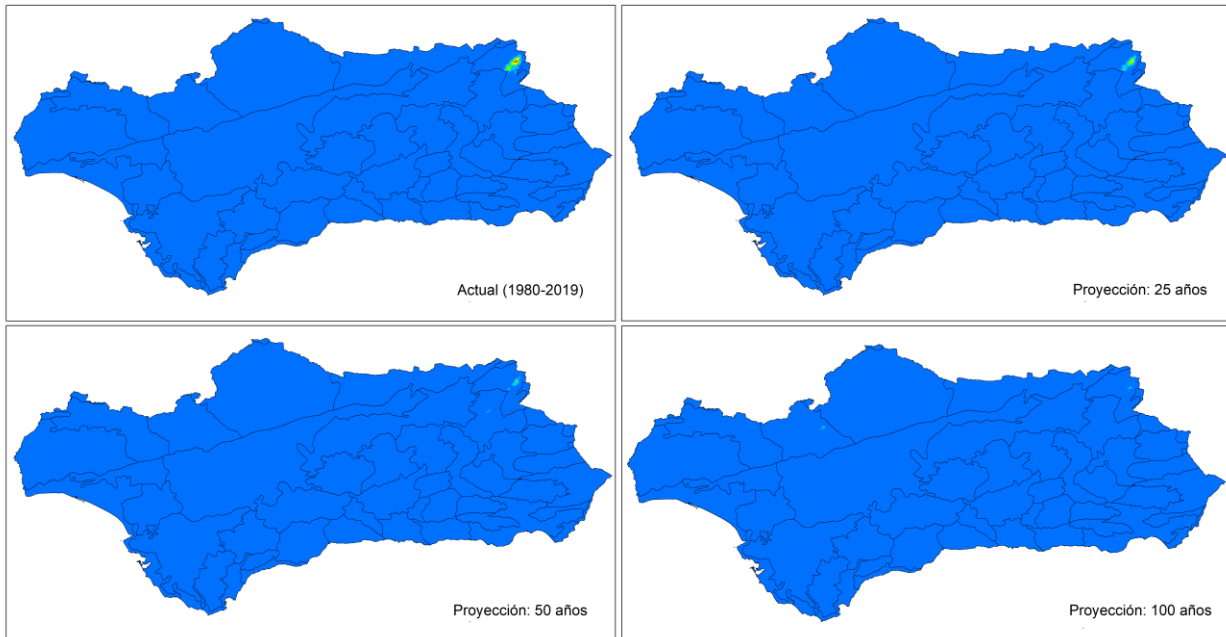
La distribución de este peculiar melojar, restringido al distrito Serrano Segureño, y solamente sobre los escasos afloramientos silíceos de la Facies Utrillas de la zona, hace especialmente vulnerables a estos bosques. El modelo MaxEnt, estima que la superficie donde las variables bioclimáticas y edáficas son las adecuadas para su desarrollo es de 73.67 Km<sup>2</sup>, limitados por lo enclaves húmedos donde afloran los materiales silíceos.

Las proyecciones a corto y medio plazo, estiman que la superficie adecuada para que pueda establecerse esta formación caducifolia, es de unos 27 Km<sup>2</sup> para el escenario a 25 años, y la práctica desaparición de las condiciones aptas para los modelos más lejano **Tabla 17**. Con la desaparición total de las condiciones favorables para dentro de 100 años **Figura 52**.

Este melojar, debido a sus restrictivos edáficos y de aislamiento, no tiene vías de conectividad, siendo por tanto un hábitat especialmente vulnerable al cambio climático, sobre todo en aquellos lugares más desligados a los fenómenos de hidromorfía, donde podrían ser sustituidos o bien por quejigares afines al, pero sobre todo por encinares, en ambos casos, con una composición florística silici – básica.

9230 *Berberido hispanicae-Quercetum pyrenaicae*

Coordinate System: ICS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 52:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de *Berberido hispanicae* – *Quercetum pyrenaicae*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

e) (LbQp) *Luzulo baeticae* – *Quercetum pyrenaicae* Rivas – Martínez [185].

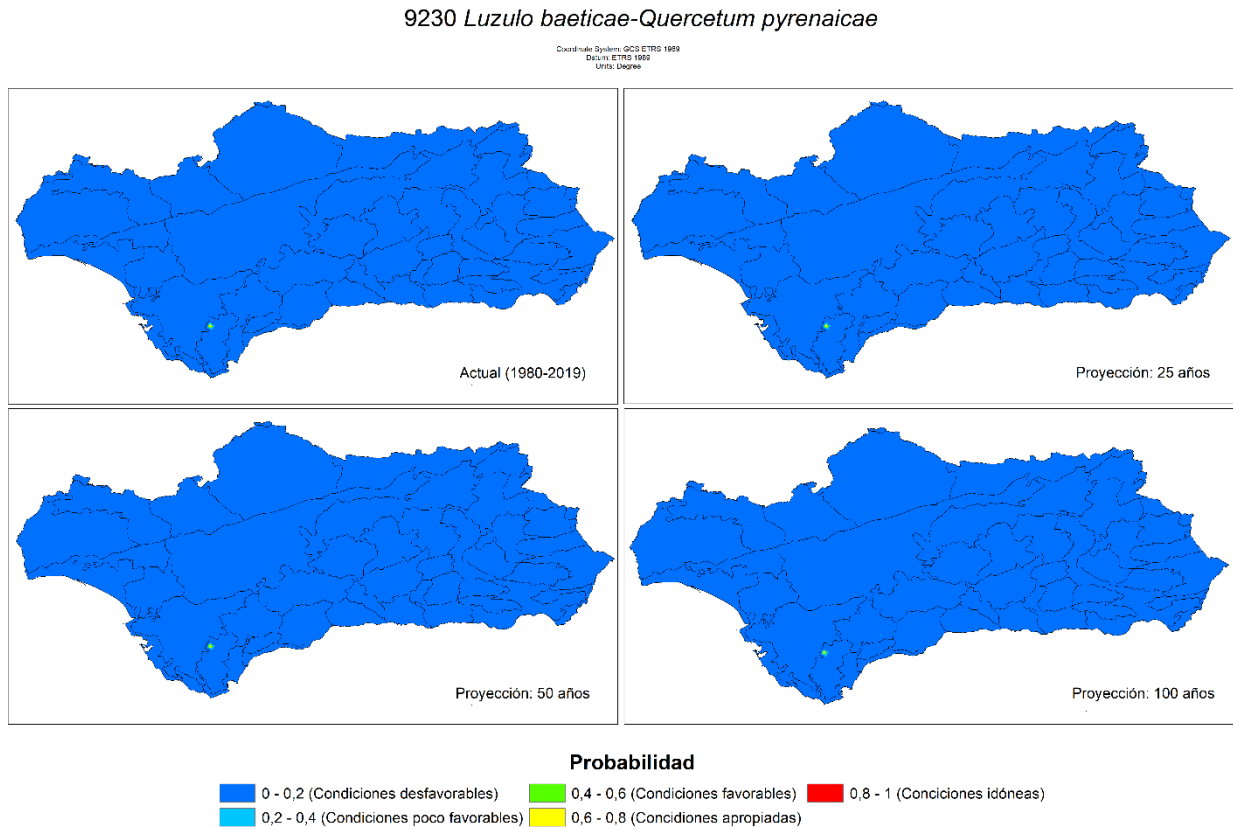
Este melojar, constituye el límite meridional de distribución de las formaciones de *Quercus pyrenaica* en la Península ibérica, y casi marcan el límite sur de distribución de la especie. Por tanto, estas formaciones, ya de por sí, presentan una especial vulnerabilidad, no tanto en la desaparición del hábitat como tal, sino en la cada vez mayor introgresión de especies no propias del melojar [68].

Si bien, la distribución potencial de este hábitat es de unos 12 Km<sup>2</sup> Tabla 16, limitado a las cumbres de la Sierra del Aljibe **Figura 53**, cuenta con que las tendencias y proyecciones bioclimáticas para esas áreas no son tan cambiantes como para el resto de Andalucía **Figura 48**. Esto hace que los modelos predictivos mantengan más o menos constantes las áreas de idoneidad de hábitat para este melojar.

Sin embargo, un análisis de la composición florística y ecológica de estos bosques, determinan que la composición florística mayoritaria, aun cuando se describieron, está formada en su mayoría por especies propias de los bosques esclerófilos circundantes, presentando el cociente de especies características más bajo de todos los melojares estudiados **Tabla 16**

Esto hace indicar que solo está presente como característico de los bosques caducifolios templados, el árbol directriz *Quercus pyrenaica* por lo que tampoco se puede hablar de un hábitat degradado en sí por el calentamiento global acelerado, sino más bien por fenómenos naturales derivados de ser el área finícola y meridional

de los bosques templados centroeuropeos. Esto viene a explicar, cómo ya de por sí la máxima idoneidad de hábitat en la actualidad, apenas supere el 0.6 de probabilidad.



**Figura 53:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de *Luzulo baeticae* – *Quercetum pyrenaicae*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

f) (StQp) *Sorbo torminalis* – *Quercetum pyrenaicae* Rivas Goday ex Rivas – Martínez [187].

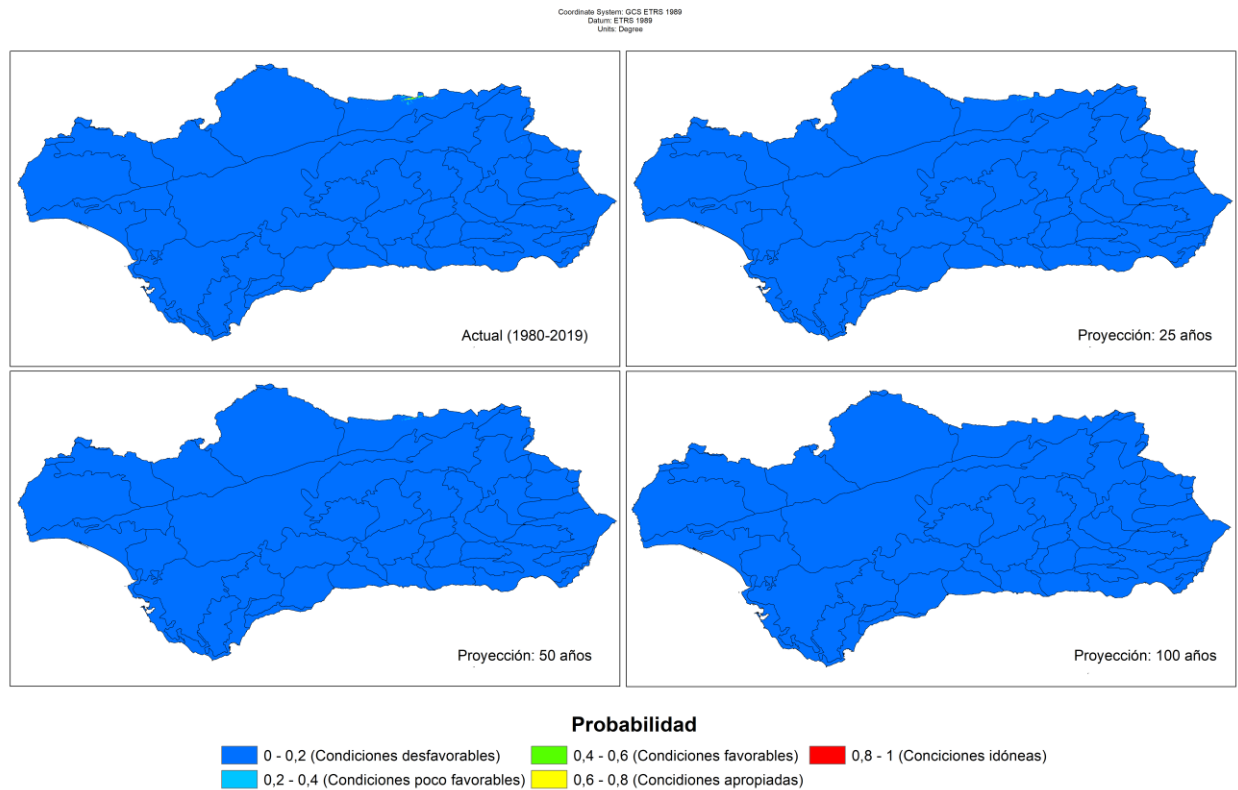
Este melojar, encuentran en las altas cumbres de Sierra Morena, sobre los 1000 – 1200 metros, siendo el límite más meridional de la asociación, estando presente de manera finícola y muy empobrecido de especies características de este melojar. Tanto es así, que el modelo de distribución actual, solo contempla un área de poco más de 23 Km<sup>2</sup> donde las condiciones bioclimáticas y edáficas sean más o menos adecuadas (con probabilidad mayor a 0.4) para el desarrollo de este hábitat **Tabla 17**.

Debido a su distribución en el piso Supramediterráneo, Húmedo y Semicontinental, la proyección de los escenarios a 25, 50 y 100 muestran la desaparición, **Figura 54**, de las condiciones bioclimáticas adecuadas y necesarias para que este melojar pueda establecerse. Para dentro de 50 años, se espera que las condiciones no sean propicias para este melojar.

Las formaciones que podrían sustituir a este melojar, podrían ser formaciones esclerófilas dominadas por *Quercus rotundifolia*, *Quercus suber* o incluso alguna formación mixta con *Quercus broteroi* o *Quercus pyrenaica*.



9230 *Sorbo torminalis-Quercetum pyrenaicae*



**Figura 54:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de *Sorbo torminalis* – *Quercetum pyrenaicae*.

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 17:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los melojares (*Quercus pyrenaica*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía.

Probabilidades	Proyecciones	AdQp	AuQp	AvQp	BhQp	LbQp	StQp		
Condiciones desfavorables (0 – 0,2)	Actual	Área (Km <sup>2</sup> )	86502,69	82920,68	87516,74	87423,52	87571,04	87528,86	
		%	98,75	94,66	99,91	99,8	99,97	99,92	
	25	Área (Km <sup>2</sup> )	86726,02	84957,41	87549,69	87493,75	87571,58	87578,68	
		%	99	96,98	99,94	99,88	99,97	99,98	
	50	Área (Km <sup>2</sup> )	86868,38	85982,93	87567,28	87552,34	87571,23	87577,44	
		%	99,17	98,16	99,96	99,95	99,97	99,98	
	100	Área (Km <sup>2</sup> )	86744,4	86796,53	87580,35	87582,39	87570,19	87598,03	
		%	99,02	99,08	99,98	99,98	99,97	100	
	Condiciones poco favorables (0,2 – 0,4)	Actual	Área (Km <sup>2</sup> )	616,66	3044,32	50,06	101,8	16,02	46,97
			%	0,7	3,48	0,06	0,12	0,02	0,05
		25	Área (Km <sup>2</sup> )	460,22	1853,26	25,71	78,21	15,83	18,29
			%	0,53	2,12	0,03	0,09	0,02	0,02
50		Área (Km <sup>2</sup> )	382,54	1286,55	19,18	42,77	16,45	20,41	
		%	0,44	1,47	0,02	0,05	0,02	0,02	
100		Área (Km <sup>2</sup> )	474,09	798,05	12,64	16,61	17,5	0,97	
		%	0,54	0,91	0,01	0,02	0,02	0	
Condiciones favorables (0,4 – 0,6)		Actual	Área (Km <sup>2</sup> )	267,02	1109,5	15,3	51,12	8,94	15,39
			%	0,3	1,27	0,02	0,06	0,01	0,02
		25	Área (Km <sup>2</sup> )	238,68	652,16	14,23	21,65	8,49	2,03
			%	0,27	0,74	0,02	0,02	0,01	0
	50	Área (Km <sup>2</sup> )	234	310,79	7,95	3,89	8,31	1,15	
		%	0,27	0,35	0,01	0	0,01	0	
	100	Área (Km <sup>2</sup> )	287,9	4,42	4,24	0	8,31	0	
		%	0,33	0,01	0	0	0,01	0	
	Condiciones apropiadas (0,6 – 0,8)	Actual	Área (Km <sup>2</sup> )	184,15	457,19	12,12	17,69	3,01	7,61
			%	0,21	0,52	0,01	0,02	0	0,01
		25	Área (Km <sup>2</sup> )	160,3	131,67	6,89	5,39	3,1	0
			%	0,18	0,15	0,01	0,01	0	0
50		Área (Km <sup>2</sup> )	110,46	18,73	4,42	0	3,01	0	
		%	0,13	0,02	0,01	0	0	0	
100		Área (Km <sup>2</sup> )	90,93	0	1,77	0	3	0	
		%	0,1	0	0	0	0	0	
Condiciones idóneas (0,8 – 1)		Actual	Área (Km <sup>2</sup> )	28,48	67,31	4,78	4,86	0	0,18
			%	0,03	0,08	0,01	0,01	0	0
		25	Área (Km <sup>2</sup> )	13,79	4,51	2,47	0	0	0
			%	0,02	0,01	0	0	0	0
	50	Área (Km <sup>2</sup> )	3,62	0	0,18	0	0	0	
		%	0,008	0	0	0	0	0	
	100	Área (Km <sup>2</sup> )	1,68	0	0	0	0	0	
		%	0,004	0	0	0	0	0	

**1.5.3.2. 9240: Bosques de *Quercus faginea* y *Quercus canariensis*.**

Bajo la denominación de este hábitat, se engloban aquellas formaciones caducifolias y marcescentes de Andalucía donde predominan *Quercus faginea* sl., *Quercus broteroi*, *Quercus canariensis*, *Acer granatense* y *Corylus avellana* como especies dominantes, acompañado en la mayoría de casos de otros árboles o arbustos de optimo templado como diversas especies de *Prunus*, *Sorbus*, y otras rosáceas o incluso relictos tropicales lauroides como *Rhododendron ponticum* subsp. *baeticum* o *Laurus nobilis*.

A todo ello, la cohorte de especies propias de formaciones esclerófilas como encinares o alcornocales no es escasa, donde aparecen con frecuencia *Quercus rotundifolia*, *Quercus suber* o *Quercus coccifera*, junto con lianas y arbustos asociados a estos bosques como *Smilax aspera*, *Rubia peregrina* subsp. *peregrina*, o *Asparagus acutifolius* y divesas especies del género *Rhamnus*.

El Io promedio de estos bosques se sitúa en torno al 5.5, siendo mayor en los acerales y quejigares de alta montaña y quejigares de *Quercus canariensis* y algo menor en los quejigares mesomediterráneos. Los avellanares, contradictoriamente se desarrollan en Io entono al 5.13, pero su carácter tempohigrófilo en extremo, hace que los aportes hídricos pongan a disposición más humedad de la que se esperaría solamente por el aporte climático, los promedios bioclimáticos de las asociaciones adscritas al 9240, se pueden ver en la **Tabla 18**.

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 18:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Acer opalus* subsp. *granatensis*, *Corylus avellana*, *Quercus faginea* sl., *Quercus broteroi* y *Quercus canariensis* presentes en Andalucía. DlAg = *Daphno latifoliae* – *Aceretum granatensis*, BhAg = *Berberido hispanicae* – *Aceretum granatensis*, GuCa = *Geo urbani* – *Coryletum avellanae*, VtQa = *Viburno tini* – *Quercetum alpestris*, BhQa = *Berberido hispanicae* – *Quercetum alpestris*, VdQf = *Vinco difformis* – *Quercetum fagineae*, OsQb = *Oleo sylvestris* – *Quercetum broteroi*, PtQb = *Pistacio terebintji* – *Quercetum broteroi*, PbQb = *Pyro bourgaeanae* – *Quercetum broteroi*, DpQc = *Doronico plantaginei* – *Quercetum canariensis*, EmQc = *Euphorbio monchiquensis* – *Quercetum canariensis* y RhQc = *Rusco hypophylli* – *Quercetum canariensis*

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)											
	DlAg	BhAg	GuCa	VtQa	BhQa	VdQf	OsQb	PtQb	PbQb	DpQc	EmQc	RhQc
Rel C/N	12,970	13,150	13,110	12,760	13,050	12,120	12,130	12,960	12,900	13,280	13,350	16,080
	±0,12	±0,19	±0,24	±0,22	±0,18	±0,34	±0,47	±0,17	±0,29	±0,39	±0,49	±0,31
Fósforo (mg/Kg)	19,210	18,360	19,800	19,790	19,120	14,550	10,900	14,590	15,320	18,720	11,220	7,680
	±0,8	±1,66	±1,73	±1,19	±1,36	±1,85	±1,47	±1,08	±1,66	±2,52	±2,58	±0,86
CaCO <sub>3</sub> (g/Kg)	125,92	91,910	135,71	223,99	145,14	182,52	149,87	45,090	54,340	35,100	55,360	66,040
	±14,88	±21,28	±25,66	±25,13	±24,51	±23,14	±20,39	±5,64	±14,66	±14,38	±26,26	±5,18
Potasio (mg/Kg)	205,89	216,08	229,43	299,30	242,40	259,57	284,35	317,78	315,58	299,95	241,59	241,67
	±7,26	±13,04	±16,04	±10,54	±12,68	±12,65	±17,07	±7,69	±10,75	±19,72	±55,15	±11,7
pH	6,730	6,520	6,900	7,210	6,870	7,020	6,950	6,350	6,460	6,300	6,210	5,820
	±0,08	±0,12	±0,1	±0,09	±0,13	±0,12	±0,12	±0,05	±0,08	±0,06	±0,21	±0,08
Nitrógeno (g/Kg)	1,940	2,470	1,790	1,780	1,920	1,750	1,700	2,070	2,130	2,230	2,000	1,980
	±0,16	±0,28	±0,16	±0,14	±0,17	±0,15	±0,1	±0,07	±0,14	±0,33	±0,22	±0,07
CIC (cmol/Kg)	19,630	18,580	20,200	19,520	18,840	20,330	18,440	12,700	12,230	12,640	13,720	12,330
	±0,59	±0,86	±0,82	±0,49	±0,78	±0,78	±1,08	±0,4	±0,55	±0,51	±1,85	±0,82
Fragmentos gruesos	28,700	29,440	27,180	22,750	26,600	24,140	19,880	26,440	26,810	23,800	24,490	22,060
	±0,7	±0,99	±1,21	±1,01	±1,12	±1,06	±1,22	±0,49	±0,89	±1,9	±2,5	±0,89
Arcilla	21,870	23,400	19,540	25,100	22,450	26,910	25,730	19,150	18,420	20,990	21,390	21,590
	±0,74	±1,51	±0,93	±0,99	±1,27	±1,31	±1,55	±0,46	±0,87	±2,39	±1,98	±0,77
Limo	38,420	38,680	36,120	39,880	37,850	39,690	35,420	36,970	37,930	35,330	36,090	31,110
	±0,81	±1,46	±0,9	±0,8	±0,98	±1,31	±1,05	±0,46	±0,82	±1,82	±1,85	±1,12
Arena	39,710	37,910	44,340	35,020	39,710	33,400	38,850	43,880	43,650	43,680	42,520	47,300
	±1,4	±2,69	±1,15	±1,71	±2,05	±2,18	±1,93	±0,68	±1,45	±2	±3,23	±1,67
PEs	107,16	103,15	115,93	120,83	113,18	118,34	133,51	129,68	128,32	122,52	117,79	130,61
	±2,6	±2,26	±1,69	±1,4	±2,47	±2,2	±1,04	±0,91	±1,87	±1,54	±3,88	±1,02
PE	621,93	608,24	672,85	711,78	664,67	712,97	832,96	766,65	750,62	721,86	749,54	815,01
	±15,48	±16,11	±9,88	±6,8	±14,12	±15,38	±11,09	±5,53	±9,79	±8,72	±20,15	±10,34
Iar	0,770	0,600	0,890	0,920	0,790	0,830	0,960	0,980	0,980	0,850	0,730	0,740
	±0,05	±0,06	±0,05	±0,02	±0,06	±0,04	±0,09	±0,03	±0,03	±0,05	±0,11	±0,05
IH	40,950	78,560	15,040	9,890	33,420	25,690	11,540	4,640	2,590	17,800	42,590	41,650
	±8,61	±18,74	±8,11	±2,71	±9,99	±7,35	±9,69	±2,43	±3,31	±5,28	±13,8	±7,59
Ioe	1,400	1,780	1,150	1,090	1,330	1,250	1,110	1,040	1,020	1,170	1,420	1,410

Capítulo 1. Memoria.

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)											
	DIaG	BhAg	GuCa	VtQa	BhQa	VdQf	OsQb	PtQb	PbQb	DpQc	EmQc	RhQc
	±0,09	±0,19	±0,08	±0,03	±0,1	±0,07	±0,1	±0,02	±0,03	±0,05	±0,14	±0,08
Ios1	0,460	0,210	0,600	0,280	0,360	0,210	0,270	0,300	0,300	0,210	0,320	0,440
	±0,07	±0,04	±0,08	±0,03	±0,08	±0,02	±0,03	±0,02	±0,02	±0,05	±0,03	±0,03
Ios2	0,520	0,250	0,630	0,340	0,390	0,250	0,250	0,310	0,330	0,320	0,280	0,420
	±0,06	±0,02	±0,07	±0,02	±0,08	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,02
Ios3	0,680	0,410	0,760	0,570	0,540	0,420	0,420	0,580	0,600	0,640	0,580	0,550
	±0,05	±0,04	±0,07	±0,03	±0,07	±0,02	±0,02	±0,01	±0,02	±0,03	±0,04	±0,02
Ios4	2,150	1,880	1,810	1,360	1,580	1,210	0,940	1,240	1,300	1,430	1,350	0,980
	±0,16	±0,2	±0,11	±0,04	±0,11	±0,04	±0,06	±0,03	±0,05	±0,06	±0,11	±0,03
Ic	17,160	16,660	17,460	17,660	17,340	17,150	15,420	17,770	18,060	17,730	15,410	15,700
	±0,29	±0,3	±0,12	±0,04	±0,14	±0,19	±0,45	±0,05	±0,13	±0,04	±0,56	±0,38
Io	6,820	8,660	5,130	4,700	6,040	5,370	4,500	4,380	4,330	5,010	5,840	5,740
	±0,52	±1,01	±0,43	±0,13	±0,54	±0,32	±0,4	±0,11	±0,15	±0,24	±0,59	±0,32
Tp	1320	1278	1520	1664	1490	1674	2066	1833	1778	1696	1832	2015
	±59,57	±67,92	±37,35	±22,27	±50,33	±50,63	±37,31	±16,54	±28,88	±26,75	±62,46	±33,83
Itc	52,890	45,050	220,19	251,40	197,19	259,00	353,06	295,02	280,25	254,79	319,12	358,15
	±149,1	±77	±7,8	±5,3	±31,78	±13,52	±9,96	±4,86	±7,82	±7,75	±17,45	±9,45
SHANNON TOTAL	3,890	3,550	3,910	3,530	3,600	3,520	3,720	3,340	3,770	4,150	4,300	3,700
	±0,16	±0,21	±0,17	±0,16	±0,16	±0,16	±0,3	±0,17	±0,21	±0,22	±0,27	±0,12
SHANNON CARACTERÍSTICAS	1,140	1,310	1,550	1,370	0,970	0,730	2,430	2,030	1,910	2,170	1,900	2,070
	±0,12	±0,18	±0,19	±0,15	±0,14	±0,09	±0,29	±0,11	±0,17	±0,36	±0,38	±0,13
QUERCO-FAGETEA	1,140	1,310	1,550	0,740	0,970	0,730	0,230	0,170	0,150	0,420	0,270	0,270
	±0,12	±0,18	±0,19	±0,07	±0,14	±0,09	±0,1	±0,03	±0,05	±0,13	±0,1	±0,05
QUERCETEA ILICIS	0,410	0,240	0,230	1,370	0,670	1,070	2,430	2,030	1,910	2,170	1,900	2,070
	±0,12	±0,11	±0,09	±0,15	±0,18	±0,14	±0,29	±0,11	±0,17	±0,36	±0,38	±0,13
JUNIPERO-PINETEA	0,180	0,100	0,000	0,000	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	±0,05	±0,08	±0	±0	±0,04	±0	±0	±0	±0	±0	±0	±0
FESTUCETEA INDIGESTAE	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	±0,01	±0,01	±0	±0	±0	±0	±0	±0	±0	±0	±0	±0
DIV. CAR/DIV TOTAL	0,300	0,370	0,390	0,370	0,270	0,210	0,650	0,640	0,520	0,520	0,440	0,560
	±0,03	±0,05	±0,05	±0,04	±0,04	±0,03	±0,07	±0,03	±0,05	±0,08	±0,08	±0,04
Nº de TAXONES	20,810	16,840	19,650	16,920	16,610	16,710	19,820	16,540	20,510	25,570	27,880	18,230
	±2,65	±2,27	±2,78	±1,52	±2,16	±1,76	±2,64	±1,74	±2,85	±3,24	±5,26	±1,46

## 1.5. Resultados y discusión.

---

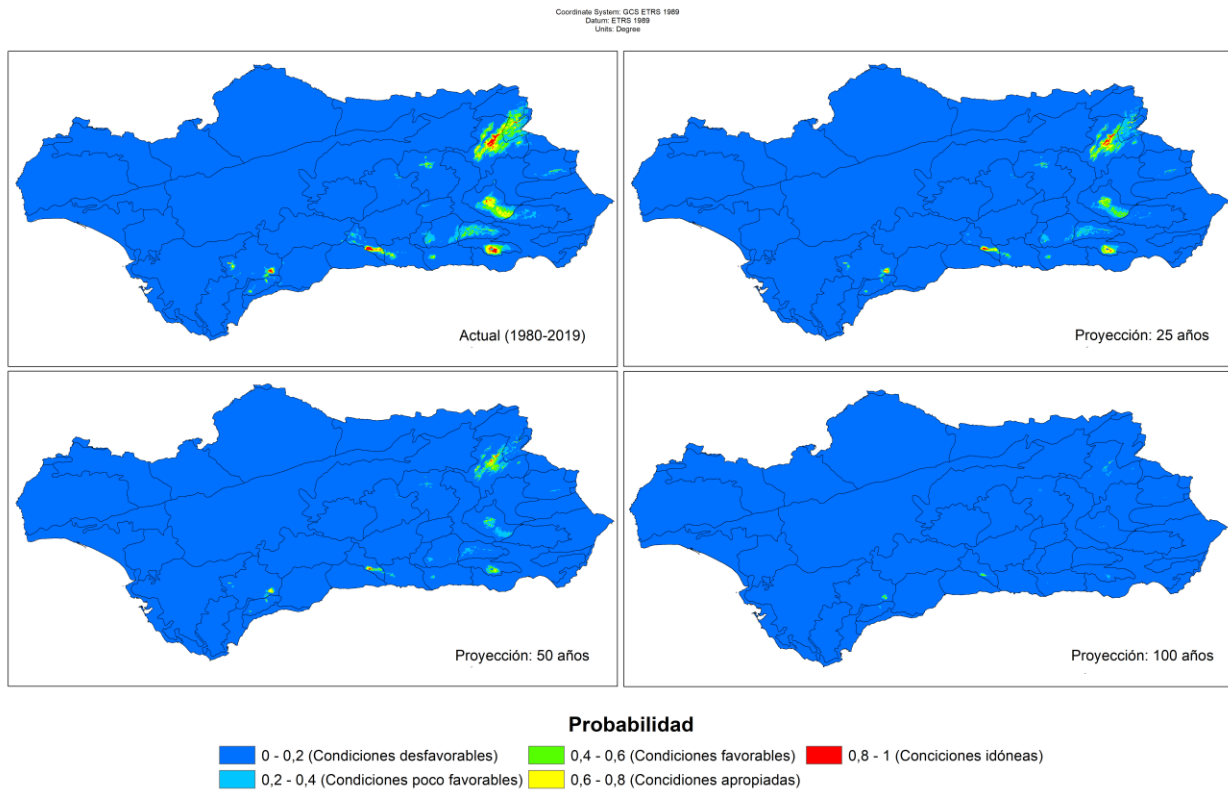
a) (DIAg) *Daphno latifoliae* – *Aceretum granatensis* [191].

De distribución subbética oriental, y puntualmente subbética occidental, estas formaciones encuentran según el modelo MaxEnt un área adecuada para su desarrollo de unos 1500 Km<sup>2</sup>, lo que supone el 1,71% de la superficie total de Andalucía. Con las tendencias analizadas de los diferentes índices bioclimáticos, las proyecciones a 25, 50 y 100 años estiman que la pérdida de las condiciones adecuadas para el establecimiento de este hábitat **Figura 55**, se va a reducir en más de un 50% en los próximos 25 años, y en 50 años 78.6%, hasta llegar a casi desaparecer en el escenario a 100 años vista **Tabla 19**.

Las formaciones caducifolias de ambientes plenamente nemorales como estos bosques, son especialmente vulnerables a los regímenes de humedad [68] y a la apertura y colonización por parte de otras especies más xerófilas [69]. En este caso, el condicionante edáfico, impide que se generen nuevos nichos para que pueda expandirse hacia cotas más altas, puesto que requiere de suelos profundos y mantener ese ambiente umbrío con alta humedad nemoral. Hacia el sur, se encuentra el límite de distribución de la especie, ello, al igual que en el caso de los melojares aljibicos, dota a estas comunidades de una especial vulnerabilidad.

La sustitución paulatina de este aceral, probablemente será a cargo en primer lugar por especies más xéricas de los quejigares que suelen orlar a este hábitat, o a sustituirse por encinares próximos al *Berberido hispanicae* – *Quercetum rotundifoliae* o incluso al *Paeonio coriacea* – *Quercetum rotundifoliae*.

9240 *Daphno latifoliae*-*Aceretum granatensis*



**Figura 55:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de *Daphno latifoliae* – *Aceretum granatensis*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

### b) (BhAg) *Berberido hispanicae* – *Aceretum granatensis*. [182]

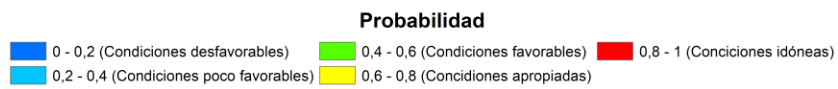
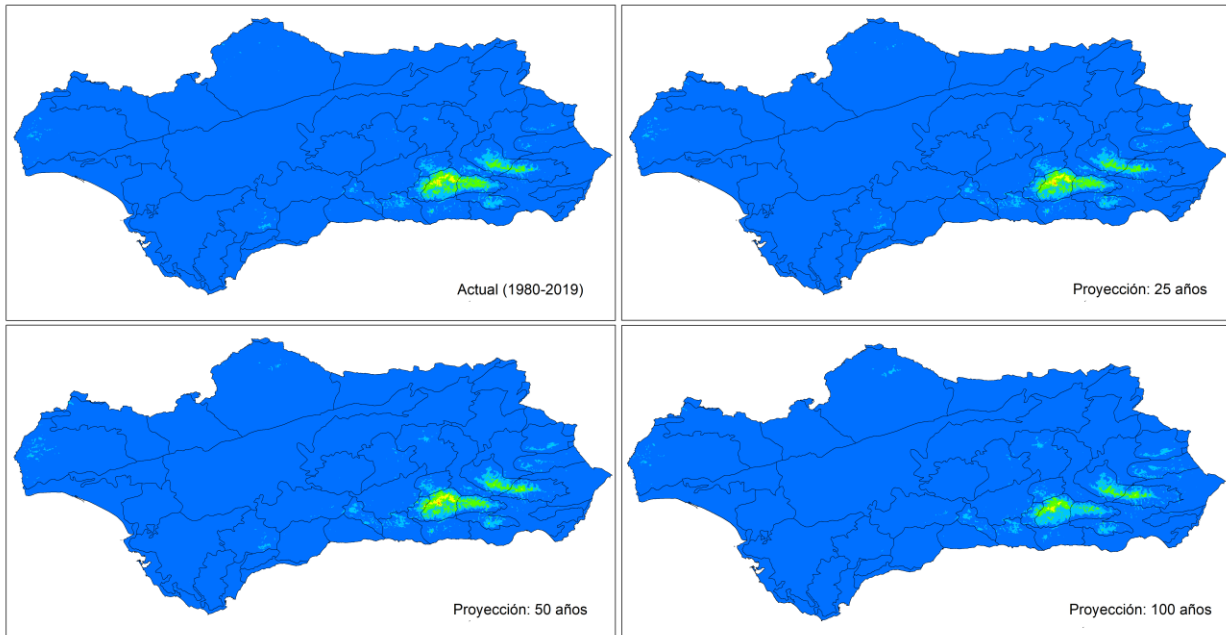
Estos acerales, de reciente descripción, se distribuyen por las zonas esquistas de Sierra Nevada, también sobre suelos profundos y con cierta hidromorfía. La proyección del modelo estima que, en la actualidad, el área adecuada desde el punto de vista bioclimático y edáfico es de unos 827 Km<sup>2</sup>, lo que representa el 0.94% de la superficie andaluza. Para estas formaciones, los modelos a futuro proyectan un mantenimiento de este hábitat hasta al menos 50 años, si bien el modelo a 100 años, plantea un escenario más restrictivo, donde se prevé un descenso del área adecuada para estos acerales, el área favorable en el escenario a 100 años es de 511 Km<sup>2</sup>, lo que supone una reducción del 38% respecto al área actual **Tabla 19**.

El hecho del mantenimiento o incluso la aparición de zonas donde posiblemente las condiciones bioclimáticas sean las adecuadas de debe en gran parte al gran rango altitudinal que todavía tendrían en el macizo de Sierra Nevada, de hecho, en el modelo se aprecia que esa idoneidad de hábitat está apareciendo hacia cotas más altas **Figura 56**. La relativamente escasa poca información sobre estos acerales, impide establecer una clara sustitución, puesto que incluso los encinares supramediterráneos del *Adenocarpo decorticans* – *Quercetum rotundifoliae*, entrarán en regresión también. No obstante, se puede prever, según su composición florística, que este aceral, poco a poco se irá enriqueciendo de especies propias de los bosques esclerófilos (*Quercetea ilicis*).



9240 *Berberido hispanicae-Aceretum granatensis*

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 56:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de *Berberido hispanicae – Aceretum granatensis*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

### c) (GuCa) *Geo urbani* – *Coryletum avellanae*. [192]

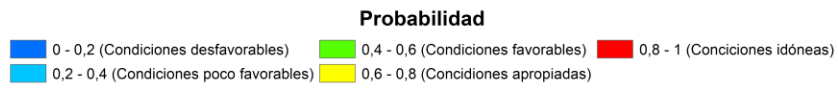
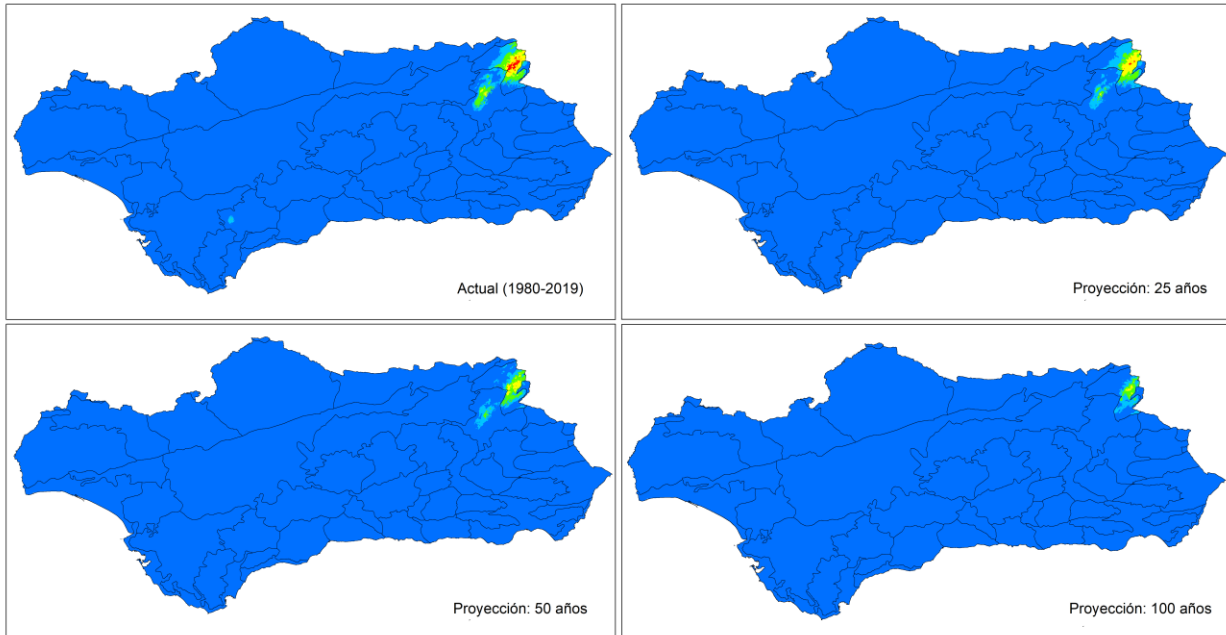
El avellanar, representa a las formaciones dominadas por la especie de optimo templado *Corylus avellana* más meridionales de la península ibérica, debido a la alta exigencia en humedad, además de presentarse en al menos un ombrotipo Subhúmedo superior, presentan características altamente temporhigrófilas, y la fisionomía, en muchos casos es similar a un bosque muy cercano casi de galería, necesario para generar las condiciones nemorales y umbrosas donde pueden crecer especies de optimo templado.

Al tratarse pues de una isla templada en medio de un mundo mediterráneo, el área que proyectan el modelo para la idoneidad de hábitat, en la actualidad es bastante restringido de unos 735 Km<sup>2</sup> (0.84% de la superficie de Andalucía). Sin embargo, los modelos a futuro proyectan un descenso acusado de la superficie adecuada **Figura 57**, pasando de estos 735 Km<sup>2</sup> a 512,88 Km<sup>2</sup>, 343,58 Km<sup>2</sup>, 153,93 Km<sup>2</sup> para las proyecciones a 25, 50 y 100 años respectivamente **Tabla 19**.

Al tratarse de bosquetes ligados a arroyos y valles y gargantas cerrados y umbrosos, difícilmente, con las tendencias analizadas, pueden aparecer áreas adecuadas para el desarrollo de este hábitat, pudiendo ser sustituidas por quejigares similares al *Viburno tini* – *Quercetum alpestris* o al *Berberido hispanicae* – *Quercetum alpestris* en aquellos lugares más fríos.

9240 *Geo urbani-Coryletum avellanae*

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 57:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de *Geo urbani – Coryletum avellanae*.

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 19:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los acerales y avellanares (Formaciones de *Acer opalus* subsp. *granatense* y *Corylus avellana*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía.

Probabilidades	Proyecciones		BhAg	DIAg	GuCa
Condiciones desfavorables (0 – 0,2)	Actual	Área (Km <sup>2</sup> )	84772	84338,9	86168,9
		%	96,77	96,28	98,37
	25	Área (Km <sup>2</sup> )	84749,9	85691,5	86389,1
		%	96,75	97,82	98,62
	50	Área (Km <sup>2</sup> )	84587,5	86574,3	86766,2
		%	96,56	98,83	99,05
	100	Área (Km <sup>2</sup> )	84816,9	87503,3	87150,3
		%	96,82	99,89	99,49
Condiciones poco favorables (0,2 – 0,4)	Actual	Área (Km <sup>2</sup> )	1999,18	1758,84	694,75
		%	2,28	2,01	0,79
	25	Área (Km <sup>2</sup> )	2021,85	1187,76	697,04
		%	2,31	1,36	0,8
	50	Área (Km <sup>2</sup> )	2140,44	703,18	489,2
		%	2,44	0,8	0,56
	100	Área (Km <sup>2</sup> )	2270,25	76,53	294,79
		%	2,59	0,09	0,34
Condiciones favorables (0,4 – 0,6)	Actual	Área (Km <sup>2</sup> )	738,98	920,83	430,56
		%	0,84	1,05	0,49
	25	Área (Km <sup>2</sup> )	730,53	470,1	282,6
		%	0,83	0,54	0,32
	50	Área (Km <sup>2</sup> )	758,99	232,89	252,38
		%	0,87	0,27	0,29
	100	Área (Km <sup>2</sup> )	479,04	17,32	131,93
		%	0,55	0,02	0,15
Condiciones apropiadas (0,6 – 0,8)	Actual	Área (Km <sup>2</sup> )	87,92	465,5	244,56
		%	0,1	0,53	0,28
	25	Área (Km <sup>2</sup> )	94,91	207,67	222,86
		%	0,11	0,24	0,25
	50	Área (Km <sup>2</sup> )	110,11	78,99	91,2
		%	0,13	0,09	0,1
	100	Área (Km <sup>2</sup> )	32,78	1,86	22
		%	0,04	0	0,03
Condiciones idóneas (0,8 – 1)	Actual	Área (Km <sup>2</sup> )	0,97	114,94	60,23
		%	0	0,13	0,07
	25	Área (Km <sup>2</sup> )	1,86	42,01	7,42
		%	0	0,05	0,01

## Capítulo 1. Memoria.

Probabilidades	Proyecciones	BhAg	DIAg	GuCa	
	50	Área (Km <sup>2</sup> )	1,94	9,64	0
		%	0	0,01	0
	100	Área (Km <sup>2</sup> )	0	0	0
		%	0	0	0

## 1.5. Resultados y discusión.

---

d) (VtQa) *Viburno tini* – *Quercetum alpestris* [194].

Este quejigar, de distribución subbética, representa las formaciones dominadas por diversas especies de *Quercus marcescentes* (*Q. faginea* sl.) sobre ombrotipo subhúmedo o seco superior si existe una adecuada compensación edáfica en el piso mesomediterráneo.

La extensión de idoneidad de hábitat que proyecta el modelo MaxEnt para la actualidad, representa el 1.32% del territorio, de los cuales unos 400 Km<sup>2</sup> presentan unas condiciones apropiadas e idóneas ( $p > 0.6$ ). Sin embargo, los modelos proyectados sobre los escenarios a 25, 50, y 100 años, prevén importantes reducciones en el área adecuada para estos quejigares del 15%, 41% y 83% respectivamente **Tabla 20**, conservándose estas condiciones en el distrito Serrano Giennense – Suroccidental.

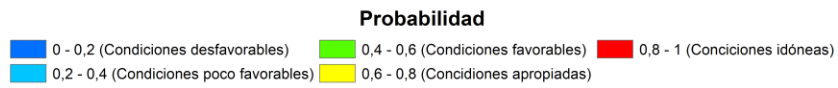
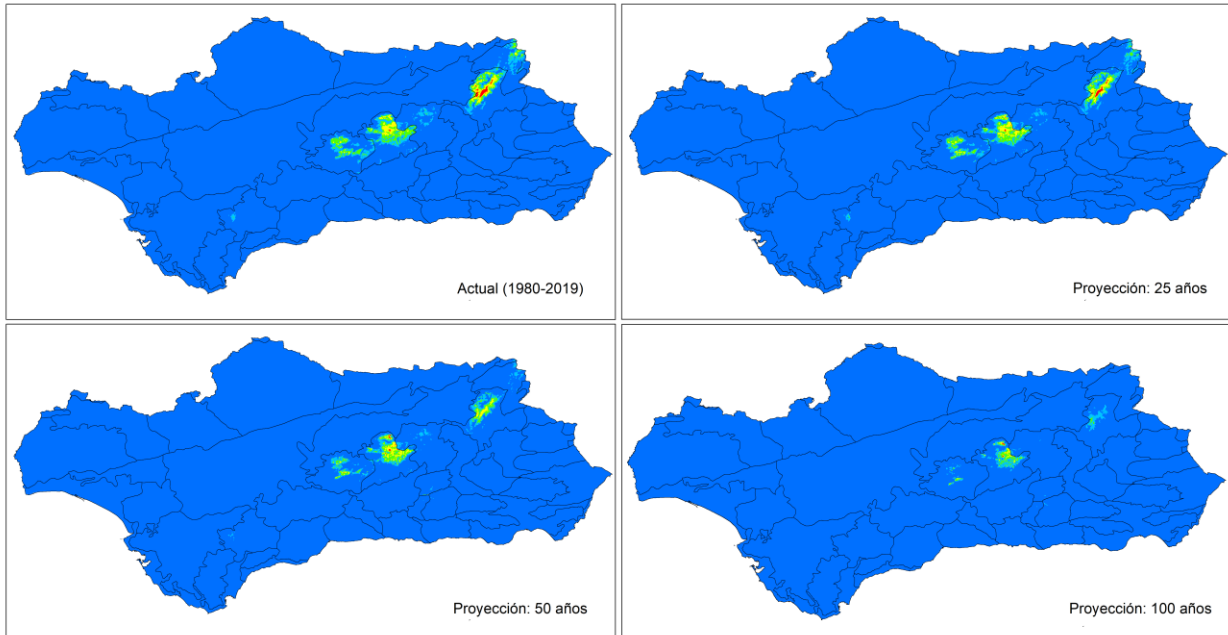
**Figura 58.**

Esta reducción tan acusada, se exagera aún más en aquellos hábitats propios del piso mesomediterráneo, el cual, si bien es cierto que es el más representado, con las tendencias actuales de los índices bioclimáticos, el área determinada como mesomediterráneo también se reducirá de manera importante.

Se espera que paulatinamente, estos quejigares vayan enriqueciéndose de especies más xerófilas propias del encinar que suele orlar en un gradiente de humedad a este hábitat, desapareciendo gran parte de las especies propias del quejigar [69, 194, 237]

9240 *Viburno tini-Quercetum alpestris*

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 58:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de *Viburno tini* – *Quercetum alpestris*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

e) (BhQa) *Berberido hispanicae* – *Quercetum alpestris*. Rivas – Martínez [15].

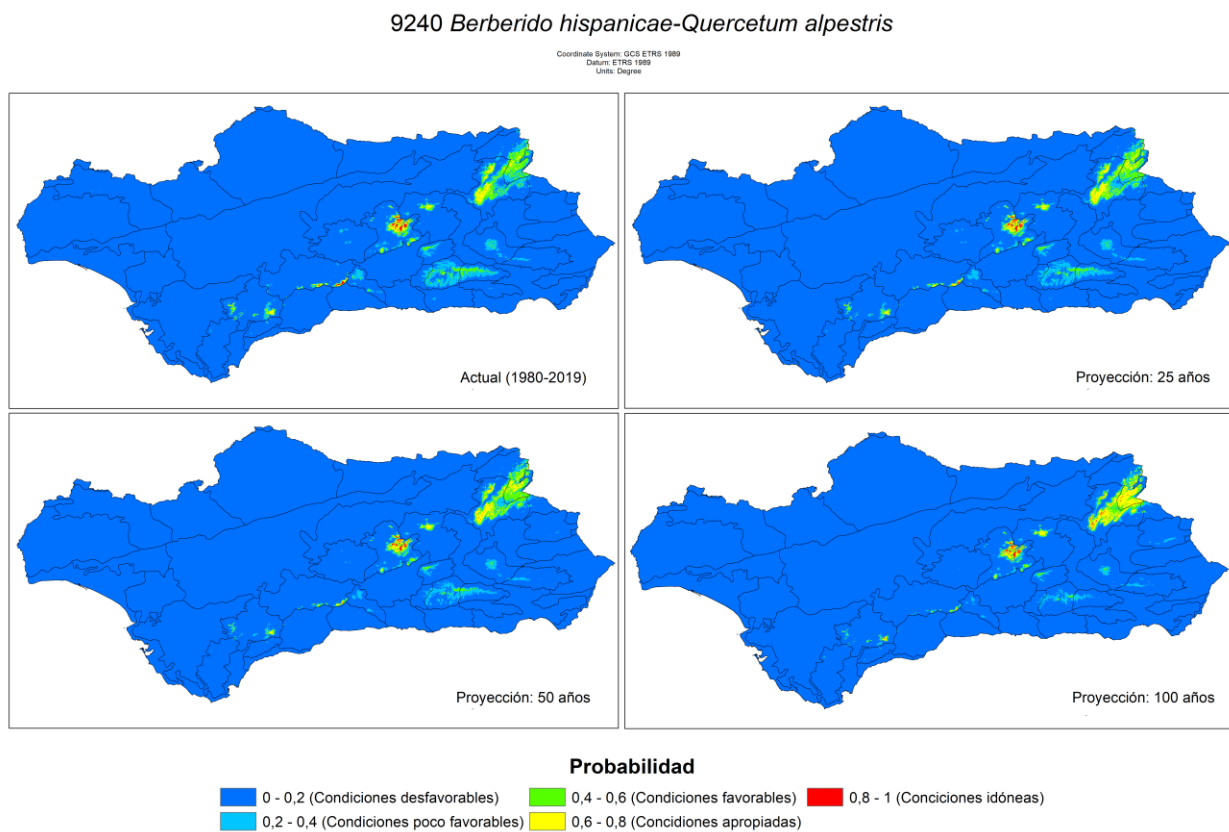
Este hábitat de distribución subbética de alta montaña, representa a las formaciones dominadas por *Quercus faginea* s.l. (*Quercus faginea* subsp. *alpestris*, o subsp. *faginea*). El área proyectada como adecuada en la actualidad, abarca casi el 2% del territorio andaluz, unos 1714,5 Km<sup>2</sup>. En este caso, los modelos a corto y medio plazo proyectan más o menos la misma superficie absoluta, con descensos de menos del 10% para el modelo a 100 años **Tabla 20**.

Sin embargo, espacialmente, estas áreas se desplazan hacia las zonas más altas, llegando a comportarse como supramediterráneas y subhúmedas, zonas que actualmente son oromediterráneas y húmedas. De ahí que las zonas altas de los distritos Serrano Cazorleño y Serrano Segureño, muestren un incremento de las áreas adecuadas para este hábitat **Figura 59**, expandiéndose por aquellas zonas, donde actualmente se dan las condiciones favorables para acerales, avellanares y melojares (en el caso de los melojares Serrano Segureños) y pinares-sabinares propios del oromediterráneo.

Reducciones de área, se proyectan para las zonas calcáreas del Serrano Nevadense y Serrano Trevenquino **Figura 59**, lugares donde la disponibilidad bioclimática de áreas favorables es menor por el condicionante edáfico de alternancia de materiales calcáreos y silíceos, lo que provocará que se establezca un quejigar en las zonas más altas, pero no con la composición florística propia de este hábitat.



Las áreas que dejan de ser favorables para el establecimiento de estos quejigares, se espera que sean ahora favorables para el establecimiento de encinares mesófilos de *Paeonio coriaceae* – *Quercetum rotundifoliae* o un encinar de características similares o afines.



**Figura 59:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de *Berberido hispanicae* – *Quercetum alpestris*

## 1.5. Resultados y discusión.

---

f) (VdQf) *Vinco difformis* – *Quercetum fagineae* [195].

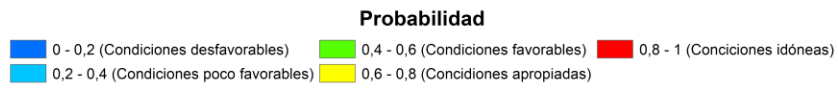
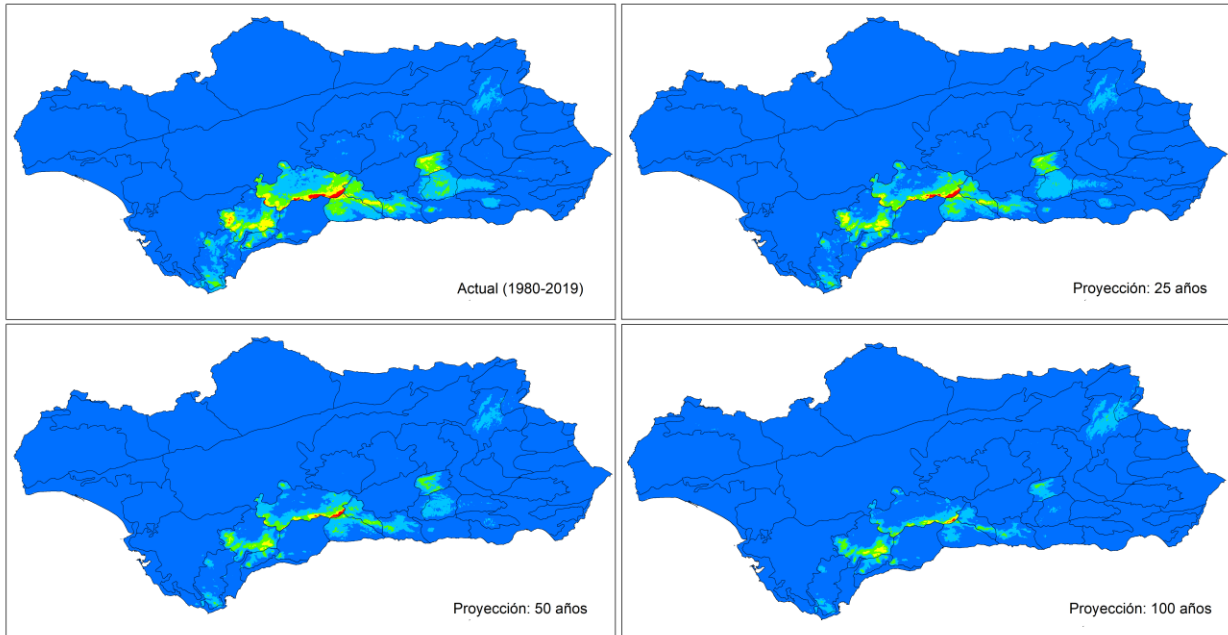
Este hábitat, representa a las formaciones boscosas de distribución principalmente antequerana dominadas por *Quercus faginea* subsp. *faginea* y *Quercus faginea* subsp. *alpestris*. Si bien a priori los autores describen estos quejigares como crípticos y bastante reducidos [195], el modelo de idoneidad de hábitat proyecta un área que supone el 3.71% de la superficie de Andalucía.

Los modelos a futuro, establecen que hay una pérdida importante del área adecuada para el desarrollo de este hábitat de un 37.26% para el escenario a 25 años, y de un 82.6% para el escenario a 100 años.

La desaparición de las especies características que definen a este quejigar, y el incremento de las zonas favorables de encinar, permite conjeturar que la desaparición de este hábitat dará paso al establecimiento de un encinar mesófilo, afín al *Paenion coriaceae* – *Quercetum rotundifoliae* de matiz térmico.

9240 *Vinco difformis-Quercetum fagineae*

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 60:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de *Vinco difformis* – *Quercetum fagineae*

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 20:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los quejigares enciniegos (Formaciones de *Quercus faginea sl.*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía

Probabilidades	Proyecciones		BhQa	VdQa	VtQa
Condiciones desfavorables (0 - 0,2)	Actual	Área	83610,11	78515,8	85092,94
		%	95,45	89,63	97,14
	25	Área	83956,67	80710,22	85466,8
		%	95,84	92,14	97,57
	50	Área	84379,86	82172,8	86061,11
		%	96,33	93,81	98,24
	100	Área	84878,87	83730,54	86935,09
		%	96,89	95,58	99,24
Condiciones poco favorables (0,2 - 0,4)	Actual	Área	2274,43	5841,69	1343,15
		%	2,6	6,67	1,53
	25	Área	1992,33	4855,27	1141,06
		%	2,27	5,54	1,3
	50	Área	1628,52	4179,25	857
		%	1,86	4,77	0,98
	100	Área	1153,46	3148,53	461,81
		%	1,32	3,59	0,53
Condiciones favorables (0,4 - 0,6)	Actual	Área	1166,27	2300,61	756,25
		%	1,33	2,63	0,86
	25	Área	1073,49	1577,01	628,86
		%	1,23	1,8	0,72
	50	Área	988,48	1030,63	441,54
		%	1,13	1,18	0,5
	100	Área	712,42	568,56	148,72
		%	0,81	0,65	0,17
Condiciones apropiadas (0,6 - 0,8)	Actual	Área	480,27	812,48	352,78
		%	0,55	0,93	0,4
	25	Área	521,46	381,75	329,02
		%	0,6	0,44	0,38
	50	Área	555,21	177,35	227,05
		%	0,63	0,2	0,26
	100	Área	781,43	143,86	49,04
		%	0,89	0,16	0,06

## Capítulo 1. Memoria.

Probabilidades	Proyecciones		BhQa	VdQa	VtQa
Condiciones idóneas (0,8 - 1)	Actual	Área	67,93	128,43	53,89
		%	0,08	0,15	0,06
	25	Área	55,05	74,76	33,26
		%	0,06	0,09	0,04
	50	Área	46,92	38,97	12,29
		%	0,05	0,04	0,01
	100	Área	72,81	7,51	4,33
		%	0,08	0,01	0

## 1.5. Resultados y discusión.

---

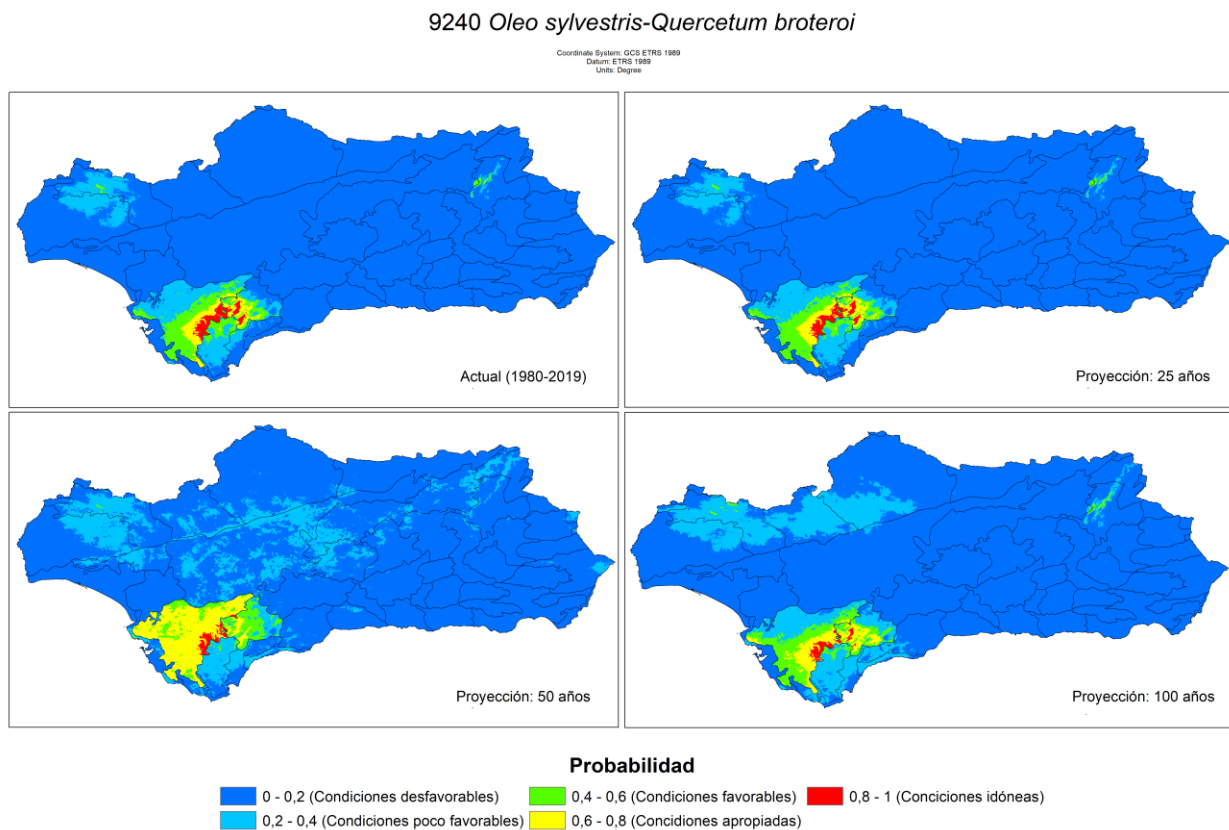
g) (OsQb) *Oleo sylvestris* – *Quercetum broteroi*. [196]

Este quejigar engloba a las formaciones boscosas Jerezano – Asidonenses de *Quercus broteroi* y *Quercus faginea* subsp. *alpestris*, y otros *Quercus* marcescentes de influencia atlántica como *Quercus gaditana*. El modelo actual de idoneidad de hábitat establece que el área favorable para el establecimiento de este quejigar es de unos 3300 Km<sup>2</sup>, representando el 3.81% del área total de Andalucía, si bien las zonas con condiciones bioclimáticas idóneas (probabilidad > 0.8) se estima que sea de unos 472 Km<sup>2</sup> **Tabla 21**. Los modelos predictivos a 25, 50 y 100 años, parecen mostrar que estas formaciones boscosas se mantendrán más o menos estabilizadas con aumentos poco importantes de áreas susceptibles de que concurren las condiciones favorables para el establecimiento de este quejigar **Figura 61**.

El modelo a 50 años, presenta un incremento bastante importante del área con probabilidad de idoneidad de hábitat superior a 0.6. Este hecho puede estar relacionado con los resultados obtenidos en las tendencias para las precipitaciones en las zonas suroccidentales de Andalucía, las cuales arrojaban cambios poco o nada significativos en cuanto a las tendencias en las precipitaciones, aunque en las temperaturas, si se esperan cambios importantes.

Cabe destacar que los modelos generados por MaxEnt, no son modelos lineales, la combinación de varias variables principales, así como de las variables derivadas que el propio algoritmo genera, puede provocar, y de hecho provoca estos modelos tipo parábola [176, 238].

La pérdida de las condiciones favorables para este quejigar, daría lugar al establecimiento de encinares afines al *Rhamno oleoides* – *Quercetum rotundifoliae*, o en los suelos más arcillosos, donde los fenómenos de expansión y retracción de las esmectitas de las arcillas que componen los suelos vérticos se intensifiquen como consecuencia de la mayor estacionalidad de las precipitaciones, podrían ocupar esas áreas los acebuchares de *Aro neglecti* – *Oleetum sylvestris*.



**Figura 61:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de *Oleo sylvestris* – *Quercetum broteroi*

## 1.5. Resultados y discusión.

---

h) (PtQb) *Pistacio terebinthi* – *Quercetum broteroi*. [197]

Este hábitat representa a las formaciones boscosas semidecíduas dominadas por *Quercus broteroi*, y en menor medida, *Quercus suber*, con el que llega a formar bastante a menudo, agrupaciones mixtas, del Sector Cordillerano Mariánico. La proyección de hábitat favorable para este quejigar en la actualidad, se estima en unos 3300 Km<sup>2</sup>, lo que supone el 3.81% del territorio andaluz.

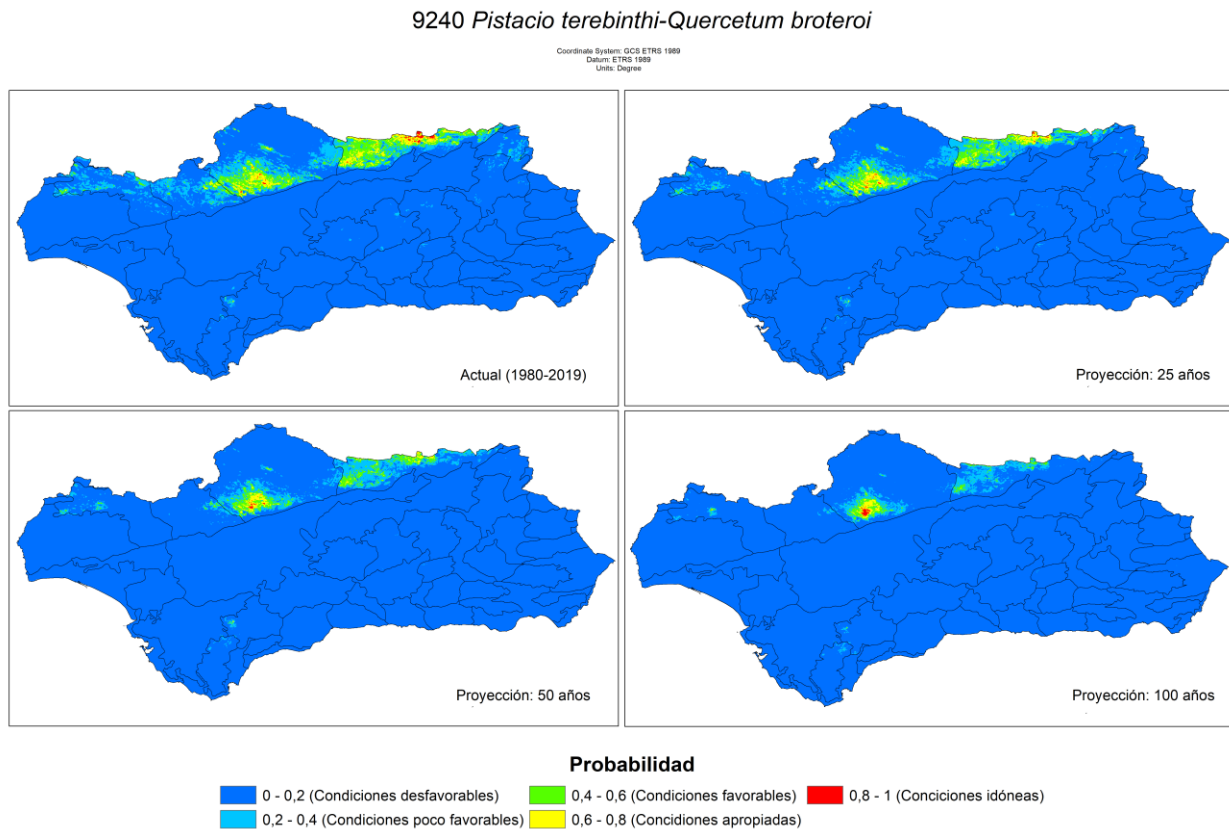
La proyección de los modelos a futuro, muestran una drástica reducción del área favorable para el establecimiento y desarrollo de estos bosques, tanto es así, que la proyección a 25 años, estima una pérdida del 30.89% de estas áreas, y un 59% y 80.93% para las proyecciones a 50 y 100 años **Tabla 21**.

Este quejigar, como sucedía con los melojares presentes en la Mariánica, no tiene posibilidad de que compense esta pérdida de áreas adecuadas en las cotas más bajas, estableciéndose en áreas a mayor altitud, donde puedan aparecer nuevas zonas de idoneidad, ya que no existen grandes márgenes altitudinales que permitan esa plasticidad bioclimática. No obstante, en el distrito Pedrocheño – Alcudiense, los modelos establecen en las proyecciones a futuro, áreas favorables para este quejigar, que podría desplazar a los alcornocales actuales de esa zona, debido a un incremento de la continentalidad, en cuyo caso, *Quercus broteroi* tolera en mayor medida los ambientes más continentalizados que *Quercus suber* **Figura 62**.

Podría esperarse, que las áreas no favorables a estos bosques pasen a ser ocupadas en primer término con los alcornocales con los que se mezcla habitualmente de



*Sanguisorbo hybridae* – *Quercetum suberis*, pero esto no sería muy estable en el tiempo, puesto que estos alcornoques, por incremento de la continentalidad, así como por el aumento en la xericidad, verían sus áreas favorables también reducidas, por tanto, lo más probable es que se establezcan encinares similares a lo que en la actualidad se entienden como *Pyro burgaeanae* – *Quercetum rotundifoliae* o incluso, si la termicidad fuese mayor, similares al encinar de *Myrto communis* – *Quercetum rotundifoliae*



**Figura 62:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de *Pistacio terebinthi* – *Quercetum broteori*

## 1.5. Resultados y discusión.

---

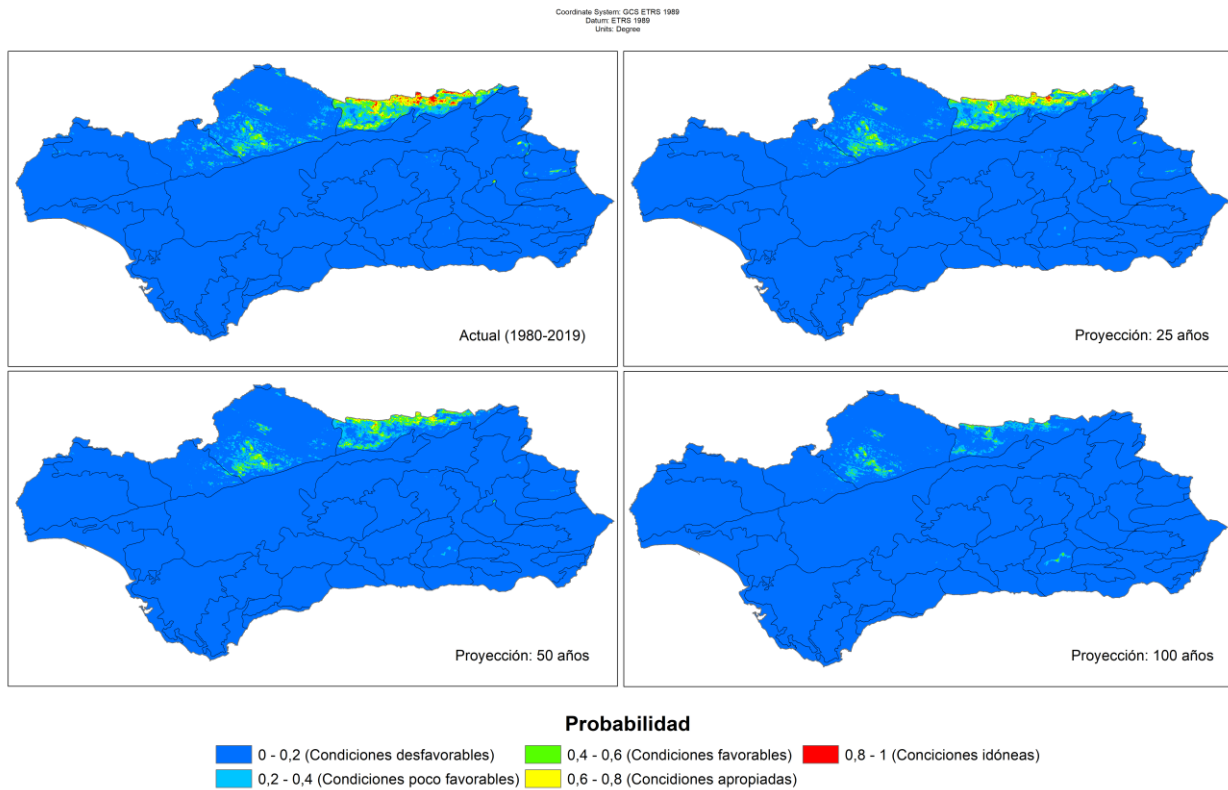
i) (PbQb) *Pyro bourgaeanae* – *Quercetum broteroi* [198].

Bajo esta denominación, se engloban a los bosques de *Quercus broteroi* más continentales y fríos del Sector Cordillerano Mariánico, en el área de estudio, se distribuyen por las zonas altas, semicontinentales y de matiz temporhigrófilo, este quejigar, alcanza pues, el límite meridional de su distribución en el Distrito Mariánico Oriental. La proyección de hábitat para este quejigar en la actualidad, para Andalucía es de unos 2010 Km<sup>2</sup>, con al menos un 0.4 de idoneidad. Esto representa el 2.29% de la superficie de Andalucía **Tabla 21**.

Los modelos proyectados en los escenarios a 25, 50 y 100 años, determinan una reducción de área donde las condiciones bioclimáticas seas las adecuadas, para el escenario a 25 años, se espera una reducción del 29.2%, mientras que, para el escenario a 50 y 100 años, esta reducción de áreas favorables se estima en un 51.09% y un 88.09%, lo que implica, la práctica desaparición de la superficie en la cual las condiciones para que pueda establecerse este hábitat **Figura 63**.

La ocupación de estas áreas ya poco favorables para este quejigar, se puede prever que será a cargo de encinares similares al *Pyro bougaeanae* – *Quercetum rotundifoliae* de carácter mesófilo en aquellos lugares donde el incremento del Ic impida la competencia con *Quercus suber*. En caso contrario, podría esperarse que esas áreas ahora fuesen más favorables para el establecimiento de un alcornocal.

9240 *Pyro bourgaeanae-Quercetum broteori*



**Figura 63:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de *Pyro bourgaeanae* – *Quercetum broteori*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

j) (DpQc) *Doronico plantaginei* – *Quercetum canariensis*. [15]

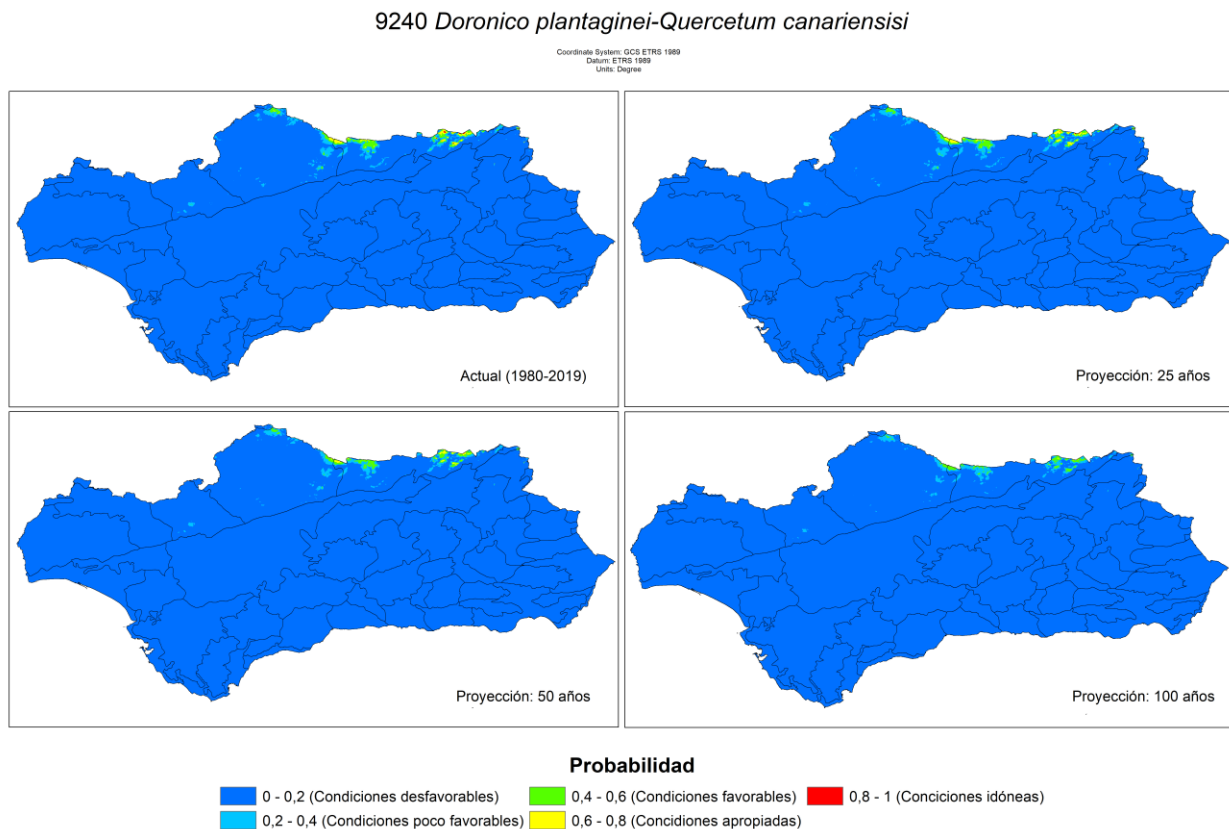
Hábitat de distribución cordillerana mariánica, y muy restringido a barrancos húmedos con compensación edáfica. Si bien, no se han logrado realizar muestreos directos de formaciones de *Quercus canariensis*, pertenecientes a este quejigar dentro del área de estudio, la presencia dispersa de individuos aislados, pliegos de herbario y demás observaciones, sobre todo de la especie híbrida, *Quercus marianica* (*Quercus canariensis* x *Quercus broteroi*) así como la relativa cercanía a los límites del área de estudio de las poblaciones de *Quercus canariensis*, se ha optado por modelizar la posible presencia, de disponibilidad de hábitat dentro del territorio.

El modelo de proyección actual, estima un área favorable a este quejigar o al menos a su híbrido, de unos 490 Km<sup>2</sup>, si bien es cierto, que el área que presenta condiciones idóneas, y por tanto una alta probabilidad de encontrar este hábitat es de poco más de 10 Km<sup>2</sup> en las zonas húmedas de Despeñaperros **Figura 64**, y superpuesto casi con el área favorable al melojar. Esto concuerda en gran medida con las modelizaciones de la especie propuestas por otros autores [239].

La proyección de estos modelos en los escenarios a futuro, plantean la práctica desaparición de las áreas susceptibles de albergar a este hábitat, ya de por sí escaso, reduciéndose a un 57,97% para el escenario a 100 años.

Comparando modelos, y en base a observaciones y estudio de este hábitat, el empobrecimiento y deterioro en la composición florística de estos bosques viene determinada por la introgresión y mayor instalación de formas híbridas entre las

diferentes especies de *Quercus* marcescentes de la zona, especialmente *Quercus marianica*, o especies más tolerantes a los periodos de sequía como *Quercus broteroi*, *Quercus suber*, o *Quercus rotundifolia*. [236, 240].



**Figura 64:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de *Doronico plantaginei* – *Quercetum canariensis*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

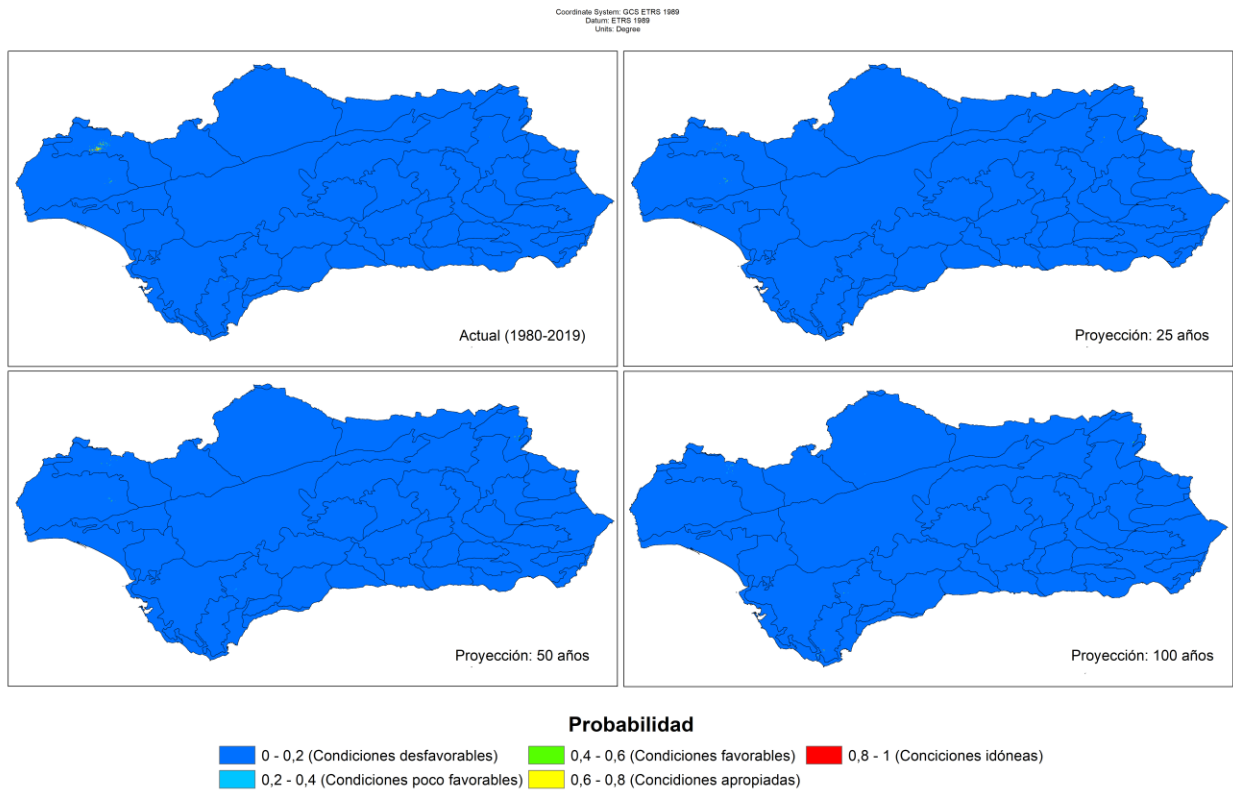
k) (EmQc) *Euphorbio monchiquensis* – *Quercetum canariensis*. [199]

Hábitat de distribución Monchiquense, aunque bajo este nombre, se agrupan las formaciones de *Quercus canariensis* y *Quercus marianica* presentes en el Distrito Serrano Aracenense. Presenta un área de distribución muy restringida en Andalucía, formando bosques relictos y casi desaparecidos en la actualidad. Tanto es así, que el área con condiciones favorables actuales, es de unos 27 Km<sup>2</sup>. De los cuales, solamente 4.42 Km<sup>2</sup> presentarían condiciones idóneas ( $p > 0.8$ ) **Tabla 21**.

Los modelos proyectados sobre los escenarios, prevén la que la disponibilidad de áreas favorables a este hábitat en el área de estudio, van a desaparecer **Figura 65**. Ya en los muestreos de este hábitat, en comparación con el resto de Quejigares morunos de *Quercus canariensis*, es el que menos diversidad de taxones característicos presenta, así como el de menor proporción de estos taxones característicos respecto del total **Tabla 18**.

Se trata pues, de un hábitat bastante que ya de por sí, en la actualidad se aleja bastante de descripción original de *Euphorbio monchiquensis* – *Quercetum canariensis*. Esto no implica directamente que estos bosques presentes allí, se encuentren ecológicamente degradados, si no que la disponibilidad de hábitat para este quejigar, en base a su caracterización bioclimática, es bastante diferente que la disponibilidad de hábitat en base a la descripción original de estas formaciones.

9240 *Euphorbio monchiquensis-Quercetum canariensis*



**Figura 65:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de *Euphorbio monchiquensis* – *Quercetum canariensis*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

l) (RhQc) *Rusco hypophylli* – *Quercetum canariensis* [200].

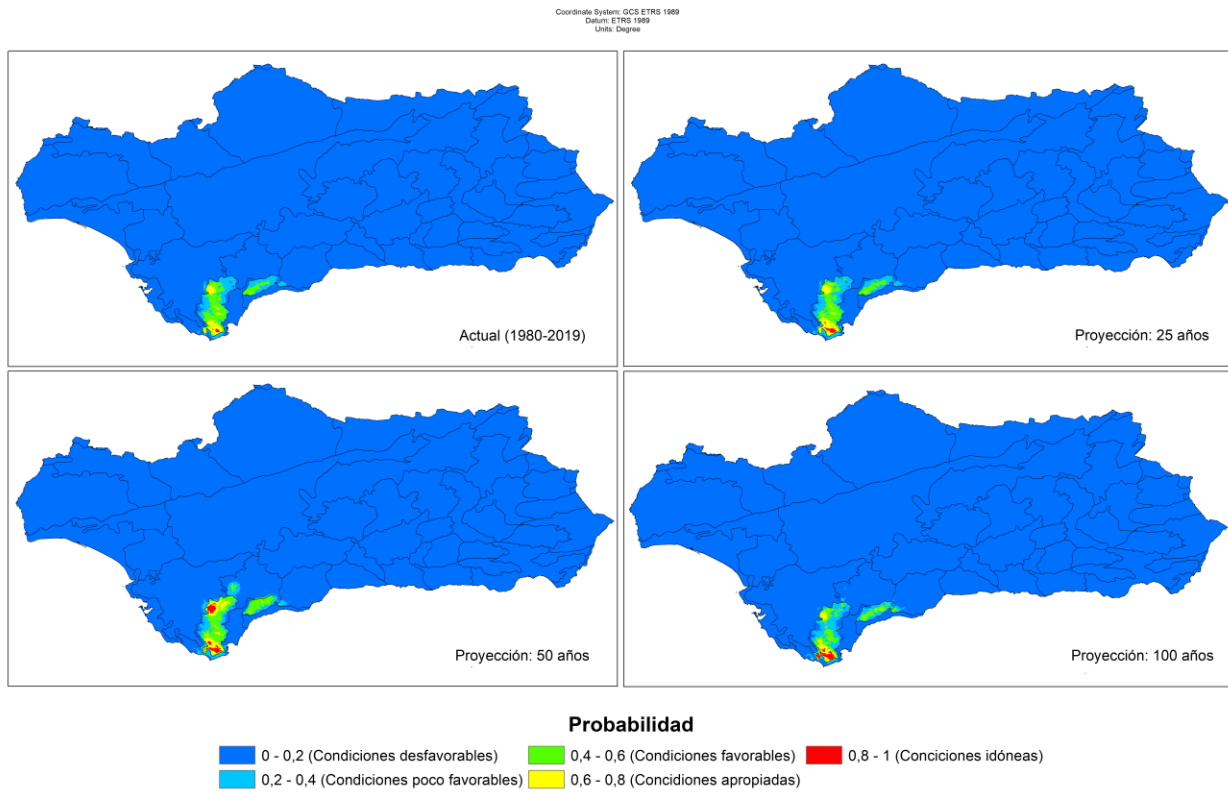
Quejigar de distribución Serrano Aljábica, aunque irradia puntualmente hacia zonas más orientales del Distrito Bermejense. Las formaciones boscosas de este hábitat, constituyen las mayores poblaciones de *Quercus canariensis* en la península ibérica [239, 241]. El modelo de distribución actual, estima que el área con condiciones favorables ( $p > 0.4$ ), es de unos 926.32 Km<sup>2</sup>, lo que implica una ocupación del 1.05% de la superficie de Andalucía.

La proyección de los escenarios a 25, 50, y años, muestran un mantenimiento en general de las áreas favorables para estos bosques, si bien, el modelo a 50 años, parece proyectar un aumento de la disponibilidad para ese escenario, el cual no parece ser estable en el tiempo, puesto que para el escenario más lejano, si se aprecian cambios más o menos importantes en las áreas disponibles, si bien el modelo a 25 años, advierte de una pérdida del 13.45%, el de 100 años, mantiene el área disponible o favorable con incrementos poco significativos del 1.61% **Tabla 21**.

Este incremento, se focaliza en el extremo sur del área de distribución, donde aparece la subasociación *lauretosum nobilis*, de matiz más oceánico y térmico. Analizando las tendencias en los parámetros bioclimáticos de esas zonas, aparece un incremento de las temperaturas, así como el mantenimiento del tipo subhiperoceánico en la zona **Figura 46**, condiciones que propician la aparición de áreas favorables para este hábitat.



9240 *Rusco hypophylli-Quercetum canariensis canariensis*



**Figura 66:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los melojares de *Rusco hypophylli* – *Quercetum canariensis*.

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 21:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los quejigares y quejigares morunos (Formaciones de *Quercus broteroi* y *Quercus canariensis*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía

Probabilidades	Proyecciones	DpQc	EmQc	OsQb	PtQb	RhQc	PbQb	
Condiciones desfavorables (0 - 0,2)	Actual	Área	86195,01	87553,01	78188,92	79703,06	85843,61	83091,62
		%	98,4	99,95	89,26	90,99	98	94,85
	25	Área	86290,89	87584,95	78573,32	81927,36	85790,87	83791,69
		%	98,51	99,98	89,7	93,53	97,94	95,65
	50	Área	86465,33	87525,12	68163,75	83432,71	85614,08	84526,6
		%	98,71	99,92	77,81	95,24	97,73	96,49
	100	Área	86700,83	87508,33	71657,35	85211,65	85877,07	86108,22
		%	98,97	99,9	81,8	97,27	98,03	98,3
Condiciones poco favorables (0,2 - 0,4)	Actual	Área	913,72	18,66	5658,82	4560,35	829,07	2497,41
		%	1,04	0,02	6,46	5,21	0,95	2,85
	25	Área	863,36	6,89	5444,28	3366,43	866,87	2380,65
		%	0,99	0,01	6,22	3,84	0,99	2,72
	50	Área	781,61	21,83	13913,07	2798,62	747,5	2089,31
		%	0,89	0,02	15,88	3,19	0,85	2,39
	100	Área	692,09	28,54	11925,22	1751,27	920,17	1251,44
		%	0,79	0,03	13,61	2	1,05	1,43
Condiciones favorables (0,4 - 0,6)	Actual	Área	343,04	12,21	2344,49	2289,5	701,31	1162,91
		%	0,39	0,01	2,68	2,61	0,8	1,33
	25	Área	325,19	4,86	2238,55	1654,81	673,35	944,53
		%	0,37	0,01	2,56	1,89	0,77	1,08
	50	Área	287,46	17,67	1562,45	1046,81	832,76	776,3
		%	0,33	0,02	1,78	1,2	0,95	0,89
	100	Área	200,68	20,15	2432,34	435,65	541,16	221,12
		%	0,23	0,02	2,78	0,5	0,62	0,25
Condiciones apropiadas (0,6 - 0,8)	Actual	Área	136,7	10,7	933,92	953,92	213,51	659,82
		%	0,16	0,01	1,07	1,09	0,24	0,75
	25	Área	116,82	1,86	924,07	620	234,39	436,4
		%	0,13	0	1,05	0,71	0,27	0,5
	50	Área	64,6	19,09	3697,89	301,25	293,92	201,13
		%	0,07	0,02	4,22	0,34	0,34	0,23
	100	Área	5,39	18,12	1318,81	160,92	182,3	18,22
		%	0,01	0,02	1,51	0,18	0,21	0,02
Condiciones idóneas (0,8 - 1)	Actual	Área	10,52	4,42	472,84	92,16	11,5	187,24
		%	0,01	0,01	0,54	0,11	0,01	0,21
	25	Área	2,74	0,44	418,78	30,4	33,52	45,73
		%	0	0	0,48	0,03	0,04	0,05
	50	Área	0	15,29	261,84	19,62	110,74	5,66
		%	0	0,02	0,3	0,02	0,13	0,01
	100	Área	0	23,86	265,28	39,5	78,29	0
		%	0	0,03	0,3	0,05	0,09	0

**1.5.3.3. 9320: Bosques termomediterráneos de *Olea* y *Ceratonia*  
(Península Ibérica, Islas Baleares y Canarias).**

Bajo esta denominación, se engloban, de manera general, a aquellas formaciones termófilas propias de ambientes cálidos, dominados, en este caso por el olivo silvestre o acebuche *Olea europaea* subsp. *sylvestris*. Estas formaciones, adoptan en la mayoría de los casos, una posición edafoixerófila en canchales y cascajares, así como en diversas crestas orientadas al sur tanto calcáreas como silíceas. Las formaciones climatófilas de acebuchar, se pueden entender como una evolución y adaptación del bosque mediterráneo, dominado por diversas especies del género *Quercus*, en aquellos suelos arcillosos o vertisoles.

Estos vertisoles, sumado un régimen de precipitaciones pluviestacional, con dos estaciones secas y dos estaciones relativamente húmedas, hace que las esmectitas que componen las arcillas de estos suelos, sufran de fenómenos de retracción y expansión, este fenómeno se incrementa en aquellos suelos con poco humus [130]. Este hecho, hace que el sistema radicular de *Quercus rotundifolia*, se dañe y no pueda prosperar. Sin embargo, el acebuche, al presentar un crecimiento radicular más superficial, diversificado y extenso, puede soportar en mayor medida estos ciclos de expansión y retracción, dando lugar verdaderos bosques estructurados de carácter climatófilo. Un resumen de la caracterización ecológica de estos acebuchares se puede observar en la **Tabla 22**.

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 22:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Olea europaea* subsp. *sylvestris* climatófilas presentes en Andalucía. AnOs = *Aro neglecti* – *Oleetum sylvestris*.

	Promedios (intervalo de confianza al 95%)		Promedios (intervalo de confianza al 95%)		Promedios (intervalo de confianza al 95%)		Promedios (intervalo de confianza al 95%)
Variables	AnOs	Variables	AnOs	Variables	AnOs	Variables	AnOs
Rel C/N	12,01 ±0,26	Arcilla	26,13 ±1,01	Ios1	0,32 ±0,01	SHANNON TOTAL	3,08 ±0,12
Fósforo (mg/Kg)	13,11 ±0,83	Limo	35,99 ±0,91	Ios2	0,27 ±0,01	SHANNON CARACTERÍSTICAS	2,02 ±0,1
CaCO <sub>3</sub> (g/Kg)	145,64 ±9,88	Arena	37,87 ±1,71	Ios3	0,41 ±0,01	QUERCO-FAGETEA	0,09 ±0,02
Potasio (mg/Kg)	292,06 ±12,35	PEs	132,01 ±0,63	Ios4	0,81 ±0,04	QUERCETEA ILICIS	2,02 ±0,1
pH	6,94 ±0,09	PE	841,54 ±6,78	Ic	14,54 ±0,3	JUNIPERO-PINETEA	0 ±0
Nitrógeno (g/Kg)	1,55 ±0,06	Iar	1,21 ±0,05	Io	3,55 ±0,19	FESTUCETEA INDIGESTAE	0 ±0
CIC (cmol/Kg)	17,04 ±0,75	IH	-11,48 ±4,58	Tp	2101,36 ±23,73	DIV. CAR/DIV TOTAL	0,66 ±0,03
Fragmentos gruesos	16,68 ±1,11	Ioe	0,88 ±0,05	Itc	383,63 ±8,16	Nº de TAXONES	12,12 ±1,07



## 1.5. Resultados y discusión.

---

a) (AnOs) *Aro neglecti* – *Oleatum sylvestris* [190].

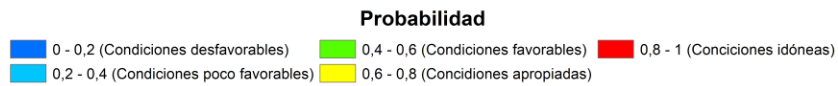
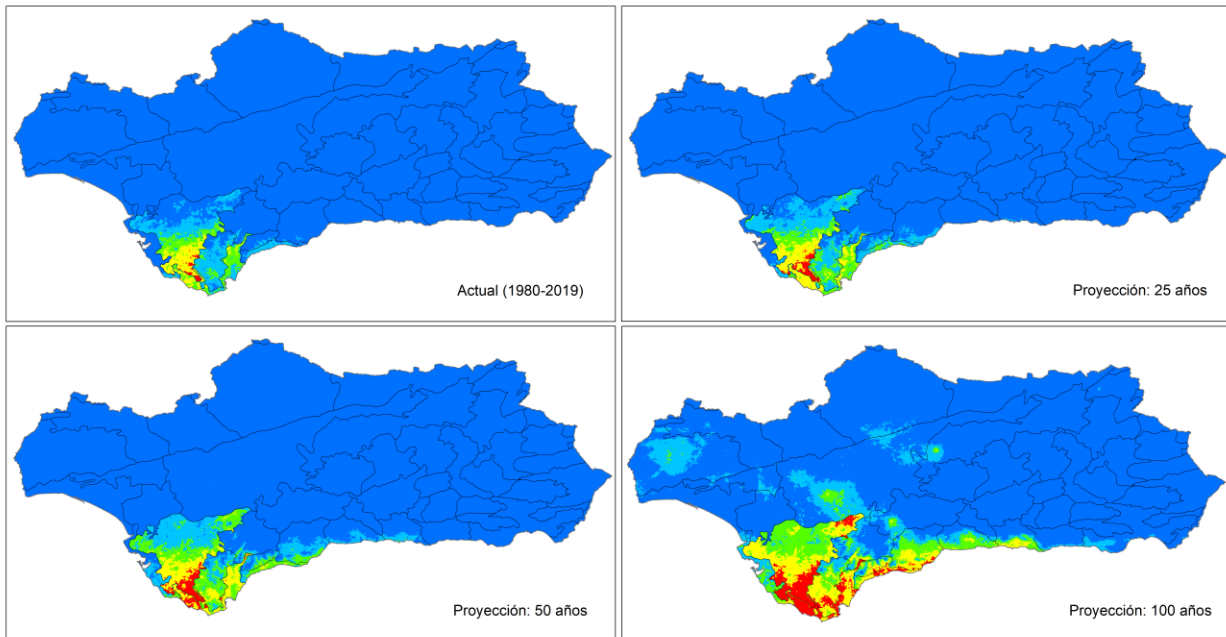
Estos acebuchares, de distribución Jerezano – Asidonense, sobre vertisoles, presentan en la actualidad, una superficie con condiciones favorables para su desarrollo de unos 2227.7 Km<sup>2</sup>, lo que supone el 2.54% de la superficie de Andalucía.

Los modelos proyectados para los diferentes escenarios, muestran un aumento de la superficie con condiciones favorables para este hábitat. Para el escenario a 100 años, el área con probabilidad de hábitat superior a 0.4, supondrá el 11.24% del territorio Andaluz **Tabla 23**, incrementándose por todo el distrito Jerezano – Asidonense **Figura 67**.

El aumento del área favorable, se muestra correlacionado con la tendencia positiva de las temperaturas, las cuales, favorecerían los fenómenos de contracción en la época seca, y de expansión en la época lluviosa. Los suelos arcillosos cuando el régimen de lluvias es suficiente, presentan más humedad y durante más tiempo, por lo que este fenómeno de expansión y retracción se reduce en gran medida, mitigando los daños a los sistemas radiculares de los fanerófitos (razón por la que los quejigares y encinares de la zona, puedan desarrollarse también sobre suelos bastante arcillosos.

9320 *Aro neglecti-Oleetum sylvestris*

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 67:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los acebuchares verticales de *Aro neglecti – Oleetum sylvestris*.

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 23:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los acebuchares verticales (Formaciones de *Olea europea* subsp. *sylvestris*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía

Probabilidades	Proyecciones		TcOs
Condiciones desfavorables (0 - 0,2)	Actual	Área	82403,76
		%	94,07
	25	Área	80814,57
		%	92,26
	50	Área	78830,55
		%	89,99
	100	Área	70288,86
		%	80,24
Condiciones poco desfavorables (0,2 - 0,4)	Actual	Área	2967,6
		%	3,39
	25	Área	3581,19
		%	4,09
	50	Área	3886,41
		%	4,44
	100	Área	7467,62
		%	8,52
Condiciones favorables (0,4 - 0,6)	Actual	Área	1235,26
		%	1,41
	25	Área	1711,51
		%	1,95
	50	Área	2723,22
		%	3,11
	100	Área	4369,35
		%	4,99
Condiciones apropiadas (0,6 - 0,8)	Actual	Área	904,38
		%	1,03
	25	Área	1255,44
		%	1,43
	50	Área	1637,28
		%	1,87
	100	Área	3738,32
		%	4,27
Condiciones idóneas (0,8 - 1)	Actual	Área	88,01
		%	0,1
	25	Área	236,3
		%	0,27
	50	Área	521,55
		%	0,6
	100	Área	1734,84
		%	1,98



1.5.3.4. 9330: Bosques de *Quercus suber* (alcornocales).

Las formaciones dominadas por *Quercus suber*, presentan una distribución Iberoatlántica, con irradiaciones puntuales hacia zonas del norte de África (Marruecos, Argelia, Túnez), Levante español, sur de Francia, así como las islas de Mediterráneo centro – oriental e Italia. Si bien no son muy exigentes frente al ombrotipo, con alcornocales presentes en zonas con un Io de 3, siempre y cuando haya compensación edáfica, hasta alcornocales subhúmedos superiores – húmedos, si suelen alejarse de áreas con Ic altos, donde es raro encontrar alcornocales en territorio de Ic superior a 18.

También presentan apetencias por los suelos libres de carbonatos, y si aparecen sobre suelos calizos, es en lugares con altas precipitaciones y temperaturas que permitan una catalización y neutralización de los carbonatos. **Tabla 24** muestra la caracterización promedio de los alcornocales presentes en Andalucía.

**Tabla 24:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Quercus suber* presentes en Andalucía. AdQs = *Adenocarpus decorticans* – *Quercetum suberis*, AnQs = *Aro neglecti* – *Quercetum suberis*, CsQs = *Centaureo sempervirentis* – *Quercetum suberis*, LvQs = *Lavandulo viridis* – *Quercetum suberis*, OsQs = *Oleo sylvestris* – *Quercetum suberis*, ShQs = *Sanguisorbo hybridae* – *Quercetum suberis*

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)						
	AdQs	AnQs	CsQs	LvQs	OsQs	ShQs	TbQs
Rel C/N	12,610	11,820	11,900	13,340	12,780	12,920	14,850
	±0,28	±0,41	±0,28	±0,33	±0,35	±0,11	±0,3
Fósforo (mg/Kg)	15,820	15,890	12,750	7,130	11,040	11,870	8,240
	±3	±1,3	±1,84	±0,94	±1,08	±0,65	±0,92
CaCO <sub>3</sub> (g/Kg)	111,780	71,750	121,990	42,680	94,950	40,040	83,610
	±20,38	±18,41	±25,01	±6,87	±15,51	±3,74	±8,02
Potasio (mg/Kg)	231,710	275,820	253,420	195,310	230,140	280,900	240,680
	±17,17	±23,74	±16,33	±13,94	±16,47	±6,93	±8,77

## 1.5. Resultados y discusión.

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)						
	AdQs	AnQs	CsQs	LvQs	OsQs	ShQs	TbQs
pH	6,640	7,090	6,770	6,000	6,810	6,250	6,210
	±0,09	±0,17	±0,16	±0,08	±0,14	±0,03	±0,09
Nitrógeno (g/Kg)	1,500	1,140	1,800	1,860	1,230	2,080	1,880
	±0,08	±0,07	±0,1	±0,08	±0,07	±0,05	±0,06
CIC (cmol/Kg)	16,950	12,080	17,930	9,270	13,480	12,120	13,760
	±0,66	±1,13	±1,38	±0,31	±1,11	±0,31	±0,67
Fragmentos gruesos	27,170	10,430	24,930	21,350	12,630	26,720	22,670
	±0,61	±0,9	±0,85	±1,07	±1,12	±0,38	±0,88
Arcilla	23,760	18,550	27,050	20,810	16,710	19,260	23,450
	±1,02	±2,2	±1,3	±0,65	±1,69	±0,3	±0,54
Limo	39,000	23,370	40,280	35,130	25,130	37,780	33,060
	±1,56	±1,72	±0,85	±0,79	±2,05	±0,28	±0,71
Arena	37,240	58,070	32,670	44,060	58,150	42,960	43,490
	±2,13	±3,66	±1,28	±1,27	±3,6	±0,45	±1,1
PEs	117,480	127,770	124,250	128,920	128,580	131,040	129,730
	±2,55	±2,23	±1,53	±1,61	±1,52	±0,58	±0,88
PE	702,750	831,760	739,630	820,190	839,460	776,780	807,850
	±16,16	±8,36	±10,52	±3,5	±6,48	±3,43	±8,8
Iar	0,930	1,310	0,850	1,150	1,370	0,920	0,850
	±0,04	±0,06	±0,04	±0,06	±0,05	±0,02	±0,05
IH	8,080	-22,360	20,000	-6,550	-24,440	10,800	27,110
	±4,08	±3,78	±5,02	±5,43	±4,41	±1,73	±6,23
Ioe	1,080	0,770	1,200	0,930	0,750	1,100	1,270
	±0,04	±0,04	±0,05	±0,05	±0,04	±0,02	±0,06
Ios1	0,220	0,530	0,210	0,310	0,400	0,270	0,300
	±0,03	±0,04	±0,03	±0,03	±0,02	±0,01	±0,02
Ios2	0,250	0,440	0,270	0,290	0,330	0,290	0,280
	±0,02	±0,04	±0,01	±0,01	±0,02	±0,01	±0,01
Ios3	0,400	0,580	0,460	0,470	0,470	0,570	0,430
	±0,03	±0,04	±0,02	±0,01	±0,03	±0,01	±0,01
Ios4	1,140	0,810	1,170	0,910	0,770	1,230	0,990
	±0,04	±0,04	±0,04	±0,04	±0,03	±0,02	±0,04
Ic	17,270	14,230	17,480	15,470	13,810	17,750	15,760
	±0,14	±0,36	±0,1	±0,3	±0,23	±0,05	±0,3
Io	4,650	3,090	5,040	3,790	3,000	4,620	5,190
	±0,2	±0,15	±0,22	±0,23	±0,18	±0,07	±0,27
Tp	1640,070	2085,510	1763,690	2027,540	2112,640	1863,480	1991,370
	±53,74	±19,57	±32,78	±10,3	±16,28	±10,27	±29,06

**Capítulo 1. Memoria.**

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)						
	AdQs	AnQs	CsQs	LvQs	OsQs	ShQs	TbQs
Itc	261,080	399,500	292,300	364,300	404,310	304,280	349,070
	±16,84	±5,1	±8,94	±4,32	±4,79	±2,94	±8,62
SHANNON TOTAL	3,460	3,150	3,920	3,740	3,420	3,300	3,590
	±0,17	±0,32	±0,16	±0,22	±0,16	±0,11	±0,1
SHANNON CARACTERÍSTICAS	1,270	1,600	1,790	1,810	2,020	1,570	2,110
	±0,16	±0,24	±0,15	±0,22	±0,2	±0,08	±0,13
QUERCO-FAGETEA	0,080	0,030	0,170	0,080	0,030	0,150	0,070
	±0,05	±0,02	±0,06	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02
QUERCETEA ILICIS	1,270	1,600	1,790	1,810	2,020	1,570	2,110
	±0,16	±0,24	±0,15	±0,22	±0,2	±0,08	±0,13
JUNIPERO-PINETEA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	±0	±0	±0	±0	±0	±0	±0
FESTUCETEA INDIGESTAE	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
	±0	±0	±0	±0	±0	±0	±0,01
DIV. CAR/DIV TOTAL	0,370	0,500	0,460	0,460	0,580	0,480	0,580
	±0,05	±0,06	±0,03	±0,04	±0,04	±0,02	±0,03
N° de TAXONES	14,560	14,530	22,040	21,890	15,860	15,960	16,490
	±1,89	±2,87	±2,17	±2,97	±1,85	±1,11	±1,13

a) (AdQs) *Adenocarpus decorticans* – *Quercetum suberis* [207].

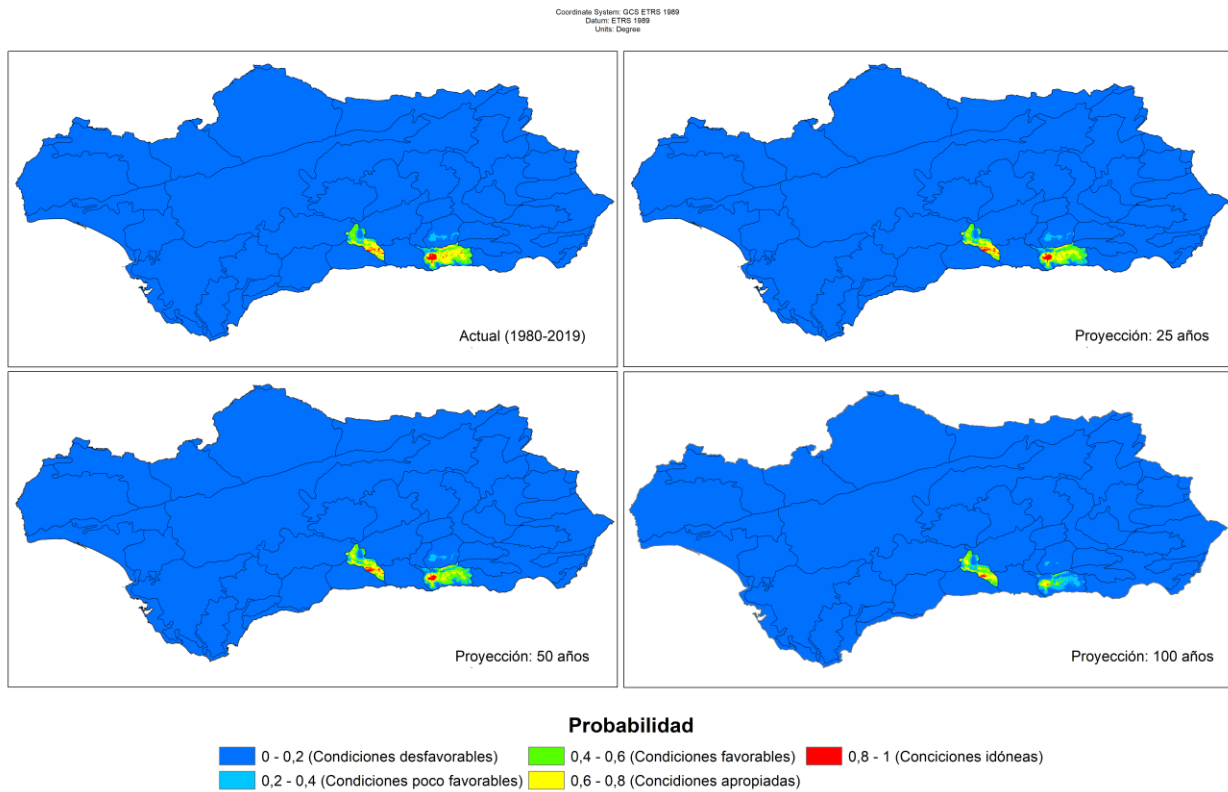
De distribución Alpujarreño – Almiejarense, estos alcornocales, presentan una extensión con condiciones favorables ( $p > 0.4$ ) de 1073.5 Km<sup>2</sup>, lo que representa una ocupación del 1.23% de la superficie de Andalucía.

Los modelos de proyección de los escenarios a 25, 50 y 100 años, muestran un mantenimiento de las áreas adecuadas para este alcornocal en el distrito Serrano Almiejarense y Trevenquino. Sin embargo, en las formaciones presentes en el distrito Alpujarreño, se estiman importantes reducciones de áreas con probabilidad mayor a 0.4 de idoneidad. Esta reducción de área favorable, localizada en esas zonas, se estima en un 7.04%, 13,03% y 53.73% para los escenarios a 25, 50 y 100 años respectivamente

**Tabla 25.**

Es reducción de área favorable al alcornocal, puede hacer que éstas sean ocupadas por encinares afines al *Adenocarpus decorticans* – *Quercetum rotundifoliae* en aquellas zonas donde los incrementos de temperatura no sean tan crecientes, o con más seguridad, por otros encinares más termófilos con una cohorte de especies vegetales diferente.

9330 *Adenocarpus decorticans-Quercetum suberis*



**Figura 68:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornocales de *Adenocarpus decorticans* – *Quercetum suberis*.

b) (AnQs) *Aro neglecti* – *Quercetum suberis*. [15]

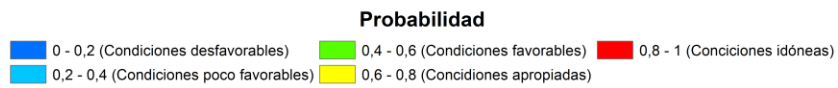
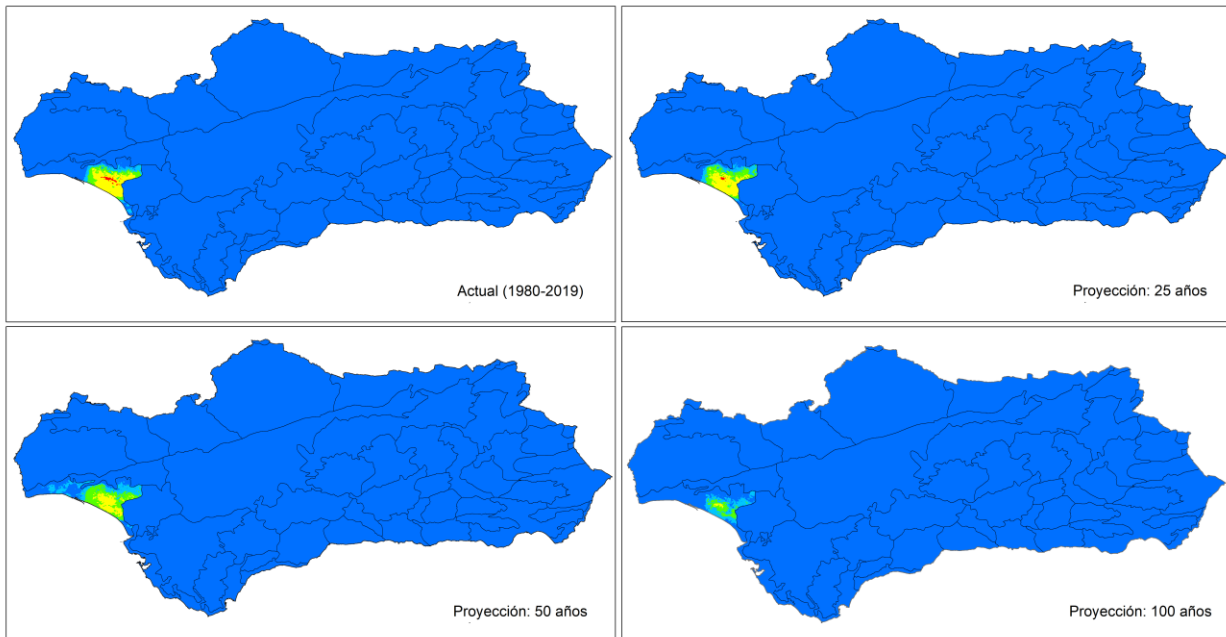
En este hábitat se engloban a los bosques de *Quercus suber* que crecen sobre arenosoles y paleodunas consolidadas del Sector Gaditano – Onubense litoral, las cuales, gracias a la cercanía del nivel freático a la superficie, aporta la humedad necesaria para su desarrollo en ambientes con un I<sub>o</sub> menor a 3.6 (seco).

El modelo proyectado de idoneidad de hábitat para este alcornocal, estima en 868.47 Km<sup>2</sup> el área favorable para este hábitat, lo que supone el 1% de la superficie de Andalucía **Tabla 25**. Los modelos a 25, 50 y 100 años, plantean una pérdida considerable de las áreas favorables para el desarrollo de este hábitat, reduciéndose esta área en más de un 75% para dentro de 100 años **Figura 69**.

La peculiaridad edáfica de estos bosques impide que, como en otras ocasiones, se establezcan bosques de *Quercus rotundifolia*. La escasa retención de humedad de los suelos arenosos, sumado a las fluctuaciones del nivel freático, influencia de la maresía, o la introgresión de agua con altos niveles de sales, haría que las especies características puedan verse compitiendo en desventaja frente a otras especies mejor adaptadas a esta xericidad como con las comunidades de *Juniperus turbinata*, o por especies propias de los pinares de *Pinus pinea*, especies, por otro lado, comunes en este alcornocal.

9330 *Aro neglecti-Quercetum suberis*

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 69:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornoques de *Aro neglecti* – *Quercetum suberis*.

c) (CsQs) *Centaureo sempervirentis* – *Quercetum suberis* [204].

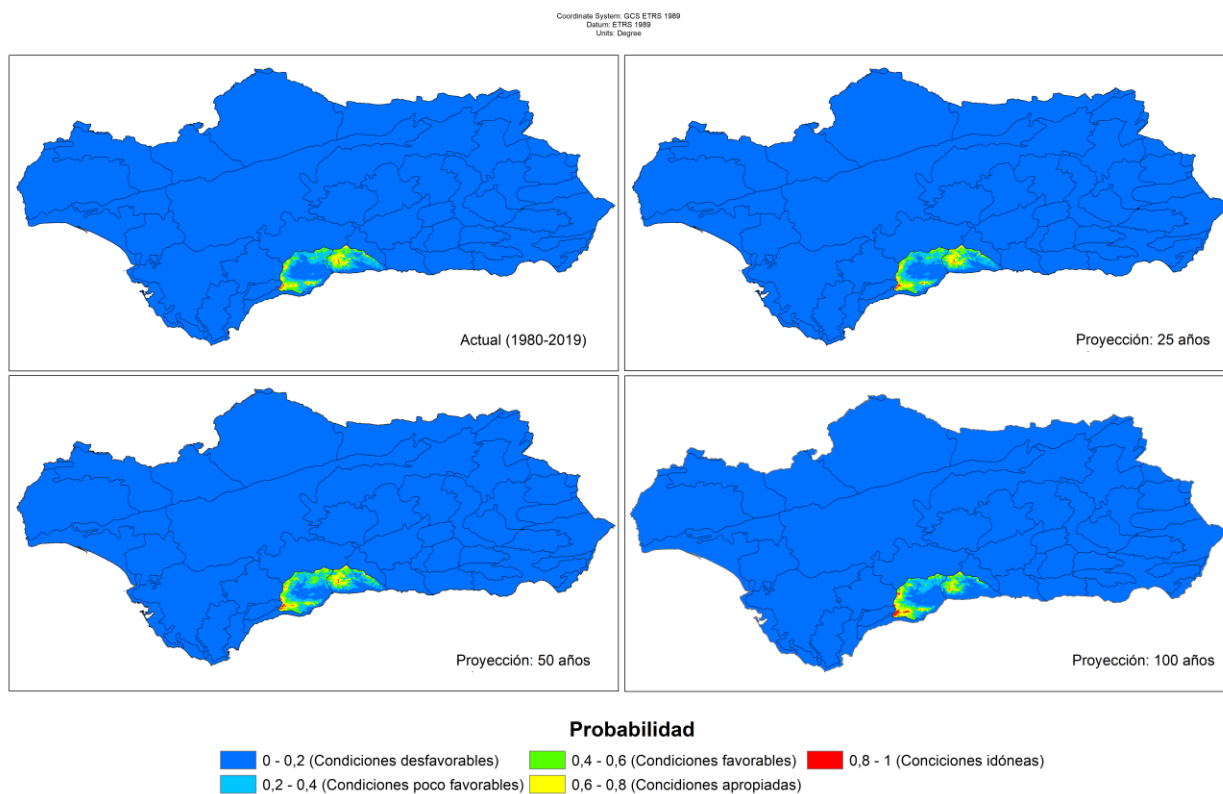
Alcornocal de distribución Axarquense y Antequerano, de matiz calcóade. La superficie estimada actual con unas condiciones favorables, con una probabilidad de idoneidad de hábitat mayor a 0.4, es unos 755 Km<sup>2</sup>. Lo que representa el 0.87% de la superficie de Andalucía **Tabla 25**. El área de idoneidad de hábitat de estos alcornocales, parece mantenerse más o menos estable en el tiempo.

Los modelos para los escenarios a 25, 50 y 100 años, indican que el área disponible, aumentaría hasta en un 23.41% en 50 años vista, mientras que, a 100 años, se mantendría más o menos como en la actualidad **Figura 70**.

El aumento de áreas favorables a este hábitat, sobre todo en aquellos lugares donde la vegetación climatófila es un quejigar, en este caso, el *Vinco difformis* – *Quercetum fagineae*, coincide en gran medida, con la reducción del área favorable al quejigar, por lo que todo apunta a que la competencia por estas nuevas áreas, haría desplazarse al quejigar, en beneficio de este alcornocal.



9330 *Centaureo sempervirentis-Quercetum suberis*



**Figura 70:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornoques de *Centaureo sempervirentis* – *Quercetum suberis*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

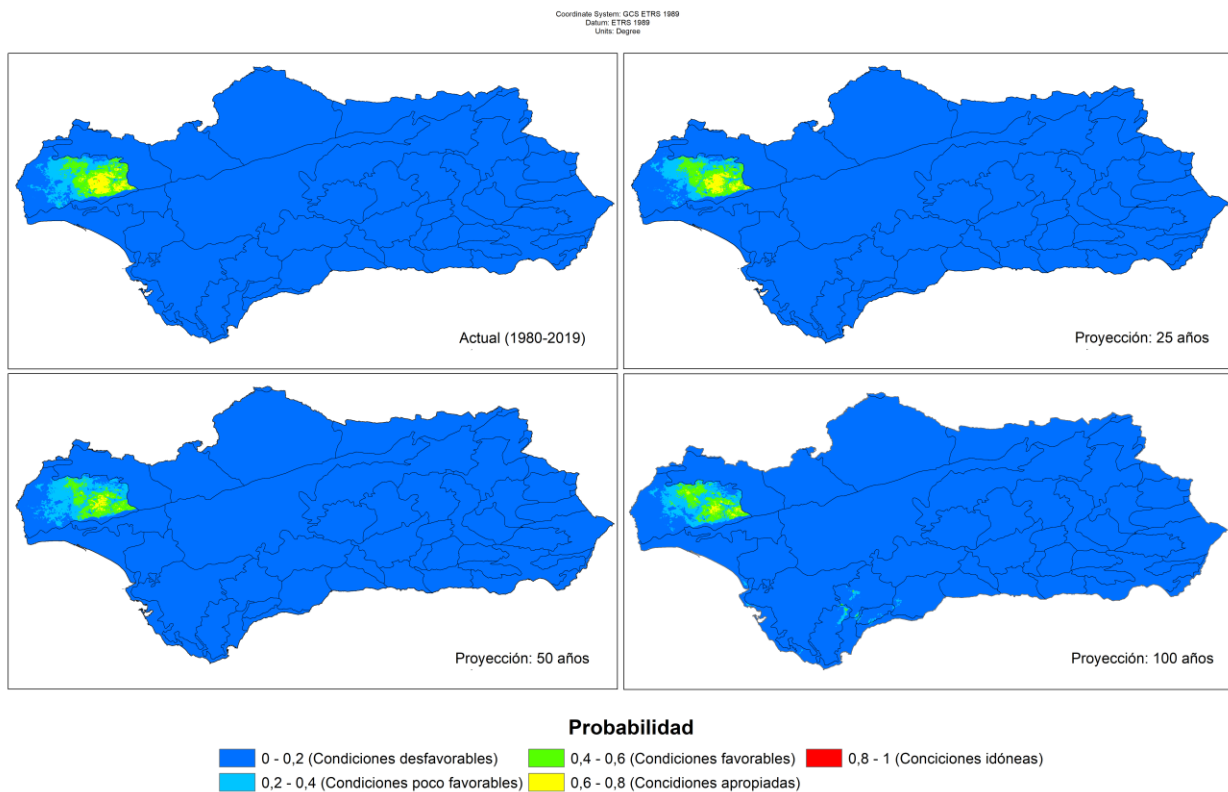
d) (LvQs) *Lavandulo viridis* – *Quercetum suberis* [203].

Alcornocal de reciente descripción para las zonas del sur de Portugal Mariánico – Monchiquenses e irradiando hasta el distrito Andevalense y Serrano Aracense en su límite más oriental, en la actualidad, para Andalucía, la superficie favorable para el establecimiento de este alcornocal es de unos 1569.3 Km<sup>2</sup>, lo que supone el 1.79% de la superficie total **Tabla 25**.

Los modelos proyectan un descenso importante del área favorable a este alcornocal, tanto es así que se estima una reducción de un 9.41% para los próximos 25 años, un 32.33% del área respecto al área favorable, para dentro de 100 años, siendo la representación de áreas idóneas (p superior a 0.8) prácticamente inexistentes **Figura 71**.

La tendencia positiva en el Ic, así como de la Tp y de la PES, parecen ser el factor que en mayor medida condiciona esta pérdida en la superficie favorable para este hábitat, cuya composición florística parece ser que vaya a ser sustituida por especies propias del encinar *Myrto communis* – *Quercetum rotundifoliae*, en aquellos casos donde la PES se incremente. En aquellos lugares aún con un Io o compensación edáfica suficiente, estos alcornocales podrían mantenerse, asemejándose a los alcornocales más termófilos de *Oleo sylvestris* – *Quercetum suberis*.

9330 *Lavandulo viridis-Quercetum suberis*



**Figura 71:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornocales de *Lavandulo viridis* – *Quercetum suberis*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

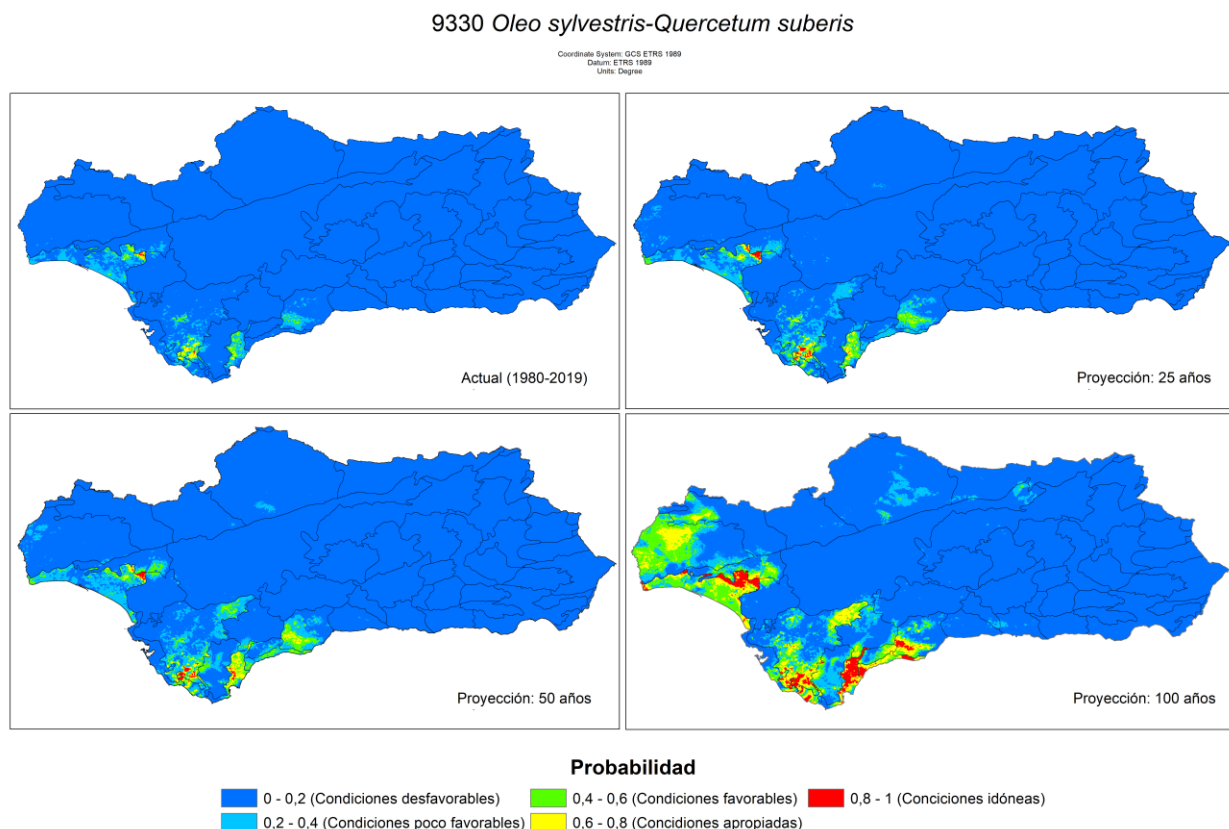
e) (OsQs) *Oleo sylvestris* – *Quercetum suberis* [187].

Bajo esta denominación se incluyen a aquellas formaciones de *Quercus suber* de carácter fuertemente termófilo, desarrollados sobre areniscas silíceas duras u otros materiales de naturaleza ácida del Sector Gaditano – Onubense litoral, contactando en muchos casos con el alcornocal de *Aro neglecti* - *Quercetum suberis*, cuya composición florística es algo diferente, zonas basales y térmicas del Sector Aljábico, y puntualmente en los afloramientos de areniscas del distrito Bajo Campiñés. También aparecen en las zonas basales propicias del distrito Hoyano Malagueño, presentando unas marcadas diferencias florísticas respecto al hábitat típico.

Estos bosques suponen los alcornocales distribuidos por las zonas con menos  $I_o$  **Tabla 24**. Por lo que aparecen en lugares en los que además existe una compensación edáfica.

El área actual proyectada para este hábitat es de unos 670.44 Km<sup>2</sup>, lo que supone el 0.77% de la superficie de Andalucía. La proyección a futuro de este alcornocal indica una expansión de las áreas susceptibles de albergar estas formaciones, bastante más termófilas que el resto de alcornocales **Figura 72**. Los modelos estiman que la superficie favorable para 100 años se incrementará en un 1325.8%, pasando a ocupar unos 9559 Km<sup>2</sup> **Tabla 25**, sin embargo, un análisis más profundo de estos resultados, hace indicar, que debido en gran parte a la dependencia de la compensación edáfica de este hábitat, la cual no se ha modelado para el presente análisis, este incremento de área solamente sería efectivo en aquellos lugares con  $I_o$  en torno a 3, donde además

de las condiciones geológicas apropiadas, aparezcan fenómenos de compensación edáfica. Analizando diferentes modelos, podrían ocurrir varios escenarios diferentes. Las formaciones de *Quercus suber* persistentes en el distrito Andevalense, más termófilas tendrían más similitudes con el *Oleo sylvestris – Quercetum suberis*, que con el *Lavandulo viridis – Quercetum suberis*. En esas mismas zonas, la desaparición paulatina del alcornocal, daría paso al establecimiento de un encinar de *Myrto communis – Quercetum rotundifoliae*. En el resto de lugares, la sustitución por un encinar termófilo afín al *Myrto communis – Quercetum rotundifoliae* parece plausible



**Figura 72:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornocales de *Oleo sylvestris – Quercetum suberis*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

f) (ShQs) *Sanguisorbo hybridae* – *Quercetum suberis* [197].

Alcornocal de distribución Cordillerano Mariánico, representa al hábitat de alcornocal con una mayor extensión en Andalucía. Los modelos de proyección de idoneidad de hábitat actuales, estiman un área favorable para este hábitat de unos 4402.5 Km<sup>2</sup> lo que supone una ocupación del 5.03% de la superficie de Andalucía

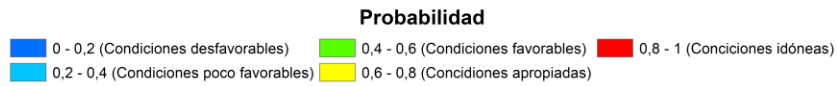
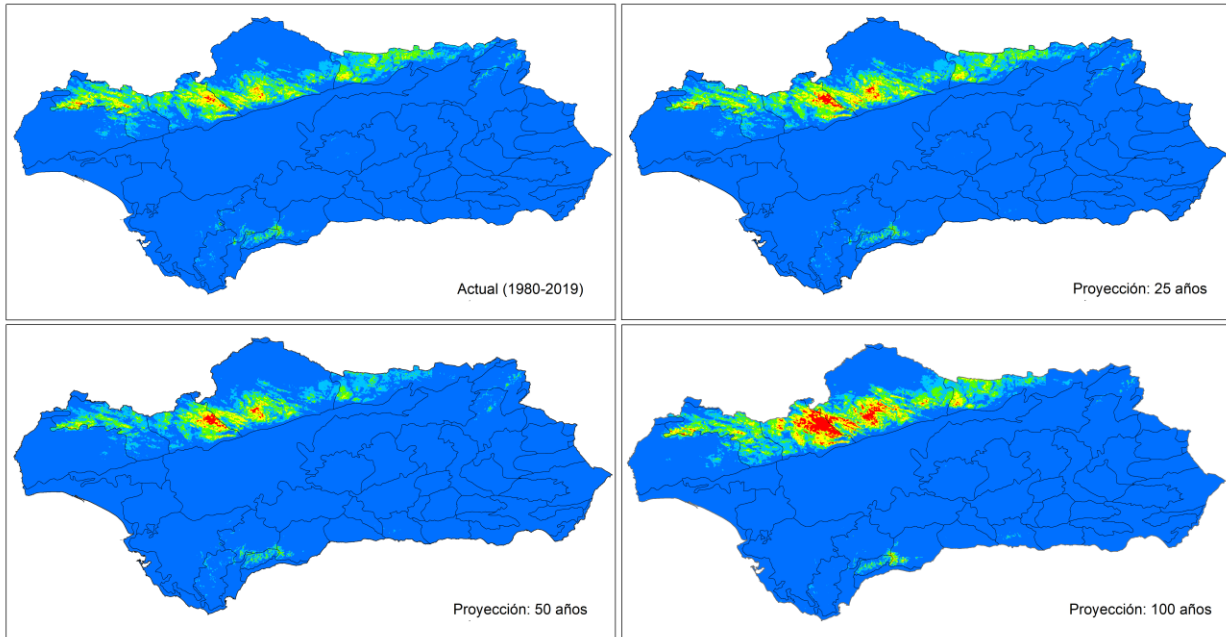
### Tabla 25.

La proyección de los diferentes escenarios, estiman un aumento del área, aunque no lineal, puesto que las tendencias de los diferentes índices bioclimáticos, presentan diferentes tasas de cambio. No obstante, para el escenario más lejano, a 100 años vista, se estima un aumento del área favorable a este hábitat en un 36.96%, llegando a ocupar el 6.88% del área de Andalucía **Figura 73**.

Este incremento del área disponible, parece superponerse con la disminución del área disponible para los quejigares de *Pistacio terebinthi* – *Quercetum broteroi*, y *Pyro bourgaeanae* – *Quercetum broteroi*, así como con los quejigares morunos de *Doronico plantagineae* – *Quercetum suberis* y *Euphorbio monchiquensis* – *Quercetum canariensis*.

9330 *Sanguisorbo hybridae-Quercetum suberis*

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 73:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornocales de *Sanguisorbo hybridae – Quercetum suberis*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

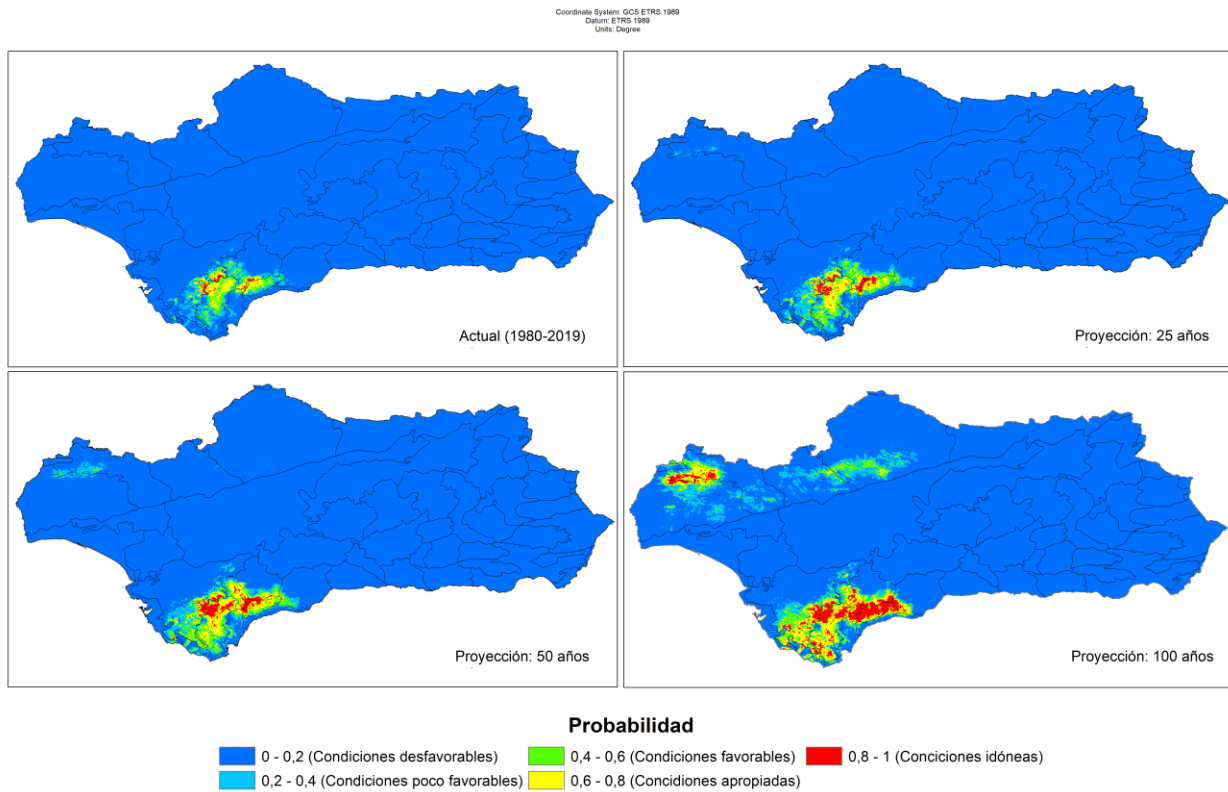
g) (TbQs) *Teucrio baetici* – *Quercetum suberis* [202].

Alcornocal de distribución Aljábica, con irradiaciones más o menos importantes hacia el distrito Bermejense y Serrano Arundense. La superficie estimada de idoneidad de hábitat actual, es de unos 1572 Km<sup>2</sup>, con un área con probabilidad de idoneidad de hábitat superior a 0.8 de unos 109 Km<sup>2</sup> **Tabla 25**. Los modelos proyectados sobre los diferentes escenarios, estiman un aumento en la extensión de estos alcornocales, llegando a duplicar el área con condiciones favorables en el escenario a 100 años. La comparación entre las salidas del modelo para este hábitat, y los modelos de otros hábitats cercanos, parece apuntar que este alcornocal, podría expandirse en aquellas zonas de quejigar, y puntualmente en el pinsapar.

El escenario a 100 años, proyecta para las zonas del norte de Huelva, áreas favorables para el establecimiento de este alcornocal **Figura 73**, esas áreas se corresponden en la actualidad con bosques de *Quercus broteroi*, y puntualmente que *Quercus pyrenaica* y *Quercus canariensis*. Lo que parece indicar, que, en esos lugares, podría establecerse un alcornocal similar en su composición florística sustituyendo a estas formaciones más estenoicas desde el punto de vista de las condiciones bioclimáticas de la zona.



9330 *Teucrio baeticae-Quercetum suberis*



**Figura 74:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornocales de *Teucrio baetici* – *Quercetum suberis*.

**Tabla 25:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los alcornocales (Formaciones de *Quercus suber*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía

Probabilidades	Proyecciones	AdQs	AnQs	CsQs	LvQs	OsQs	ShQs	TbQs	
Condiciones desfavorables (0 - 0,2)	Actual	Área	86197,63	86475,18	85987,83	84681,37	84581,25	77769,23	84623
		%	98,4	98,72	98,16	96,67	96,56	88,78	96,6
	25	Área	86238,41	86519,41	85934,77	84935,75	82200,32	77553,86	83587,01
		%	98,45	98,77	98,1	96,96	93,84	88,53	95,42
	50	Área	86289	86219,04	85815,8	84822	80397,84	79739,52	82608,6
		%	98,5	98,42	97,96	96,83	91,78	91,03	94,3
	100	Área	86634,3	86926,97	86117,94	84883,03	71437,1	76673,82	77777,13

## 1.5. Resultados y discusión.

		%	98,9	99,23	98,31	96,9	81,55	87,53	88,79
Condiciones poco desfavorables (0,2 - 0,4)	Actual	Área	327,88	255,35	855,56	1348,3	2347,32	5427,26	1403,67
		%	0,37	0,29	0,98	1,54	2,68	6,2	1,6
	25	Área	362,64	260,48	856,09	1241,63	3883,74	5317,85	1679,8
		%	0,41	0,3	0,98	1,42	4,43	6,07	1,92
	50	Área	376,35	530,51	850,51	1725,97	4748,59	4877,9	1880,4
		%	0,43	0,61	0,97	1,97	5,42	5,57	2,15
100	Área	464,09	456,48	727,39	1654,06	6602,63	4895,5	3990,15	
	%	0,53	0,52	0,83	1,89	7,54	5,59	4,56	
Condiciones favorables (0,4 - 0,6)	Actual	Área	438,52	280,38	471,52	1081,01	470,72	3144,6	834,86
		%	0,5	0,32	0,54	1,23	0,54	3,59	0,95
	25	Área	493,36	372,1	495,57	1071,55	1046,51	3152,2	1143,45
		%	0,56	0,42	0,57	1,22	1,19	3,6	1,31
	50	Área	506,28	544,4	588,35	919,24	1696,08	2002,02	1373,24
		%	0,58	0,62	0,67	1,05	1,94	2,29	1,57
100	Área	296,74	193,44	435,34	937,81	5403,46	3128,31	2100,19	
	%	0,34	0,22	0,5	1,07	6,17	3,57	2,4	
Condiciones apropiadas (0,6 - 0,8)	Actual	Área	547,58	554,48	267,29	487,17	181,23	1180,78	628,16
		%	0,63	0,63	0,31	0,56	0,21	1,35	0,72
	25	Área	429,06	437,55	291,88	349,81	353,97	1366,43	892,62
		%	0,49	0,5	0,33	0,4	0,4	1,56	1,02
	50	Área	361,66	305,06	320,53	131,79	609,14	820	1200,59
		%	0,41	0,35	0,37	0,15	0,7	0,94	1,37
100	Área	189,81	22,11	271,27	124,09	3015,36	2041,38	2192,27	
	%	0,22	0,03	0,31	0,14	3,44	2,33	2,5	
Condiciones idóneas (0,8 - 1)	Actual	Área	87,39	33,61	16,81	1,15	18,49	77,13	109,32
		%	0,1	0,04	0,02	0	0,02	0,09	0,12
	25	Área	75,53	9,46	20,7	0,27	114,45	208,65	296,12
		%	0,09	0,01	0,02	0	0,13	0,24	0,34
	50	Área	65,72	0	23,79	0	147,35	159,56	536,17
		%	0,08	0	0,03	0	0,17	0,18	0,61
100	Área	14,06	0	47,05	0	1140,45	859,98	1539,26	
	%	0,02	0	0,05	0	1,3	0,98	1,76	

**1.5.3.5. 9340: Bosques de *Quercus ilex* y *Quercus rotundifolia*.**

Hábitat de gran importancia, ya no solo para Andalucía, sino para toda la península ibérica, puesto que es el tipo de vegetación dominante no solo en la península ibérica, si no prácticamente en todo el arco mediterráneo. Estas formaciones suponen la vegetación climatófila típica del bioclima Mediterráneo Pluviestacional Oceánico en la península ibérica. En el área de estudio, se han identificado o descrito 9 tipos de encinar climatófilos los cuales presentan combinaciones florísticas diferentes, que se adaptan a todos los materiales geológicos, desde básicos, (salvo en sobre dolomías y peridotitas) hasta silíceos de diversa índole.

También se distribuyen por una amplia diversidad bioclimática, encontrando encinales climatófilos desde el Termomediterráneo inferior, hasta el Supramediterráneo superior y en pisos ombroclimáticos desde el Seco inferior, hasta el Subhúmedo inferior. Aunque también aparecen formaciones de carácter edafoxerófilo en aquellos lugares más lluviosos bajo ombroclima Húmedo. Un resumen de los promedios bioclimáticos de los encinares presentes en Andalucía se puede encontrar en la tabla

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)								
	AaQr	AdQr	BhQr	McQr	PcQr	PbQr	RIQr	RoQr	RpQr
Rel C/N	11,75	12,35	12,64	11,68	12,03	12,08	11,62	12,33	12,81
	±0,31	±0,12	±0,09	±0,18	±0,07	±0,08	±0,41	±0,22	±0,26
Fósforo (mg/Kg)	14,97	15,51	15,87	10,15	12,89	13,75	12,46	12,71	17,51
	±0,91	±0,74	±0,61	±0,63	±0,35	±0,48	±2,36	±1,23	±1,55
CaCO <sub>3</sub> (g/Kg)	219,04	130,30	158,89	41,31	255,10	47,18	85,17	138,39	206,91
	±17,83	±9,6	±8,79	±4,28	±6,21	±3,63	±40,53	±13,11	±21,9
Potasio (mg/Kg)	297,87	214,45	211,52	246,61	249,30	285,03	251,75	279,07	262,45
	±12,31	±5,37	±4,44	±9,44	±3,22	±4,7	±29,14	±14,87	±12,32

## 1.5. Resultados y discusión.

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)								
	AaQr	AdQr	BhQr	McQr	PcQr	PbQr	RlQr	RoQr	RpQr
pH	7,74	6,76	6,86	6,35	7,36	6,39	6,61	6,94	7,09
	±0,08	±0,05	±0,04	±0,05	±0,03	±0,03	±0,22	±0,1	±0,12
Nitrógeno (g/Kg)	1,39	1,55	1,65	1,77	1,40	2,01	2,06	1,65	1,39
	±0,06	±0,08	±0,06	±0,05	±0,03	±0,03	±0,22	±0,07	±0,1
CIC (cmol/Kg)	17,76	17,50	20,88	10,99	19,82	11,64	15,18	17,53	18,36
	±0,81	±0,34	±0,29	±0,37	±0,15	±0,21	±2,08	±0,81	±1,01
Fragmentos gruesos	23,52	28,63	29,47	23,60	24,08	25,81	25,86	21,48	25,85
	±1,19	±0,41	±0,41	±0,57	±0,34	±0,31	±1,81	±1	±0,98
Arcilla	22,47	21,40	21,94	19,27	25,24	18,68	17,34	24,49	21,90
	±0,86	±0,4	±0,42	±0,46	±0,33	±0,3	±1,48	±0,87	±0,97
Limo	32,38	40,12	37,71	35,37	39,76	37,34	37,98	38,50	39,44
	±1,23	±0,4	±0,41	±0,49	±0,25	±0,26	±1,42	±0,98	±0,77
Arena	45,14	38,48	40,35	45,36	35,00	43,98	44,68	37,01	38,66
	±1,75	±0,68	±0,73	±0,81	±0,51	±0,43	±1,94	±1,56	±1,49
PEs	122,76	108,91	109,82	134,46	118,03	132,50	127,73	131,61	127,75
	±1,66	±1,14	±0,91	±0,28	±0,47	±0,35	±2,86	±0,83	±1,89
PE	716,68	638,77	641,59	830,25	700,25	786,56	761,03	818,15	764,01
	±8,19	±7,16	±5,19	±2,31	±2,69	±2,2	±16,88	±6,19	±16,43
Iar	1,40	1,00	0,94	1,33	0,98	1,02	0,91	1,10	1,43
	±0,05	±0,04	±0,03	±0,04	±0,01	±0,01	±0,11	±0,06	±0,08
IH	-26,64	8,14	11,97	-20,73	5,83	1,20	16,33	-1,53	-27,14
	±3	±3,62	±3,44	±2,68	±1,29	±1,21	±11,63	±5,06	±4,04
Ioe	0,73	1,08	1,11	0,79	1,05	1,01	1,16	0,98	0,72
	±0,03	±0,04	±0,03	±0,03	±0,01	±0,01	±0,12	±0,05	±0,04
Ios1	0,75	0,19	0,26	0,31	0,23	0,29	0,29	0,27	0,68
	±0,05	±0,02	±0,03	±0,01	±0,01	±0,01	±0,06	±0,02	±0,07
Ios2	0,78	0,24	0,29	0,28	0,27	0,31	0,32	0,26	0,70
	±0,03	±0,01	±0,02	±0,01	±0,01	±0,01	±0,05	±0,01	±0,07
Ios3	0,87	0,36	0,41	0,47	0,44	0,57	0,59	0,43	0,74
	±0,04	±0,02	±0,02	±0,01	±0,01	±0,01	±0,04	±0,01	±0,07
Ios4	1,38	1,25	1,37	0,86	1,18	1,17	1,23	0,94	1,21
	±0,05	±0,05	±0,05	±0,03	±0,01	±0,01	±0,09	±0,03	±0,07
Ic	18,18	17,03	17,14	16,23	17,52	17,62	17,59	15,92	17,15
	±0,17	±0,1	±0,09	±0,12	±0,02	±0,05	±0,26	±0,24	±0,29
Io	3,16	5,12	5,20	3,23	4,56	4,21	4,87	4,00	3,07
	±0,14	±0,22	±0,19	±0,11	±0,06	±0,05	±0,51	±0,21	±0,19
Tp	1667,42	1394,37	1404,84	2040,48	1626,35	1893,21	1821,50	2017,68	1827,04
	±25,6	±28,54	±20,87	±8,39	±8,77	±6,8	±51,58	±20,16	±54,27
Itc	256,34	122,87	141,50	360,44	245,04	312,97	292,20	354,58	309,45
	±6,81	±58,46	±48,46	±2,73	±2,55	±2,01	±15,74	±5,08	±16,19
SHANNON TOTAL	4,01	2,98	3,22	2,71	3,06	2,37	3,24	3,73	3,50

**Capítulo 1. Memoria.**

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)								
	AaQr	AdQr	BhQr	McQr	PcQr	PbQr	RIQr	RoQr	RpQr
	±0,21	±0,08	±0,07	±0,18	±0,04	±0,08	±0,55	±0,1	±0,2
SHANNON CARACTERÍSTICAS	0,97	0,86	1,01	1,45	1,35	1,15	2,10	2,47	1,91
	±0,17	±0,05	±0,06	±0,12	±0,04	±0,05	±0,48	±0,12	±0,15
QUERCO-FAGETEA	0,05	0,07	0,24	0,03	0,13	0,04	0,06	0,06	0,04
	±0,03	±0,02	±0,04	±0,01	±0,01	±0,01	±0,04	±0,02	±0,03
QUERCETEA ILICIS	0,97	0,86	1,01	1,45	1,35	1,15	2,10	2,47	1,91
	±0,17	±0,05	±0,06	±0,12	±0,04	±0,05	±0,48	±0,12	±0,15
JUNIPERO-PINETEA	0,12	0,04	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
	±0,04	±0,02	±0,02	±0	±0	±0	±0	±0	±0,01
FESTUCETEA INDIGESTAE	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	±0,01	±0,01	±0	±0	±0	±0	±0	±0	±0
DIV. CARAC/DIV TOTAL	0,26	0,30	0,32	0,52	0,45	0,50	0,63	0,66	0,56
	±0,05	±0,02	±0,02	±0,02	±0,01	±0,02	±0,08	±0,03	±0,04
Nº de TAXONES	25,12	10,72	12,54	13,91	11,36	9,74	17,78	18,82	17,34
	±3,72	±0,72	±0,69	±1,72	±0,36	±0,64	±4,64	±1,3	±2,06

## 1.5. Resultados y discusión.

---

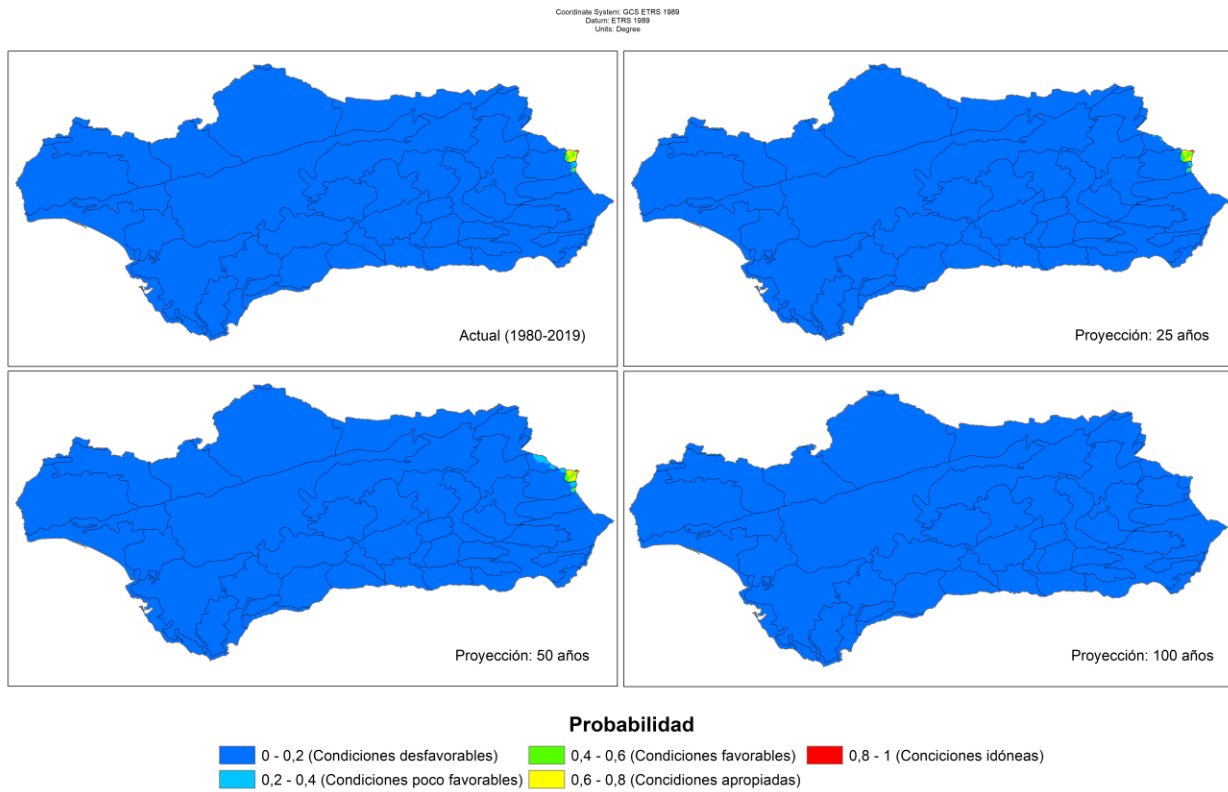
a) (AaQr) *Asparago acutifoliae* – *Quercetum rotundifoliae* [190].

Encinar de distribución manchega, alcanzando Andalucía de manera testimonial y escasa del distrito Serrano Espuñense. Este encinar, ya de por sí se encuentra el su límite sur de distribución, por lo que aparece muy empobrecido en especies características, aunque estructuralmente, estos bosques parecen bien conservados.

La proyección actual de este hábitat es de unos 125.95 Km<sup>2</sup>, representando solamente el 0.15% de la superficie de Andalucía, siendo por tanto el hábitat de encinar más escaso del área de estudio. Los modelos para los escenarios a 25, 50 y 100 años, proyectan una desaparición del área favorable a este encinar dentro de 100 años.

El área susceptible de albergar a este hábitat, podría pasar a ser favorable, a encinares próximos al *Paeonio coriacea* – *Quercetum rotundifoliae*, o lo más probable, por ser una zona limítrofe de dos provincias corológicas de un encinar con una composición florística intermedia diferente, esto podría deberse a la ligera tendencia negativa identificada para el Ic en las zonas surorientales orientales las cuales parecen tener cada vez una influencia mediterránea mayor. En aquellos entornos, donde las condiciones bioclimáticas no sean aptas para un encinar, podrían introgredirse formaciones próximas a un pinar similar al identificado para los lugares semiáridos de la zona como *Quercococciferae* – *Pinetum halepensis*.

9340 *Asparago acutifoliae-Quercetum rotundifoliae*



**Figura 75:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornocales de *Asparago acutifoliae* – *Quercetum rotundifoliae*

## 1.5. Resultados y discusión.

---

### b) (AdQr) *Adenocarpus decorticans* – *Quercetum rotundifoliae* [187]

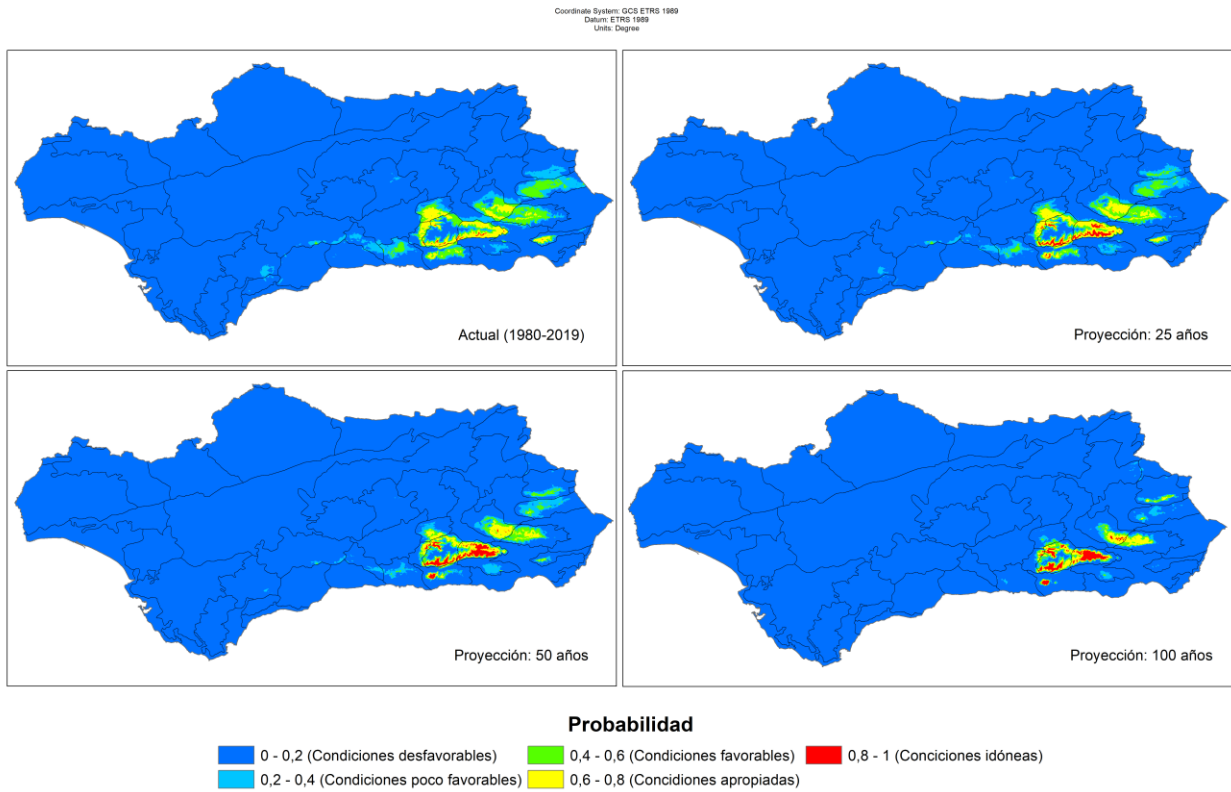
Bajo este nombre, se engloban a las formaciones de *Quercus rotundifolia* de distribución nevadense, filábrico y Serrano Basitano sobre sustratos ácidos. Los modelos proyectados de distribución de área favorable a este encinar, es de unos 3178.6 Km<sup>2</sup> lo que representa el 3.63% de la superficie de Andalucía.

La proyección en los diferentes escenarios de estas formaciones indica una regresión del área con probabilidad de idoneidad de hábitat superior a 0.4, en las cotas altitudinales más bajas, mientras que aprecia un aumento de las mismas hacia cotas más altas. Si bien la representación de áreas adecuadas para el desarrollo de estos bosques es más o menos constante, los modelos a 25, 50, y 100 años estiman pérdidas de área en 7.15%, 26.56%, 47.26% respectivamente.

Este incremento de las áreas favorables a encinar, en las cotas altas, podría favorecer la sustitución de las formaciones del cinturón termoclimático oromediterráneo de la zona, como *Genisto versicoloris* – *Cytisetum nevadensis* o *Genisto versicoloris* – *Juniperetum hemisphaericae*. Por otro lado, la pérdida de áreas favorables a este encinar en las cotas bajas, podría favorecer la introgresión y establecimiento de encinares más secos y termófilos sobre sustratos ácidos, o la expansión de la variante termófila a cotas superiores.



9340 *Adenocarpus decorticans*-*Quercetum rotundifoliae*



**Figura 76:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornoques de *Adenocarpus decorticans* – *Quercetum rotundifoliae*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

c) (BhQr) *Berberido hispanicae* – *Quercetum rotundifoliae* [187].

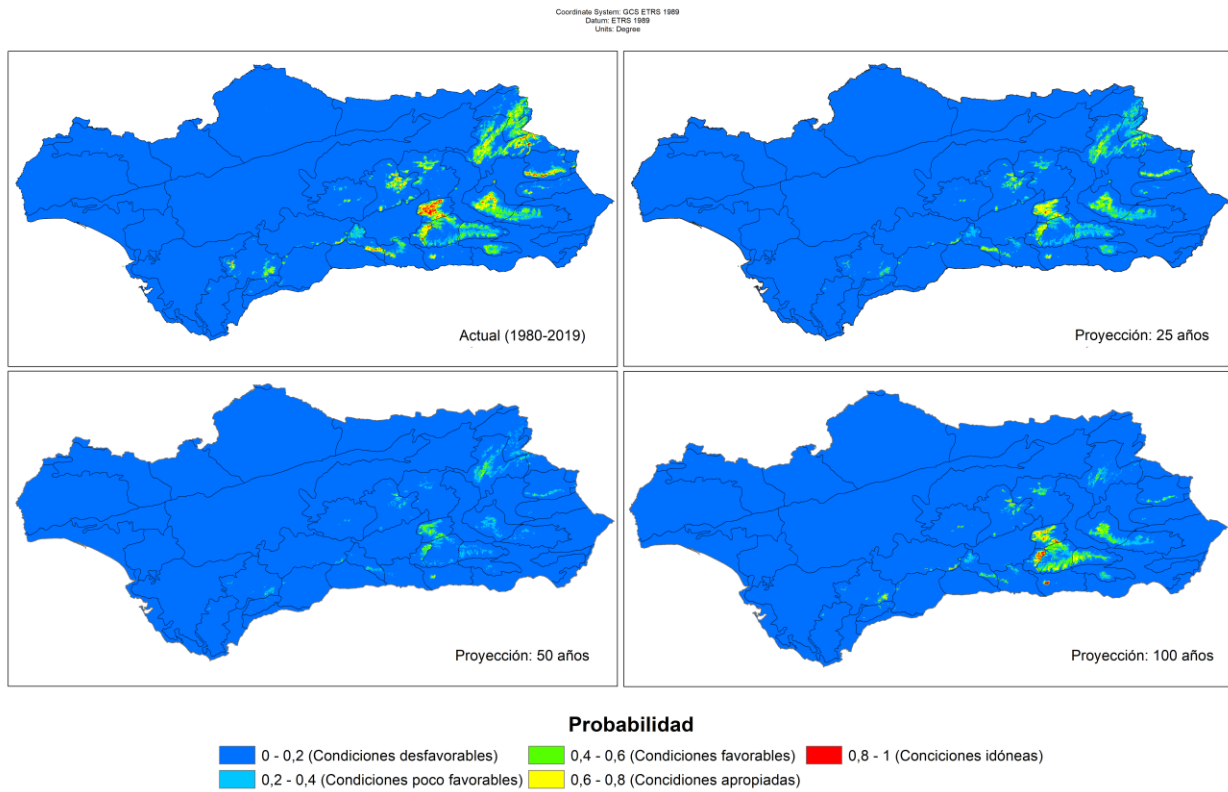
Este encinar, de distribución bética, en el piso supramediterráneo sobre sustratos calcáreos, presenta un área favorable actual de 4749.6 Km<sup>2</sup>, lo que supone el 5.61% de la superficie de Andalucía.

La proyección en los diferentes escenarios del área favorable para este hábitat, indican una pérdida de estas áreas, sólo conservándose muy puntualmente en las cumbres adecuadas para este hábitat. Estas pérdidas de área favorable a este hábitat suponen descensos de 27.86%, en el modelo a 25 años y reducciones de área favorable del 68.65% y 73.68% para las proyecciones a 50 y 100 años.

Las zonas que, en las proyecciones a futuro, ya no son adecuadas o favorables para este hábitat, podrían ser ocupadas por encinares basófilos afines al *Paeonio coriacea* – *Quercetum rotundifoliae*. O encinares con una composición florística similar. Los modelos parecen indicar que la expansión de área favorables hacia cotas más altas en las montañas béticas, no van a aparecer de manera abundante en las zonas nororientales de Andalucía, al menos en los escenarios proyectados en el presente trabajo.

Si aparecen áreas favorables a este hábitat en las zonas calcáreas altas de Sierra Nevada, y en aquellas zonas del cinturón oromediterráneo situadas más al sur en los distritos Serrano Arundense, Serrano Tejedense y Serrano Trevenquino.

9340 *Berberido hispanicae-Quercetum rotundifoliae*



**Figura 77:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornoques de *Berberido hispanicae – Quercetum rotundifoliae*

## 1.5. Resultados y discusión.

---

d) (McQr) *Myrto communis* – *Quercetum rotundifoliae* [197].

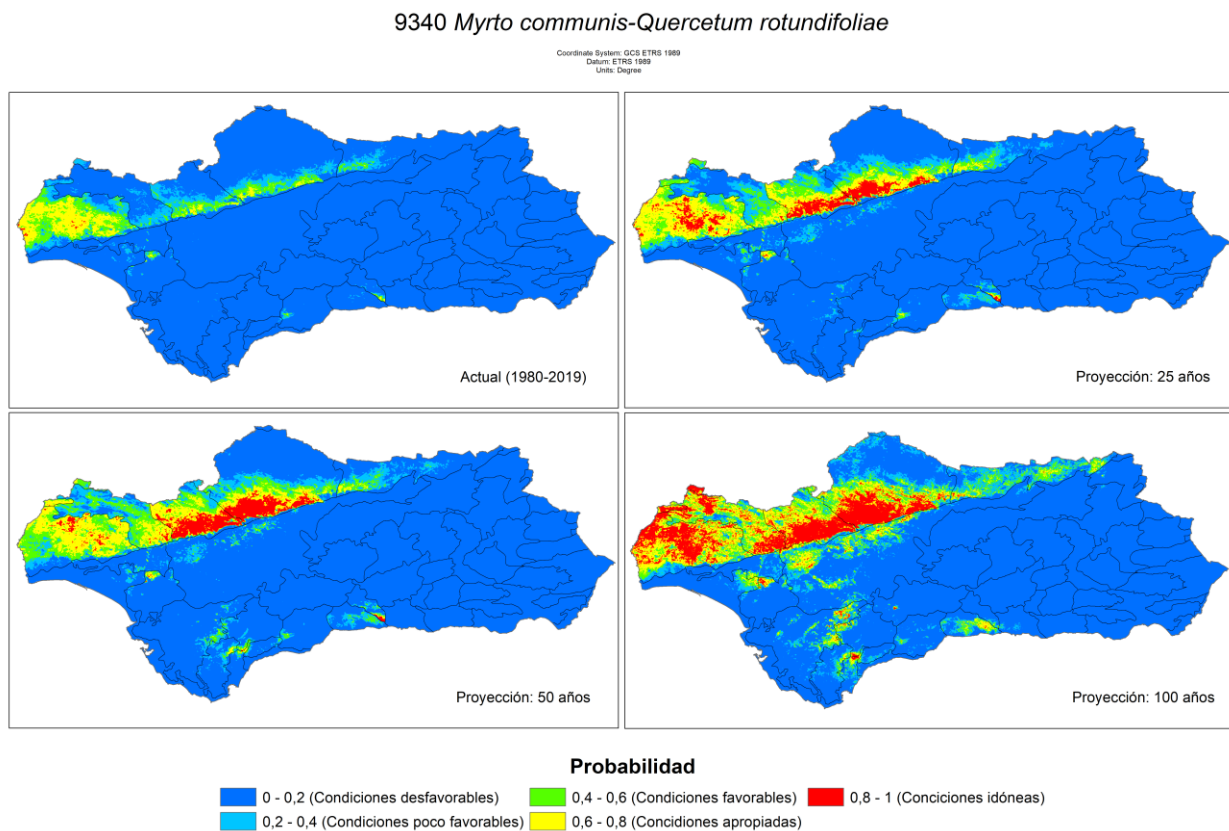
Este encinar de distribución Cordillerano Mariánico en el piso termomediterráneo sobre sustratos silíceos, muestran un área favorable estimada de unos 4915.5 Km<sup>2</sup> lo que representa un 5.61% de la superficie de Andalucía.

Debido a la tendencia positiva de las temperaturas y de los índices bioclimáticos relacionados con ellas (Itc, Pe, Pes, Tp, ...) Así como con la tendencia negativa de los índices relacionados con las precipitaciones (Io, Ios, IH, Pp, ...) Los modelos estiman un aumento bastante importante del área favorable de este encinar, tanto es así, que la proyección en 25 años estima un incremento del 105.62%, y para los escenarios a 50 y 100 años, un aumento de 138.82% y 416.74% respectivamente. Estimando una ocupación del 29% de la superficie de Andalucía en 100 años vista.

El área favorable a este encinar, aumentará en aquellas zonas ocupadas actualmente por encinares de *Pyro bourgaeanae* – *Quercetum rotundifoliae*, y alcornoques de *Sanguisorbo hybridae* – *Quercetum suberis*, y del *Lavandulo viridis* – *Quercetum suberis* pasando a ser hábitat cuya área favorable se espera que aumenta en mayor medida.

En zonas fuera de su área de distribución en los modelos proyectados, aparecen zonas en los distritos Serrano Aljibico, Bermejense y Axarquiese, donde aparecen zonas favorables a este hábitat. En la literatura científica, se citan bosques de *Quercus rotundifolia* adscribibles al *Myrto communis* – *Quercetum rotundifoliae*, en las

áreas termomediterráneas de esos lugares, sobre sustratos silíceos, pero con composiciones florísticas diferentes sobre todo en los estadios dinámicos del matorral, donde las diferencias florísticas son más notorias. Los modelos indican que el área favorable para este hábitat, o bien para un encinar muy similar, es plausible en estas áreas.



**Figura 78:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornoques de *Myrto communis- Quercetum rotundifoliae*

## 1.5. Resultados y discusión.

---

e) (PbQr) *Pyro bourgaeanae* – *Quercetum rotundifoliae* [126].

Este encinar, constituye una de las grandes cabezas de serie de vegetación de Andalucía, se distribuye por piso mesomediterráneo del Sector Cordillerano Mariánico, y el área favorable actual proyectada para él es de unos 11847 Km<sup>2</sup>, lo que supone el 13.53% de la superficie de Andalucía.

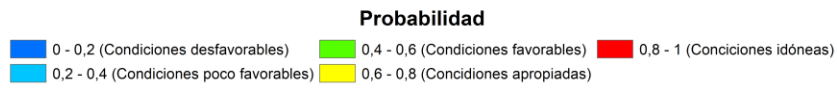
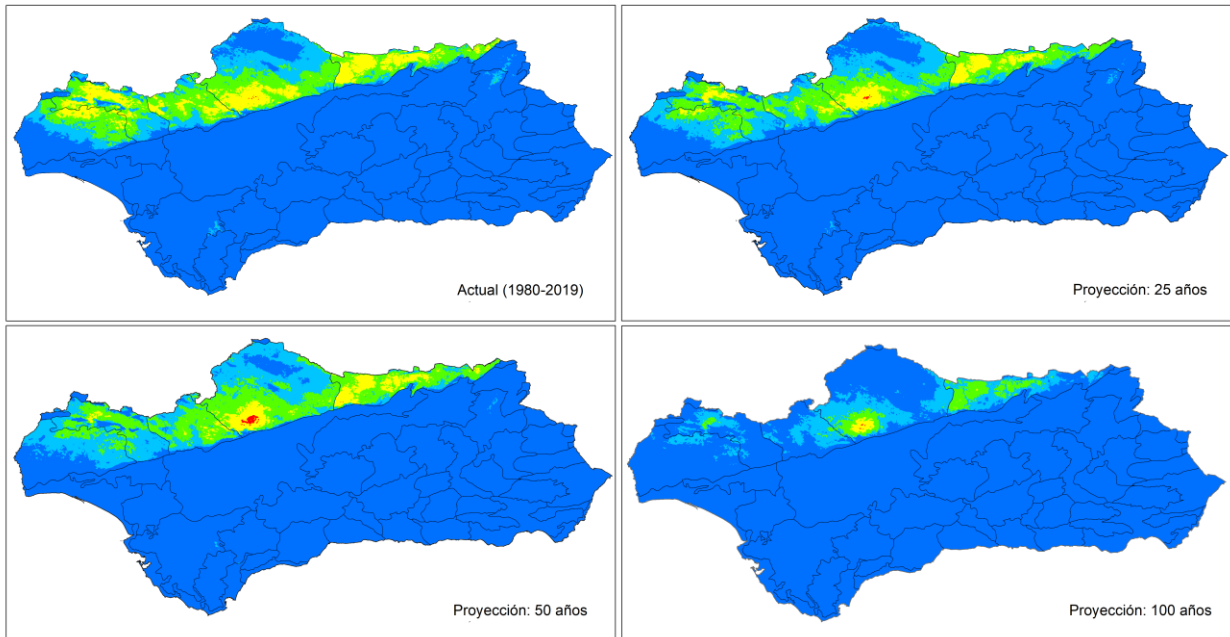
Los modelos proyectados, indican que el área de ocupación favorable, con al menos un 0.4 de idoneidad de hábitat, va a descender en un 21.27% dentro de 25 años, y un 44.22% y 55.94% para los escenarios a 50 y 100 años vista respectivamente.

La tendencia positiva de las temperaturas de manera generalizada por su área de distribución actual, provoca que la proyección del área favorable a este hábitat sea menor, las cuales comparando con el modelo del encinar *Myrto communis* – *Quercetum rotundifoliae*, parece claro que la introgresión de especies termófilas en el encinar mesomediterráneo es una posibilidad bastante plausible, más aún cuando la literatura recoge una variante termófila del mismo.

Se espera pues, que en las zonas donde se proyectan áreas poco favorables en los escenarios de futuro, el encinar se asemeje más en su combinación florística a estos encinares de *Myrto communis* – *Quercetum rotundifoliae*

9340 *Pyro bourgaeanae-Quercetum rotundifoliae*

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 79:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornoques de *Pyro bourgaeanae- Quercetum rotundifoliae*

## 1.5. Resultados y discusión.

---

### f) (PcQr) *Paeonio coriaceae* – *Quercetum rotundifoliae* [191]

Este encinar, de distribución por toda la provincia bética sobre sustratos calcáreos del piso mesomediterráneo, es el hábitat más extenso de Andalucía. El modelo de idoneidad de hábitat para este encinar, estima un área favorable de 20372 Km<sup>2</sup>, lo que supone una ocupación del 23.25% de toda la superficie andaluza.

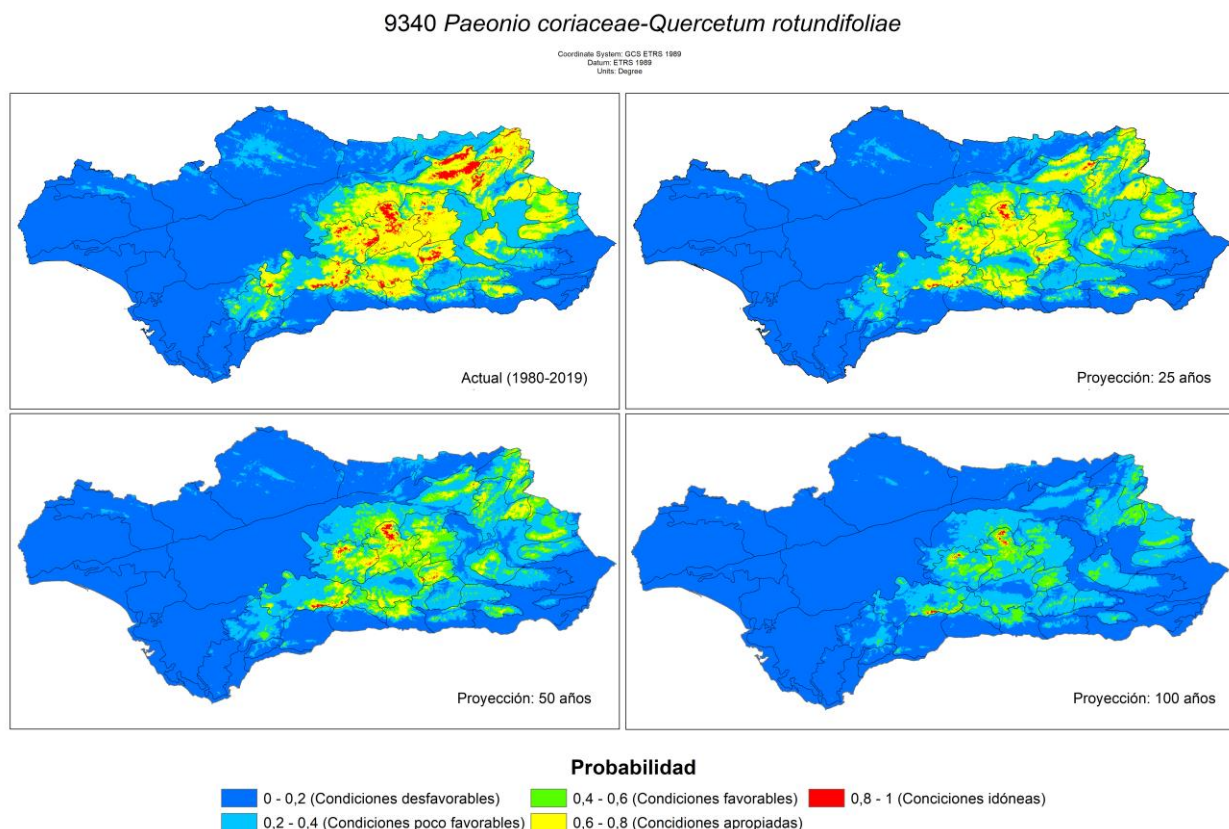
Los modelos proyectados para los diferentes escenarios muestran una importante disminución del área favorable para este hábitat, el cual se estima que podría representar reducciones del 29.94%, 44.22% y 55.94% para los escenarios a 25, 50 y 100 años respectivamente.

Esta reducción prevista, responde a la tendencia generalizada de aumento de las temperaturas, que provocaría que en muchas zonas actuales que presentan un termoclima mesomediterráneo, en el futuro se comporten como termomediterráneas, esto se aprecia en las zonas de pie de monte y grandes y hoyas de Andalucía. En estos casos, se espera que estas áreas ahora sean en un futuro favorables a otros encinares termófilos afines al *Rhamno oleoidis* – *Quercetum rotundifoliae*, en aquellos lugares donde el Ic sea menor. En zonas con valores de Ic mayores, este encinar mesomediterráneo podría transformarse en un encinar de apetencias termófilas, pero con una composición florística diferente.

Otro escenario de reducción de área favorable, lo representa la tendencia negativa del Io, que hará que lugares de bioclima Mediterráneo Pluviestacional Oceánico, se comporten en el futuro como Mediterráneo Xérico Oceánico, lo que generaría áreas



más favorables para un pinar afín al *Ephedro fragilis* – *Pinetum halepensis* para las zonas Hoyano Bastitanas, u otro tipo de pinar que actualmente se comporte como edafoxerófilo y que en el futuro, pueda expandirse y formar parte de la vegetación climatófila de estas áreas. Por último, destacar en el modelo a 100 años, el incremento de áreas favorables para este hábitat en las cotas más altas parece tener importancia sobre todo en las zonas orientales, actualmente supramediterráneas y en las zonas del distrito Serrano Maginense y Serrano Giennense Suroccidental, donde podrían sustituir a quejigares.



**Figura 80:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornoques de *Paeonio coriaceae* – *Quercetum rotundifoliae*

## 1.5. Resultados y discusión.

---

g) (RlQr) *Rhamno laderoi* – *Quercetum rotundifoliae* [15].

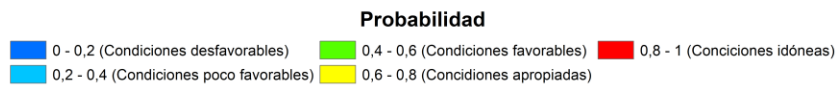
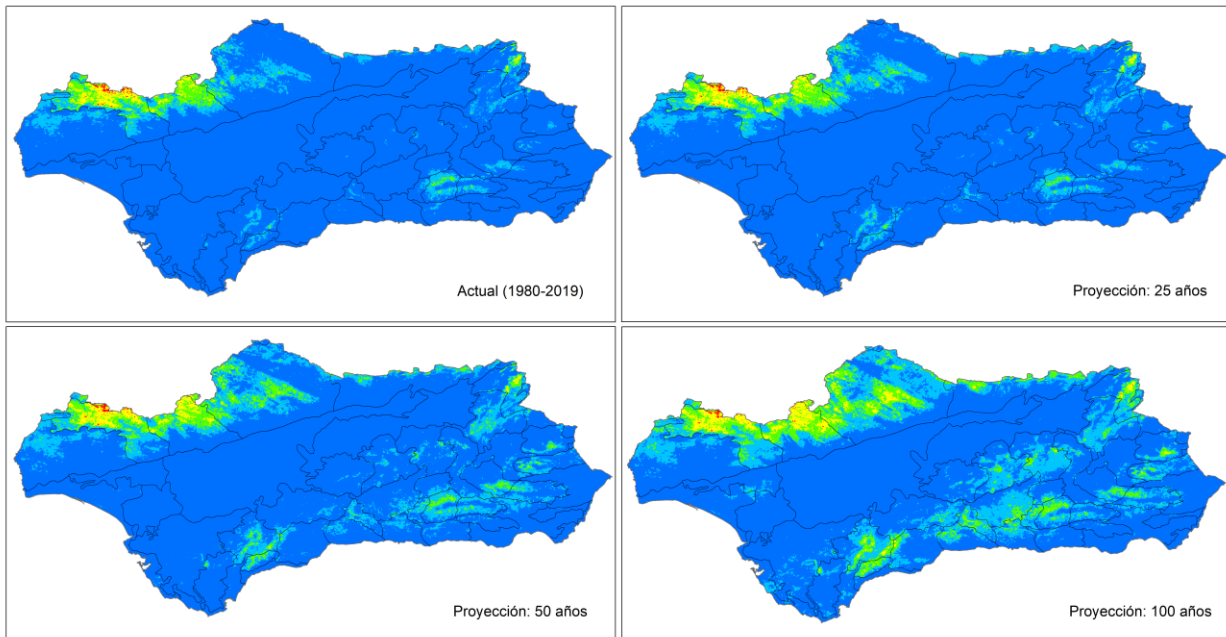
Encinar de distribución Ibero Atlántica, en Andalucía se restringe a los afloramientos calcáreos o neutro – basófilos del Sector Cordillerano Mariánico, en concreto de los distritos Serrano Aracenense y Llerenense. El modelo de proyección actual estima en unos 3036.6 Km<sup>2</sup> el área favorable a este encinar. No obstante, el modelo parece estar sobrestimando el área real, puesto que, al guardar este encinar, una relativa semejanza con la subasociación termófila del *Paeonio coriaceae* – *Quercetum rotundifoliae*, el modelo proyecta áreas bastante lejanas desde el punto de vista biogeográfico, si bien, las áreas idóneas, con una probabilidad mayor a 0.8, si parecen delimitar de manera más precisa las zonas favorables a este hábitat.

La proyección a futuro del área favorable a este encinar es creciente, estimándose incrementos de hasta un 117.14% en el escenario a 100 años. Aunque debido a lo comentado anteriormente, esta área real podría ser bastante menor. Lo que, si es significativo, es la tendencia creciente en las proyecciones.

Este encinar, puede introgredirse en aquellas zonas neutro – basófilas del *Pyro bourgaeanae* – *Quercetum rotundifoliae*, sobre todo en la variante termófila de éste.

9340 *Rhamno laderoi-Quercetum rotundifoliae*

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 81:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornocales de *Rhamno laderoi* – *Quercetum rotundifoliae*

## 1.5. Resultados y discusión.

---

a) (RoQr) *Rhamno oleoidis* – *Quercetum rotundifoliae* [190].

Encinar de distribución bética en el piso termomediterráneo sobre sustratos calcáreos o básicos. Es junto con PbQr y PcQr, las grandes cabezas de serie de la vegetación climatófila de Andalucía.

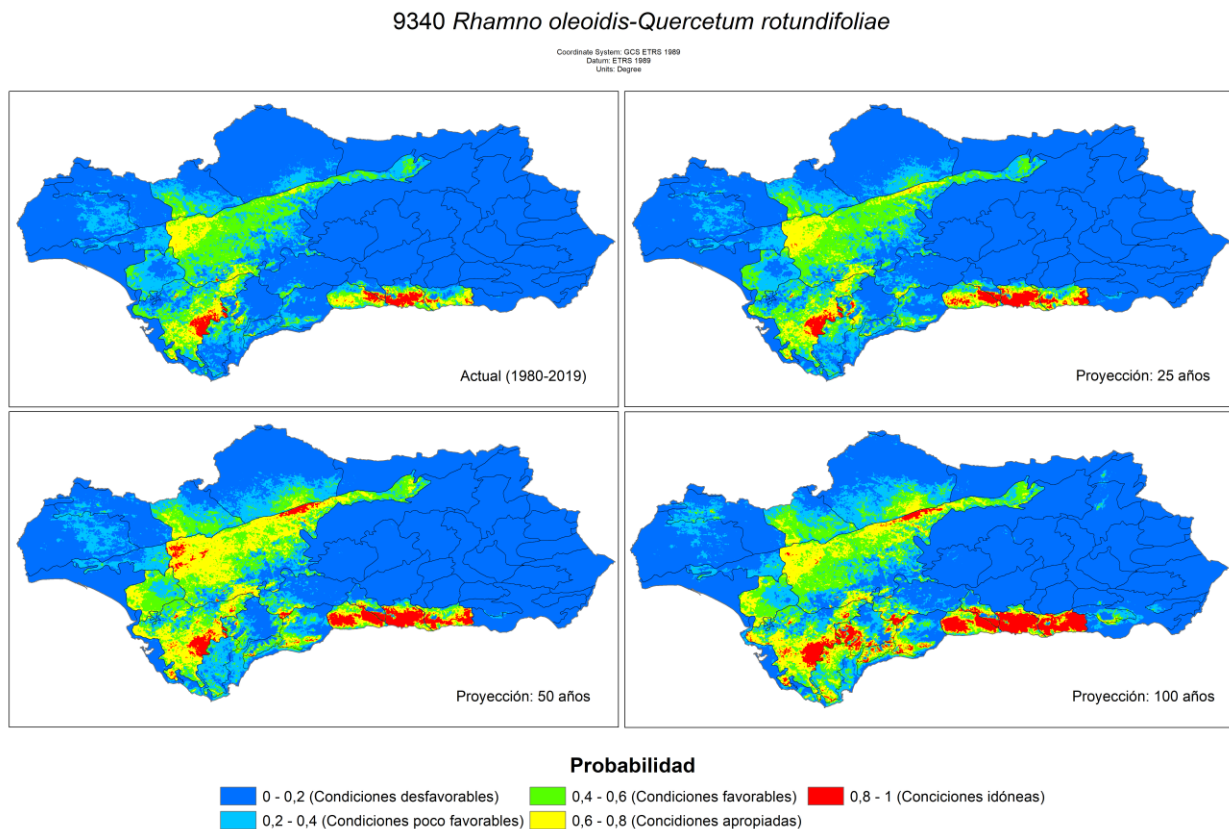
Este encinar, presenta una proyección de área favorable de unos 12068 Km<sup>2</sup>, lo que representa el 13.78% del territorio Andaluz, aunque está prácticamente inexistente en el valle del Guadalquivir, debido al uso histórico del territorio por parte del ser humano.

Los modelos proyectados a futuro, plantean un escenario de aumento del área disponible para este hábitat. Con incrementos del 17.72% 62.193% y del 71.6% para los escenarios a 25, 50 y 100 años vista.

Cabría esperar, que la reducción del área para el *Paeonio coriaceae* – *Quercetum rotundifoliae*, encinar que le sustituye en el piso mesomediterráneo, por un incremento en las temperaturas, implicaría un aumento del área de este encinar termomediterráneo, pero esta tendencia creciente en las temperaturas, junto con la tendencia en aumento de la continentalidad, hace que el área favorable para *Rhamno oleoidis* – *Quercetum rotundifoliae*, el más oceánico de los encinares andaluces (tabla), que podría aumentar en detrimento del encinar mesomediterráneo, sea muy inferior a lo que cabría esperar.

Por otro lado, la tendencia negativa del Io, provocan como en el caso del *Paeonio coriaceae* – *Quercetum rotundifoliae*, que muchas zonas se comporten como

semiáridas, y en estos casos la vegetación climatófila para el piso termomediterráneo estaría compuesta por bosquetes abiertos de pinar, ricos en especies termófilas, o en casos más áridos y continentales, la vegetación climatófila sea compuesta por altos matorrales similares fisionómicamente al *Chamaeropo humilis* – *Rhamnetum lycioides*.



**Figura 82:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornocales de *Rhamno oleoidis* – *Quercetum rotundifoliae*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

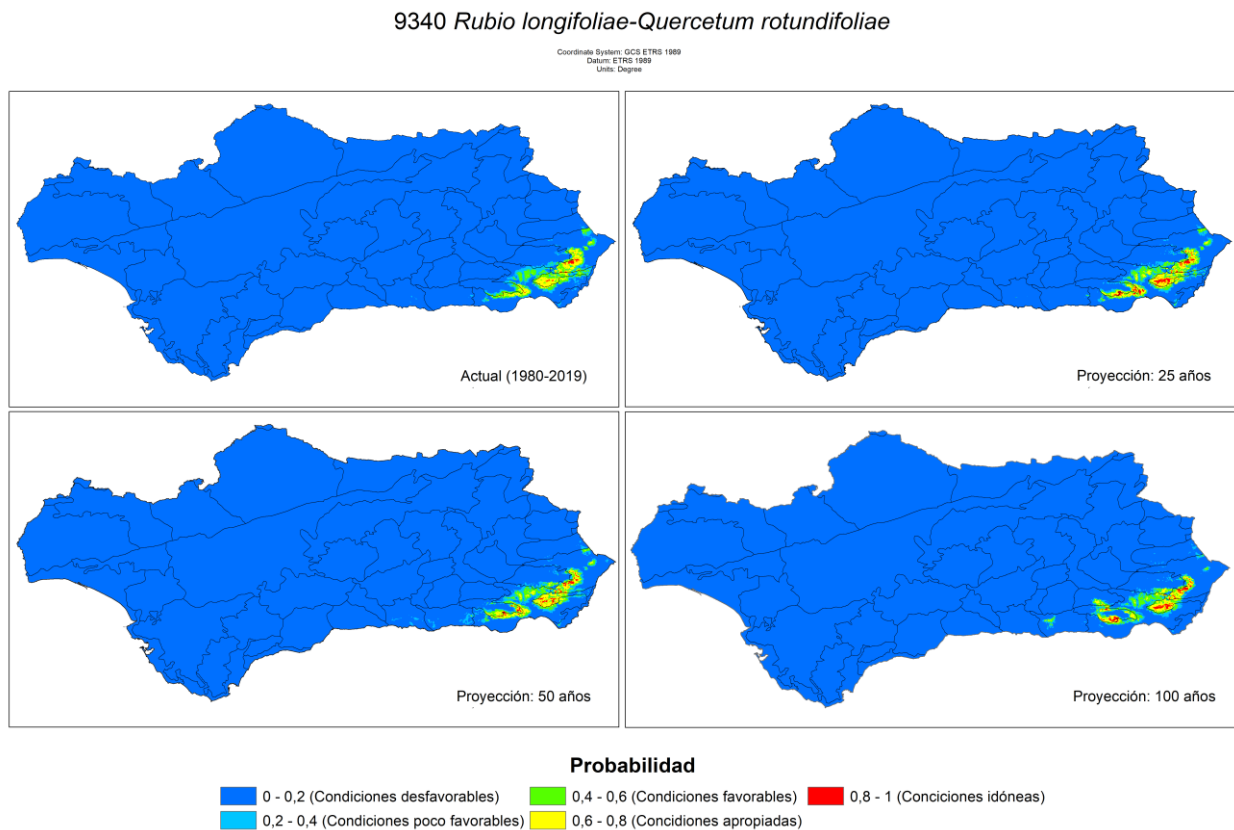
a) (RpQr) *Rubio longifoliae* – *Quercetum rotundifoliae* [219].

Bajo este nombre, se denominan a los escasos bosquetes de *Quercus rotundifolia* presentes en el Sector Almeriense en el piso termomediterráneo del distrito Serrano Alhamillense. La adscripción de estas formaciones a este encinar de optimo Valenciano – Tarraconense, es bastante dudosa, la composición florística de los muestreos andaluces, es en muchos casos muy similar al *Rhamno oleoidis* – *Quercetum rotundifoliae*, del que se diferencia por la aparición de especies de etapas seriales propias de la provincia Murciano – Almeriense.

El área proyectada actual para este hábitat en Andalucía, es de unos 1328.3 Km<sup>2</sup>. Lo que supone el 1.52% de la superficie de Andalucía. La proyección a 25 años, contempla un aumento de las zonas favorables para este hábitat, estas zonas aparecen en las cotas más altas de la Sierra de Alhamilla y en las estribaciones que limitan con el Distrito Serrano Gadorense, las cuales aparecen como mesomediterráneas y albergan actualmente encinares del *Paeonio coriaceae* – *Quercetum rotundifoliae*. No obstante, el modelo a 50 años, solo estima este aumento en un 3.18%, y para la proyección a 100 años, se estima una reducción del 2.6% debido en gran medida, a la tendencia negativa del Io.

La desaparición de áreas favorables a este encinar, da paso a la aparición de áreas favorables a formaciones de pinar afines al *Rhamno almeriensis* – *Pinetum halepensis*, para aquellas zonas de bioclima Mediterráneo Xérico Oceánico, mientras

que en las zonas de bioclima Mediterráneo Desértico Oceánico, se espera que el área sea favorable a formaciones afines a *Chamaeropo humilis* – *Rhamnetum lycioides*.



**Figura 83:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los alcornoques de *Rubio longifoliae* – *Quercetum rotundifoliae*

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 26:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los encinares (*Quercus rotundifolia*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía

Probabilidades	Proyecciones	AaQr	AdQr	BhQr	McQr	PbQr	PcQr	RIQr	RoQr	RpQr		
Condiciones desfavorables (0 - 0,2)	Actual	Área	87419,98	81408,3	80201,95	78734,94	69513,61	49732,35	77943,77	64321,81	85413,1	
		%	99,8	92,93	91,56	89,88	79,35	56,77	88,98	73,43	97,5	
	25	Área	87414,4	82353,36	81910,58	72134,52	70839,87	54437,27	75903,86	61876,99	85389,22	
		%	99,79	94,01	93,51	82,35	80,87	62,14	86,65	70,64	97,48	
	50	Área	87273,81	83415,47	85050,43	70067,8	69138,84	57383,16	69805,57	56735,4	85238,06	
		%	99,63	95,22	97,09	79,99	78,93	65,51	79,69	64,77	97,3	
	100	Área	87590,69	85059,49	84709,86	56862,07	79852,47	61747,72	60569,01	55079,08	85501,64	
		%	99,99	97,1	96,7	64,91	91,16	70,49	69,14	62,88	97,61	
	Condiciones poco desfavorables (0,2 - 0,4)	Actual	Área	53,07	3012,09	2647,41	3948,57	6238,85	17494,17	6618,64	11208,83	857,59
			%	0,06	3,44	3,02	4,51	7,12	19,97	7,56	12,8	0,98
25		Área	65,3	2293,18	2262,22	5357,37	7432,11	18888,69	8137,37	11514,77	776,66	
		%	0,07	2,62	2,58	6,12	8,48	21,56	9,29	13,14	0,89	
50		Área	198,47	1849,06	2548,57	5792,01	8666,84	19079,01	12817,79	11289,52	990,26	
		%	0,23	2,11	2,91	6,61	9,89	21,78	14,63	12,89	1,13	
100		Área	8,31	863,18	1638,93	5336,85	5770,6	16875,8	18614,46	11809,79	803,19	
		%	0,01	0,99	1,87	6,09	6,59	19,26	21,25	13,48	0,92	
Condiciones favorables (0,4 - 0,6)		Actual	Área	55,28	1978,09	2555,6	2767,35	7803,76	5644,13	2101,22	7985,79	771,44
			%	0,06	2,26	2,92	3,16	8,91	6,44	2,4	9,12	0,88
	25	Área	66,81	1532,79	2358,72	3758,86	7220,1	6443,58	2489,12	8811,15	706,52	
		%	0,08	1,75	2,69	4,29	8,24	7,36	2,84	10,06	0,81	
	50	Área	58,68	1016,65	1285,31	4754,9	7783,96	7678,62	3765,23	9106,21	698,47	
		%	0,07	1,16	1,47	5,43	8,89	8,77	4,3	10,4	0,8	
	100	Área	0	589,06	1001,49	4050,45	1741,18	6103,15	6440,98	10152,44	683,52	
		%	0	0,67	1,14	4,62	1,99	6,97	7,35	11,59	0,78	
	Condiciones apropiadas (0,6 - 0,8)	Actual	Área	66,25	1167,96	1926,48	2113,72	4038	13319,01	854,96	3225,78	515,83
			%	0,08	1,33	2,2	2,41	4,61	15,2	0,98	3,68	0,59
25		Área	48,25	1195,19	964,26	4526,35	2094,63	7641,16	993,1	4023,56	581,28	
		%	0,06	1,36	1,1	5,17	2,39	8,72	1,13	4,59	0,66	
50		Área	63,18	942,88	202,03	4721,23	1930,02	3458,22	1145,11	8170,4	571,73	
		%	0,07	1,08	0,23	5,39	2,2	3,95	1,31	9,33	0,65	
100		Área	0	722,94	227,31	5045,5	229,7	2522,44	1925,86	7210,13	480,98	
		%	0	0,83	0,26	5,76	0,26	2,88	2,2	8,23	0,55	
Condiciones idóneas (0,8 - 1)		Actual	Área	4,42	32,56	267,55	34,41	4,78	1409,35	80,4	856,8	41,04
			%	0,01	0,04	0,31	0,04	0,01	1,61	0,09	0,98	0,05
	25	Área	4,24	224,48	103,22	1821,9	12,29	188,3	75,56	1372,53	145,32	
		%	0	0,26	0,12	2,08	0,01	0,21	0,09	1,57	0,17	
	50	Área	4,86	374,94	1,44	2263,06	79,34	227,1	65,31	2297,47	100,48	
		%	0,01	0,43	0	2,58	0,09	0,26	0,07	2,62	0,11	
	100	Área	0	364,34	21,4	16304,13	5,04	349,9	48,69	3347,56	129,66	
		%	0	0,42	0,02	18,61	0,01	0,4	0,06	3,82	0,15	



**1.5.3.6. 9520: Abetales (pinsapares) de *Abies pinsapo*.**

Los pinsapares andaluces, constituyen una de las formaciones escasas en la actualidad de *Abies* del denominado grupo circunmediterraneos, formados por especies del género *Abies*, que migraron desde latitudes más septentrionales durante las glaciaciones del holoceno y que quedaron refugiados en las altas montañas húmedas de todo el arco mediterráneo evolucionando hacia especies diferentes adaptadas a los regímenes de lluvias propios del clima mediterráneo [242].

En Andalucía, estos pinsapares aparecen restringidos al Sector Rondeño, bajo ombroclima húmedo e hiperhúmedo, con un fuerte aporte de precipitaciones procedentes de las nieblas de origen atlántico, las cuales son difíciles de medir y cuantificar. Varios estudios relacionan el descenso en el crecimiento del pinsapo y desarrollo, con las tendencias positivas de las temperaturas de las zonas de los pinsapares [75, 243].

Un resumen de la caracterización bioclimática, edáfica y ecológica de estas escasas y relictas formaciones se puede observar en la **Tabla 27**

**Tabla 27:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Abies pinsapo* presentes en Andalucía. BmAp = *Bunio macucae* – *Abietetum pinsapo*, PbAp = *Paeonio broteri* – *Abietetum pinsapo*.

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)		Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)	
	BmAp	PbAp		BmAp	PbAp
Rel C/N	13,41	13,71	Ios1	0,35	0,33
	±0,06	±0,13		±0,04	±0,02
Fósforo (mg/Kg)	15,94	12,63	Ios2	0,35	0,35
	±1,73	±1,24		±0	±0
CaCO <sub>3</sub> (g/Kg)	41,60	59,38	Ios3	0,41	0,41

## 1.5. Resultados y discusión.

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)		Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)	
	BmAp	PbAp		BmAp	PbAp
	±4,93	±7,12		±0	±0
Potasio (mg/Kg)	236,64	233,00	Ios4	0,61	0,61
	±7,77	±8,62		±0,01	±0,01
pH	6,29	6,35	Ic	17,08	17,12
	±0	±0,03		±0,05	±0,04
Nitrógeno (g/Kg)	1,90	2,48	Io	12,31	11,89
	±0,16	±0,14		±0,49	±0,36
CIC (cmol/Kg)	16,73	17,57	Tp	1509,47	1517,32
	±0,06	±0,39		±9,33	±23,95
Fragmentos gruesos	30,83	29,73	Itc	212,75	213,02
	±1,02	±0,69		±12,79	±8,44
Arcilla	22,99	21,45	SHANNON TOTAL	3,50	3,23
	±0,85	±0,58		±0,24	±0,19
Limo	34,80	33,40	SHANNON CARACTERÍSTICAS	0,59	0,82
	±1,08	±0,81		±0,11	±0,11
Arena	42,21	45,15	QUERCO-FAGETEA	0,59	0,82
	±1,2	±0,97		±0,11	±0,11
PEs	110,10	111,04	QUERCETEA ILICIS	0,45	0,95
	±0,54	±1		±0,13	±0,18
PE	663,31	666,56	JUNIPERO-PINETEA	0,00	0,03
	±2	±6,32		±0	±0,02
Iar	0,35	0,37	FESTUCETEA INDIGESTAE	0,00	0,00
	±0,01	±0,01		±0	±0
IH	180,18	169,61	DIV. CAR/DIV TOTAL	0,17	0,27
	±10,2	±6,49		±0,04	±0,04
Ioe	2,80	2,69	N° de TAXONES	15,33	14,08
	±0,1	±0,07		±2,41	±1,45



## 1.5. Resultados y discusión.

---

a) (BmAp) *Bunio macucae* – *Abietetum pinsapo* [220].

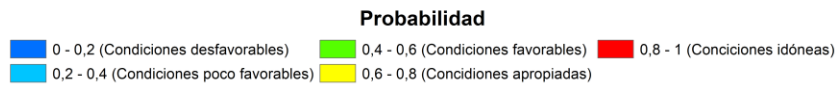
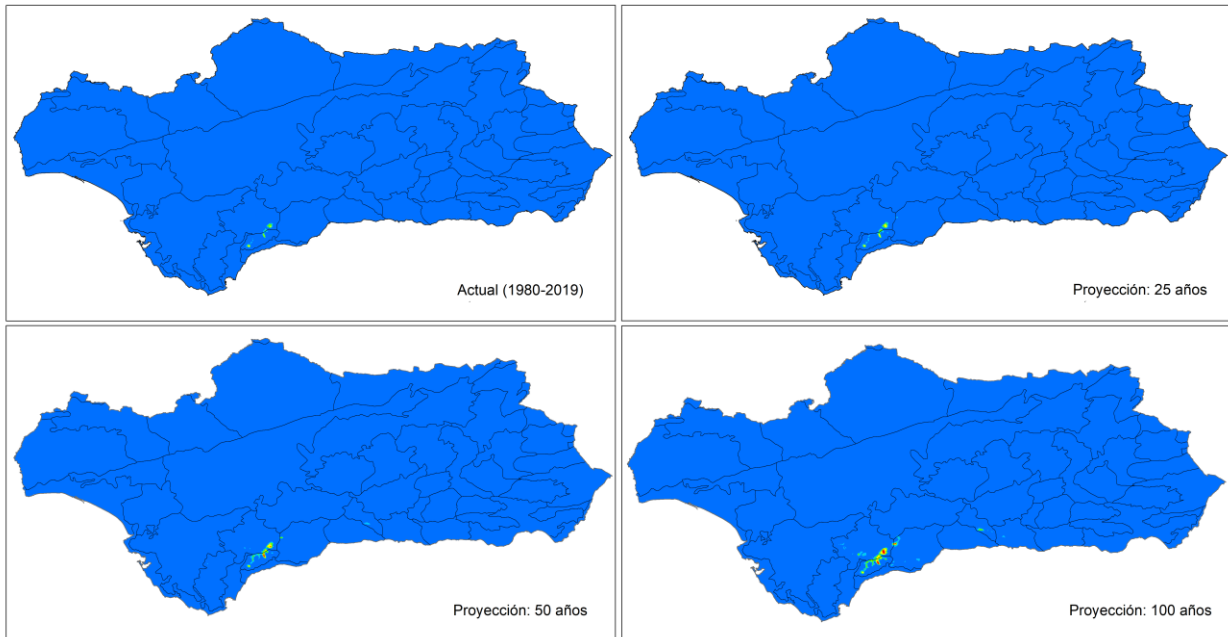
Este pinsapar, de distribución casi exclusiva en el distrito Bermejense, con irradiaciones puntuales en el distrito Serrano Arundense, se desarrolla sobre materiales ultrabásicos en los afloramientos de peridotitas de la zona. El modelo de distribución actual, estima que el área de idoneidad para el establecimiento de este pinsapar es de unos 22.47 Km<sup>2</sup>, lo que supone el 0.03% de la superficie de Andalucía.

Los modelos proyectados estiman que el área adecuada para este pinsapar aumentará **Figura 84**. El modelo a 100 años, estima que el área adecuada bioclimáticamente, ocupará unos 124.33 Km<sup>2</sup>. Este incremento del área con idoneidad adecuada para el establecimiento del pinsapo, podría ser controvertido y a priori, contradictorio, puesto que en un escenario de calentamiento global y perturbación de los regímenes de precipitación podrían suponer el fin de estos hábitats relictos [74-76, 243] sin embargo, varios estudios sostienen hipótesis alternativas como el mantenimiento de las poblaciones a largo plazo para esta especie desde el punto de vista climático [244]. El resultado de este modelo, habría que tomarlo con cautela, al encontrar estudios contradictorios entre sí. Más aún cuando el análisis del otro hábitat de pinsapar, también se muestra contradictorio.

Otros estudios sobre el pinsapar sobre peridotitas, advierten que la mayor amenaza es el desequilibrio de los nutrientes del suelo [75, 245, 246].

9520 *Bunio macucae-Abietum pinsapo*

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 84:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinsapares de *Bunio macucae – Abietetum pinsapo*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

b) (PbAp) *Paeonio broteri* – *Abietetum pinsapo* [220].

Pinsapar de distribución rondeña sobre sustratos calizos, de mayor extensión que el anterior, el modelo de proyección actual estima un área con probabilidad de idoneidad de hábitat superior a 0.4, de 96 Km<sup>2</sup>, lo que supone el 0.11% de la superficie de Andalucía.

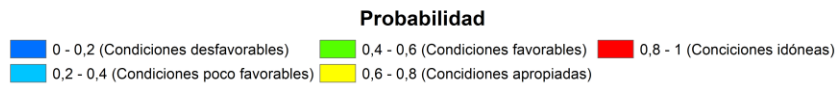
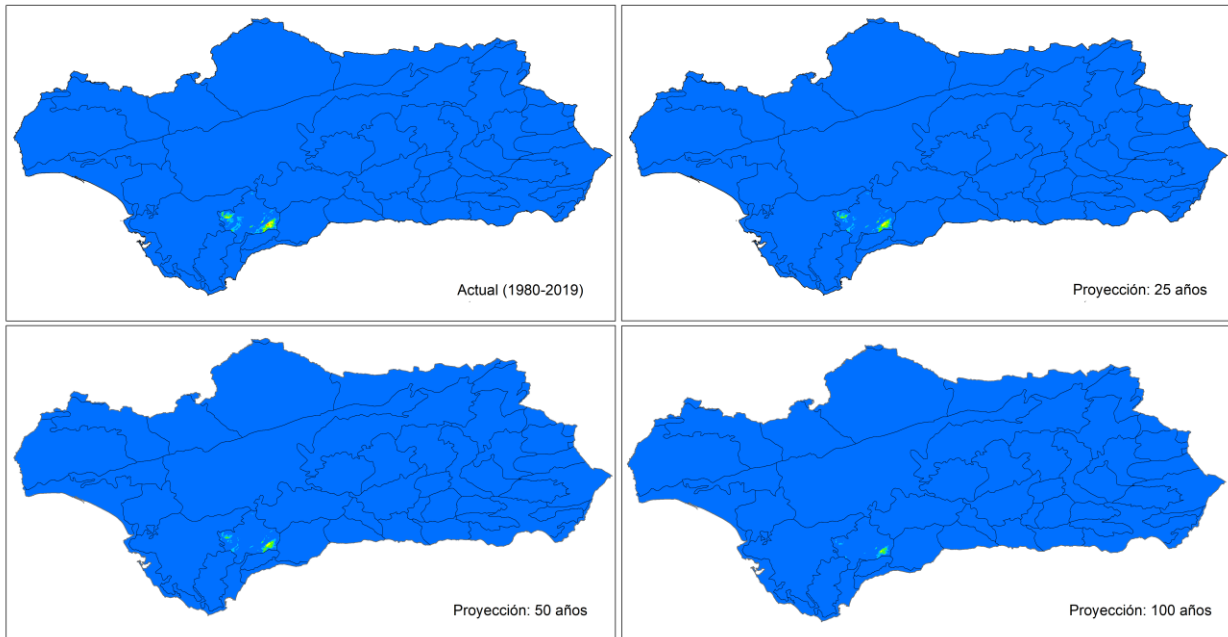
Para este hábitat, los modelos proyectados, estiman una pérdida considerable del área de susceptible para el desarrollo de este bosque **Figura 85**. Los modelos a 25, 50 y 100 años estiman esta reducción de un 29.38%, 46.61% y 78.19% respectivamente en el área adecuada para este hábitat, en este caso. En este caso, la variable  $I_0$  es la que más contribución tienen a la hora de proyectar los escenarios para este modelo de distribución de hábitat.

Estos escenarios de reducción de área, vienen siendo consistentes con otros trabajos sobre las formaciones de *Abies pinsapo*.

La pérdida de estas áreas adecuadas, podría dar paso a áreas propicias para formaciones de quejigar, afín al *Berberido hispanicae* – *Quercetum alpestris* para las zonas más frías, o de quejigares más termófilos, para aquellos pinsapares localizados en el mesomediterráneo.

9520 *Paeonio broteri*-*Abietum pinsapo*

Coordinate System: ICS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 85:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinsapares de *Paeonio broteri* – *Abietum pinsapo*.

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 28:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los pinsapares (Formaciones de *Abies pinsapo*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía

Probabilidades	Proyecciones		BmAp	PbAp
Condiciones desfavorables (0 - 0,2)	Actual	Área	87540,27	87304,29
		%	99,93	99,66
	25	Área	87518,41	87397,61
		%	99,91	99,77
	50	Área	87454,61	87440,65
		%	99,84	99,82
	100	Área	87318,17	87519,65
		%	99,68	99,91
Condiciones poco desfavorables (0,2 - 0,4)	Actual	Área	36,26	197,86
		%	0,04	0,23
	25	Área	46,3	132,99
		%	0,05	0,15
	50	Área	81,74	106,66
		%	0,09	0,12
	100	Área	156,5	58,23
		%	0,18	0,07
Condiciones favorables (0,4 - 0,6)	Actual	Área	17,34	67,04
		%	0,02	0,08
	25	Área	22,71	52,84
		%	0,03	0,06
	50	Área	36,32	41,89
		%	0,04	0,05
	100	Área	67,87	18,73
		%	0,08	0,02
Condiciones apropiadas (0,6 - 0,8)	Actual	Área	5,13	28,21
		%	0,01	0,03
	25	Área	11,58	15,55
		%	0,01	0,02
	50	Área	22,45	9,81
		%	0,03	0,01
	100	Área	43,03	2,39
		%	0,05	0
Condiciones idóneas (0,8 - 1)	Actual	Área	0	1,59
		%	0	0
	25	Área	0	0
		%	0	0
	50	Área	3,89	0
		%	0	0
	100	Área	13,43	0
		%	0,02	0



**1.5.3.7. 9530: Pinares mediterráneos de pinos negros endémicos**  
**(*Pinus salzmannii*, *Pinus clusiana*).**

Bajo esta denominación se contemplan a las formaciones estructuradas por *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (incluyendo a la variedad *latisquama*) y los pinares de *Pinus sylvestris* subsp. *nevadensis* a las que acompaña de manera habitual varias especies del género *Juniperus*. Se distribuyen por el piso termoclimático oromediterráneo, y puntualmente supramediterráneo superior, y bajo ombrotipo húmedo o subhúmedo superior.

La dureza del clima de alta montaña, hace que las formaciones de quercíneas propias de las cotas más bajas no sean estables y por tanto no supongan competencia alguna a estas gimnospermas. Un resumen de los diferentes parámetros ecológicos, edáficos y bioclimáticos se pueden observar en la **Tabla 29**

**Tabla 29:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Pinus sylvestris* subsp. *nevadensis* y *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* climatófilas presentes en Andalucía. AiPn = *Avenello ibericae* – *Pinetum nevadensis*, DoPn = *Daphno oleoidis* – *Pinetum nevadensis*, JsPl = *Junipero sabinæ* – *Pinetum latisquamæ*

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)		
	AiPn	DoPn	JsPl
Rel C/N	13,43	13,02	12,82
	±0,17	±0,06	±0,09
Fósforo (mg/Kg)	22,27	20,11	21,55
	±1,45	±0,62	±0,91
CaCO <sub>3</sub> (g/Kg)	53,32	76,33	106,47
	±10,13	±8,56	±10,08
Potasio (mg/Kg)	198,96	185,88	192,53
	±9,11	±5,73	±6,37
pH	6,30	6,39	6,47
	±0,05	±0,04	±0,03
Nitrógeno (g/Kg)	2,54	3,26	2,58

## 1.5. Resultados y discusión.

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)		
	AiPn	DoPn	JsPl
	±0,3	±0,21	±0,19
CIC (cmol/Kg)	16,62	17,76	18,98
	±0,56	±0,2	±0,5
Fragmentos gruesos	30,14	29,71	30,74
	±0,85	±0,61	±0,61
Arcilla	21,81	24,21	22,75
	±0,89	±0,45	±0,67
Limo	40,38	39,42	37,92
	±0,84	±0,52	±0,63
Arena	37,81	36,38	39,33
	±1,48	±0,79	±1,08
PEs	91,11	88,75	95,32
	±2,71	±1,66	±2,16
PE	527,74	521,04	553,60
	±16,79	±9,02	±12,2
Iar	0,71	0,70	0,62
	±0,05	±0,04	±0,03
IH	47,89	50,37	65,07
	±8,86	±6,92	±6,03
Ioe	1,47	1,50	1,65
	±0,09	±0,07	±0,06
Ios1	0,35	0,38	0,45
	±0,06	±0,05	±0,07
Ios2	0,39	0,49	0,52
	±0,04	±0,04	±0,06
Ios3	0,60	0,69	0,79
	±0,05	±0,04	±0,07
Ios4	2,10	2,52	2,77
	±0,22	±0,19	±0,22
Ic	14,90	14,14	15,43
	±0,5	±0,31	±0,36
Io	8,48	8,94	9,11
	±0,64	±0,45	±0,45
Tp	935,07	893,86	1038,70
	±70,76	±38,68	±52,01
Ite	-226,11	-56,76	89,22
	±265,45	±162,79	±18,16
SHANNON TOTAL	2,28	3,17	3,17
	±0,23	±0,16	±0,13
SHANNON CARACTERÍSTICAS	0,45	1,00	0,83
	±0,11	±0,07	±0,07

## Capítulo 1. Memoria.

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)		
	AiPn	DoPn	JsPl
QUERCO-FAGETEA	0,00	0,13	0,12
	±0	±0,04	±0,04
QUERCETEA ILICIS	0,06	0,02	0,11
	±0,05	±0,02	±0,05
JUNIPERO-PINETEA	0,45	1,00	0,83
	±0,11	±0,07	±0,07
FESTUCETEA INDIGESTAE	0,30	0,09	0,03
	±0,08	±0,04	±0,02
DIV. CAR/DIV TOTAL	0,24	0,34	0,27
	±0,07	±0,03	±0,03
N° de TAXONES	5,96	13,03	12,38
	±1,01	±1,33	±1,6

## 1.5. Resultados y discusión.

---

a) (AiPn) *Avenello ibericae* – *Pinetum nevadensis* [222].

Pinares de *Pinus sylvestris* subsp. *nevadensis*, de distribución Nevadense y Filábrica en el piso oromediterráneo húmedo.

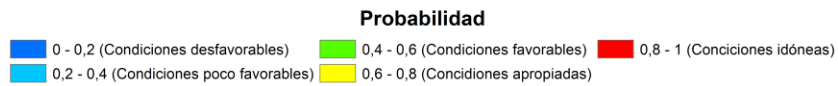
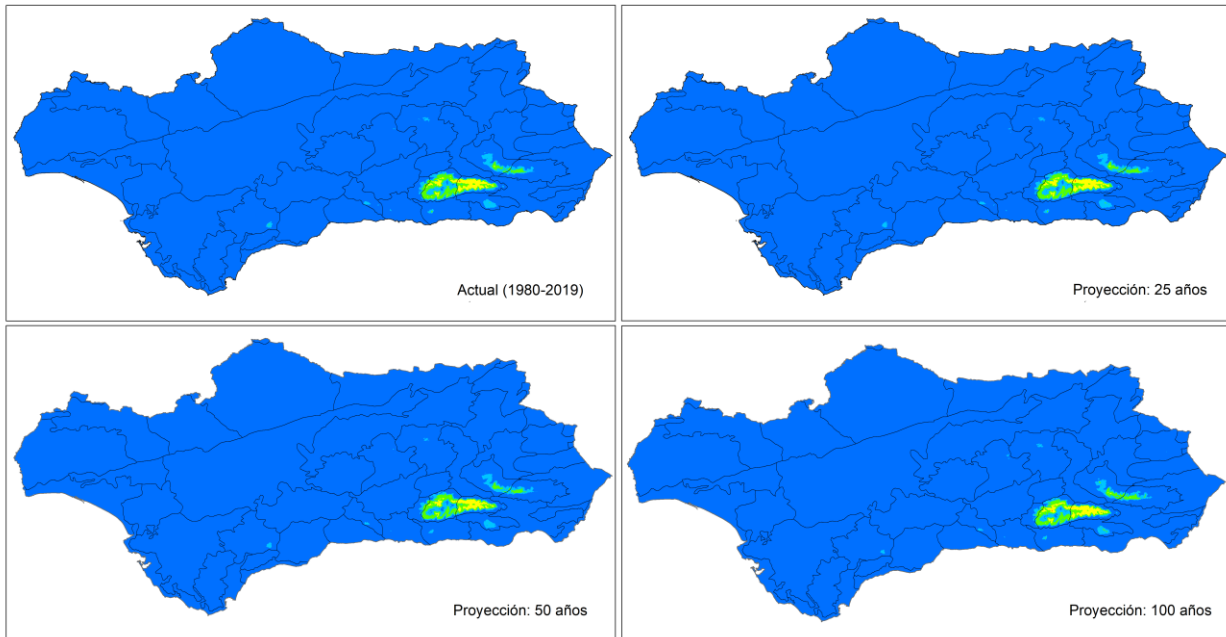
La proyección de probabilidad de idoneidad de hábitat para este pinar en la actualidad es de unos 909.42 Km<sup>2</sup>, lo que supone el 1.04% de la superficie de Andalucía **Tabla 30**.

La proyección de los diferentes escenarios, muestran, a corto plazo, un mantenimiento de las áreas adecuadas para este hábitat, con una reducción de un 10.57% para el modelo a 50 años vista, y un aumento de esta área para el escenario a 100 años, con un incremento del 1.35%.

Este incremento a largo plazo, parece ocurrir, en las cotas más altas **Figura 86**, donde el horizonte termoclimático, es de un oromediterráneo superior, y crioromediterráneo. Donde podría ser codominante con las formaciones de *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica* nevadenses, o incluso desplazar a los pastizales psicroxerófilos de *Erigeronto frigidae* – *Festucetum clementei* del crioromediterráneo.

9530 *Avenello ibericae*-*Pinetum nevadensis*

Coordinate System: ICS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 86:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinares de *Avenello ibericae* – *Pinetum nevadensis*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

b) (DoPn) *Daphno oleoidis* – *Pinetum nevadensis* [190].

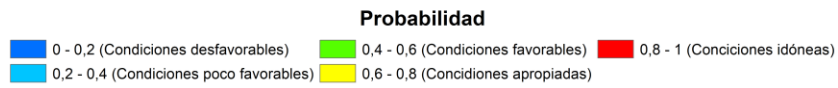
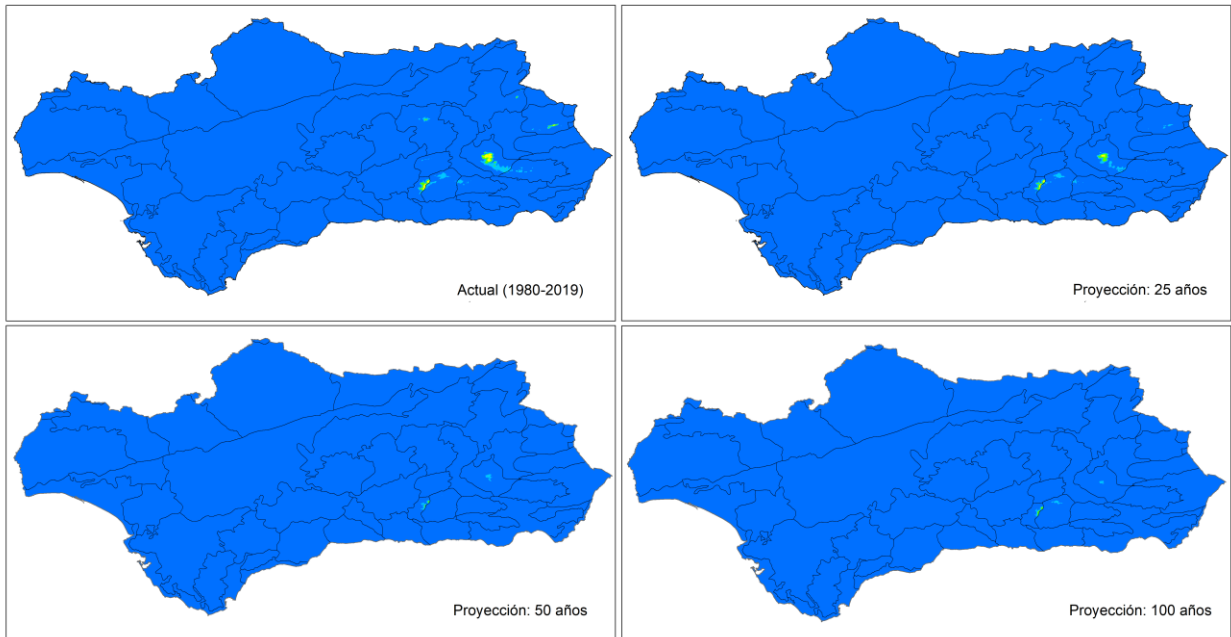
Bajo este nombre se denominan a las formaciones dominadas por *Pinus sylvestris* subsp. *nevadensis* distribuidas sobre sustratos calcáreos del distrito Serrano Bastitano y las intercalaciones calcáreas del Sector Nevadense.

La proyección actual de área idónea para el desarrollo de este hábitat de unos 131.96 Km<sup>2</sup>. Lo que representa el 0,15% de la superficie de Andalucía. La proyección de los diferentes escenarios a 25.50, y 100 años estiman una pérdida del área adecuada para el desarrollo de este hábitat de en torno al 49.17%, 95.84%, y 92.42% **Tabla 30**. Esto representa la práctica desaparición del área adecuada para el desarrollo de este hábitat desde el punto de vista bioclimático **Figura 87**.

La disminución del área adecuada para este hábitat, según la comparativa con otros modelos implica que, en gran parte, estas zonas podrían ser en un futuro favorables a otras formaciones como encinares o pinares con una composición florística diferente a lo descrito actualmente.

9530 *Daphno oleoidis*-*Pinetum nevadensis*

Coordinate System: ICS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 87:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinares de *Daphno oleoidis* – *Pinetum nevadensis*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

c) (JsPl) *Junipero sabinæ – Pinetum latisquamae* [190].

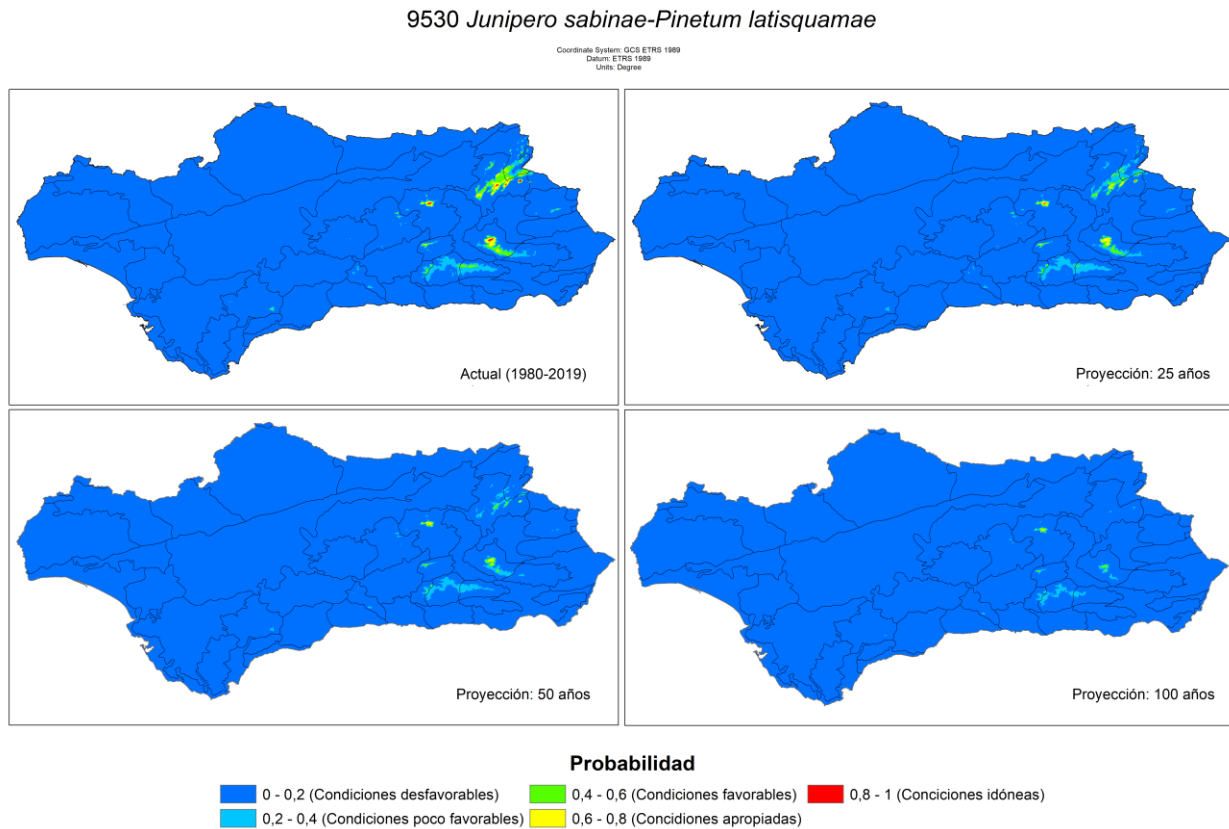
Hábitat de distribución Serrano Segurense y Serrano Cazorleño. Estas formaciones dominadas por *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* var. *latisquama*, representan a la vegetación climática climatófila en las altas cumbres oromediterráneas de estas sierras orientales.

El área actual proyectada como adecuada desde el punto de vista bioclimático y edáfico para este hábitat es de unos 818.31 Km<sup>2</sup> **Tabla 30**, lo que representa aproximadamente el 0.94% de la superficie de Andalucía. Las proyecciones de los diferentes escenarios prevén una disminución bastante acusada de las áreas susceptibles de albergar este hábitat hasta el punto de desaparecer a largo plazo **Figura 88**. Ya para el escenario a 25 años se prevé una reducción del área adecuada para este pinar de entorno al 56,93% (probabilidad de idoneidad de hábitat superior a 0.4) y prácticamente desapareciendo en el modelo a 100 años vista con una reducción del 94.29%.

Esta disminución del área en comparación con otros modelos indica que este pinar podría ser sustituido por encinares afines al *Berberido hispanicae – Quercetum rotundifoliae*. Aunque observando y analizando el modelo proyectado para este encinar, puede preverse que la sustitución o empobrecimiento de este pinar de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*, sea a consecuencia del enriquecimiento paulatino de estas formaciones con especies propias de las formaciones de *Quercus rotundifolia*, *Quercus*



*faginea* sl. En función del ombrotipo de cada zona específica y de las formaciones circundantes a estos pinares.



**Figura 88:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinares de *Junipero sabinæ – Pinetum latisquamae*

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 30:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los pinares (Formaciones de *Pinus sylvestris* subsp. *nevadensis* y *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía

Probabilidades	Proyecciones		AiPn	DoPn	JsPl
Condiciones desfavorables (0 - 0,2)	Actual	Área	85847,39	87137,75	85625,65
		%	98	99,47	97,75
	25	Área	85876,28	87357,4	86074,22
		%	98,03	99,72	98,26
	50	Área	85983,64	87551,99	86637,74
		%	98,16	99,95	98,9
	100	Área	85898,81	87547,48	87187,91
		%	98,06	99,94	99,53
Condiciones poco desfavorables (0,2 - 0,4)	Actual	Área	842,2	329,29	1155,04
		%	0,96	0,38	1,32
	25	Área	810,77	174,53	1172,37
		%	0,93	0,2	1,34
	50	Área	802,11	41,53	820,4
		%	0,92	0,05	0,94
	100	Área	778,52	41,53	364,43
		%	0,89	0,05	0,42
Condiciones favorables (0,4 - 0,6)	Actual	Área	628,95	80,04	584,9
		%	0,72	0,09	0,67
	25	Área	617,16	49,84	265,63
		%	0,7	0,06	0,3
	50	Área	583,67	5,48	108,07
		%	0,67	0,01	0,12
	100	Área	626,97	9,99	40,74
		%	0,72	0,01	0,05
Condiciones apropiadas (0,6 - 0,8)	Actual	Área	279,67	51,74	207,32
		%	0,32	0,06	0,24
	25	Área	294,18	17,23	82,89
		%	0,34	0,02	0,09
	50	Área	229,58	0	32,43
		%	0,26	0	0,04
	100	Área	294	0	5,92
		%	0,34	0	0,01
Condiciones idóneas (0,8 - 1)	Actual	Área	0,8	0,18	26,09
		%	0	0	0,03
	25	Área	0,62	0	3,89

## Capítulo 1. Memoria.

---

		%	0	0	0
	50	Área	0	0	0,35
		%	0	0	0
	100	Área	0,71	0	0
		%	0	0	0



**1.5.3.8. 9560: Bosques abiertos mediterráneos endémicos de *Juniperus* sp. pl.**

Bajo la descripción de este hábitat, se incluyen a las diversas formaciones dominadas por diversas especies del género *Juniperus* bien sean arbustivas o arbóreas sobre bioclimas o bien de carácter continental o bien de carácter frío y húmedo de las altas montañas. En Andalucía como se puede observar en la **Tabla 31**.

Estas formaciones se desarrollan bajo un ombroclima húmedo e hiperhúmedo para el caso de *Astragalo granatensis – Juniperetum sabinæ* y *Rhamno infectoriae – Juniperetum sabinæ* y un ombroclima seco – subhúmedo para las formaciones más o menos dominadas por *Juniperus thurifera*, siendo estos bosques carácter más continental de entre los sabinares andaluces.

**Tabla 31:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Juniperus sabinæ* *Juniperus thurifera* presentes en Andalucía. AgJs = *Astragalo granatensis – Juniperetum sabinæ*, RiJs = *Rhamno infectoriae – Juniperetum sabinæ*, BhJt = *Berberido hispanicae – Juniperetum thuriferae*

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)		
	AgJs	RiJs	BhJt
Rel C/N	13,00	13,17	12,28
	±0,12	±0,02	±0,19
Fósforo (mg/Kg)	20,46	24,28	13,51
	±1,48	±0,83	±0,9
CaCO <sub>3</sub> (g/Kg)	76,76	73,52	253,74
	±14,53	±4,93	±52,13
Potasio (mg/Kg)	182,68	216,55	258,78
	±14,48	±7,89	±40,35
pH	6,34	6,29	7,47
	±0,02	±0,01	±0,21
Nitrógeno (g/Kg)	3,37	2,74	1,39
	±0,45	±0,39	±0,07

## 1.5. Resultados y discusión.

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)		
	AgJs	RiJs	BhJt
CIC (cmol/Kg)	17,55	16,83	19,21
	±0,44	±0,49	±1,76
Fragmentos gruesos	31,09	31,78	24,56
	±1,24	±0,66	±3,28
Arcilla	24,19	19,86	22,65
	±0,89	±2,01	±1,19
Limo	39,00	37,05	39,51
	±1,82	±1,43	±2,14
Arena	36,82	43,09	37,84
	±2,35	±3,15	±2,93
PEs	86,92	93,67	117,62
	±2,64	±3,5	±2,25
PE	510,71	536,62	680,67
	±14,52	±19,92	±16,5
Iar	0,71	0,42	0,97
	±0,09	±0,06	±0,07
IH	49,69	149,28	4,77
	±16,76	±25,84	±8,07
Ioe	1,49	2,49	1,04
	±0,17	±0,26	±0,08
Ios1	0,32	0,26	0,43
	±0,08	±0,07	±0,12
Ios2	0,45	0,35	0,50
	±0,04	±0,05	±0,1
Ios3	0,68	0,55	0,64
	±0,05	±0,06	±0,09
Ios4	2,46	2,78	1,53
	±0,48	±0,31	±0,19
Ic	13,88	15,38	17,60
	±0,55	±0,67	±0,12
Io	9,10	13,89	4,63
	±1,1	±1,54	±0,43
Tp	850,04	977,64	1547,39
	±62,08	±86,36	±62,7
Itc	-219,65	-2734,41	221,95
	±564,03	±1478,26	±13,81
SHANNON TOTAL	3,12	3,04	3,06
	±0,41	±0,33	±0,35

**Capítulo 1. Memoria.**

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)		
	AgJs	RiJs	BhJt
SHANNON CARACTERÍSTICAS	0,56	0,68	0,59
	±0,12	±0,11	±0,14
QUERCO-FAGETEA	0,11	0,62	0,00
	±0,09	±0,27	±0
QUERCETEA ILICIS	0,01	0,13	0,87
	±0,01	±0,16	±0,14
JUNIPERO-PINETEA	0,56	0,68	0,59
	±0,12	±0,11	±0,14
FESTUCETEA INDIGESTAE	0,06	0,09	0,01
	±0,05	±0,06	±0,02
DIV. CAR/DIV TOTAL	0,19	0,24	0,23
	±0,06	±0,05	±0,07
Nº de TAXONES	12,41	11,84	11,62
	±3,05	±2,51	±2,43

## 1.5. Resultados y discusión.

---

a) (AgJs) *Astragalo granatensis – Juniperetum sabinæ* [182].

Este sabinar dominado por *Juniperus sabinæ*, conforma la vegetación climática climatófila de las altas cumbres calcáreas de los distritos Serrano Maginense, Serrano Bastitano, Serrano Gadorense y zonas calcáreas húmedas supramediterráneas superior – oromediterráneas inferior del distrito Alto Nevadense. La proyección actual de idoneidad de hábitat para estas formaciones de árboles y arbustos rastreros es de unos 522.2 Km<sup>2</sup>, lo que supone el 0.6% de la superficie andaluza **Tabla 32**. Los modelos de proyección en los diferentes escenarios estiman una reducción del área disponible desde el punto de vista bioclimático 16.86% para el escenario a 25 años y de un 29.52% para el escenario a 100 años vista.

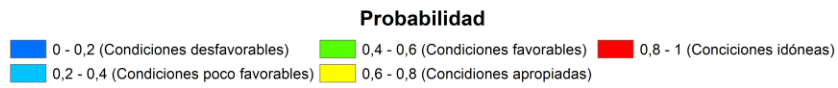
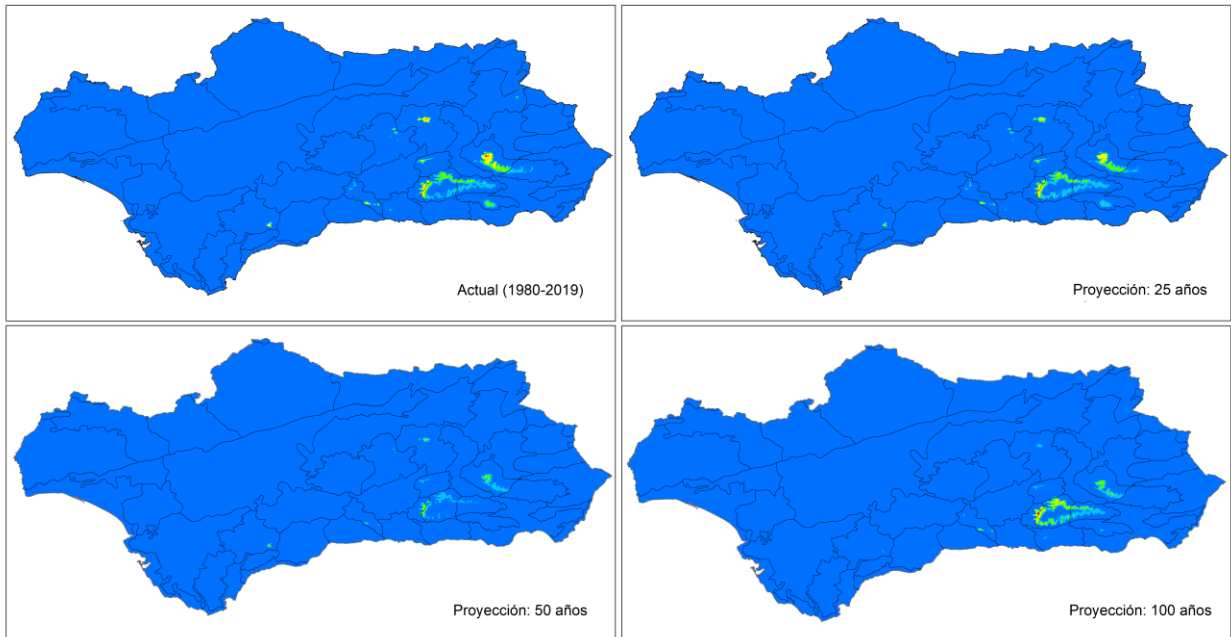
Un incremento en el área disponible para este hábitat se contempla en el periodo comprendido entre el escenario a 50 años y el escenario a 100 años **Figura 89**, esto se debe en gran medida a que en las zonas nevadenses, en aquellos lugares sobre sustratos calcáreos, las áreas disponibles para este hábitat, se incrementarán en aquellas zonas situadas a mayor altitud.

Debido a las diferentes peculiaridades edáficas de las altas montañas donde actualmente está presente este hábitat, la comparación con otros modelos no contempla la sustitución de estas formaciones de alta montaña por formaciones marcescentes de *Quercus faginea* sl. o formaciones es esclerófilas de *Quercus rotundifolia*.



9560 *Astragalo granatensis-Juniperetum sabiniae*

Coordinate System: ICS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 89:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los sabinares de *Astragalo granatensis – Juniperetum sabiniae*

## 1.5. Resultados y discusión.

---

b) (RiJs) *Rhamno infectoriae – Juniperetum sabinæ* [224].

Este hábitat, geovicariante del *Astragalo granatensis – Juniperetum sabinæ*, presenta una distribución penibética por las altas cumbres de termotipo oromediterráneo y supramediterráneo superior sobre sustratos calcáreos. Los modelos de proyección de idoneidad de hábitat estiman que el área adecuada para el desarrollo de este hábitat es de unos 22.91 Km<sup>2</sup>, lo que representa aproximadamente el 0.02% de la superficie de Andalucía **Tabla 32**.

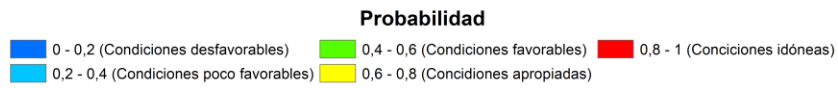
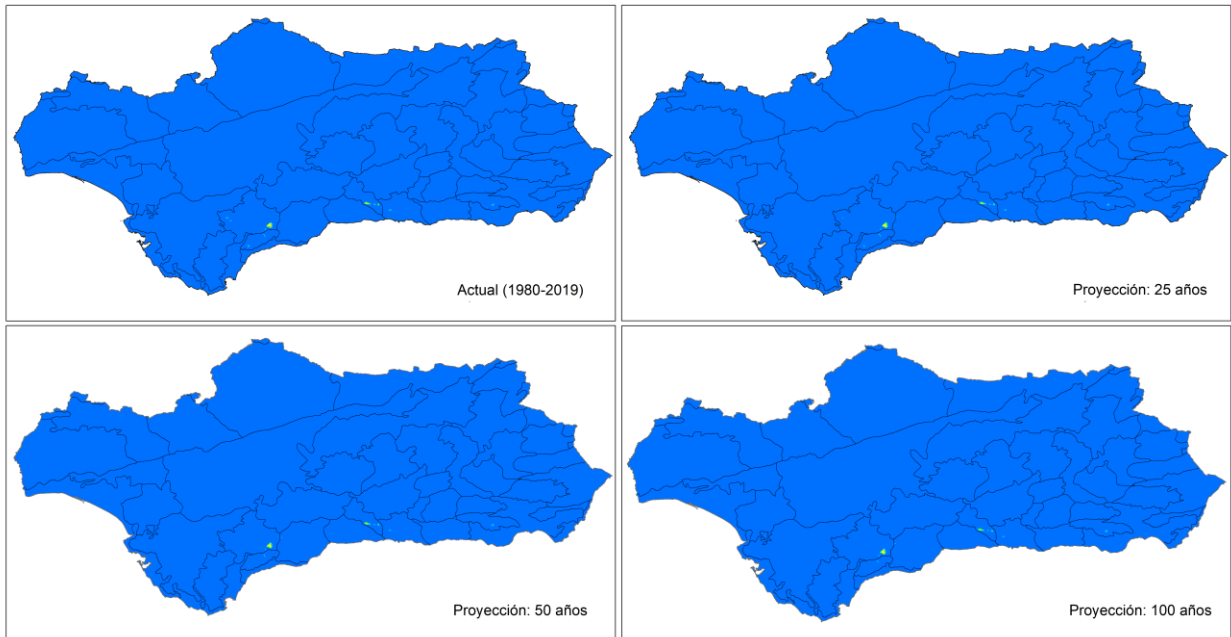
La proyección en los diferentes escenarios a 25, 50 y 100 años vista muestran más o menos un mantenimiento del área adecuada para el desarrollo de estas formaciones contemplándose reducciones de en torno al 11. 65% para el escenario a 100 años vista **Figura 90**.

El mantenimiento de las condiciones más o menos estables para las altas montañas del sur de Andalucía desde el punto de vista bioclimático, puede ser uno de los factores que puedan llegar a explicar el mantenimiento de las áreas adecuadas para el desarrollo de este hábitat.

La sustitución de estas formaciones puede venir de la mano del incremento del área de diversas formaciones de coníferas como por ejemplo la expansión hacia cotas superiores de *Abies pinsapo* en las zonas más occidentales del área de distribución de este hábitat.

9560 *Rhamno infectoriae-Juniperetum sabinae*

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 90:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los sabinares de *Rhamno infectoriae – Juniperetum sabinae*

## 1.5. Resultados y discusión.

---

c) (BhJt) *Berberido hispanicae – Juniperetum thuriferae* [15].

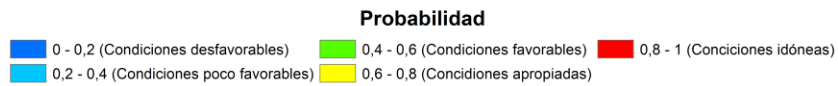
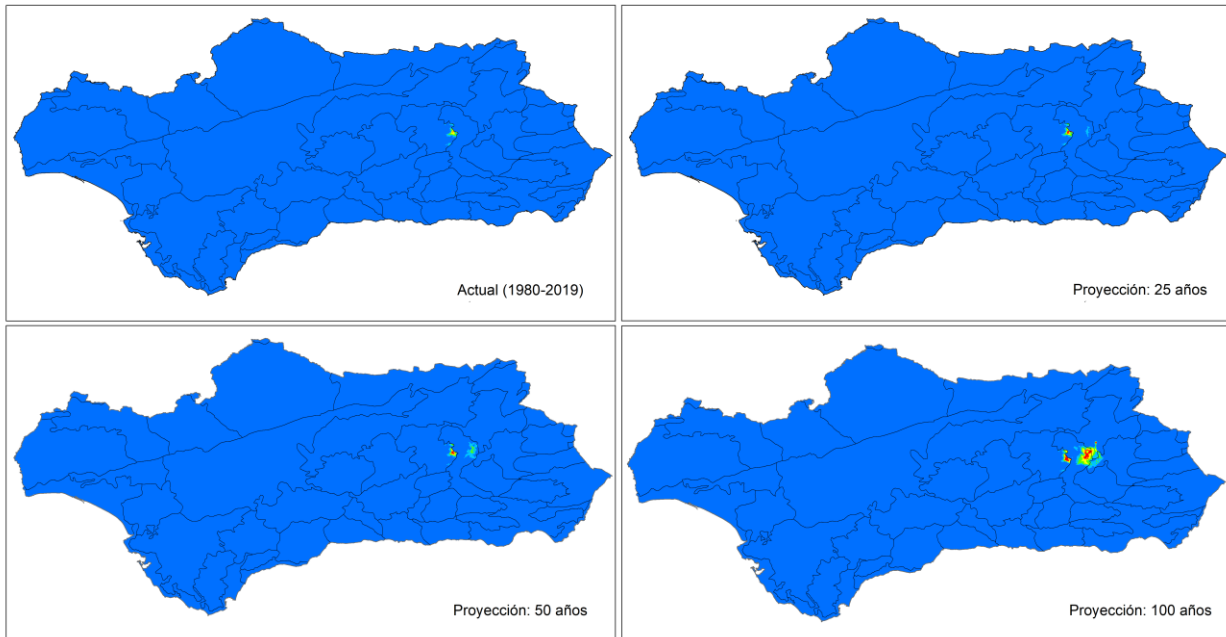
Este hábitat, de escasa representación en Andalucía, supone las poblaciones más meridionales de *Juniperus thurifera* de la península ibérica. En Andalucía se distribuye por las zonas más continentalizadas del distrito Maginense. El modelo para la proyección actual del área con una idoneidad de hábitat superior 0.4, es de unos 28.31 km<sup>2</sup> lo que representa el 0,03% de la superficie de Andalucía **Tabla 32**.

Debido a la tendencia positiva en el índice de continentalidad, los modelos proyectados para los escenarios de 25, 50, y 100 años prevén una expansión del área disponible para este hábitat. Tanto es así que para el escenario a 25 años se prevé que el área disponible para este hábitat se incremente en un 32.18%, y para el escenario a 100 años vista respecto al área actual supone un incremento del 880% llegando a ocupar potencialmente el 0.31% de la superficie de Andalucía **Figura 91**.

Esta expansión del área disponible para estas formaciones de *Juniperus thurifera*, contactan en gran medida con las áreas actualmente pertenecientes al *Paeonio coriacea* – *Quercetum rotundifoliae* y al encinar supra mediterráneo del *Berberido hispanicae Quercetum rotundifoliae*.

9560 *Berberido hispanicae-Juniperetum thuriferae*

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 91:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los sabinares de *Berberido hispanicae – Juniperetum thuriferae*.

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 32:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los sabinars (Formaciones de *Juniperus sabina* y *Juniperus thurifera*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía

Probabilidades	Proyecciones		AgJs	BhJt	RiJs
Condiciones desfavorables (0 - 0,2)	Actual	Área	86370,11	87528,3	87529,21
		%	98,6	99,92	99,92
	25	Área	86470,46	87506,13	87538,29
		%	98,71	99,89	99,93
	50	Área	87159,46	87437,31	87543,59
		%	99,5	99,82	99,94
	100	Área	86681,57	87114,92	87543,06
		%	98,95	99,45	99,94
Condiciones poco desfavorables (0,2 - 0,4)	Actual	Área	706,7	42,38	46,88
		%	0,81	0,05	0,05
	25	Área	694,39	55,46	39,24
		%	0,79	0,06	0,04
	50	Área	364,07	113,92	35,26
		%	0,42	0,13	0,04
	100	Área	549,38	206,43	35,7
		%	0,63	0,24	0,04
Condiciones favorables (0,4 - 0,6)	Actual	Área	356,27	16,99	10,79
		%	0,41	0,02	0,01
	25	Área	329,26	19,9	10,6
		%	0,38	0,02	0,01
	50	Área	70,96	29,37	9,72
		%	0,08	0,03	0,01
	100	Área	275,26	125,84	11,05
		%	0,31	0,14	0,01
Condiciones apropiadas (0,6 - 0,8)	Actual	Área	158,41	10,35	11,59
		%	0,18	0,01	0,01
	25	Área	104,8	11,06	10,87
		%	0,12	0,01	0,01
	50	Área	4,51	11,76	10,43
		%	0,01	0,01	0,01
	100	Área	87,31	98,18	9,19
		%	0,1	0,11	0,01
Condiciones idóneas (0,8 - 1)	Actual	Área	7,52	0,97	0,53
		%	0,01	0	0
	25	Área	0,09	6,46	0
		%	0	0,01	0
	50	Área	0	6,63	0
		%	0	0,01	0
	100	Área	5,48	53,64	0
		%	0,01	0,06	0

**1.5.3.9. 9540: Pinares mediterráneos de *Pinus pinaster* endémicos  
(*Pinus pinaster* subsp. *acutisquama*).**

Bajo la denominación de este hábitat se engloban aquellas formaciones dominadas por *Pinus pinaster* subsp. *acutisquama* que se desarrollan sobre sustratos en gran medida tóxicos o poco favorables a las formaciones de quercíneas, como son las serpentinas y las dolomías las cuales por su alto contenido en metales pesados son tóxicas para estas.

En este hábitat también se incluyen aquellas formaciones naturales de lugares semiáridos que constituyen la vegetación climatófila climácica de esos lugares dominados por *Pinus halepensis*.

Un resumen de la caracterización bioclimática y edáfica de los pinares de *Pinus pinaster* subsp. *acutisquama* se puede observar en la **Tabla 33**. asimismo, un resumen de la caracterización bioclimática y edáfica de los pinares dominados por *Pinus halepensis* se puede observar en la **Tabla 34**.

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 33:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Pinus pinaster* subsp. *acutisquama* climatófilas presentes en Andalucía. QcPp = *Quercus cocciferae* – *Pinetum acutisquamae*, PiAc = *Pinetum acutisquamae*

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)		Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)	
	QcPp	PiAc		QcPp	PiAc
Rel C/N	13,75	12,62	Ios1	0,23	0,01
	±0,44	±0,16		±0,03	±0,01
Fósforo (mg/Kg)	10,44	15,81	Ios2	0,26	0,00
	±2,6	±1,63		±0,01	±0,01
CaCO <sub>3</sub> (g/Kg)	58,90	146,60	Ios3	0,44	0,06
	±18,82	±25,52		±0,02	±0,02
Potasio (mg/Kg)	234,46	219,44	Ios4	1,20	0,53
	±28,27	±12,46		±0,07	±0,04
pH	6,42	6,82	Ic	17,22	18,67
	±0,22	±0,11		±0,24	±0,47
Nitrógeno (g/Kg)	1,86	1,46	Io	6,38	3,96
	±0,2	±0,1		±0,75	±0,26
CIC (cmol/Kg)	16,33	18,81	Tp	1767,77	1633,59
	±1,91	±0,73		±73,86	±53,5
Fragmentos gruesos	28,09	28,82	Itc	301,49	247,06
	±1,85	±0,71		±19,4	±12,17
Arcilla	23,14	21,84	SHANNON TOTAL	3,85	4,09
	±1,07	±0,87		±0,27	±0,15
Limo	38,88	40,37	SHANNON CARACTERÍSTICAS	1,29	1,08
	±2,11	±0,82		±0,29	±0,13
Arena	37,99	37,79	QUERCO-FAGETEA	0,00	0,00
	±2,66	±1,41		±0	±0
PEs	123,30	121,05	QUERCETEA ILICIS	1,29	1,08
	±3,72	±2,53		±0,29	±0,13
PE	740,31	704,82	JUNIPERO-PINETEA	0,00	0,00
	±23,06	±15,48		±0	±0
Iar	0,70	1,12	FESTUCETEA INDIGESTAE	0,00	0,01
	±0,09	±0,06		±0,01	±0,01
IH	51,81	-8,40	DIV. CAR/DIV TOTAL	0,34	0,27
	±16,92	±5,27		±0,08	±0,03
Ioe	1,51	0,91	N° de TAXONES	20,52	22,38
	±0,17	±0,05		±3,96	±3,27



**Tabla 34:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Pinus halepensis* climatófilas presentes en Andalucía. EfPh = *Ephedro fragilis* – *Pinetum halepensis*, QcPh = *Quercococciferae* – *Pinetum halepensis*, RaPh = *Rhamno almeriensis* – *Pinetum halepensis*

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)		
	QcPh	EfPh	RaPh
Rel C/N	12,68	11,98	12,71
	±0,3	±0,24	±0,27
Fósforo (mg/Kg)	13,03	12,05	16,17
	±1,43	±1,34	±2,57
CaCO <sub>3</sub> (g/Kg)	347,42	298,13	164,08
	±27,27	±26,04	±26,4
Potasio (mg/Kg)	236,43	294,96	257,47
	±17,37	±21,1	±19,65
pH	7,91	7,73	7,03
	±0,11	±0,11	±0,16
Nitrógeno (g/Kg)	1,25	1,24	1,27
	±0,06	±0,05	±0,09
CIC (cmol/Kg)	14,67	17,14	17,34
	±1,14	±0,85	±1,08
Fragmentos gruesos	24,79	21,82	26,07
	±1,96	±1,54	±1,26
Arcilla	21,37	25,53	21,85
	±1,38	±1,52	±1
Limo	34,27	40,20	40,48
	±1,22	±1,09	±1,26
Arena	44,36	34,28	37,67
	±2,1	±2,01	±1,75
PEs	130,54	124,02	125,87
	±5,48	±1,97	±2,99
PE	749,79	732,84	768,06
	±23,7	±12,96	±26,95
Iar	2,01	1,45	1,64
	±0,1	±0,09	±0,31
IH	-49,55	-28,81	-29,32
	±2,2	±3,7	±8,37
Ioe	0,50	0,71	0,70
	±0,02	±0,04	±0,08
Ios1	0,26	0,02	0,08
	±0,04	±0,01	±0,04
Ios2	0,32	0,05	0,08
	±0,02	±0,01	±0,04
Ios3	0,37	0,15	0,17
	±0,02	±0,02	±0,06
Ios4	0,66	0,51	0,53
	±0,04	±0,03	±0,11
Ic	18,70	17,69	16,48
	±0,52	±0,06	±0,61
Io	2,16	3,02	2,96
	±0,09	±0,17	±0,37
Tp	1750,32	1730,32	1854,31
	±56,53	±41,21	±90,35
Itc	267,37	269,67	320,65
	±11,75	±10,69	±26,64

## 1.5. Resultados y discusión.

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)		
	QcPh	EfPh	RaPh
SHANNON TOTAL	3,06	2,72	2,81
	±0,11	±0,18	±0,28
SHANNON CARACTERÍSTICAS	1,26	1,17	1,11
	±0,22	±0,17	±0,22
QUERCO-FAGETEA	0,00	0,00	0,00
	±0	±0	±0
QUERCETEA ILICIS	1,26	1,17	1,11
	±0,22	±0,17	±0,22
JUNIPERO-PINETEA	0,00	0,00	0,00
	±0	±0	±0
FESTUCETEA INDIGESTAE	0,00	0,00	0,00
	±0	±0	±0
DIV. CAR/DIV TOTAL	0,41	0,43	0,41
	±0,07	±0,05	±0,08
N° de TAXONES	9,67	7,78	8,40
	±0,88	±0,96	±1,38



## 1.5. Resultados y discusión.

---

### a) (QcPp) *Quercus cocciferae* – *Pinetum acutisquamae*

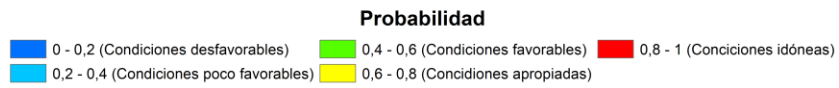
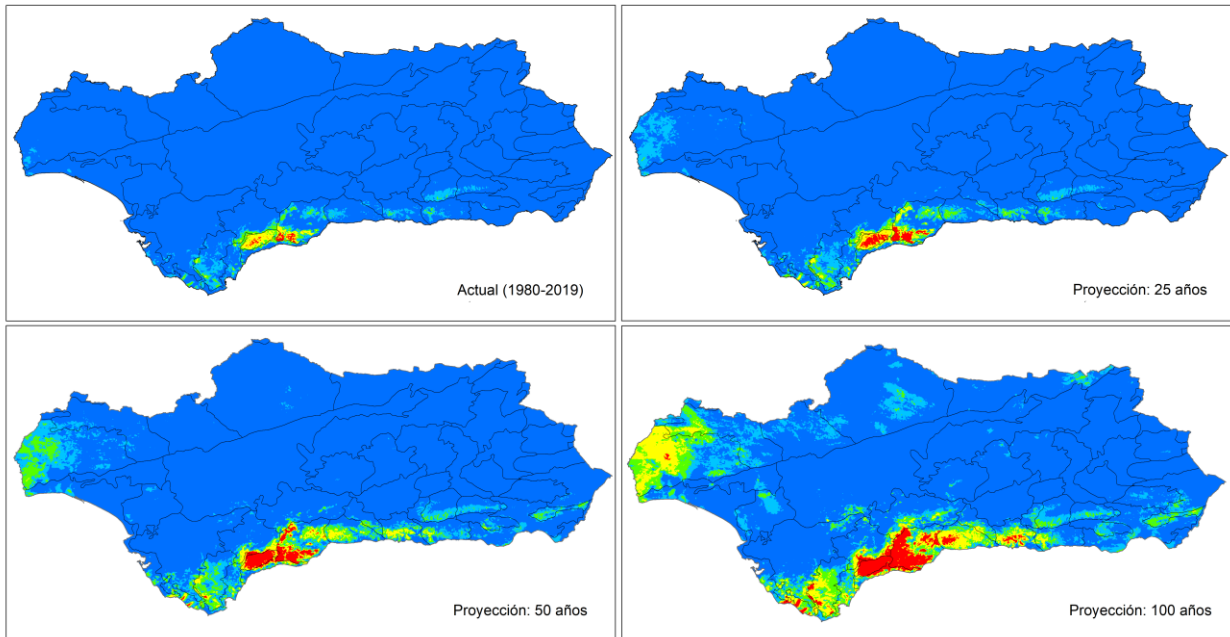
bajo este nombre se denominan a las formaciones o bosques más o menos abiertos de *Pinus pinaster* subsp. *acutisquama* que se desarrollan sobre materiales silíceos y ultrabásicos del Sector Rondeño. Los modelos de proyección de área con una idoneidad de hábitat superior a 0.4, está estimada en unos 1238.98 km<sup>2</sup>, lo que representa aproximadamente el 1.42% de la superficie de Andalucía **Tabla 35**.

Los escenarios de proyección para 25, 50 y 100 años vista estiman un aumento del área disponible para este hábitat del 71.01%, 299.9% y 787.82%. los modelos prevén que para el escenario a 100 años las áreas con una idoneidad de hábitat superior a 0.8 supondrán el 2.14% de la superficie de Andalucía **Figura 92**. este aumento del área de idoneidad de hábitat para estas formaciones de *Pinus pinaster* subsp. *acutisquama* está estrechamente relacionado con la tendencia de la zona hacia un incremento de las temperaturas y un descenso de las precipitaciones lo que supone una tendencia negativa del Io, así como una tendencia positiva del Itc.

La comparación con los modelos proyectados para otros hábitats de esas zonas permite establecer que la expansión de estas formaciones iría en detrimento de otras formaciones como alcornoques o encinares.

9540 *Quercus cocciferae*-*Pinetum pinastri*

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 92:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinares de *Pinetum acutisquamae*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

### b) (PiAc) *Pinetum acutisquamae*.

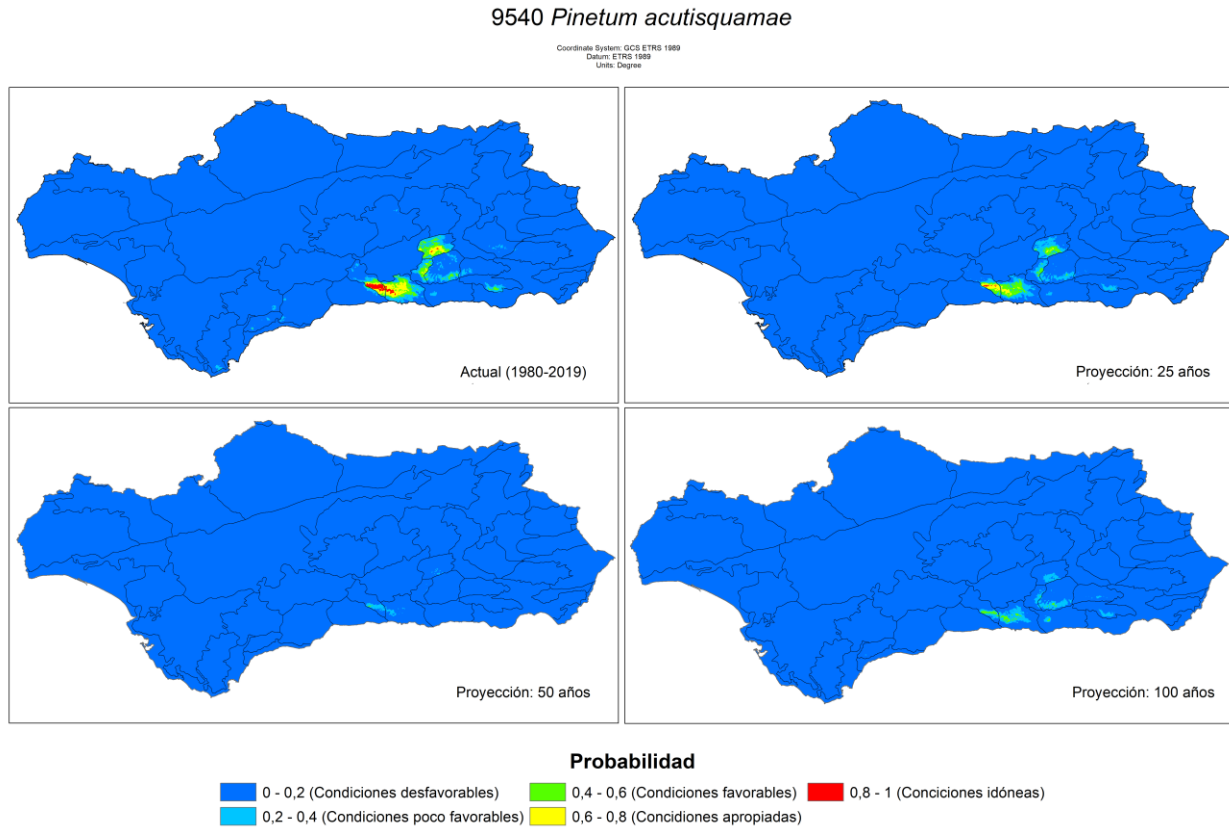
Pinar de distribución Serrano Almijarense y Serrano Tejedense que se desarrolla sobre dolomías y que supone la vegetación climácica climatófila de esos entornos dolomíticos.

La proyección del área adecuada para el establecimiento de este hábitat se estima en unos 1011.31km<sup>2</sup> lo que representa el 1.15% de la superficie de Andalucía **Tabla 35**. Si bien debido a las peculiaridades geológicas de este hábitat el modelo sobreestima el área de idoneidad de hábitat para esta formación.

Las proyecciones de los modelos a 25, 50, y 100 años indican un descenso de las áreas adecuadas para el establecimiento de este pinar. Se estima que para el escenario a 25 años vista la reducción del área adecuada sea del 51.43%, acentuándose esta reducción en el entorno al 94% de reducción en el escenario a 100 años **Figura 93**.

La proyección a futuro del área adecuada para el establecimiento de este hábitat no implica la desaparición en sí de las formaciones de *Pinus pinaster* subsp. *acutisquama* de esos lugares, sino que la composición florística característica y que define a este hábitat paulatinamente se va a ir sustituyendo por otras especies del entorno que actualmente o bien son raras o no aparecen en este pinar. analizando la composición florística de las diversas variantes descritas para esta formación, es de esperar que, si bien en un origen este pinar se definió como supramediterráneo, la tendencia positiva de las temperaturas en la zona indica que en el futuro estos

bosques seguirían enriqueciendo de especies más termófilas, propias de la variante termófila este hábitat.



**Figura 93:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinares de *Quercus cocciferae* – *Pinetum pinastri*.

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 35:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los pinares (Formaciones de *Pinus pinaster* subsp. *acutisquama*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía

Probabilidades	Proyecciones		PiAc	QcPp
Condiciones desfavorables (0 - 0,2)	Actual	Área	85422,66	84155,11
		%	97,52	96,07
	25	Área	86231,96	81647,23
		%	98,44	93,21
	50	Área	87473,43	76401,98
		%	99,86	87,22
	100	Área	86800,51	66717,2
		%	99,09	76,16
Condiciones poco desfavorables (0,2 - 0,4)	Actual	Área	1165,03	2204,91
		%	1,33	2,52
	25	Área	875,9	3832,88
		%	1	4,38
	50	Área	122,12	6242,23
		%	0,14	7,13
	100	Área	700,05	9881,79
		%	0,8	11,28
Condiciones favorables (0,4 - 0,6)	Actual	Área	563,68	655,4
		%	0,64	0,75
	25	Área	365,31	1106,81
		%	0,42	1,26
	50	Área	3,45	2961,56
		%	0	3,38
	100	Área	97,82	5049,06
		%	0,11	5,76
Condiciones apropiadas (0,6 - 0,8)	Actual	Área	339,37	479,74
		%	0,39	0,55
	25	Área	116,29	655,87
		%	0,13	0,75
	50	Área	0	1175,82
		%	0	1,34
	100	Área	0,62	4076,82
		%	0	4,65
Condiciones idóneas (0,8 - 1)	Actual	Área	108,26	103,84
		%	0,12	0,12
	25	Área	9,54	356,21
		%	0,01	0,41
	50	Área	0	817,4
		%	0	0,93
	100	Área	0	1874,13
		%	0	2,14





## 1.5. Resultados y discusión.

---

### a) (EfPh) *Ephedro fragilis* – *Pinetum halepensis*.

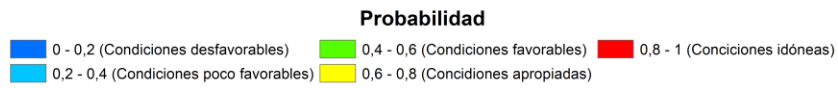
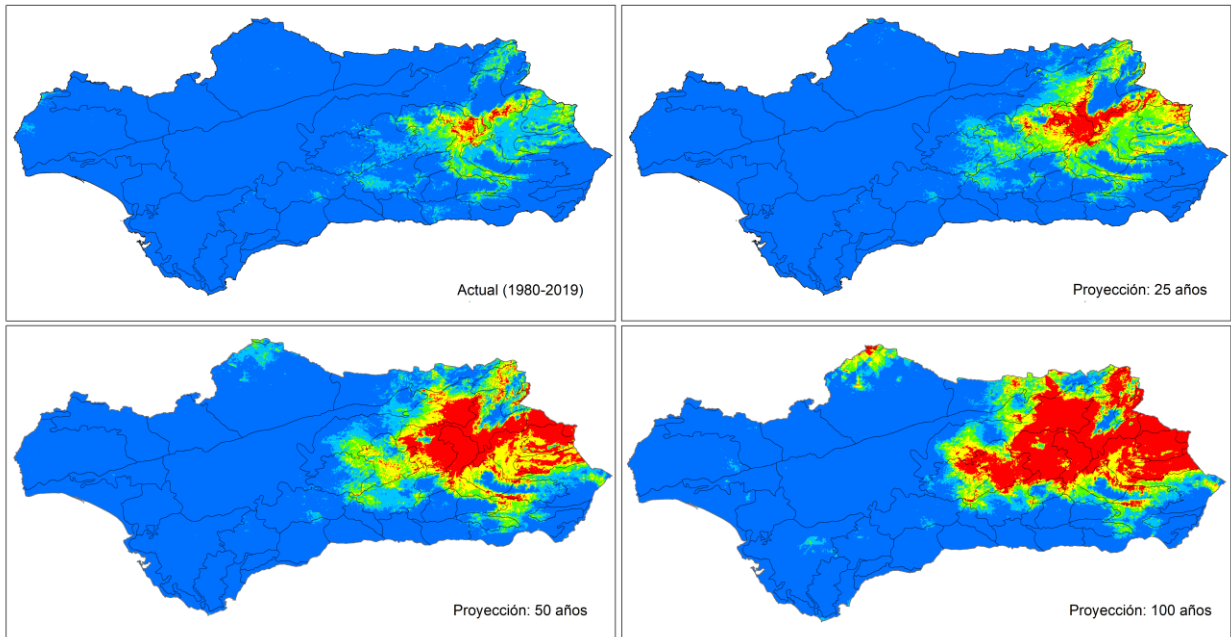
Este pinar representa a la vegetación climácica y climatófila de los ambientes semiáridos de los distritos Hoyano Basitano y Hoyano Guadiciano, con irradiaciones puntuales a los enclaves semiárido del distrito Serrano Maginense.

La proyección actual de área de idoneidad para este pinar es de unos 4810.9 kilómetros cuadrados lo que representa el 5.49% de la superficie de Andalucía **Tabla 36**, convirtiéndolo así en el pinar natural de ambiente semiáridos más extenso del área de estudio. Los modelos de proyección en los diferentes escenarios indican un incremento bastante importante del área adecuada para el establecimiento de este hábitat. Tanto es así que el modelo a 100 años prevé un incremento del 365% del área con una idoneidad de hábitat superior a 0.4, llegando representa en este escenario más de la cuarta parte de la extensión de Andalucía **Figura 94**.

Esta expansión de las formaciones de *Pinus halepensis* responde a la tendencia positiva de la temperatura, así como la tendencia negativa de las precipitaciones lo que provoca el incremento de la aridez y por tanto implica que nuevas áreas disponibles para este hábitat sean posibles en detrimento de las áreas de encinar en este caso correspondientes al *Paeonio coriaceae* – *Quercetum rotundifoliae*.

9540 *Ephedro fragilis-Pinetum halepensis*

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 94:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinares de *Ephedro fragilis* – *Pinetum halepensis*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

### b) (QcPh) *Quercus cocciferae* – *Pinetum halepensis*.

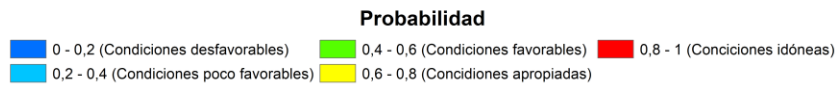
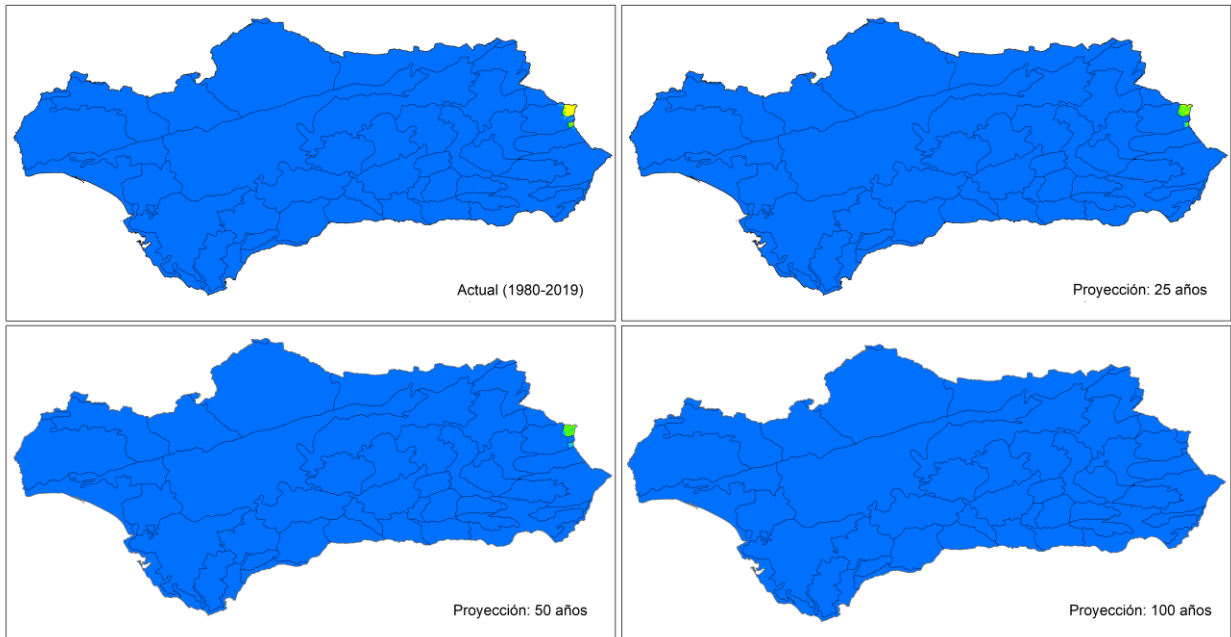
Este hábitat, de escasa extensión en Andalucía y que supone el límite meridional de su distribución y representa a las formaciones de *Pinus halepensis* de las zonas más o menos continentalizadas del distrito Serrano Espuñense presente en el área de estudio.

La proyección de área actual de este hábitat en Andalucía se estima en unos 143.63 km<sup>2</sup>, lo que representa el 0.17% de la superficie andaluza **Tabla 36**. Los modelos proyectados para los escenarios a futuro indica la práctica desaparición de este hábitat para dentro de 100 años **Figura 95**.

Como ocurre con otras formaciones de pinar, esto no indica que la vegetación climatófila vaya sustituirse por otras formaciones diferentes a un pinar, sino que paulatinamente se irán incorporando presumiblemente especies más termófilas debido a la tendencia positiva de las temperaturas en la zona, la comparación con el modelo de idoneidad de hábitat de *Ephedro fragilis* – *Pinetum halepensis*, indica que este hábitat podría ocupar las áreas que actualmente ocupa el pinar de *Quercus cocciferae* – *Pinetum halepensis*

9540 *Quercus cocciferae-Pinetum halepensis*

Coordinate System: ICS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 95:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinares de *Quercus cocciferae* – *Pinetum halepensis*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

c) (RaPh) *Rhamno almeriensis* – *Pinetum halepensis*.

Hábitat de distribución Alpujarreño – Gadorense y Almeriense occidental, representando así la vegetación climatófila climácica de los entornos semiáridos termomediterráneos de estos distritos.

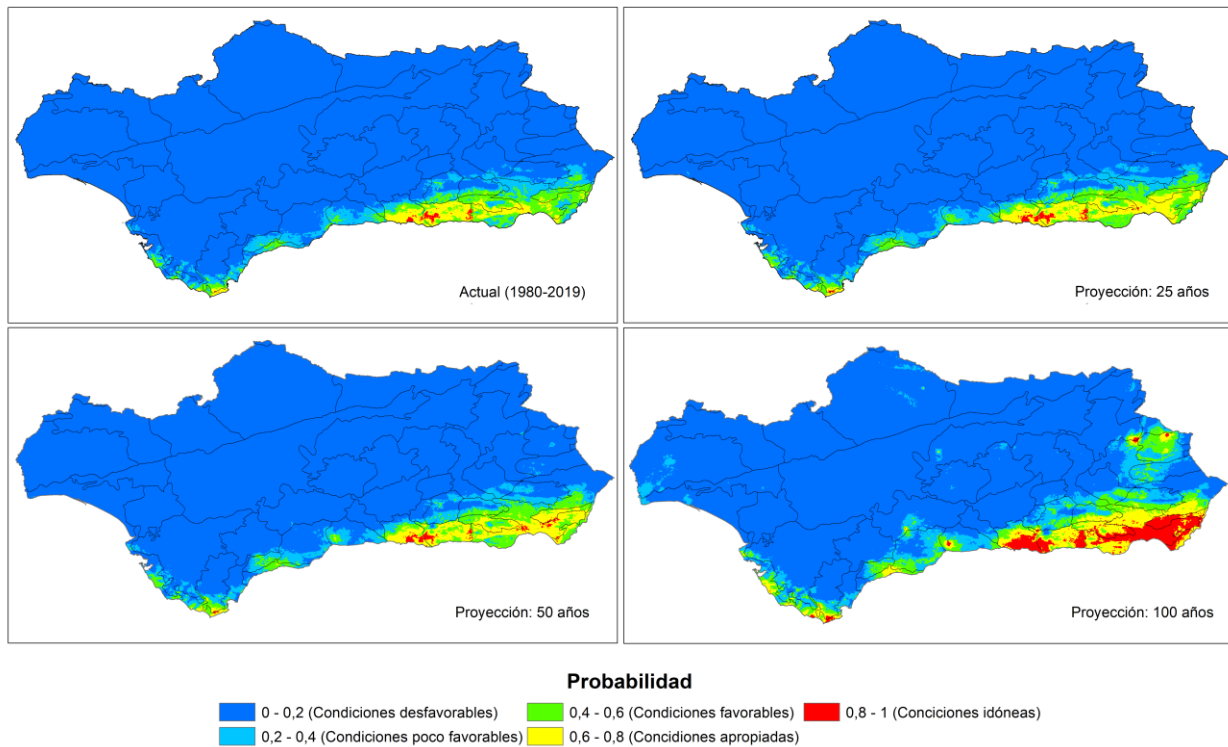
La proyección de idoneidad de hábitat actual para este pinar se estima en unos 5263.86 km<sup>2</sup> lo que representa el 6.01% de la superficie de Andalucía. Los modelos proyectados para los diferentes escenarios del futuro indican un incremento del área adecuada para el establecimiento de este hábitat **Figura 96**. Este incremento se estima en un 20.14% para dentro de 25 años, así como de un incremento del 96.36% para el escenario a 100 años vista **Tabla 36**.

Este incremento del área adecuada para este hábitat responde a la tendencia positiva de las temperaturas, así como a la tendencia positiva de la continentalidad en la zona.

Analizando diferentes modelos y escenarios para los hábitats del entorno, cabe esperar que este Pinar se expanda por aquellas zonas donde actualmente la vegetación climatófila corresponde a un encinar del *Rubio longifoliae* – *Quercetum rotundifoliae*, así como a los encinares del *Rhamno oleoidis* – *Quercetum rotundifoliae*.

9540 *Rhamno almeriensis-Pinetum halepensis*

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 96:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pinares de *Rhamno almeriensis* – *Pinetum halepensis*.

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 36:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los pinares (Formaciones de *Pinus halepensis*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía

Probabilidades	Proyecciones		EfPh	QcPh	RaPh
Condiciones desfavorables (0 - 0,2)	Actual	Área	75561,84	87414,23	77380,4
		%	86,26	99,79	88,33
	25	Área	70417,58	87455,23	76514,14
		%	80,39	99,84	87,35
	50	Área	62367,67	87454,78	76636,75
		%	71,2	99,84	87,49
	100	Área	59532,29	87599	69668,27
		%	67,96	100	79,53
Condiciones poco desfavorables (0,2 - 0,4)	Actual	Área	7226,26	41,13	4954,74
		%	8,25	0,05	5,66
	25	Área	6438,66	13,26	4760,46
		%	7,35	0,02	5,43
	50	Área	7553,71	38,53	4575,31
		%	8,62	0,04	5,22
	100	Área	5670,32	0	7594,16
		%	6,47	0	8,67
Condiciones favorables (0,4 - 0,6)	Actual	Área	3048,03	32,19	3334,74
		%	3,48	0,04	3,81
	25	Área	5353,75	107,63	3554,15
		%	6,11	0,12	4,06
	50	Área	4643,27	104,89	3367,06
		%	5,3	0,12	3,84
	100	Área	4498,19	0	4219,74
		%	5,13	0	4,82
Condiciones apropiadas (0,6 - 0,8)	Actual	Área	1359,81	111,44	1779,56
		%	1,55	0,13	2,03
	25	Área	3408,48	22,89	2539,43
		%	3,89	0,03	2,9
	50	Área	5941,06	0,8	2755,03
		%	6,78	0	3,15
	100	Área	5121,37	0	3644,12
		%	5,85	0	4,16
Condiciones idóneas (0,8 - 1)	Actual	Área	403,06	0	149,56
		%	0,46	0	0,17
	25	Área	1980,53	0	230,82
		%	2,26	0	0,26
	50	Área	7093,3	0	264,84
		%	8,1	0	0,3
	100	Área	12776,83	0	2472,71
		%	14,59	0	2,82



**1.5.3.10. 5120: Formaciones de *Genista purgans* (*Cytisus oromediterraneus*) en las altas montañas del suroccidente de Europa.**

Este hábitat aúna a las formaciones de alta montaña de la Península Ibérica. En el área de estudio, se representan por las formaciones de *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica*, *Cytisus nevadensis* y *Genista versicolor* del piso termoclimático oromediterráneo sobre sustratos silíceos del Sector Nevadense y puntualmente del distrito serrano filábrico. En el área de estudio se reúnen bajo dos asociaciones muy próximas entre sí, que se diferencian básicamente en la presencia o ausencia de *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica*.

Se especula que en la antigüedad estos hábitats podrían estar conformados por un estrato arbóreo de *Pinus sylvestris* subsp. *nevadensis*, los cuales prácticamente han desaparecido debido a los reiterados incendios de las zonas anteriormente mencionadas [15].

Un resumen de la caracterización edáfica, bioclimática y ecológica se puede observar en la **Tabla 37**.

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 37:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Genista versicolor* y *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica* presentes en Andalucía. GvCn = *Genista versicoloris* – *Cytisetum nevadensis*, GvJh = *Genista versicoloris* – *Juniperetum hemisphaericae*

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)		Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)	
	GvCn	GvJh		GvCn	GvJh
Rel C/N	13,250	13,210	Ios1	0,42	0,39
	±0,05	±0,06		±0,04	±0,04
Fósforo (mg/Kg)	24,290	24,310	Ios2	0,46	0,40
	±1,11	±0,9		±0,03	±0,03
CaCO <sub>3</sub> (g/Kg)	50,480	53,900	Ios3	0,75	0,70
	±2,17	±3,66		±0,05	±0,05
Potasio (mg/Kg)	198,530	194,970	Ios4	2,08	1,72
	±3,97	±4,1		±0,19	±0,19
pH	6,290	6,310	Ic	15,38	16,59
	±0,01	±0,03		±0,77	±0,8
Nitrógeno (g/Kg)	3,490	4,310	Io	6,88	5,78
	±0,31	±0,39		±0,58	±0,66
CIC (cmol/Kg)	16,360	16,390	Tp	775,97	812,66
	±0,11	±0,22		±49,34	±68,09
Fragmentos gruesos	31,960	32,630	Itc	19,75	33,47
	±0,67	±0,59		±21,96	±26,57
Arcilla	23,040	24,240	SHANNON TOTAL	2,60	3,24
	±0,58	±0,47		±0,13	±0,19
Limo	39,680	40,740	SHANNON CARACTERÍSTICAS	0,67	0,79
	±0,51	±0,72		±0,05	±0,07
Arena	37,280	35,020	QUERCO-FAGETEA	0,02	0,01
	±0,85	±0,95		±0,02	±0,01
PEs	86,190	89,550	QUERCETEA ILICIS	0,01	0,02
	±1,46	±2,05		±0,01	±0,02
PE	484,840	489,580	JUNIPERO-PINETEA	0,67	0,79
	±14,58	±18,83		±0,05	±0,07
Iar	0,910	1,050	FESTUCETEA INDIGESTAE	0,60	0,85
	±0,07	±0,09		±0,11	±0,1
IH	23,840	7,450	DIV. CAR/DIV TOTAL	0,28	0,27
	±8,85	±9,36		±0,03	±0,04
Ioe	1,230	1,070	Nº de TAXONES	7,98	13,88
	±0,09	±0,09		±0,81	±2,02



## 1.5. Resultados y discusión.

---

### c) (GvCn) *Genisto versicoloris* – *Cytisetum nevadensis*

Piornales de distribución oromediterránea en el distrito Serrano Filábrico sobre esquistos y otros materiales silíceos.

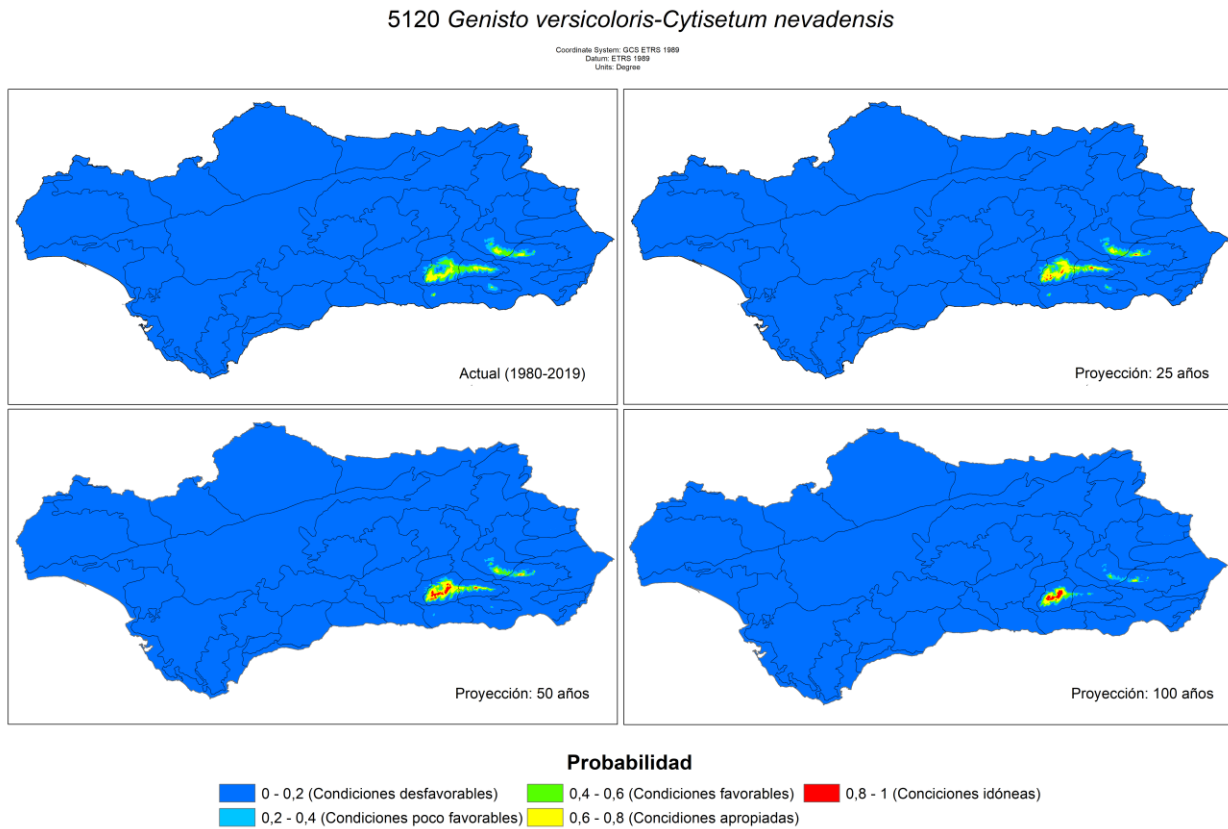
Los modelos de proyección de idoneidad de hábitat estiman que el área adecuada se sitúa en torno a los 690.7 Km<sup>2</sup>, lo que representa el 0.79% de la superficie de Andalucía **Tabla 38**. Si bien, debido a las similitudes florísticas y ecológicas entre este hábitat y el siguiente, gran parte de esta área modelizada, se superpone con el área modelizada en el Distrito Alto Nevadense para la siguiente asociación.

La proyección de los escenarios a futuro, prevén un mantenimiento de las áreas adecuadas para las proyecciones a 25 y 50 años y un descenso de las mismas para la proyección a más largo plazo, que suponen descensos del 54.92%.

Como se puede observar en la **Figura 97**, se prevé un desplazamiento hacia las cotas más altas del área con una idoneidad de hábitat mayor, lo que indica que si bien, en las cotas más bajas se podrían perder zonas adecuadas para este hábitat, en las zonas más altas, podrían desplazar a los pastizales psicroxerófilos de *Erigeronto frigidae* – *Festucetum clementei*. Pastizales bastante amenazados por el calentamiento global [183, 223, 247]. En las zonas filábricas, donde la cota altitudinal es inferior, el modelo muestra un descenso del área adecuada para estos piornales.

La pérdida de área en las cotas más bajas, coincide con el aumento de las áreas adecuadas para el encinar de *Adenocarpo decorticans* – *Quercetum rotundifoliae*,

por lo que cabe esperar, que paulatinamente, especies propias del encinar, vayan sustituyendo a las especies propias del piornal.



**Figura 97:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los piornales de *Genisto versicoloris* – *Cytisetum nevadensis*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

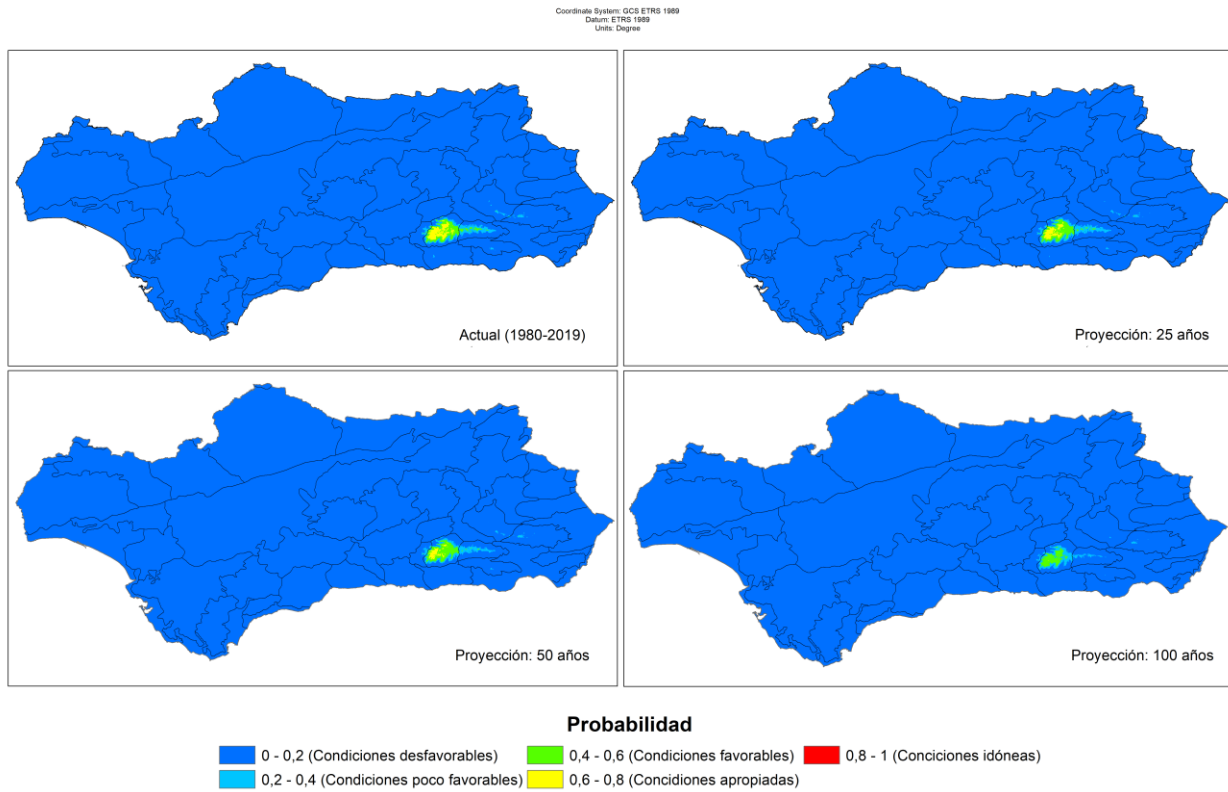
d) (GvJh) *Genisto versicoloris* – *Juniperetum hemisphaericae*.

Bajo esta denominación se agrupan las formaciones oromediterráneas climatófilas climácicas del Sector Nevadense. Estrechamente relacionadas con el hábitat anterior, del que difiere básicamente por la presencia de *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica* como especie característica y diferencial. La proyección actual de idoneidad de hábitat estima el área adecuada en 505.92 Km<sup>2</sup>, lo que supone el 0.58% de la superficie de Andalucía **Tabla 38**.

La proyección de los diferentes escenarios **Figura 98**, muestra un comportamiento similar, aunque el descenso del área disponible para estos enebrales, es más acusado, estimando en el escenario a 25 años vista, una pérdida del 14.13% del área, 23.96% para el escenario a 50 años, y de un 56.78% para el escenario a 100 años.

Como en el anterior hábitat **Figura 97**, en las cotas más altas este enebral desplazaría o se introgredería en los pastizales crioromediterráneos, mientras que, en las cotas bajas, especies propias del encinar nevadense, estarían ejerciendo una presión y competencia sobre las especies propias del enebral.

5120 *Genisto versicoloris*-*Juniperetum hemisphaericae*



**Figura 98:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los enebrales de *Genisto versicoloris* – *Juniperetum hemisphaericae*.

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 38:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los piornales y enebrales (Formaciones de *Cytisus nevadensis* y *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía

Probabilidades	Proyecciones		GvCn	GvJh
Condiciones desfavorables (0 - 0,2)	Actual	Área	86255,23	86675,34
		%	98,47	98,95
	25	Área	86392,05	86764,46
		%	98,62	99,05
	50	Área	86579,87	86835,68
		%	98,84	99,13
	100	Área	87053,06	87052,45
		%	99,38	99,38
Condiciones poco desfavorables (0,2 - 0,4)	Actual	Área	653,08	417,74
		%	0,75	0,48
	25	Área	503,44	400,13
		%	0,57	0,46
	50	Área	383,08	378,65
		%	0,44	0,43
	100	Área	234,62	327,93
		%	0,27	0,37
Condiciones favorables (0,4 - 0,6)	Actual	Área	465,86	308,33
		%	0,53	0,35
	25	Área	369,18	303,54
		%	0,42	0,35
	50	Área	286,31	303,1
		%	0,33	0,35
	100	Área	127,51	218,27
		%	0,15	0,25
Condiciones apropiadas (0,6 - 0,8)	Actual	Área	224,83	197,59
		%	0,26	0,23
	25	Área	314,87	130,87
		%	0,36	0,15
	50	Área	271,99	81,56
		%	0,31	0,09
	100	Área	121,77	0,35
		%	0,14	0
Condiciones idóneas (0,8 - 1)	Actual	Área	0	0
		%	0	0
	25	Área	19,46	0
		%	0,02	0
	50	Área	77,75	0
		%	0,09	0
	100	Área	62,03	0
		%	0,07	0



**1.5.3.11. 5210: Bosquetes o altos matorrales infra – termomediterráneos de lugares áridos de *Ziziphus lotus*, *Periploca angustifolia* y *Maytenus europaeus*.**

Este hábitat reúne a las formaciones climatófilas climácicas de los entornos semiáridos y áridos del sureste peninsular. Estas formaciones, de carácter termófilo y oceánico, conforman el paisaje subdesértico de las zonas cercanas al mar de Almería, Granada y puntualmente Málaga.

Estas especies, son en su mayoría freatófitos (organismos vegetales que extraen del suelo más agua que la que reciben mediante las precipitaciones del entorno) y perfectamente adaptadas a los rigores del clima, desarrollando estrategias como la pérdida de las hojas en verano para evitar la pérdida de agua. Por ello son buenos bioindicadores de las ausencias de heladas allá donde se encuentran. Un resumen de la caracterización edáfica, bioclimática y ecológica se puede observar en la **Tabla 39**.

**Tabla 39:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Maytenus senegalensis* subsp. *europaeus*, *Ziziphus lotus* y *Periploca laevigata* subsp. *angustifolia*, presentes en Andalucía. OsMe = *Oleo sylvestris* – *Maytenetum europaei*, MePa = *Mayteno europaei* – *Periplocetum angustifoliae*, ZiLo = *Ziziphetum loti*, ZlMe = *Zizipho loti* – *Maytenetum europaei*

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)			
	OsMe	MePa	ZiLo	ZlMe
Rel C/N	12,73	13,35	12,56	12,70
	±0,36	±0,18	±0,23	±0,24
Fósforo (mg/Kg)	15,64	18,70	16,91	15,47
	±1,75	±1,26	±1,58	±1,67
CaCO <sub>3</sub> (g/Kg)	194,05	211,66	227,37	198,45
	±21,79	±14,44	±17,16	±13,89
Potasio (mg/Kg)	289,75	266,88	315,79	252,73
	±20,89	±13,33	±14,48	±12,03

## 1.5. Resultados y discusión.

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)			
	OsMe	MePa	ZiLo	ZlMe
pH	7,23	7,34	7,63	7,32
	±0,19	±0,07	±0,06	±0,1
Nitrógeno (g/Kg)	1,27	1,29	1,22	1,17
	±0,05	±0,04	±0,03	±0,03
CIC (cmol/Kg)	17,06	17,27	16,77	16,07
	±1,1	±0,29	±0,4	±0,43
Fragmentos gruesos	25,55	21,86	16,47	19,16
	±2,26	±1,07	±1,66	±1,89
Arcilla	26,21	24,07	24,41	26,87
	±1,65	±0,69	±1,26	±1,54
Limo	40,19	39,66	39,67	43,83
	±1,87	±0,66	±0,95	±1,83
Arena	33,61	36,27	35,92	29,29
	±3,11	±1,2	±2,09	±3,25
PEs	125,31	127,17	128,62	127,68
	±1,32	±0,46	±0,65	±0,72
PE	852,62	839,97	849,08	858,56
	±15,74	±3,76	±7,64	±5,7
Iar	2,71	3,78	4,09	3,21
	±0,29	±0,13	±0,21	±0,23
IH	-60,29	-72,60	-74,49	-65,99
	±5,15	±1,24	±1,83	±3,06
Ioe	0,39	0,27	0,25	0,34
	±0,05	±0,01	±0,02	±0,03
Ios1	0,14	0,33	0,23	0,15
	±0,01	±0,02	±0,02	±0,01
Ios2	0,11	0,31	0,20	0,11
	±0,01	±0,03	±0,03	±0,01
Ios3	0,14	0,28	0,20	0,15
	±0	±0,02	±0,02	±0,01
Ios4	0,30	0,40	0,33	0,30
	±0,03	±0,02	±0,02	±0,02
Ic	12,49	12,95	13,39	12,80
	±0,56	±0,22	±0,45	±0,37
Io	1,56	1,08	1,01	1,34
	±0,21	±0,05	±0,08	±0,12
Tp	2165,19	2127,63	2143,35	2176,99
	±50,97	±12,08	±26,47	±20,11

**Capítulo 1. Memoria.**

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)			
	OsMe	MePa	ZiLo	ZlMe
Itc	423,38	414,30	412,28	425,63
	±17,98	±4,47	±10,5	±8,24
SHANNON TOTAL	3,22	3,26	2,60	3,51
	±0,25	±0,15	±0,27	±0,26
SHANNON CARACTERÍSTICAS	1,63	1,35	0,81	1,07
	±0,19	±0,14	±0,15	±0,11
QUERCO-FAGETEA	0,01	0,00	0,00	0,00
	±0,02	±0	±0	±0
QUERCETEA ILICIS	1,63	1,35	0,81	1,07
	±0,19	±0,14	±0,15	±0,11
JUNIPERO-PINETEA	0,00	0,00	0,00	0,00
	±0	±0	±0	±0
FESTUCETEA INDIGESTAE	0,00	0,00	0,00	0,00
	±0	±0	±0	±0
DIV. CAR/DIV TOTAL	0,52	0,42	0,33	0,33
	±0,06	±0,04	±0,05	±0,04
N° de TAXONES	11,96	14,20	10,08	17,20
	±2,11	±1,53	±1,87	±3,92

## 1.5. Resultados y discusión.

---

### a) (OsMe) *Oleo sylvestris* – *Maytenetum europaei*.

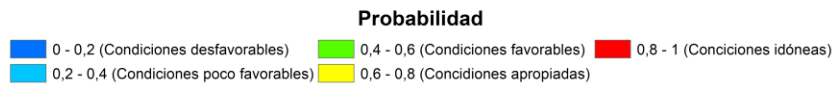
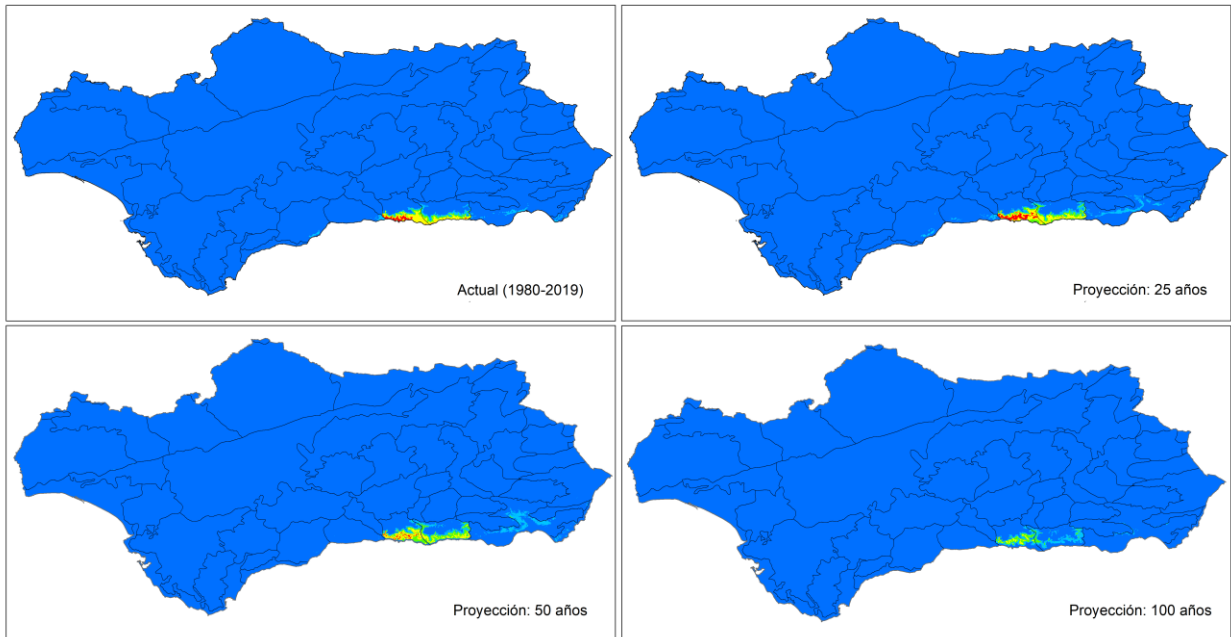
Artales de distribución Alpujarreño y Almiyareense costera, termomediterráneas, el área de idoneidad de hábitat mayor a 0.4 estimado para este hábitat es de unos 521.16 Km<sup>2</sup>, lo que representa el 0.59% de la superficie de Andalucía **Tabla 40**.

Si bien, los modelos a 25 y 50 años vista, prevén un aumento del área adecuada para el establecimiento de estas formaciones del 24.39% y 20.07% respectivamente, el modelo a más largo plazo, estima una pérdida de áreas favorables para este hábitat del 59.12% para dentro de 100 años **Figura 99**.

El comportamiento de los modelos responde en un principio, a que la tendencia positiva de las temperaturas y la aridez, suponen en un principio, escenarios favorables para este hábitat, sin embargo, en el modelo a más largo plazo, la importancia que tiene la tendencia positiva de la continentalidad, así como el incremento en la aridez, hace que muchas especies propias como *Olea europaea* subsp. *sylvestris*, o *Rhamnus velutinus*, sean desplazadas por otras especies mejor adaptadas a estas condiciones más xéricas, cambiando así la composición florística de este hábitat.

5210 *Oleo sylvestris-Maytenetum europaei*

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 99:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los artales de *Oleo sylvestris – Maytenetum europaei*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

### b) (MePa) *Mayteno europaei* – *Periplocetum angustifoliae*

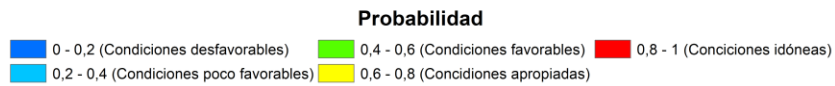
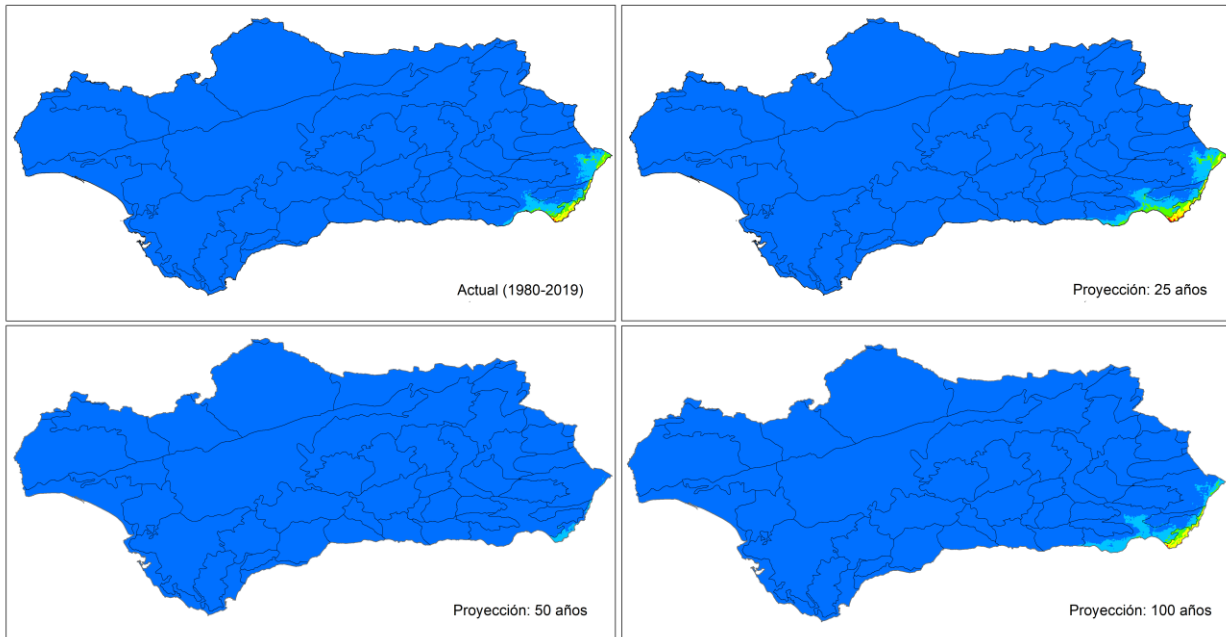
Cornicales de distribución almeriense oriental, restringidos al distrito Charidemo. El modelo de distribución de área favorable para este hábitat estima una superficie de unos 444.01 Km<sup>2</sup> lo que representa el 0.51% de la superficie de Andalucía **Tabla 40**.

Los modelos de proyección para este hábitat indican a priori un mantenimiento de las condiciones bioclimáticas adecuadas para el establecimiento de este hábitat, si bien el modelo a 50 años vista muestran una reducción importante del área favorable para este cornical, Esta área no llega a desaparecer por completo y el modelo a largo plazo sólo indica reducciones de área favorable en un 25% aproximadamente **Figura 100**. Esta de reducción del área largo plazo podría deberse al incremento de la continentalidad sobre todo en aquellas zonas más interiores donde actualmente se puede encontrar este hábitat.

Debido a las peculiaridades bioclimáticas de esta vegetación, difícilmente podría establecerse un aumento de área favorable para otro hábitat puesto que se trata ya de una vegetación propia de subdesiertos. No obstante, el incremento de la continentalidad puede hacer estas comunidades vayan enriqueciéndose en especies propias del palmitar *Chamaeropo humilis* – *Rhamnetum lycioides* en aquellos lugares semiáridos y algo más continentalizados.

5210 *Mayteno europaei-Periplocetum angustifoliae*

Coordinate System: ICS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 100:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los cornicales de *Mayteno europaei – Periplocetum angustifoliae*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

### c) (ZiLo) *Ziziphium loti*

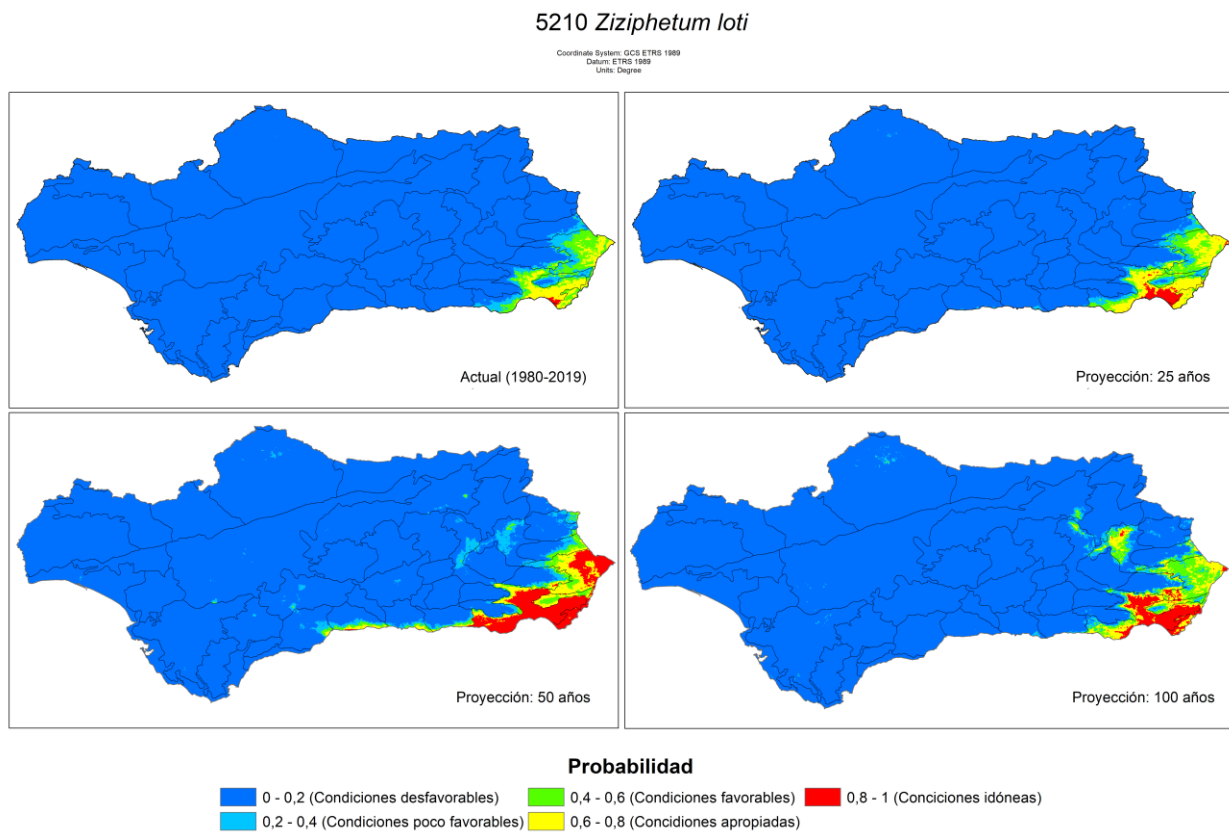
Artales propios de la provincia murciano almeriense de lugares áridos compuesto por el freatófito *Ziziphus lotus* sobre arenales de ramblas consolidados por esta especie. El modelo de distribución de idoneidad de hábitat para estas formaciones estima en 2930.1 km<sup>2</sup> el área favorable para este hábitat, lo que representa el 3,35% de la superficie de Andalucía **Tabla 40**.

El modelo de proyección para los diferentes escenarios a 25, 50 y 100 años vista estiman un incremento del área favorable para este hábitat desde el punto de vista bioclimático. Se proyectan aumentos del 24.4%, 95.9%, y del 76.8% para estos escenarios respectivamente **Figura 101**.

Éste aumento está íntimamente correlacionado con el aumento del bioclima Mediterráneo desértico oceánico, el cual implica un aumento de la superficie árida en el sureste de Andalucía como consecuencia de las tendencias negativas en las precipitaciones, pero sobre todo en las tendencias positivas en las temperaturas en mayor medida.

Este aumento del área de ombrotipo árido si bien es favorable para estos artales, supone una presión bioclimática para los pinares del *Rhamno almeriensis* – *Pinetum halepensis*.





**Figura 101:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los artales de *Ziziphetum loti*.

## 1.5. Resultados y discusión.

---

### d) (ZlMe) *Zizipho loti* – *Maytenetum europaei*

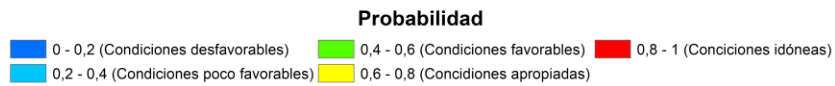
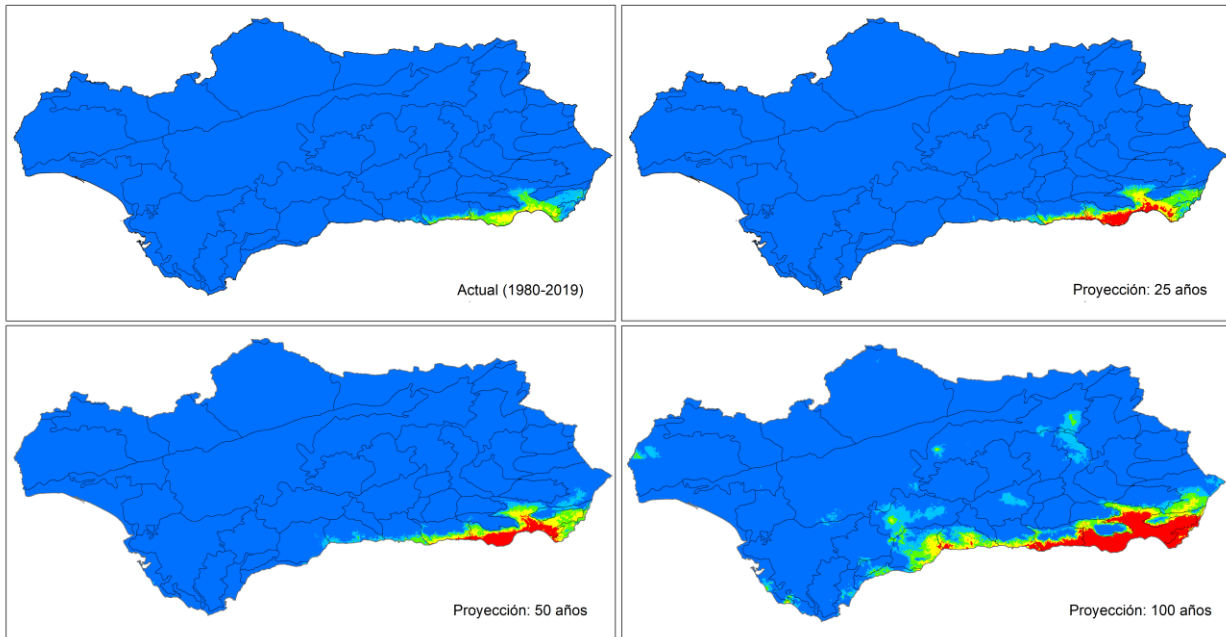
Artales de distribución almeriense occidental sobre arenas geológicamente diversas. El modelo de distribución de idoneidad de hábitat para estas formaciones estima actualmente en unos 1016.5 km<sup>2</sup> la superficie con una probabilidad de idoneidad de hábitat superior a 0.4. Esto representa el 1.16% de la superficie de Andalucía **Tabla 40**.

De manera análoga al resto de formaciones propias del bioclima Mediterráneo desértico oceánico, los modelos proyectados para los escenarios a 25, 50 y 100 años vista, prevén un aumento de las áreas favorables para el desarrollo de este hábitat desde el punto de vista bioclimático **Figura 102**. Estos modelos estiman un aumento del 88,94% para el modelo a 25 años vista y prácticamente quintuplicar el área favorable para el escenario a 100 años vista presentando la mayoría de esta área, una probabilidad de idoneidad de hábitat superior a 0.8 (2.96% de la superficie de Andalucía para dentro de 100 años) **Tabla 40**.

Como ocurre con otros hábitats propios de ombroclima árido, la tendencia positiva de las precipitaciones, pero sobre todo la tendencia positiva de las temperaturas en el sureste del área de estudio está íntimamente correlacionada con este aumento en el área favorable para este hábitat. Estudios de modelización de *Maytenus senegalensis* subsp. *europaeus* arrojan también similares resultados [248]

5210 *Zizipho loti-Maytenetum europaei*

Coordinate System: ICS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 102:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los artales de *Zizipho loti – Maytenetum europaei*.

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 40:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los artales y cornicales (Formaciones de *Maytenus senegalensis subsp. europaeus*, *Ziziphus lotus* y *Periploca laevigata subsp. angustifolia*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía

Probabilidades	Proyecciones	MePa	OsMe	ZiLo	ZIMe		
Condiciones desfavorables (0 - 0,2)	Actual	Área	86158,9	86751,52	83246,76	85661,55	
		%	98,36	99,03	95,03	97,79	
	25	Área	85580,06	86484,83	82680,1	84912,71	
		%	97,7	98,73	94,38	96,93	
	50	Área	87423,59	86368,56	79627,52	83991,64	
		%	99,8	98,6	90,9	95,88	
	100	Área	86076,34	86932,53	80700,57	77098,23	
		%	98,26	99,24	92,12	88,01	
	Condiciones poco desfavorables (0,2 - 0,4)	Actual	Área	996,1	326,32	1422,15	920,92
			%	1,14	0,37	1,62	1,05
25		Área	1325,34	465,85	1148,34	765,71	
		%	1,51	0,53	1,31	0,87	
50		Área	175,41	604,65	2231,46	1149,05	
		%	0,2	0,69	2,55	1,31	
100		Área	1189,96	453,41	1718,84	4521,61	
		%	1,36	0,52	1,96	5,16	
Condiciones favorables (0,4 - 0,6)		Actual	Área	276,66	157,41	1688,38	642,04
			%	0,32	0,18	1,93	0,73
	25	Área	467,02	229,08	1500,75	773,75	
		%	0,53	0,26	1,71	0,88	
	50	Área	0	304,09	1248,02	860,44	
		%	0	0,35	1,42	0,98	
	100	Área	179,65	164,98	2023,36	1952,84	
		%	0,21	0,19	2,31	2,23	
	Condiciones apropiadas (0,6 - 0,8)	Actual	Área	158,06	289,6	1188,65	365,11
			%	0,18	0,33	1,36	0,42
25		Área	201,74	304,88	1881,17	603,82	
		%	0,23	0,35	2,15	0,69	
50		Área	0	284,55	1626,59	810,78	
		%	0	0,32	1,86	0,93	
100		Área	146,87	47,9	1740,85	1435,89	
		%	0,17	0,05	1,99	1,64	
Condiciones idóneas (0,8 - 1)		Actual	Área	9,29	74,15	53,07	9,38
			%	0,01	0,08	0,06	0,01
	25	Área	24,83	114,36	388,64	543,02	
		%	0,03	0,13	0,44	0,62	
	50	Área	0	37,15	2865,41	787,09	
		%	0	0,04	3,27	0,9	
	100	Área	6,19	0,18	1415,39	2590,42	
		%	0,01	0	1,62	2,96	

**1.5.3.12. 5330: Altos matorrales o garrigas de carácter climatófilo de lugares semiáridos – áridos de *Chamaerops humilis*.**

Este hábitat incluye a los altos matorrales dominados por *Chamaerops humilis* de ambiente semiáridos más alejados de la influencia del mar. Si bien la descripción original de este hábitat se realiza en el levante español, las especies características de este palmitar en las zonas del sur peninsular difieren en gran medida de la composición florística de este hábitat en el lugar descrito originalmente para el levante español, enriqueciéndose en el área de estudio en especies propias de estos territorios como *Rhamnus lycioides* subsp. *laderoi*, *Rhamnus velutinus* subsp. *almeriensis* o *Aristolochia baetica* entre otras especies. Estas formaciones también pueden albergar de manera dispersa ejemplares de *Pinus halepensis*.

Un resumen de la caracterización edáfica, bioclimática y ecológica se puede observar en la **Tabla 41**.

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 41:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de las formaciones de *Chamaerops humilis* presentes en Andalucía. ChRl = *Chamaeropo humilis* – *Rhamnetum lycioides*

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)						
	ChRl		ChRl		ChRl		ChRl
Rel C/N	13,260	Arcilla	24,350	Ios1	0,35	SHANNON TOTAL	3,10
	±0,16		±0,61		±0,02		±0,13
Fósforo (mg/Kg)	22,000	Limo	39,500	Ios2	0,32	SHANNON CARACTERÍSTICAS	1,73
	±1,3		±0,63		±0,02		±0,14
CaCO <sub>3</sub> (g/Kg)	274,760	Arena	36,150	Ios3	0,33	QUERCO-FAGETEA	0,00
	±19,14		±1,01		±0,01		±0
Potasio (mg/Kg)	290,530	PEs	127,750	Ios4	0,48	QUERCETEA ILICIS	1,73
	±16,06		±0,72		±0,01		±0,14
pH	7,510	PE	807,710	Ic	14,89	JUNIPERO-PINETEA	0,00
	±0,08		±6,1		±0,28		±0
Nitrógeno (g/Kg)	1,330	Iar	2,910	Io	1,49	FESTUCETEA INDIGESTAE	0,00
	±0,04		±0,14		±0,09		±0
CIC (cmol/Kg)	17,930	IH	-62,930	Tp	2005,96	DIV. CAR/DIV TOTAL	0,55
	±0,44		±2,04		±20,63		±0,04
Fragmentos gruesos	19,990	Ioe	0,370	Ite	364,12	N° de TAXONES	12,92
	±0,96		±0,02		±7,64		±1,15



## 1.5. Resultados y discusión.

---

### a) (ChRl) *Chamaeropo humilis* – *Rhamnetum lycioidis*.

En el área de estudio este palmitar presenta una distribución almeriense con irradiaciones en las zonas semiáridas y euoceánicas de los distritos Alpujarreño, Serrano Gadorense y Serrano Almiijarense **Figura 103**. El modelo de proyección de idoneidad de hábitat actual estima un área favorable a este hábitat (probabilidad mayor a 0.4) de unos 937.41 km<sup>2</sup> lo que supone el 1.07% de la superficie de Andalucía.

La proyección de los diferentes escenarios estima de manera general un aumento del área favorable para este hábitat desde el punto de vista bioclimático, tanto es así, que en el escenario a 100 años vista se estima un aumento de esta área en un 504.3%

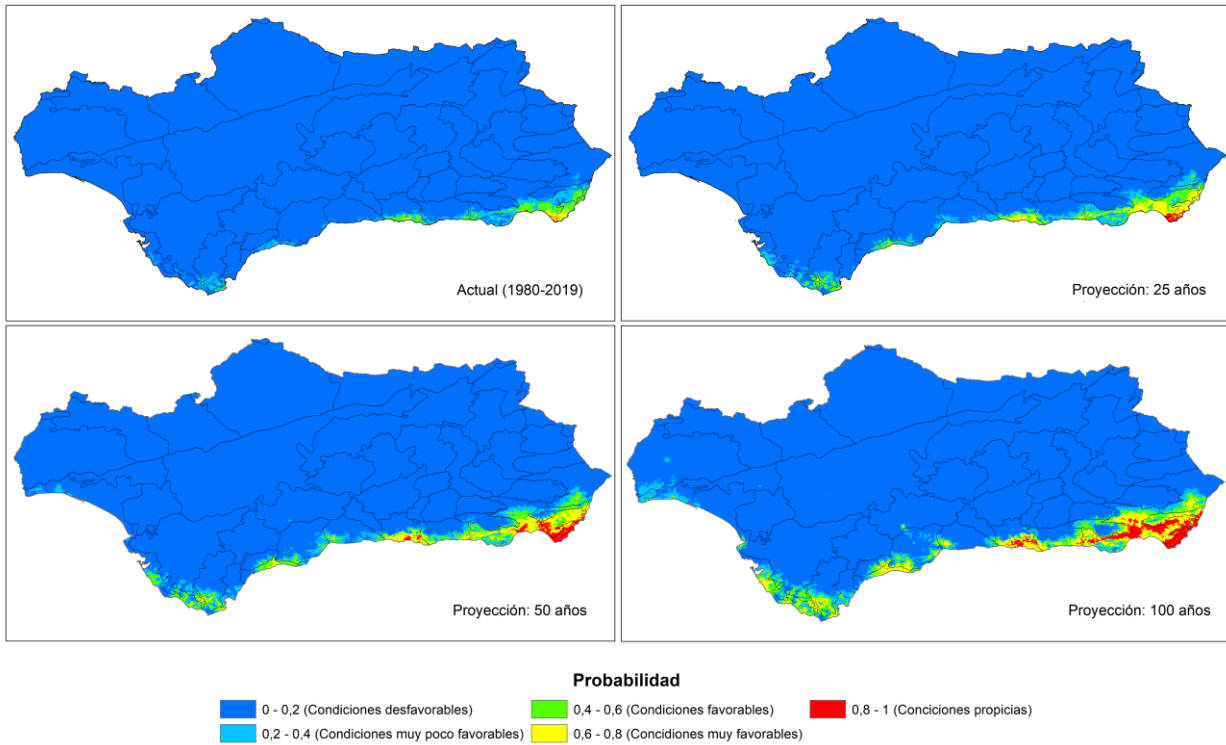
### **Tabla 42.**

El modelo 100 años vista proyecta para las zonas occidentales de la costa de Cádiz, en los sistros calcáreos **Figura 103**, áreas favorables para el establecimiento para este hábitat, esto puede deberse al incremento de la aridez en esas zonas. Este incremento de la aridez junto con el aumento de las temperaturas, supondría un escenario desfavorable para el hábitat actual típico de esas zonas constituidos por formaciones de *Quercus súber*, *Juniperus turbinata* o *Pinus pinea* y favorable para el *Chamaeropo humilis* – *Rhamnetum lycioides*.



5330 *Chamaeropo humilis-Rhamnetum lycioides*

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 103:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los palmitares de *Chamaeropo humilis – Rhamnetum lycioides*.

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 42:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los palmitares (*Chamaerops humilis*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía

Probabilidades	Proyecciones		ChRI	Probabilidades	Proyecciones		ChRI
Condiciones desfavorables (0 - 0,2)	Actual	Área	85002,68	Condiciones apropiadas (0,6 - 0,8)	Actual	Área	173,72
		%	97,04			%	0,2
	25	Área	83278,94		25	Área	774,01
		%	95,07			%	0,88
	50	Área	81526,7		50	Área	1328,04
		%	93,07			%	1,52
	100	Área	78864,94		100	Área	2329,45
		%	90,03			%	2,66
Condiciones poco desfavorables (0,2 - 0,4)	Actual	Área	1658,91	Condiciones idóneas (0,8 - 1)	Actual	Área	8,58
		%	1,89			%	0,01
	25	Área	2225,26		25	Área	89,07
		%	2,54			%	0,1
	50	Área	2544,47		50	Área	453,74
		%	2,9			%	0,52
	100	Área	3069,32		100	Área	1096,22
		%	3,5			%	1,25
Condiciones favorables (0,4 - 0,6)	Actual	Área	755,11				
		%	0,86				
	25	Área	1231,72				
		%	1,41				
	50	Área	1746,05				
		%	1,99				
	100	Área	2239,06				
		%	2,56				

**1.5.3.13. 6160: Formaciones pascícolas de gramíneas duras del género *Festuca* críoromediterráneas, de carácter climatófilo.**

Este hábitat, representa a las formaciones supraforestales y de alta montaña de carácter climatófilo en Andalucía, estos pastizales están compuestos en gran medida por hemicriptófitos gramínoides representados por numerosas especies del género *Festuca*.

Esta vegetación en el área de estudio queda relegada a las áreas críoromediterráneas del distrito alto nevadense, debido a las peculiaridades geológicas, bioclimáticas, y paleobiogeográficas, estas comunidades son ricas en endemismo propios del macizo nevadense y deberían de suponer hábitats prioritarios para la conservación.

Un resumen de la caracterización edáfica, bioclimática y ecológica de estos pastizales psicroxerófilos, se puede observar en la **Tabla 43**.

**Tabla 43:** Parámetros edáficos, bioclimáticos y ecológicos de los pastizales de *Festuca clementei* presentes en Andalucía. Effc = *Erigeronto frigidí – Festucetum clementei*.

Variables	Promedios (intervalo de confianza al 95%)						
	Effc		Effc		Effc	Effc	
Rel C/N	13,200	Arcilla	28,140	Ios1	0,43	SHANNON TOTAL	3,01
	±0		±0,26		±0,01		±0,1
Fósforo (mg/Kg)	29,530	Limo	44,620	Ios2	0,64	SHANNON CARACTERÍSTICAS	1,42
	±0,08		±0,44		±0,07		±0,09
CaCO3 (g/Kg)	52,650	Arena	27,240	Ios3	0,72	QUERCO-FAGETEA	0,00
	±0,02		±0,64		±0,05		±0
Potasio (mg/Kg)	199,480	PEs	84,660	Ios4	2,31	QUERCETEA ILICIS	0,00
	±0,13		±0,37		±0,17		±0

## 1.5. Resultados y discusión.

pH	6,290	PE	335,120	Ic	22,20	JUNIPERO-PINETEA	0,00
	±0		±5,41		±0,16		±0
Nitrógeno (g/Kg)	5,020	Iar	0,570	Io	3,40	FESTUCETEA INDIGESTAE	1,42
	±0,16		±0,03		±0,16		±0,09
CIC (cmol/Kg)	16,080	IH	92,050	Tp	373,30	DIV. CAR/DIV TOTAL	0,48
	±0		±10,28		±14,48		±0,03
Fragmentos gruesos	36,550	Ioe	1,920	Itc	-168,89	N° de TAXONES	9,97
	±0,29		±0,1		±10,12		±0,67



## 1.5. Resultados y discusión.

---

### a) (Effc) *Erigeronto frigidii* – *Festucetum clementei*.

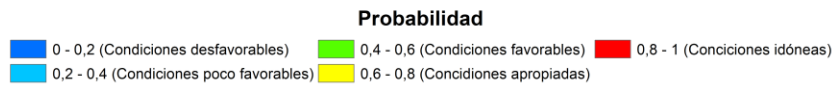
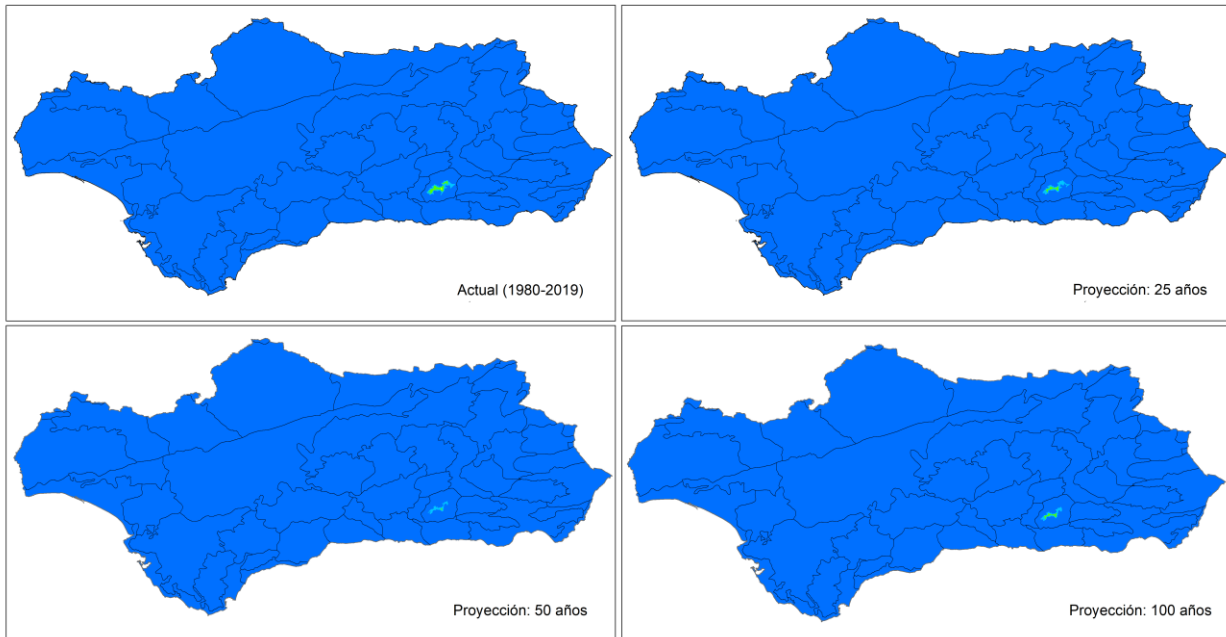
Pastizal de distribución alto nevadense relegado al piso crioromediterráneo, que supone la vegetación climácica climatófila de este termotipo. El área favorable actualmente desde el punto de vista bioclimático para este hábitat, es de unos 55 km<sup>2</sup>

#### **Tabla 44.**

La proyección en los diferentes escenarios indica claramente una recesión y pérdida de áreas favorables a este hábitat **Figura 104**, debido en gran medida al calentamiento global, puesto que las tendencias positivas en las temperaturas son el principal factor que está provocando la introversión de especies propias de pisos bioclimáticos inferiores en estos pastizales psicroxerófilos. Para dentro de 100 años, se estima que el área se habrá reducido en un 62.41%, esto viene a concordar en mayor o menor medida con los diversos estudios realizados en Sierra Nevada como (introducir bibliografía adecuada).

6160 *Erigeronto frigidae-Festucetum clementei*

Coordinate System: ICS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



**Figura 104:** Modelo de máxima entropía de probabilidad de idoneidad de hábitat para la distribución potencial actual y en los diferentes escenarios de 25, 50 y 100 años de los pastizales de alta montaña de *Erigeronto frigidae* – *Festucetum clementei*.

## 1.5. Resultados y discusión.

**Tabla 44:** Superficie estimada por MaxEnt para cada uno de los escenarios; actual, 25, 50 y 100 años y probabilidad de idoneidad de hábitat para los pastizales de alta montaña (Formaciones de *Festuca clementei*) presentes en Andalucía. El % representa su ocupación respecto al área total de Andalucía

Probabilidades	Proyecciones		EffC	Probabilidades	Proyecciones		EffC		
Condiciones desfavorables (0 - 0,2)	Actual	Área	87450,76	Condiciones apropiadas (0,6 - 0,8)	Actual	Área	1,68		
		%	99,83			%	0		
	25	Área	87489,78		25	Área	0		
		%	99,88			%	0		
	50	Área	87541,47		50	Área	0		
		%	99,93			%	0		
	100	Área	87516,29		100	Área	0		
		%	99,91			%	0		
	Condiciones poco desfavorables (0,2 - 0,4)	Actual	Área		93,22	Condiciones idóneas (0,8 - 1)	Actual	Área	0
			%		0,11			%	0
		25	Área		85,98		25	Área	0
			%		0,1			%	0
50		Área	55,67	50	Área		0		
		%	0,06		%		0		
100		Área	62,03	100	Área		0		
		%	0,07		%		0		
Condiciones favorables (0,4 - 0,6)		Actual	Área	53,33					
			%	0,06					
		25	Área	23,24					
			%	0,03					
	50	Área	1,86						
		%	0						
	100	Área	20,68						
		%	0,02						



## 1.6. Conclusiones.

The main results of this study could be summarized in the following conclusions:

- a) The temporal analysis of temperatures in Andalusia, for the period 1980 - 2019, indicate a generalised upward trend, both of the annual, seasonal and annual mean temperatures, as well as of the maximum and minimum temperatures for those intervals.
- b) Similarly, the temporal analysis of precipitation for the last 40 years (1980 - 2019) shows a general downward trend, however, the trend of precipitation in the months of summer and September, in the areas closest to the sea, shows a positive sign due largely to torrential rainfall.
- c) For the different scenarios of 25, 50 and 100 years, changes in the bioclimate of Andalusia are foreseen, increasing those areas of Mediterranean Oceanic Desertic bioclimate and Mediterranean Oceanic Xeric bioclimate to the detriment of the Mediterranean Pluvial-Seasonal Oceanic bioclimate.
- d) The modelling in the different scenarios of the medium and high mountain thermotypes of Andalusia: supramediterranean, oromediterranean and cryo-Mediterranean, foresees a decrease in area. On the other hand, an expansion of the area with thermo-Mediterranean thermotype is foreseen, with areas corresponding to the infra-Mediterranean even appearing in the longer term scenarios.

## 1.6. Conclusiones.

---

- e) Analysis of the trend in the Continentality Index (Ic) determines an increase in the westernmost areas of the territory, the Guadalquivir Valley and the eastern coastal areas.
- f) The expansion of semi-arid and arid areas, in line with the foreseeable decrease in rainfall and increase in temperatures, is expected for large areas of the upper and middle Guadalquivir valley, as well as in the south-eastern territories of Andalusia.
- g) These changes in the bioclimatic parameters foreseen for the territory of Andalusia have a decisive influence on the floristic composition and future distribution of climatophilic habitats.
- h) Major changes in habitat suitability are foreseen in areas where at present there are deciduous or marcescent optimal temperate formations. These changes imply that these plant communities will be the most vulnerable in a context of accelerated global warming, in some cases contemplating the total disappearance in the medium and long term of the climatic and bioclimatic conditions suitable for their development.
- i) Although the projected models for sclerophyllous formations indicate a change in the characteristic and defining floristic composition from the syntaxonomic point of view of many of them, in general terms the favourable area for these habitats is expected to increase to the detriment of marcescent and deciduous formations.

- j) Habitats typical of semi-arid sites or on ultrabasic or dolomitic substrates (*Pinus halepensis* and *Pinus pinaster* subsp. *acutisquama* pine forests) are expected to increase their favourable areas in general, although their floristic composition could change.
- k) The high mountain plant communities are, together with the deciduous and marcescent formations, the most vulnerable in the different scenarios envisaged, with the ideal areas for their establishment and development disappearing in the scenarios in the medium and long term.
- l) Habitats typical of arid or semi-desert areas, expect the favourable area for their expansion and development to increase from the bioclimatic point of view, except for the formations most dependent on continentality, such as the formations of *Periploca laevigata* subsp. *angustifolia*.

General conclusion:

Accelerated global warming has been exerting significant pressure on climatophilic habitats over the last few decades. To this problem, which is difficult to solve in the short term, we must add the anthropic pressure derived from the different uses of the territory, as well as the consequences of the direct sum of the factor "anthropic management" + "global warming". In this case, referring to the increase not of the fires themselves, but of their severity and scope.

## **1.6. Conclusiones.**

---

The aim of this work is to lay a foundation stone for possible future developments in the different habitats, as well as to open another window on the direct or indirect consequences of global warming, especially in southern Europe, an area of particular climatic vulnerability. Future work will allow us to gain a deeper understanding of the true scope and consequences of the great challenge facing humanity in this millennium, "climate change".

# Publicaciones.

---

By virtue of Article 23, point 3, of the current Doctorate Regulations of the University of Jaén, the publications that constitute the core of this Doctoral Thesis are listed below.

These publications correspond to 10 scientific articles published in international journals indexed in the JCR (Journal Citation Reports), database produced by the ISI (Institute for Scientific Information).

---

## 2.1. Bioclimatology, Structure, and Conservation Perspectives of *Quercus pyrenaica*, *Acer opalus* subsp. *Granatensis*, and *Corylus avellana* Deciduous Forests on Mediterranean Bioclimate in the South – Central Part of the Iberian Peninsula.

– **Status:** Published

– **Title:** *Bioclimatology, Structure, and Conservation Perspectives of Quercus pyrenaica, Acer opalus* subsp. *Granatensis*, and *Corylus avellana* Deciduous Forests on Mediterranean Bioclimate in the South – Central Part of the Iberian Peninsula

– **Authors:** José Carlos Piñar Fuentes, Ana Cano – Ortiz, Carmelo Maria Musarella, Ricardo Quinto – Canas, Carlos José Pinto Gomes, Giovanni Spampinato, Sara del Rio González, Eusebio Cano.

– **Journal:** Sustainability

– **Publisher:** MDPI

– **Volume:** 6. **Location:** 11(22), 6500. **Date:** Published online 18 November 2019

– **DOI:** <https://doi.org/10.3390/su11226500>

– **ISSN:**

– **Abstracted/indexed:** Scopus, ISI Web of Science, DOAJ (Directory of Open Access Journals), Google Scholar.

– **Impact factor:**

JCR 2019: 2.576

JCR 2020: 3.251

JCR 5 – years average impact factor: 4.089

– **Quartiles per knowledge areas:**

\* Q2 in Environmental Sciences

\* Q3 in Green & Sustainable, Science & Technology



Article

## Bioclimatology, Structure, and Conservation Perspectives of *Quercus pyrenaica*, *Acer opalus* subsp. *Granatensis*, and *Corylus avellana* Deciduous Forests on Mediterranean Bioclimate in the South-Central Part of the Iberian Peninsula

J. C. Piñar Fuentes <sup>1,\*</sup>, A. Cano-Ortiz <sup>1</sup>, C. M. Musarella <sup>1,2</sup>, R. Quinto Canas <sup>3,4</sup>, C. J. Pinto Gomes <sup>5</sup>, G. Spampinato <sup>2</sup>, S. del Río <sup>6</sup> and E. Cano <sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Animal and Plant Biology and Ecology, Section of Botany, University of Jaén, Campus, Universitario Las Lagunillas s/n, 23071 Jaén, Spain; anacano@hotmail.com (A.C.-O.); carmelo.musarella@unirc.it (C.M.M.)

<sup>2</sup> Department of AGRARIA, “Mediterranea” University of Reggio Calabria, Località Feo di Vito, 89122 Reggio Calabria, Italy; gspampinato@unirc.it

<sup>3</sup> Faculty of Sciences and Technology, University of Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal; rjcanas@ualg.pt

<sup>4</sup> Centre of Marine Sciences (CCMAR), University of Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

<sup>5</sup> Department of Landscape, Environment and Planning, Institute for Mediterranean Agrarian and Environmental Sciences (ICAAM), School of Science and Technology, University of Évora (Portugal), Rua Romão Ramalho, nº 59, 7000-671 Évora, Portugal; cpgomes@uevora.pt

<sup>6</sup> Department of Biodiversity and Environmental Management (Botany), Mountain Livestock Institute (CSIC-ULE), Faculty of Biological and Environmental Sciences, University of León, Campus de Vegazana s/n, 24071 León, Spain; sriog@unileon.es

\* Correspondence: jpinar@ujaen.es (J.C.P.F.); ecano@ujaen.es (E.C.)

Received: 13 September 2019; Accepted: 14 November 2019; Published: 18 November 2019



**Abstract:** The plant variability in the southern Iberian Peninsula consists of around 3500 different taxa due to its high bioclimatic, geographic, and geological diversity. The deciduous forests in the southern Iberian Peninsula are located in regions with topographies and specific bioclimatic conditions that allow for the survival of taxa that are typical of cooler and wetter bioclimatic regions and therefore represent the relict evidence of colder and more humid paleoclimatic conditions. The floristic composition of 421 samples of deciduous forests in the south-central part of the Iberian Peninsula were analyzed. The ecological importance index (IVI) was calculated, where the most important tree species were *Quercus pyrenaica*, *Acer opalus* subsp. *Granatensis*, and *Corylus avellana*. These species are uncommon in the south-central part of the Iberian Peninsula, forming forests of little extension. An analysis of the vertical distribution of the species (stratum) shows that the majority of the species of stratum 3 (hemipterophytes, camephytes, geophytes, and nanophanerophytes) are characteristic of deciduous forests, and their presence is positively correlated with high values of bioclimatic variables related to humidity and presence of water in the soil (nemoral environments), while they are negatively correlated with high values of bioclimatic variables related to high temperatures, evapotranspiration, and aridity. This work demonstrates that several characteristic deciduous forest taxa are more vulnerable to disappearance due to the loss of their nemoral conditions caused by gaps in the tree or shrub canopy. These gaps lead to an increase in evapotranspiration, excess insolation, and a consequent loss of water and humidity in the microclimatic conditions.

**Keywords:** global warming; bioclimate; deciduous forests; southern Iberian Peninsula; sustainable management; multivariable analyses

---

## 2.2. Geobotanical Study of the Microforests of *Juniperus oxycedrus* subsp. *badia* in the Central and Southern Iberian Peninsula

- **Status:** Published
- **Title:** *Geobotanical Study of the Microforests of Juniperus oxycedrus subsp. badia in the Central and Southern Iberian Peninsula*
- **Authors:** Eusebio Cano, Carmelo Maria Musarella, Ana Cano – Ortiz, José Carlos Piñar Fuentes, Alfonso Rodríguez Torres, Sara del Rio González, Carlos José Pinto Gomes, Ricardo Quinto – Canas, Giovanni Spampinato,
- **Journal:** Sustainability
- **Publisher:** MDPI
- **Volume:** 6. **Location:** 11(4), 1111. **Date:** Published online 20 February 2019
- **DOI:** <https://doi.org/10.3390/su11041111>
- **ISSN:**
- **Abstracted/indexed:** Scopus, ISI Web of Science, DOAJ (Directory of Open Access Journals), Google Scholar.
- **Impact factor:**
  - JCR 2019: 2.576
  - JCR 2020: 3.251
  - JCR 5 – years average impact factor: 4.089
- **Quartiles per knowledge areas:**
  - \* Q2 in Environmental Sciences
  - \* Q3 in Green & Sustainable, Science & Technology





Article

## Geobotanical Study of the Microforests of *Juniperus oxycedrus* subsp. *badia* in the Central and Southern Iberian Peninsula

Eusebio Cano <sup>1</sup>, Carmelo M. Musarella <sup>1,2,\*</sup> , Ana Cano-Ortiz <sup>1</sup>, José C. Piñar Fuentes <sup>1</sup>, Alfonso Rodríguez Torres <sup>3</sup>, Sara Del Río González <sup>4</sup>, Carlos J. Pinto Gomes <sup>5</sup>, Ricardo Quinto-Canas <sup>6,7</sup> and Giovanni Spampinato <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Animal and Plant Biology and Ecology, Section of Botany, University of Jaén, Campus Universitario Las Lagunillas s/n, 23071 Jaén, Spain; ecano@ujaen.es (E.C.); anacanor@hotmail.com (A.C.-O.); jcpfuentes@gmail.com (J.C.P.F.)

<sup>2</sup> Department of AGRARIA, “Mediterranea” University of Reggio Calabria, Località Feo di Vito, 89122 Reggio Calabria, Italy; gspampinato@unirc.it

<sup>3</sup> Oficina del Cambio Climático, Consejería de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural, Junta de Castilla-La Mancha, C/Quintanar de la Orden, s/n. 45071 Toledo, Spain; alfonsor@jccm.es

<sup>4</sup> Department of Biodiversity and Environmental Management (Botany), Mountain Livestock Institute (CSIC-ULE), Faculty of Biological and Environmental Sciences, University of León, Campus de Vegazana s/n, 24071 León, Spain; sriog@unileon.es

<sup>5</sup> Department of Landscape, Environment and Planning, Institute for Mediterranean Agrarian and Environmental Sciences (ICAAM), School of Science and Technology, University of Évora (Portugal), Rua Romão Ramalho, n° 59, 7000-671 Évora, Portugal; cpgomes@uevora.pt

<sup>6</sup> Faculty of Sciences and Technology, University of Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal; rjcanas@ualg.pt

<sup>7</sup> Centre of Marine Sciences (CCMAR), University of Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

\* Correspondence: carmelo.musarella@unirc.it; Tel.: +39-0965-169-4374

Received: 15 October 2018; Accepted: 13 February 2019; Published: 20 February 2019



**Abstract:** We have studied *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *badia* (H.Gay) Debeaux in the central and southern Iberian Peninsula, where the macrobioclimate ranges from Mediterranean-pluviseasonal-oceanic to Mediterranean-pluviseasonal-continental, and the thermotype from the thermo- to the supramediterranean. The relevés were taken following the Braun-Blanquet phytosociological methodology. A statistical treatment was applied to establish a separation among *Juniperus* communities. To understand the presence of *Juniperus* communities in territories dominated by species in the *Quercus* genus, we applied Thornthwaite’s formula to calculate potential evapotranspiration. The general cluster analysis clearly distinguishes two groups of plant communities and separates the different associations in each group. All the plant communities growing on rocky crests and in extremely steep sloping areas are significantly influenced by the soil. The ombroclimatic index does not explain the presence of plant communities influenced by substrate, so we proposed a new ombroedaphoxeric index which explains the presence of *Juniperus* communities in territories with a thermotype between the thermo- and supramediterranean. The areas of distribution of *Juniperus* species are expanding due to the spread of rocky areas; this phenomenon causes an increase in edaphoxerophilous areas and a decrease in climatophilous ones. We propose four new plant associations, with updated structures and floristic compositions. Efficient conservation is possible in both the territories studied (Spain and Portugal) through the implementation of specific cross-border cooperation projects.

---

## 2.3. Forest and Arborescent Scrub Habitats of Special Interest for SCIs in Central Spain

- **Status:** Published
- **Title:** *Forest and Arborescent Scrub Habitats of Special Interest for SCIs in Central Spain*
- **Authors:** Ana Cano – Ortiz, Carmelo Maria Musarella, José Carlos Piñar Fuentes, Ricardo Quinto – Canas, Carlos José Pinto Gomes, Giovanni Spampinato, Jehad Mahmoud Hussein Ighbareyeh, Sara del Rio González, Eusebio Cano,
- **Journal:** Land
- **Publisher:** MDPI
- **Volume:** 11. **Location:** (4), 183. **Date:** Published online 10 February 2021
- **DOI:** <https://doi.org/10.3390/land10020183>
- **ISSN:**
- **Abstracted/indexed:** Scopus, ISI Web of Science, DOAJ (Directory of Open Access Journals), Google Scholar.
- **Impact factor:**
  - JCR 2019: 2.429
  - JCR 2020: 3.398
  - JCR 5 – years average impact factor: 4.048
- **Quartiles per knowledge areas:**
  - \* Q2 in Environmental Studies.



Article

## Forest and Arborescent Scrub Habitats of Special Interest for SCIs in Central Spain

Ana Cano-Ortiz <sup>1</sup>, Carmelo M. Musarella <sup>1,2</sup> , Jose C. Piñar Fuentes <sup>1</sup> , Ricardo Quinto Canas <sup>3</sup>, Carlos J. Pinto Gomes <sup>4</sup> , Giovanni Spampinato <sup>2</sup> , Jehad Mahmoud Hussein Ighbareyeh <sup>5</sup> , Sara del Río <sup>6</sup> and Eusebio Cano <sup>1,\*</sup>

- <sup>1</sup> Departamento Biología Animal, Vegetal y Ecología Botánica, Universidad de Jaén, 23071 Jaén, Spain; anacano@hotmail.com (A.C.-O.); carmelo.musarella@unirc.it (C.M.M.); jpinar@ujaen.es (J.C.P.F.)
  - <sup>2</sup> Dipartimento di AGRARIA, Università “Mediterranea” di Reggio Calabria, Località Feo di Vito, 89122 Reggio Calabria, Italy; gspampinato@unirc.it
  - <sup>3</sup> CCMAR—Centro de Ciências do Mar, University of Algarve, 8005-410 Faro, Portugal; rqcanas@gmail.com
  - <sup>4</sup> Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento/Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas (ICAAM), Universidade de Évora, 7000-365 Évora, Portugal; cpgomes@uevora.pt
  - <sup>5</sup> Department of Plant Production and Protection, Faculty of Agriculture, Al-Quds Open University, Hebron Branch, Abu Ktallah Street, Hebron 770-773, Palestine; jehadighbareyeh@hotmail.com
  - <sup>6</sup> Department of Biodiversity and Environmental Management (Botany), Faculty of Biological and Environmental Sciences, University of León, Campus de Vegazana s/n, E-24071 León, Spain; sara.delrio@unileon.es
- \* Correspondence: ecano@ujaen.es



**Citation:** Cano-Ortiz, A.; Musarella, C.M.; Piñar Fuentes, J.C.; Quinto Canas, R.; Pinto Gomes, C.J.; Spampinato, G.; Ighbareyeh, J.M.H.; del Río, S.; Cano, E. Forest and Arborescent Scrub Habitats of Special Interest for SCIs in Central Spain. *Land* **2021**, *10*, 183. <https://doi.org/10.3390/land10020183>

Academic Editor:  
Ileana Pătru-Stupariu  
Received: 7 January 2021  
Accepted: 2 February 2021  
Published: 10 February 2021

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstract:** The habitat of the several territories in Ciudad Real (Castilla-La Mancha, Spain) are studied through the and mapping (scale 1:10.000) and vegetation analysis. The distribution and surface of the habitat presents in the Sites of Community Interest (SCIs), as well as pressures, threats, trends, and state of conservation are described. These site contributes significantly to the maintenance or restoration at a favourable conservation status of a natural habitat type or of a species of community intesess. These specially protected areas are part of the Natura 2000 network. We discuss the diversity of forest habitats characterized by species of the genus *Quercus* L., focusing only on the plant communities in the Habitats Directive 92/43/EEC of 1992, regarding the conservation of fauna and flora and habitats of interest owing to their endemic or rare character. Habitats and species must be studied in combination to ensure the maximum reliability of the results. We concentrate on habitats with low representation in the territory as a consequence of their rarity or endemcity. We study the following habitats of special interest: 9230—Mediterranean-Ibero-Atlantic and Galaico-Portuguese oak woods of *Quercus robur* and *Quercus pyrenaica*; 9240—Iberian oaks of *Quercus faginea* and *Quercus canariensis*; 9320—Thermomediterranean forests of *Olea* and *Ceratonia* (Iberian Peninsula, Balearic and Canary Islands); 9540—Mediterranean pine forests of endemic *Pinus pinaster* (*Pinus pinaster* subsp. *acutisquama*); 9560—Endemic forests with *Juniperus* spp.; 5210. Arborescent scrub with *Juniperus* spp.

**Keywords:** habitat; mapping; association; vegetation; conservation

### 1. Introduction

The habitat mapping has applications in land planning and management and is a necessary tool in drawing up conservation plans of nature and biodiversity. Forest vegetation, as well as that of other natural and semi-natural habitats, reflects the ecological conditions that occur in a given area, as well as changes in these conditions environmental and human influences. A good understanding of the conservation status and distribution of habitats is essential for planning long-term decisions.

We study the EU forest habitats through map at a scale of 1:10,000 for five sites of community interest (SCIs). The habitats are dominated by species in the genus *Quercus* L. Four of the five sites of community interest (SCIs) were characterized by their bioclimatic,

---

## 2.4. Cork Oak Vegetation Series of Southwestern Iberian Peninsula: Diversity and Ecosystem Services

- **Status:** Published
- **Title:** *Cork Oak Vegetation Series of Southwestern Iberian Peninsula: Diversity and Ecosystem Services*
- **Authors:** Ricardo Quinto – Canas, Ana Cano – Ortiz, Mauro Raposo, José Carlos Piñar Fuentes, Eusebio Cano, Neuza Barbosa, Carlos José Pinto Gomes
- **Journal:** Book chapter. New Metropolitan Perspectives,
- **Publisher:** Springer
- **Volume:** 178. **Location:** 1279 – 1290. **Date:** 01 September 2020
- **DOI:** [https://doi.org/10.1007/978-3-030-48279-4\\_119](https://doi.org/10.1007/978-3-030-48279-4_119)
- **ISBN:** 978 – 3 – 030 – 48279 – 4
- Abstracted/indexed: Scopus, DOAJ, Google Scholar.
- Impact factor:
  - JCR 2019: –
  - JCR 2020: –
  - JCR 5 – years average impact factor: –
- **Quartiles per knowledge areas:**
  - \* – .



## Cork Oak Vegetation Series of Southwestern Iberian Peninsula: Diversity and Ecosystem Services

Ricardo Quinto-Canas<sup>1,2</sup> , Ana Cano-Ortiz<sup>3</sup> , Mauro Raposo<sup>4</sup>,  
José Carlos Piñar Fuentes<sup>3</sup> , Eusebio Cano<sup>3</sup> , Neuza Barbosa<sup>1</sup>,  
and Carlos José Pinto Gomes<sup>4</sup> 

<sup>1</sup> Faculty of Sciences and Technology, University of Algarve,  
Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal  
rjcanas@ua.lg.pt

<sup>2</sup> CCMAR – Centre of Marine Sciences (CCMAR), University of Algarve,  
Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

<sup>3</sup> Department of Animal and Plant Biology and Ecology, Section of Botany,  
University of Jaén, Las Lagunillas s/n, 23071 Jaén, Spain

<sup>4</sup> Department of Landscape, Environment and Planning, MED - Mediterranean  
Institute for Agriculture, Environment and Development, School of Science  
and Technology, University of Évora (Portugal), Rua Romão Ramalho, n° 59,  
7000-671 Évora, Portugal

**Abstract.** Currently, the occurrence of thermophile cork oak communities is becoming exceptionally rare, which can be attributed to the long-lasting impact of human agroforestry and grazing land-use practices. In this work we identified the thermophilous cork oak vegetation series of southwestern of the Iberian Peninsula and present an overview of ecologic factors and processes controlling the diversity of plant communities observed in their dynamic, as well as, the characteristic vascular flora, including species with special conservation interest, is here presented. This information allows the development of sustainable management, which may enhance both biodiversity and conservation. Moreover, the sustainable economic activities of the cork oak forests, regarding to enhance their capacity to provide benefits that are essential for ecosystem services is developed and presented.

**Keywords:** *Quercus suber* · Thermophilous cork oak vegetation series · Phytosociology · Sustainable management of cork oak forests

### 1 Introduction

Cork oak (*Quercus suber* L.) woodlands are distributed widely across the western and central parts of the Mediterranean basin, mostly on silicate substrates. In southwest of the Iberian Peninsula, cork oak woodlands have high biodiversity and support a wide range of plant communities and endangered species. Moreover, cork oak forests generate substantial economic benefits: from cork and firewood, to a framework tree for agroforestry and silvopastoral systems [1]. Nevertheless, large areas of cork oak forest

---

## 2.5. Rupicolous habitats of interest for conservation in the central – southern Iberian península.

- **Status:** Published
- **Title:** *Rupicolous habitats of interest for conservation in the central – southern Iberian peninsula*
- **Authors:** José Carlos Piñar Fuentes, Ana Cano – Ortiz, Carmelo María Musarella, Carlos Jose Pinto Gomes, Giovanni Spampinato, Eusebio Cano
- **Journal:** Plant Sociology.
- **Publisher:** Pensoft.
- **Volume:** 54(2). **Location:** 29 – 52. **Date:** 01 Decemb2017
- **DOI:** <https://doi.org/10.7338/pls2017542S1/03>
- **ISSN:** 2280 – 1855
- **Abstracted/indexed:** Scopus, Google Scholar.
- **Impact factor:**
  - SRJ 2019: –
  - SRJ 2021: 0.411
  - SRJ 5 – years average impact factor: –
- **Quartiles per knowledge areas:**
  - \* Q2 in Environmental Studies
  - \* Q2: Ecology
  - \* Q3: Ecology, Evolution, Behavior and Systematics
  - \* Q2: Forestry
  - \* Q2: Plant Science

### Rupicolous habitats of interest for conservation in the central-southern Iberian peninsula

J.C. Piñar Fuentes<sup>1</sup>, A. Cano-Ortiz<sup>1</sup>, C.M. Musarella<sup>2</sup>, C.J. Pinto Gomes<sup>3</sup>, G. Spampinato<sup>2</sup>, E. Cano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal and Plant Biology and Ecology, Botany Department, University of Jaén, Campus Universitario Las Lagunillas s/n. 23071 Jaén, Spain.

<sup>2</sup>Department of AGRARIA - University "Mediterranea" of Reggio Calabria, Località Feo di Vito, 89122 Reggio Calabria, Italy.

<sup>3</sup>Department of Landscape, Environment and Planning, Institute of Mediterranean Agricultural and Environmental Sciences (ICAAM), University of Évora, Portugal.

#### Abstract

We studied the *Quercus rotundifolia* Lam. formations in the central-southern Iberian Peninsula, working particularly in areas in the Rondeño and Subbético biogeographical sectors. As a result we propose two new plant associations with an edaphoxeric character: *Bupleuro gibraltariici-Quercetum rotundifoliae*; and *Junipero phoeniceae-Quercetum rotundifoliae* included in habitat 9340. In both formations there is a high number of endemic plants often found in habitat 8210 "Calcareous rocky slopes with chasmophytic vegetation" like *Antirrhinum graniticum*, *Antirrhinum ombense*, *Saxifraga reuteriana*, *Cerastium gibraltarium*.

Key words: conservation, endemics, phytosociology, *Quercus*, scree, woodlands.

#### Introduction

The study focuses on the central-southern Iberian Peninsula, characterised by its steep orography comprising large rocky crests, and exemplifying the typical character of the Betic and Sierra Morena mountain ranges. This orography, along with the increase in rainfall in mountain areas, causes certain areas to serve as refugia for endemic flora and for distinctive plant communities. In view of this, our aim is to highlight the important botanical and ecological value of these territories, which have been considered by some authors and government agencies as microreservations. In previous studies, Cano *et al.* (2015, 2016a, 2016b) highlighted the significance of these areas due to their high rate of endemics, and proposed formulas to establish the level of conservation. Cano-Ortiz *et al.* (2015) also noted the importance of these wild territories based on their endemic species and habitats, focusing the study fundamentally on the formations of *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *badia* (H. Gay) Debeaux, and attributed the spread of these areas to anthropogenic action. Piñar Fuentes *et al.* (2012, 2013) and del Río *et al.* (2011) studied the diversity of geological substrates and climate trends, and found that rainfall is becoming increasingly concentrated in shorter periods of time, with most rain falling in September and October, and in only March and April in spring, which subjects the vegetation to water stress over long periods and threat-

ens the future survival of these edaphoxerophilous communities.

Other authors have recently carried out comparative analyses between the formations of *Quercus ilex* L. subsp. *ilex* in southern Italy and *Quercus rotundifolia* = *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (IK) in southern Spain (Musarella *et al.* 2012, 2013). A large number of relevés have previously been published on the woodlands in the southern Iberian Peninsula, and particularly holm oak woodlands (Rivas Goday *et al.*, 1959; Rivas-Martínez, 1975; Costa *et al.*, 1982; Costa *et al.*, 1987; Rivas-Martínez, 1987; Nieto *et al.*, 1988; Navarro, 1989; Cano & Valle, 1990; Galán de Mera, 1993; Madrona, 1994; García Fuentes, 1996; Gómez Mercado *et al.*, 2000; Alonso, 2002; Pinto Gomes & Paiva Ferreira, 2007; Molina *et al.*, 2008; Gómez Mercado, 2011), but always following the criterion of not separating the holm oak woodlands on rocky substrates and shallow soils with low water-retention capacity (edaphoxerophilous) from strictly climatophilous woodlands. Subsequently Rivas-Martínez (2011) established a climatophilous and edaphoxerophilous diagnosis for *Quercus rotundifolia* woodlands; and more recently Quinto Canas *et al.* (2012) and Pérez Latorre *et al.* (2015) mooted the possibility of considering these woodlands on scree. As a result of this, our aim is to justify the separation of the climatophilous and edaphoxerophilous aspects of these woodland formations.

The edaphoxerophilous woodland formations of

Corresponding author: José Carlos Piñar Fuentes, Dpt. of Animal and Plant Biology and Ecology, Botany Department, University of Jaén, Campus Universitario Las Lagunillas s/n. 23071 Jaén, Spain; e-mail: jcpfuentes@gmail.com

---






## 2.6. Analysis of the Relationship Between Bioclimatology and Sustainable Development.

- **Status:** Published
- **Title:** *Analysis of the Relationship Between Bioclimatology and Sustainable Development*
- **Authors:** Ana Cano – Ortiz, José Carlos Piñar Fuentes, Ricardo José Quinto Canas, Carlos José Pinto Gomes & Eusebio Cano
- **Journal:** Book chapter. *New Metropolitan Perspectives*,
- **Publisher:** Springer
- **Volume:** 178. **Location:** 1291–1301. **Date:** 01 September 2020
- **DOI:** [https://doi.org/10.1007/978-3-030-48279-4\\_120](https://doi.org/10.1007/978-3-030-48279-4_120)
- **ISBN:** 978-3-030-48279-4
- **Abstracted/indexed:** Scopus, DOAJ, Google Scholar.
- **Impact factor:**
  - JCR 2019: –
  - JCR 2020: –
  - JCR 5 – years average impact factor: –
- **Quartiles per knowledge areas:**
  - \* – .





## Analysis of the Relationship Between Bioclimatology and Sustainable Development

Ana Cano-Ortiz<sup>1</sup> , José Carlos Piñar Fuentes<sup>1</sup> ,  
Ricardo José Quinto Canas<sup>2,3</sup> , Carlos José Pinto Gomes<sup>4</sup> ,  
and Eusebio Cano<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Department of Animal and Plant Biology and Ecology, Section of Botany, University of Jaén, Campus Universitario Las Lagunillas s/n, 23071 Jaén, Spain  
ecano@ujaen.es

<sup>2</sup> Faculty of Sciences and Technology, University of Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

<sup>3</sup> Centre of Marine Sciences (CCMAR), University of Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

<sup>4</sup> Department of Landscape, Environment and Planning, Institute for Mediterranean Agrarian and Environmental Sciences (ICAAM), School of Science and Technology, University of Évora, Rua Romão Ramalho, nº 59, 7000-671 Évora, Portugal

**Abstract.** Bioclimatology is the basis for a better understanding of the functioning of animals and plants, together with populations and communities: this is why the study and interpretation of the bioclimatic indices is done here. For this, meteorological station data are used, but when such data are not available, it is necessary to use thermoclimatic and ombroclimatic bioindicators. The fundamental indices that should be taken into consideration are the index of continentality ( $I_c$ ), which marks the annual thermic range by which the plant activity period (PAV) can be established; ombrothermic index ( $I_o$ ), which measures the ombrotype of the station; thermicity index and compensated thermicity index, which mark the territory's thermotype ( $I_t/I_{tc}$ ). Based on the value of these indices and the presence or absence of bioindicators, we propose planning urban and agricultural development.

**Keywords:** Cork oak forest · *Quercus suber* · Fagaceae · Agronomy · Biodiversity management

### 1 Introduction

Bioclimatology has gained importance in recent years by correlating the physical aspects of the territory (climatology) with the biological ones. It differs from the Climatology in that the information, indexes and units used, are related and delimited by species and phytocenosis (biocenosis). The development of Bioclimatology as a discipline, allows correlating the life of animal and plant species with environmental factors.

---

## 2.7. Taxonomy, Ecology and Distribution of *Juniperus oxycedrus* L. Group in the Mediterranean Basin Using Bioclimatic, Phytochemical and Morphometric Approaches, with Special Reference to the Iberian Peninsula.

– **Status:** Published

– **Title:** *Taxonomy, Ecology and Distribution of Juniperus oxycedrus* L. Group in the Mediterranean Basin Using Bioclimatic, Phytochemical and Morphometric Approaches, with Special Reference to the Iberian Peninsula.

– **Authors:** Ana Cano Ortiz, Giovanni Spampinato, José Carlos Piñar Fuentes, Carlos José Pinto Gomes, Ricardo Quinto – Canas, Eusebio Cano.

– **Journal:** Forests

– **Publisher:** MDPI

– **Volume:** 12. **Location:** (6), 703. **Date:** Published online 29 May 2021

– **DOI:** <https://doi.org/10.3390/f12060703>

– **ISSN:**

– **Abstracted/indexed:** Scopus, ISI Web of Science, DOAJ (Directory of Open Access Journals), Google Scholar.

– **Impact factor:**

JCR 2019: 2.221

JCR 2020: 2.634

JCR 5 – years average impact factor: 3.292

– **Quartiles per knowledge areas:**

\* Q1 in Forestry.



Article

# Taxonomy, Ecology and Distribution of *Juniperus oxycedrus* L. Group in the Mediterranean Basin Using Bioclimatic, Phytochemical and Morphometric Approaches, with Special Reference to the Iberian Peninsula

Ana Cano Ortiz <sup>1</sup>, Giovanni Spampinato <sup>2</sup>, José Carlos Piñar Fuentes <sup>1</sup>, Carlos José Pinto Gomes <sup>3</sup>, Ricardo Quinto-Canas <sup>4,5</sup> and Eusebio Cano <sup>1,\*</sup>

- <sup>1</sup> Department of Animal and Plant Biology and Ecology, Section of Botany, University of Jaén, 23071 Jaén, Spain; anacano@hotmail.com (A.C.O.); jpinar@ujaen.es (J.C.P.F.)
- <sup>2</sup> Department of AGRARIA, “Mediterranea” University of Reggio Calabria, 89124 Reggio Calabria, Italy; gspampinato@unirc.it
- <sup>3</sup> Department of Landscape, Environment and Planning, Institute for Mediterranean Agrarian and Environmental Sciences (ICAAM), School of Science and Technology, University of Évora, 7000-812 Évora, Portugal; cpgomes@uevora.pt
- <sup>4</sup> Faculty of Sciences and Technology, Campus de Gambelas, University of Algarve, 8005-139 Faro, Portugal; rjcanas@ualg.pt
- <sup>5</sup> Centre of Marine Sciences (CCMAR), Campus de Gambelas, University of Algarve, 8005-139 Faro, Portugal
- \* Correspondence: ecano@ujaen.es



**Citation:** Cano Ortiz, A.; Spampinato, G.; Piñar Fuentes, J.C.; Pinto Gomes, C.J.; Quinto-Canas, R.; Cano, E. Taxonomy, Ecology and Distribution of *Juniperus oxycedrus* L. Group in the Mediterranean Basin Using Bioclimatic, Phytochemical and Morphometric Approaches, with Special Reference to the Iberian Peninsula. *Forests* **2021**, *12*, 703. <https://doi.org/10.3390/f12060703>

Academic Editors: Francisco Antonio García-Morote and Timothy A. Martin

Received: 5 March 2021  
Accepted: 25 May 2021  
Published: 29 May 2021

**Publisher’s Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstract:** Several studies have been conducted in the past to clarify various aspects of species in the genus *Juniperus* L. One critical group is *Juniperus oxycedrus* L., especially from the taxonomical point of view. For this reason, we have studied the ecology, taxonomy and distribution of the taxa in the *J. oxycedrus* group. From an ecological and distribution standpoint, in this work we use the ombroedaphoxeric index (Ioex) to explain the presence of *Juniperus* populations in ombrotypes that are not optimum for these taxa. The controversy over the taxonomy of *J. oxycedrus* subsp. *badia* (H. Gay) Debeaux and *J. oxycedrus* subsp. *lagunae* (Pau ex C. Vicioso) Rivas Mart. is clarified, and it is accepted as a valid name, *J. oxycedrus* subsp. *badia*. The phytochemical differences in essential oils (EO) are addressed and their similarities analyzed; greater similarities are observed between *oxycedrus* and *badia*, and between *navicularis* Gand. and *macrocarpa* (Sm.) Ball. species. The phytochemical, molecular and distribution differences allow *J. oxycedrus* subsp. *macrocarpa* (Sm.) Ball and *J. navicularis* Gand. to be maintained as species. The results obtained make it possible to establish the rank to which the taxa belong and allow clear discrimination between species in groups that are difficult to interpret. Ecological, bioclimatic, phytochemical and morphometric similarities allow us to subordinate the subsp. *macrocarpa* to the species *J. navicularis*.

**Keywords:** bioclimatology; Cupressaceae; ecology; morphometry; phytochemistry; prickly juniper.

## 1. Introduction

In this work, we update the state of knowledge of the ecology, taxonomy and distribution of the taxa of the *Juniperus oxycedrus* group, based on our study and on research by various authors which has, occasionally, been a source of controversy.

*Juniperus oxycedrus* L. has its distribution in the Mediterranean region, from eastern Portugal to northern Iran, including Spain, the Balearic Islands, France, Corsica, Italy, Sicily, Sardinia, Northern Africa [1], Albania, Croatia, Montenegro, Serbia, Northern Macedonia, Bulgaria, Greece, Crete and Karpathos, Cyprus, Turkey, Israel and Jordan, the Crimea and Lebanon [2,3]. According to Amaral Franco [2], this species has three clearly differentiated subspecies for the Iberian Peninsula: *J. oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus*, *J. oxycedrus* subsp. *badia* (H. Gay) Debeaux and *J. oxycedrus* subsp. *macrocarpa* (Sm.) Ball. The subspecies

## 2.8. *Quercus rotundifolia* Lam. Woodlands of the Southwestern Iberian Peninsula.

- **Status:** Published
- **Title:** *Quercus rotundifolia* Lam. Woodlands of the Southwestern Iberian Peninsula.
- **Authors:** Ricardo Quinto Canas, Ana Cano – Ortiz, Carmelo Maria Musarella, Sara del Río, Mauro Raposo, José Carlos Piñar Fuentes, Carlos Pinto Gomes
- **Journal:** Land
- **Publisher:** MDPI
- **Volume:** 12. **Location:** (6), 703. **Date:** Published online 6 March 2021
- **DOI:** <https://doi.org/10.3390/land10030268>
- **ISSN:**
- **Abstracted/indexed:** Scopus, ISI Web of Science, DOAJ (Directory of Open Access Journals), Google Scholar.
- **Impact factor:**
  - JCR 2019: 2.429
  - JCR 2020: 3.398
  - JCR 5 – years average impact factor: 4.048
- **Quartiles per knowledge areas:**
  - \* Q2 in Environmental Studies.



Article

## Quercus rotundifolia Lam. Woodlands of the Southwestern Iberian Peninsula

Ricardo Quinto Canas <sup>1,2,\*</sup>, Ana Cano-Ortiz <sup>3</sup>, Carmelo Maria Musarella <sup>4</sup>, Sara del Río <sup>5</sup>, Mauro Raposo <sup>6</sup>, José Carlos Piñar Fuentes <sup>3</sup> and Carlos Pinto Gomes <sup>6</sup>

- <sup>1</sup> Faculty of Sciences and Technology, Campus de Gambelas, University of Algarve, 8005-139 Faro, Portugal
  - <sup>2</sup> CCMAR—Centre of Marine Sciences (CCMAR), Campus de Gambelas, University of Algarve, 8005-139 Faro, Portugal
  - <sup>3</sup> Department of Animal and Plant Biology and Ecology, Section of Botany, University of Jaén, Las Lagunillas s/n, 23071 Jaén, Spain; anacano@hotmail.com (A.C.-O.); jpinar@ujaen.es (J.C.P.F.)
  - <sup>4</sup> Department of AGRARIA, “Mediterranea” University of Reggio Calabria, Località Feo di Vito, 89122 Reggio Calabria, Italy; carmelo.musarella@unirc.it
  - <sup>5</sup> Department of Biodiversity and Environmental Management (Area of Botany), Mountain Livestock Farming Institute (Joint Center CSIC-ULE), Faculty of Biological and Environmental Sciences, Campus of Vegazana, s/n, University of León, E-24071 León, Spain; sriog@unileon.es
  - <sup>6</sup> Department of Landscape, Environment and Planning, Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development (MED), The Institute for Earth Sciences—ICT, School of Science and Technology, University of Évora, Portugal, Rua Romão Ramalho, nº 59, 7000-671 Évora, Portugal; mraposo@uevora.pt (M.R.); cpgomes@uevora.pt (C.P.G.)
- \* Correspondence: rjcanas@ualg.pt



**Citation:** *Quercus rotundifolia* Lam. Woodlands of the Southwestern Iberian Peninsula. *Land* **2021**, *10*, 268. <https://doi.org/10.3390/land10030268>

Academic Editor: Guillermo Martínez-Pastur

Received: 10 January 2021  
Accepted: 25 February 2021  
Published: 6 March 2021

**Publisher’s Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstract:** The holm oak woodlands as ecotonic phytocoenoses occur under different ecological conditions, and frequently representing the climax of edaphoxerophilous series of crests and siliceous rocky areas. In this paper we study the floristic, ecological, and biogeographical differences of the edaphoxerophilous holm oak woodlands of the southwestern Iberian Peninsula, included in the *Quercus rotundifoliae-Oleion sylvestris* suballiance. Our phytosociological (Braun–Blanquet methodology) and numerical analysis (hierarchical cluster analysis) of three formerly described association and our own samples lead us to propose a new association: *Ulici argentei-Quercetum rotundifoliae*, growing mostly on semihyperoceanic Monchique Sierran Biogeographic District, on rocky slopes and outcrops derived from schists and greywackes. Moreover, we present an overview of ecological features and the diversity of plant communities occurring in the serial dynamic of the thermophile holm oak woodlands of the southwest of the Iberian Peninsula.

**Keywords:** holm oak woodlands; *Quercus rotundifolia*; southwestern Iberian peninsula; numerical analysis; vegetation stages; landscape mosaic

### 1. Introduction

The vegetation geoseries or geosigmetum represents the basic unit of dynamic-catenal phytosociology. These correspond to a catena of edaphoxerophilous, climatophilous, climato-temporihygrophilous, and edaphohygrophilous vegetation series, which is found around a given bioclimatic belt and ascribed to an accurate biogeographical territory [1]. The corresponding topographic geosigmetum, which express the universal crest-sloped-piedmont-valley model, comprise the vegetation series or sigmeta (sigmetum) zonation along specific ecological features, resulting from geomorphic systems that interact over time to shape the topography of the landscape unit.

According to Rivas-Martínez et al. [2] and Loidi [3], the climatophilous or zonal series occupy large areas of land (normally, are found in hillslopes) and are located on mature soils according to the mesoclimate, i.e., are conditioned by non-exceptional conditions; the temporihygrophilous series, included among the climatophilous, are those which have



## 2.9. Mitigating Climate Change Through Bioclimatic Applications and Cultivation Techniques in Agriculture (Andalusia, Spain).

– **Status:** Published

– **Title:** *Mitigating Climate Change Through Bioclimatic Applications and Cultivation Techniques in Agriculture (Andalusia, Spain).*

– **Authors:** Eusebio Cano, Ana Cano – Ortiz, Carmelo María Musarella, José Carlos Piñar Fuentes, Jehad Mahmoud Hussein Ighbareyeh, Felipe. Leyva Gea, Sara. del Río González

– **Journal:** Book chapter. Sustainable Agriculture, Forest and Environmental Management,

– **Publisher:** Springer

– **Volume:** 178. **Location:** 31 – 69. **Date:** 29 May 2019

– **DOI:** [https://doi.org/10.1007/978-981-13-6830-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-13-6830-1_2)

– **ISBN:** 978-981-13-6829-5

– **Abstracted/indexed:** Scopus, DOAJ, Google Scholar.

– **Impact factor:**

JCR 2019: –

JCR 2020: –

JCR 5 – years average impact factor: –

– **Quartiles per knowledge areas:**

\* – .







## Mitigating Climate Change Through Bioclimatic Applications and Cultivation Techniques in Agriculture (Andalusia, Spain)

E. Cano, A. Cano-Ortiz, C. M. Musarella, J. C. Piñar Fuentes, J. M. H. Ighbareyeh, F. Leyva Gea, and S. del Río

### Contents

1	Introduction.....	33
2	Material and Methods.....	35
2.1	Study Area.....	35
2.2	Data Processing.....	37
3	Results and Discussion.....	39
3.1	Analysis of Climate Trends.....	39
3.2	Bioclimatic Analysis.....	45
3.3	Analysis of Vegetation Cover.....	46
3.4	Phytosociological Analysis of Vegetation Cover in Southern Spain.....	53
4	Conclusions.....	65
5	Future Prospectus.....	65
	References.....	66

E. Cano (✉) · A. Cano-Ortiz · J. C. Piñar Fuentes · J. M. H. Ighbareyeh · F. Leyva Gea  
Departamento Biología Animal, Vegetal y Ecología. Botánica, Universidad de Jaén,  
Jaén, Spain  
e-mail: [ecano@ujaen.es](mailto:ecano@ujaen.es); [jpinar@ujaen.es](mailto:jpinar@ujaen.es); [felipe.leiva.gea@juntadeandalucia.es](mailto:felipe.leiva.gea@juntadeandalucia.es)

C. M. Musarella  
Departamento Biología Animal, Vegetal y Ecología. Botánica, Universidad de Jaén,  
Jaén, Spain

Dipartimento di AGRARIA, Università “Mediterranea” di Reggio Calabria,  
Reggio Calabria, Italy  
e-mail: [carmelo.musarella@unirc.it](mailto:carmelo.musarella@unirc.it)

S. del Río  
Department of Biodiversity and Environmental Management (Botany),  
Faculty of Biological and Environmental Sciences, University of León, León, Spain  
e-mail: [sara.delrio@unileon.es](mailto:sara.delrio@unileon.es)

© Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2019  
M. K. Jhariya et al. (eds.), *Sustainable Agriculture, Forest and Environmental Management*, [https://doi.org/10.1007/978-981-13-6830-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-13-6830-1_2)

31



---

---



# Bibliografía.

- 
- [1] H.-O. Pörtner *et al.*, "Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability," *IPCC Sixth Assessment Report*, 2022.
- [2] Á. Sol Sánchez, "Impactos del cambio climático en la agricultura y seguridad alimentaria Impacts of climate change on agriculture and food security."
- [3] S. Manabe and R. J. Stouffer, "Sensitivity of a global climate model to an increase of CO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere," *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 85, no. C10, pp. 5529-5554, 1980.
- [4] J. Mitchell, T. Johns, J. Gregory, and S. Tett, "Climate response to increasing levels of greenhouse gases and sulphate aerosols," (in English), *Nature*, Article vol. 376, no. 6540, pp. 501-504, AUG 10 1995 1995, doi: 10.1038/376501a0.
- [5] D. Guertin, W. Easterling, and J. Brandle, "Climate change and forests in the Great Plains - Issues in modeling fragmented woodlands in intensively managed landscapes," (in English), *Bioscience*, Article vol. 47, no. 5, pp. 287-295, MAY 1997 1997, doi: 10.2307/1313190.
- [6] D. H. Levinson, "State of the climate in 2004," *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 86, no. 6, pp. 1-86, 2005.
- [7] R. S. Vose, D. R. Easterling, and B. Gleason, "Maximum and minimum temperature trends for the globe: An update through 2004," *Geophysical Research Letters*, vol. 32, no. 23, 2005.
- [8] S. del Río González, L. Herrero Cembranos, R. Fraile Laiz, and Á. Penas Merino, "Spatial distribution of recent rainfall trends in Spain (1961–2006)," *International Journal of Climatology*, vol. 31, no. 5, pp. 656-667, 2011.
- [9] R. Romero March, C. Ramis Noguera, and J. A. Guijarro Pastor, "Daily rainfall patterns in the Spanish Mediterranean area: an objective classification," *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 19, no. 1, pp. 95-112, 1999.
- [10] J. Martín-Vide *et al.*, "The consecutive disparity of precipitation in conterminous Spain," (in English), *Theoretical and Applied Climatology*, Article vol. 147, no. 3-4, pp. 1151-1161, FEB 2022 2022, doi: 10.1007/s00704-021-03877-6.
- [11] S. Rivas-Martínez, A. Penas, and T. Diaz, "Bioclimatic Map of Europe–Thermotypes," *Cartographic Service, University of León, León*, 2001.
- [12] K. Cezón García, P. Muñoz Rodríguez, F. Castilla Lattke, and F. Pando de la Hoz, "Lista de táxones de la flora vascular española," 2021.
- [13] B. Valdés, S. Talavera, and E. Fernández-Galiano, *Flora vascular de Andalucía occidental*. Ketres editora, 1987.
- [14] G. Blanca, B. Cabezudo, M. Cueto, C. Salazar, and C. Morales Torres, *Flora vascular de Andalucía oriental*. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, 2009.
- [15] S. Rivas-Martínez, *Mapa de series, geoserias y geopermaseries de vegetación de España*. Asociación Española de Fitosociología (AEFA), 2011.
- [16] J. Loidi, I. Biurrun, J. A. Campos, G. García-Baquero, I. García-Mijangos, and M. Herrera, "Climate change and its influence on plant species and terrestrial habitats," *Int. J. Geobot. Res.*, vol. 2, pp. 13-19, 2012.
- [17] H. H. Lamb, "Climate in the 1960's changes in the world's wind circulation reflected in prevailing temperatures, rainfall patterns and the levels of the African lakes," *The Geographical Journal*, vol. 132, no. 2, pp. 183-212, 1966.
-

- 
- [18] H. H. Lamb, *The current trend of world climate: A report on the early 1970's and a perspective* (no. 3). Climatic Research Unit, School of Environmental Sciences, University of East ..., 1974.
- [19] E. M. Rasmusson and T. H. Carpenter, "The relationship between eastern equatorial Pacific sea surface temperatures and rainfall over India and Sri Lanka," *Monthly Weather Review*, vol. 111, no. 3, pp. 517-528, 1983.
- [20] C. K. Folland, T. N. Palmer, and D. E. Parker, "Sahel rainfall and worldwide sea temperatures, 1901–85," *Nature*, vol. 320, no. 6063, pp. 602-607, 1986.
- [21] P. Webster, G. Holland, J. Curry, and H. Chang, "Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment," (in English), *Science*, Article vol. 309, no. 5742, pp. 1844-1846, SEP 16 2005 2005, doi: 10.1126/science.1116448.
- [22] M. Haylock *et al.*, "Trends in total and extreme South American rainfall in 1960-2000 and links with sea surface temperature," (in English), *Journal of Climate*, Article vol. 19, no. 8, pp. 1490-1512, APR 15 2006 2006, doi: 10.1175/JCLI3695.1.
- [23] F. Wentz, L. Ricciardulli, K. Hilburn, and C. Mears, "How much more rain will global warming bring?," (in English), *Science*, Article vol. 317, no. 5835, pp. 233-235, JUL 13 2007 2007, doi: 10.1126/science.1140746.
- [24] M. Biasutti, A. Sobel, and S. Camargo, "The Role of the Sahara Low in Summertime Sahel Rainfall Variability and Change in the CMIP3 Models," (in English), *Journal of Climate*, Article vol. 22, no. 21, pp. 5755-5771, NOV 1 2009 2009, doi: 10.1175/2009JCLI2969.1.
- [25] J. Hansen *et al.*, "Target atmospheric CO<sub>2</sub>: Where should humanity aim?," *arXiv preprint arXiv:0804.1126*, 2008.
- [26] M. Meinshausen *et al.*, "Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 degrees C," (in English), *Nature*, Article vol. 458, no. 7242, pp. 1158-U96, APR 30 2009 2009, doi: 10.1038/nature08017.
- [27] K. P. Shine and W. T. Sturges, "CO<sub>2</sub> is not the only gas," *Science*, vol. 315, no. 5820, pp. 1804-1805, 2007.
- [28] D. M. Ludlum, "Inadvertent Climate Modification," *Weatherwise*, vol. 24, no. 5, pp. 203-203, 1971.
- [29] H. Bryden, E. McDonagh, and B. King, "Changes in ocean water mass properties: Oscillations or trends?," (in English), *Science*, Article vol. 300, no. 5628, pp. 2086-2088, JUN 27 2003 2003, doi: 10.1126/science.1083980.
- [30] D. Lund, J. Lynch-Stieglitz, and W. Curry, "Gulf Stream density structure and transport during the past millennium," (in English), *Nature*, Article vol. 444, no. 7119, pp. 601-604, NOV 30 2006 2006, doi: 10.1038/nature05277.
- [31] A. Wanamaker *et al.*, "Coupled North Atlantic slope water forcing on Gulf of Maine temperatures over the past millennium," (in English), *Climate Dynamics*, Article vol. 31, no. 2-3, pp. 183-194, AUG 2008 2008, doi: 10.1007/s00382-007-0344-8.
- [32] C. Goodess and J. Palutikof, "Development of daily rainfall scenarios for southeast Spain using a circulation-type approach to downscaling," (in English), *International Journal of Climatology*, Article vol. 18, no. 10, pp. 1051-1083, AUG 1998 1998, doi: 10.1002/(SICI)1097-0088(199808)18:10<1051::AID-JOC304>3.3.CO;2-T.
- [33] S. del Río González, L. Herrero Cembranos, C. Pinto-Comes, and Á. Penas Merino, "Spatial analysis of mean temperature trends in Spain over the period 1961-2006," (in English), *Global and Planetary Change*, Article vol. 78, no. 1-2, pp. 65-75, JUL 2011 2011, doi: 10.1016/j.gloplacha.2011.05.012.
- [34] S. del Río González, A. Cano-Ortiz, L. Herrero Cembranos, and Á. Penas Merino, "Recent trends in mean maximum and minimum air temperatures over Spain (1961–2006)," *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 109, no. 3, pp. 605-626, 2012.
- [35] D. Ríos Cornejo, Á. Penas Merino, and S. del Río González, "Comparative analysis of precipitation trends in continental Spain over the period 1961-2010," *Int. J. Geobot. Res.*, vol. 3, 2013.
- [36] C. Blasi, L. Michetti, M. A. Del Moro, O. Testa, and L. Teodonio, "Climate change and desertification vulnerability in Southern Italy," *Phytocoenologia*, pp. 495-521, 2007.
-

- [37] J. Martín-Vide and J. A. López-Bustins, "The western Mediterranean oscillation and rainfall in the Iberian Peninsula," (in English), *International Journal of Climatology*, Article | Proceedings Paper vol. 26, no. 11, pp. 1455-1475, SEP 2006 2006, doi: 10.1002/joc.1388.
- [38] J. M. Castillo Requena, "Causas de la indigencia pluviométrica del Levante Andaluz," *Paralelo 37*, no. 4, pp. 153-174, 1980.
- [39] H. Van Loon and J. C. Rogers, "The seesaw in winter temperatures between Greenland and northern Europe. Part I: General description," *Monthly Weather Review*, vol. 106, no. 3, pp. 296-310, 1978.
- [40] J. Martín-Vide and D. Fernández Belmonte, "El índice NAO y la precipitación mensual en la España peninsular," *Investigaciones geográficas*, n° 26, 2001; pp. 41-58, 2001.
- [41] F. Sánchez Rodrigo and R. Machado Trigo, "Trends in daily rainfall in the Iberian Peninsula from 1951 to 2002," (in English), *International Journal of Climatology*, Article vol. 27, no. 4, pp. 513-529, MAR 30 2007 2007, doi: 10.1002/joc.1409.
- [42] C. Goodess and P. Jones, "Links between circulation and changes in the characteristics of Iberian rainfall," (in English), *International Journal of Climatology*, Article vol. 22, no. 13, pp. 1593-1615, NOV 15 2002 2002, doi: 10.1002/joc.810.
- [43] J. Martín-Vide and J. López-Bustins, "The western Mediterranean oscillation and rainfall in the Iberian Peninsula," (in English), *International Journal of Climatology*, Article | Proceedings Paper vol. 26, no. 11, pp. 1455-1475, SEP 2006 2006, doi: 10.1002/joc.1388.
- [44] S. del Río, A. Cano-Ortiz, L. Herrero, and A. Penas, "Recent trends in mean maximum and minimum air temperatures over Spain (1961–2006)," *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 109, no. 3, pp. 605-626, 2012.
- [45] F. Fernández-Pérez *et al.*, "Clima en España: pasado, presente y futuro. Informe de Evaluación del Cambio Climático Regional," 2010.
- [46] M. Brunet India, E. Aguilar Afrons, Ò. Saladié Borraz, J. Sigró Rodríguez, and D. López Bonillo, "The variations and trends of the surface air temperature in the northeastern of Spain from middle nineteenth century onwards," in *Detecting and modelling regional climate change*: Springer, 2001, pp. 81-93.
- [47] M. Brunet India *et al.*, "The development of a new dataset of Spanish daily adjusted temperature series (SDATS)(1850–2003)," *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 26, no. 13, pp. 1777-1802, 2006.
- [48] M. Brunet India *et al.*, "Temporal and spatial temperature variability and change over Spain during 1850–2005," *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 112, no. D12, 2007.
- [49] M. J. Esteban-Parra, F. S. Rodrigo, and A. Y. C. Díez, "Estudio de variaciones climáticas en Almería," in *Recursos Naturales y Medio Ambiente en el sureste peninsular*, 1997: Instituto de Estudios Almerienses, pp. 489-501.
- [50] M. Staudt, M. Esteban-Parra, and Y. Castro-Díez, "Homogenization of long-term monthly Spanish temperature data," *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 27, no. 13, pp. 1809-1823, 2007.
- [51] J. Puigdefabregas and T. Mendizabal, "Perspectives on desertification: western Mediterranean," (in English), *Journal of Arid Environments*, Article | Proceedings Paper vol. 39, no. 2, pp. 209-224, JUN 1998 1998, doi: 10.1006/jare.1998.0401.
- [52] U. Hellden and C. Tottrup, "Regional desertification: A global synthesis," (in English), *Global and Planetary Change*, Article vol. 64, no. 3-4, pp. 169-176, DEC 2008 2008, doi: 10.1016/j.gloplacha.2008.10.006.
- [53] J. C. Piñar Fuentes, A. Cano-Ortiz, C. Musarella, C. Pinto-Gomes, G. Spampinato, and E. Cano, "Rupicolous habitats of interest for conservation in the central-southern Iberian peninsula," *Plant Sociology*, vol. 54, no. 2, pp. 29-42, 2017.
- [54] J. Molero and J. M. Marfil, "The bioclimates of Sierra Nevada National Park," *International Journal of Geobotanical Research*, vol. 5, pp. 1-11, 2015.
- [55] F. Valladares and R. W. Pearcy, "Drought can be more critical in the shade than in the sun: a field study of carbon gain and photo-inhibition in a Californian shrub during a dry El Niño year.," vol. 25, no. 6, pp. 749-759, 2002.

- 
- [56] G. Stanhill and S. Cohen, "Global dimming: a review of the evidence for a widespread and significant reduction in global radiation with discussion of its probable causes and possible agricultural consequences.," *Agricultural and forest meteorology*, vol. 107, no. 4, pp. 255-278, 2001.
- [57] F. Valladares, "Global change and radiation in Mediterranean forest ecosystems: a meeting point for ecology and management.," in *Ecology, Conservation and Sustainable Management of Mediterranean type ecosystems of the World.*, Rotterdam, 2004: Millpress, pp. 1-4.
- [58] L. Gómez-Aparicio, J. M. Gómez, and R. Zamora, "Microhabitats shift rank in suitability for seedling establishment depending on habitat type and climate," *Journal of Ecology*, vol. 93, pp. 1194–1202, 2005.
- [59] T. Kitzberger, D. F. Steinaker, and T. T. Veblen, "Effects of climatic variability on facilitation of tree establishment in northern Patagonia.," *Ecology*, vol. 81, pp. 1914-1921, 2000.
- [60] H. J. Schenk and B. E. Mahal, "Positive and negative plant interactions contribute to north–south–patterned association between two desert shrub species.," *Oecologia*, vol. 132, pp. 402-410, 2002.
- [61] R. A. Evans and J. A. Young, "Plant litter and establishment of alien annual weed species in rangeland communities.," *Weed Science*, vol. 18, pp. 697–703, 1970.
- [62] N. L. Fowler, "What is a safe site? Neighbour, litter, germination date, and patch effects," *Ecology*, vol. 69, pp. 947–961, 1988.
- [63] M. Verdú and P. García-Fayos, "Nucleation processes in a Mediterranean bird-dispersed plant," *Functional Ecology*, vol. 10, pp. 275-280, 1996.
- [64] R. M. Callaway, Nadkarni, N.M. & Mahall, B.E., "Facilitation and interference of *Quercus douglasii* on understorey productivity in central California," *Ecology*, vol. 72, pp. 1484–1499, 1991.
- [65] R. R. Joffre, S., "How tree cover influences the water balance of Mediterranean rangelands," *Ecology*, vol. 74, pp. 570–882, 1993.
- [66] R. Quinto-Canas, P. Mendes, A. Cano-Ortiz, C. M. Musarella, and C. Pinto-Gomes, "Comunidades de orla forestal en el suroeste de la península ibérica," *Revista Chapingo: Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. XXIV, no. 3, pp. 415-434, 2018.
- [67] J. M. Gómez, L. Gómez, R. Zamora, and J. Montes, "Problemas de regeneración de especies forestales autóctonas en el espacio natural protegido de Sierra Nevada.," in *Congreso Forestal Español.*, 2001: Sociedad Española de Ciencias Forestales.
- [68] L. G. Aparicio, "Papel de la heterogeneidad en la regeneración del *Acer opalus* subsp. *granatense* en la montaña mediterránea: implicaciones para la conservación y restauración de sus poblaciones," *Ecosistemas* 13 (3), pp. 123-128, 2004.
- [69] J. C. Piñar Fuentes *et al.*, "Bioclimatology, structure, and conservation perspectives of *Quercus pyrenaica*, *Acer opalus* subsp. *granatensis*, and *Corylus avellana* deciduous forests on Mediterranean bioclimate in the South-Central part of the Iberian Peninsula," *Sustainability*, vol. 11, no. 22, p. 6500, 2019.
- [70] O. Reyes and M. Casal, "Seed germination of *Quercus robur*, *Q. pyrenaica* and *Q. ilex* and the effects of smoke, heat, ash and charcoal," *Annals of Forest Science*, vol. 63, no. 2, pp. 205-212, 2006.
- [71] R. U. Itziar, I. M. Pérez-Ramos, M. A. Zavala, T. Marañón, and R. K. Kobe, "Soil water content and emergence time control seedling establishment in three co-occurring Mediterranean oak species," *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 38, no. 9, pp. 2382-2393, 2008.
- [72] R. Quinto Canas *et al.*, "*Quercus rotundifolia* Lam. Woodlands of the Southwestern Iberian Peninsula," *Land*, vol. 10, no. 3, p. 268, 2021.
- [73] M. Saenz-Elorza, E. D. Dana, A. González, and E. Sobrino, "Changes in the highmountain vegetation of the central Iberian Peninsula as a probable sign of global warming," *Annals of Botany*, no. 92, pp. 273-280, 2003.
- [74] V. Lechuga Ordóñez, "Vulnerability to drought and adaptive management of relict forests of *Abies pinsapo* Boiss," 2019.
-



- [75] J. Linares and J. Carreira, "El pinsapo, abeto endémico andaluz. O,¿ Qué hace un tipo como tú en un sitio como éste?," *Ecosistemas*, vol. 15, no. 3, 2006.
- [76] O. G. Hernández, "Impacto del calentamiento global en la distribución y supervivencia del pinsapo (Serranía de Ronda)," *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, no. 76, pp. 504-549, 2018.
- [77] F. Fernández-González, J. Loidi, and J. C. Moreno, "Impactos sobre la biodiversidad vegetal.," in *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático*, J. M. M. a. (eds.), Ed. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, 2005, pp. 183-247.
- [78] E. Cano *et al.*, "Ecological and Syntaxonomic Analysis of *Pinus halepensis* Mill. in the Iberian Peninsula and Balearic Islands," *Land*, vol. 11, no. 3, p. 369, 2022.
- [79] F. Giorgi and P. Lionello, "Estimated from high resolution simulations with a regional climate model," *Global Planet Change*, vol. 62, pp. 195-209, 2008.
- [80] L. Hughes, "Biological consequences of global warming: is the signal already apparent?," *Trends in ecology & evolution*, vol. 2, no. 15, pp. 56-61, 2000.
- [81] M. González Elizondo, E. Jurado Ybarra, S. González Elizondo, Ó. Aguirre Calderón, J. Jiménez Pérez, and J. Nívar Cháidez, "Cambio climático mundial: origen y consecuencias," *Ciencia uanl*, vol. 3, no. 6, pp. 377-386, 2003.
- [82] G. A. Meehl and H. Van Loon, "The seesaw in winter temperatures between Greenland and Northern Europe. Part III: Teleconnections with lower latitudes," *Monthly Weather Review*, vol. 107, no. 9, pp. 1095-1106, 1979.
- [83] J. Martín Vide and D. Fernández Belmonte, "El índice NAO y la precipitación mensual en la España peninsular," *Investigaciones geográficas, n° 26, 2001; pp. 41-58, 2001.*
- [84] A. Douguédroit, "A propos de la sécheresse dans le basin Méditerranéen," *Pub. Assoc. Int. Climatol*, vol. 6, pp. 15-23, 1993.
- [85] P. Maheras, E. Xoplaki, T. Davies, J. Martin-Vide, M. Bariendos, and M. Alcoforado, "Warm and cold monthly anomalies across the Mediterranean basin and their relationship with circulation; 1860-1990," (in English), *International Journal of Climatology*, Article vol. 19, no. 15, pp. 1697-1715, DEC 1999 1999, doi: 10.1002/(SICI)1097-0088(199912)19:15<1697::AID-JOC442>3.0.CO;2-S.
- [86] J. Lopez-Bustins, J. Martin-Vide, and A. Sanchez-Lorenzo, "Iberia winter rainfall trends based upon changes in teleconnection and circulation patterns," (in English), *Global and Planetary Change*, Article vol. 63, no. 2-3, pp. 171-176, SEP 2008 2008, doi: 10.1016/j.gloplacha.2007.09.002.
- [87] J. Gonzalez-Hidalgo, J. Lopez-Bustins, P. Stepanek, J. Martin-Vide, and M. de Luisa, "Monthly precipitation trends on the Mediterranean fringe of the Iberian Peninsula during the second-half of the twentieth century (1951-2000)," (in English), *International Journal of Climatology*, Review vol. 29, no. 10, pp. 1415-1429, AUG 2009 2009, doi: 10.1002/joc.1780.
- [88] A. Dünkeloh and J. Jacobeit, "Circulation dynamics of Mediterranean precipitation variability 1948–98," *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 23, no. 15, pp. 1843-1866, 2003.
- [89] M. E. Mann, R. S. Bradley, and M. K. Hughes, "Northern Hemisphere Temperatures During the Past Millennium; Inferences, Uncertainties, and Limitations.," *Geophysical research letters*, vol. 6, no. 26, pp. 759-762, 1999.
- [90] C. R. Stokes *et al.*, "Response of the East Antarctic Ice Sheet to past and future climate change," *Nature*, vol. 608, no. 7922, pp. 275-286, 2022.
- [91] C.-A. C. Planet and C. Wake, "Indicators of climate change in the Northeast," *Clean-Air, Cool Planet*, 2005.
- [92] R. G. Jones, Murphy, J. M., Noguer, M., & Keen, A. B., "Simulation of climate change over europe using a nested regional-climate model. II: Comparison of driving and regional model responses to a doubling of carbon dioxide.," *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 538, no. 123, pp. 265-292., 1997.

- 
- [93] J. Labraga, "The climate change in South America due to a doubling in the CO<sub>2</sub> concentration: intercomparison of general circulation model equilibrium experiments.," *International Journal of Climatology*, vol. 4, no. 17, pp. 377-398., 1997.
- [94] H. Ritchie, M. Roser, and P. Rosado, "CO<sub>2</sub> and greenhouse gas emissions," *Our world in data*, 2020.
- [95] G.-R. Walther *et al.*, "Ecological responses to recent climate change," *Nature*, vol. 6879, no. 146, pp. 389-395, 2002.
- [96] P. M. Vitousek, "Beyond global warming: ecology and global change.," *Ecology*, vol. 75, no. 7, pp. 1861-1876., 1994.
- [97] Lopez-Camacho, "Surface and underground waters," *Revista de Obras Publicas*, vol. 146, no. 3388, pp. 72-78, 1999.
- [98] A. I. López and F. J. A. Carcedo, "Impactos del posible Cambio Climático sobre los recursos hídricos, el diseño y la planificación hidrológica en la España Peninsular," *El Campo de las Ciencias y las Artes*, no. 137, pp. 201-222, 2000.
- [99] S. Rivas-Martínez, S. Rivas-Saenz, and Á. Penas, "Worldwide bioclimatic classification system.," *Global Geobotany*, vol. N° 1, pp. 1-634 + 4 Maps., 2011.
- [100] S. del Río, "El cambio climático y su influencia en la vegetación de Castilla y León (España)," *Itinera Geobotanica*, no. 16, pp. 5-534, 2005.
- [101] S. Rivas-Martínez *et al.*, "Biogeographical and bioclimatic outline of Antarctica," (in English), *Plant Biosystems*, Article vol. 155, no. 1, pp. 5-15, NOV 5 2020 2020, doi: 10.1080/11263504.2020.1840455.
- [102] S. del Río, Á. Penas, and R. Fraile, "Analysis of recent climatic variations in Castile and Leon (Spain)," *Atmospheric Research*, vol. 73, no. 1-2, pp. 69-85, 2005.
- [103] P. C. Reid *et al.*, "Impacts of the oceans on climate change," *Advances in marine biology*, vol. 56, pp. 1-150, 2009.
- [104] S. del Río González, "El cambio climático y su influencia en la vegetación de Castilla y León (España)," *Itinera Geobotanica*, no. 16, pp. 5-534, 2005.
- [105] S. Mathbout, J. Lopez-Bustins, D. Roye, J. Martin-Vide, J. Bech, and F. Rodrigo, "Observed Changes in Daily Precipitation Extremes at Annual Timescale Over the Eastern Mediterranean During 1961-2012," (in English), *Pure and Applied Geophysics*, Article vol. 175, no. 11, pp. 3875-3890, NOV 2018 2018, doi: 10.1007/s00024-017-1695-7.
- [106] P. Alpert *et al.*, "The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values," *Geophysical research letters*, vol. 29, no. 11, pp. 31-1-31-4, 2002.
- [107] S. Rivas-Martínez, "Discurso de Apertura del Curso Académico de la Real Academia Nacional de Farmacia del año," *Real Acad. Nacional de Farmacia*, 2005.
- [108] S. Rivas-Martínez, "Dynamic-zonal phytosociology as landscape science," (in English), *Phytocoenologia*, Editorial Material vol. 24, pp. 23-25, MAR 28 1994 1994.
- [109] S. Rivas-Martínez and D. Sanchez-Mata, "Boreal vegetation series of North America," (in English), *Plant Biosystems*, Article vol. 145, pp. 208-219, 2011 2011, doi: 10.1080/11263504.2011.602742.
- [110] S. Rivas-Martínez, A. Penas, S. Del Rio, S. Rivas Sáenz, and L. García-Sancho, "New bioclimatic Antarctic data variants and thermotypes," *Int. J. Geobot. Res*, vol. 5, pp. 61-63, 2015.
- [111] S. Rivas-Martínez *et al.*, "Biogeographical and bioclimatic outline of Antarctica," *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, vol. 155, no. 1, pp. 5-15, 2020.
- [112] S. Rivas-Martínez, A. Penas, and T. Díaz, "Biogeographic map of Europe (scale 1: 16.000. 000)," *Cartographic Service, University of León, Spain*, 2001.
- [113] S. Rivas-Martínez *et al.*, "Biogeographic units of the Iberian Peninsula and Balearic Islands to district level. A concise synopsis," in *The vegetation of the Iberian Peninsula*: Springer, 2017, pp. 131-188.
-

- [114] M. T. de la Flor and M. A. C. Romero, "Biogeografía predictiva: técnicas de modelamiento de distribución de especies y su aplicación en el impacto del cambio climático," *Espacio y Desarrollo*, no. 27, pp. 159-179, 2015.
- [115] E. Anderson *et al.*, "Consecuencias del cambio climático en los ecosistemas y servicios ecosistémicos de los Andes Tropicales," *Cambio climático y biodiversidad en los Andes Tropicales*, vol. 426, 2012.
- [116] C. Rabadán and L. Suárez, "Mitos sobre la red Natura 2000: Respuestas a las dudas más importantes sobre la red europea de espacios protegidos," *WWF/Adena, Madrid*, vol. 33, 2008.
- [117] T. A. Diserens, T. Borowik, S. Nowak, M. Szewczyk, N. Niedźwiecka, and R. W. Mysłajek, "Deficiencies in Natura 2000 for protecting recovering large carnivores: A spotlight on the wolf *Canis lupus* in Poland," *PLoS One*, vol. 12, no. 9, p. e0184144, 2017.
- [118] L. Santini, L. Boitani, L. Maiorano, and C. Rondinini, "Effectiveness of protected areas in conserving large carnivores in Europe," *Protected areas: Are they safeguarding biodiversity*, pp. 122-33, 2016.
- [119] J. Sánchez González, "Red Natura 2000: evaluación ambiental de planes y proyectos," 2021.
- [120] E. P. Rivera, J. G. Puebla, J. R. Moya, S. R. García, G. G. Cerdá, and J. C. G. Palomares, *Caracterización socioeconómica de la Red Natura 2000 en España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2013.
- [121] E. Commission. "Biogeographical Regions of Nature 2000." [https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/platform/knowledge\\_base/103\\_browse\\_categories\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/platform/knowledge_base/103_browse_categories_en.htm) (accessed 05/09/2022, 2022).
- [122] D. European Commission, "Interpretation manual of European Union habitats," *Eur*, vol. 28, pp. 1-144, 2013.
- [123] J. Braun-Blanquet, *Fitosociología: bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Madrid, España: Ediciones Blume, 1979.
- [124] V. autores, "Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM)," ed: Junta de Andalucía, 2017.
- [125] J. A. Vera, *Geología de España*. Igme, 2004.
- [126] J. Aguilar *et al.*, "Memoria del mapa de suelos de la provincia de Jaén. Escala 1: 200.000," *Serv. Publ. Universidad de Granada. Exma. Dip. Provincial de Granada, Granada*, 1987.
- [127] I. G. Nacional and V. Gómez-Miguel, *Mapa de suelos de España: escala 1: 1.000. 000*. Instituto Geográfico Nacional, 2006.
- [128] S. S. Staff, "Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys," 2<sup>nd</sup> ed: Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook, 1999, p. 436.
- [129] O. Spaargaren, "Base Referencial Mundial del Recurso Suelo," International Soil Science Society (ISSS), International Soil Reference and ..., 1020-430X, 1999.
- [130] J. L. Rozas López, M. d. M. A. y. M. R. y. Marino, Ed. *Diccionario de términos edafológicos*. Madrid, 2010.
- [131] R. Romero, C. Ramis, S. Alonso, C. Doswell, and D. Stensrud, "Mesoscale model simulations of three heavy precipitation events in the western Mediterranean region," (in English), *Monthly Weather Review*, Article vol. 126, no. 7, pp. 1859-1881, JUL 1998 1998, doi: 10.1175/1520-0493(1998)126<1859:MMSOTH>2.0.CO;2.
- [132] M. Millán, M. J. Estrela, and J. Miró, "Rainfall components: variability and spatial distribution in a Mediterranean Area (Valencia Region)," *Journal of Climate*, vol. 18, no. 14, pp. 2682-2705, 2005.
- [133] J. Egozcue and C. Ramis, "Bayesian hazard analysis of heavy precipitation in eastern Spain," *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 21, no. 10, pp. 1263-1279, 2001.
- [134] I. Font, "Climatología de España y Portugal," *Instituto Nacional de Meteorología, Madrid*, vol. 245, 1983.
- [135] V. Hernández León, "Estudio y caracterización del anticiclón de las Azores," 2018.

- 
- [136] M. e. red. "¿Por qué en España llueve menos?" <https://www.meteorologiaenred.com/espana-llueve-menos.html> (accessed 16/10/2022, 2022).
- [137] K. Walter and H.-F. Graf, "The North Atlantic variability structure, storm tracks, and precipitation depending on the polar vortex strength," *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 5, no. 1, pp. 239-248, 2005.
- [138] H. F. Graf and K. Walter, "Polar vortex controls coupling of North Atlantic Ocean and atmosphere," *Geophysical Research Letters*, vol. 32, no. 1, 2005.
- [139] J. M. Viñas. "Las masas de aire cálido que nos afectan." Meteored. <https://www.tiempo.com/noticias/ciencia/las-masas-de-aire-calido-que-afectan-espana.html> (accessed 26/10/2022, 2022).
- [140] F. Martín León. "Los bloqueos en omega." Meteored. <https://www.tiempo.com/ram/337042/los-bloqueos-omega/> (accessed 17/10/2020, 2022).
- [141] J. J. Molina Capel and M. J. Romero Romacho, "La dinámica atmosférica en el flanco suroccidental de Europa: La Península Ibérica," *Nimbus*, vol. 7-8, no. 5-6, pp. 5-20, 2000.
- [142] S. del Río, L. Herrero, C. Pinto-Comes, and A. Penas, "Spatial analysis of mean temperature trends in Spain over the period 1961-2006," (in English), *Global and Planetary Change*, Article vol. 78, no. 1-2, pp. 65-75, JUL 2011 2011, doi: 10.1016/j.gloplacha.2011.05.012.
- [143] S. del Río, L. Herrero, R. Fraile, and A. Penas, "Spatial distribution of recent rainfall trends in Spain (1961–2006)," *International Journal of Climatology*, vol. 31, no. 5, pp. 656-667, 2011.
- [144] J. Haigh, "Climate - Climate variability and the influence of the Sun," (in English), *Science*, Editorial Material vol. 294, no. 5549, pp. 2109-2111, DEC 7 2001 2001, doi: 10.1126/science.1067013.
- [145] D. Rind, "Climatology - The sun's role in climate variations," (in English), *Science*, Review vol. 296, no. 5568, pp. 673-677, APR 26 2002 2002, doi: 10.1126/science.1069562.
- [146] D. V. Hoyt and K. H. Schatten, "A discussion of plausible solar irradiance variations, 1700-1992," *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, vol. 98, no. A11, pp. 18895-18906, 1993.
- [147] K. Labitzke, "The global signal of the 11-year sunspot cycle in the atmosphere: When do we need the QBO?," (in English), *Meteorologische Zeitschrift*, Article vol. 12, no. 4, pp. 209-216, 2003 2003, doi: 10.1127/0941-2948/2003/0012-0211.
- [148] K. Labitzke and K. Matthes, "Eleven-year solar cycle variations in the atmosphere: observations, mechanisms and models," (in English), *Holocene*, Article | Proceedings Paper vol. 13, no. 3, pp. 311-317, 2003 2003, doi: 10.1191/0959683603hl623rp.
- [149] S. Rivas-Martínez, S. Rivas-Saenz, and Á. Penas, "Worldwide bioclimatic classification system.," *Global Geobotany*, vol. 1, pp. 1-634 + 4 maps, 2011.
- [150] Y. Kuroda, K. Kodera, K. Yoshida, S. Yukimoto, and L. Gray, "Influence of the Solar Cycle on the North Atlantic Oscillation," (in English), *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, Article vol. 127, no. 1, JAN 16 2022 2022, Art no. ARTN e2021JD035519, doi: 10.1029/2021JD035519.
- [151] F. Rodrigo and R. Trigo, "Trends in daily rainfall in the Iberian Peninsula from 1951 to 2002," (in English), *International Journal of Climatology*, Article vol. 27, no. 4, pp. 513-529, MAR 30 2007 2007, doi: 10.1002/joc.1409.
- [152] E. Aguilar, J. López, M. Brunet, Ó. Saladié, J. Sigró, and D. López, "Control de calidad y proceso de homogeneización de series térmicas catalanas," 1999.
- [153] J. Piñar Fuentes *et al.*, "Impact of grass cover management with herbicides on biodiversity, soil cover and humidity in olive groves in the Southern Iberian," *Agronomy*, vol. 11, no. 3, p. 412, 2021.
- [154] (1998). *Carta geológica de Portugal 1:50000*.
- [155] M. L. Ribeiro and T. Bento dos Santos, "A nova Carta Geológica de Portugal à escala 1: 1.000.000 e a importância da cartografia geológica de base," *Portugal Tecnológico 2010*, 2010.
- [156] L. Rodríguez-Fernández, "Mapa Geológico de España escala 1: 50.000, 2ª Serie (MAGNA), Colmenar Viejo (534): IGME," *Servicio Publicaciones Ministerio de Industria*, 2000.
- [157] P. Panagos *et al.*, "European Soil Data Centre 2.0: Soil data and knowledge in support of the EU policies," *European Journal of Soil Science*, p. e13315, 2022.
-

- [158] S. S. Shapiro and M. B. Wilk, "An analysis of variance test for normality (complete samples)," (in English), *Biometrika*, Article vol. 52, pp. 591-&, 1965 1965, doi: 10.1093/biomet/52.3-4.591.
- [159] H. C. S. Thom, *Some methods of climatological analysis*. Secretariat of the World Meteorological Organization Geneva, 1966.
- [160] R. Sneyers, "On the use of statistical analysis for the objective determination of climate change," *Meteorologische Zeitschrift*, pp. 247-256, 1992.
- [161] T. Salmi, A. Määttä, P. Anttila, T. Ruoho-Airola, and T. Amnell, "Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates MAKESENS—The excel template application," *Finish Meteorological Institute, Helsinki*, 2002.
- [162] R. M. Hirsch and J. R. Slack, "A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence," *Water resources research*, vol. 20, no. 6, pp. 727-732, 1984.
- [163] S. Yue, P. Pilon, B. Phinney, and G. Cavadias, "The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series," *Hydrological processes*, vol. 16, no. 9, pp. 1807-1829, 2002.
- [164] S. Yue, P. Pilon, and B. Phinney, "Canadian streamflow trend detection: impacts of serial and cross-correlation," *Hydrological Sciences Journal*, vol. 48, no. 1, pp. 51-63, 2003.
- [165] S. Yue and C. Wang, "The Mann-Kendall test modified by effective sample size to detect trend in serially correlated hydrological series," *Water resources management*, vol. 18, no. 3, pp. 201-218, 2004.
- [166] J. D. Salas and R. A. Smith, "Physical basis of stochastic models of annual flows," *Water Resources Research*, vol. 17, no. 2, pp. 428-430, 1981.
- [167] R. L. Anderson, "Distribution of the serial correlation coefficient," *The Annals of Mathematical Statistics*, vol. 13, no. 1, pp. 1-13, 1942.
- [168] A. Holzinger, "Data Mining with Decision Trees: Theory and Applications," (in English), *Online Information Review*, Book Review vol. 39, no. 3, pp. 437-438, 2015 2015, doi: 10.1108/OIR-04-2015-0121.
- [169] S. Pirayonesi and T. El-Diraby, "Role of Data Analytics in Infrastructure Asset Management: Overcoming Data Size and Quality Problems," (in English), *Journal of Transportation Engineering Part B-Pavements*, Article vol. 146, no. 2, JUN 1 2020 2020, Art no. ARTN 04020022, doi: 10.1061/JPEODX.0000175.
- [170] R. Caruana, N. Karampatziakis, and A. Yessenalina, "An empirical evaluation of supervised learning in high dimensions," in *Proceedings of the 25th international conference on Machine learning*, 2008, pp. 96-103.
- [171] Z. Lu, "The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, 2nd edition," (in English), *Journal of the Royal Statistical Society Series a-Statistics in Society*, Book Review vol. 173, pp. 693-694, 2010 2010.
- [172] C. Borgelt, F. Höppner, and F. Klawonn, *Guide to intelligent data analysis*. Springer, 2010.
- [173] H. Deng, G. Runger, and E. Tuv, "Bias of importance measures for multi-valued attributes and solutions," in *International conference on artificial neural networks*, 2011: Springer, pp. 293-300.
- [174] A. Ratnaparkhi, "A simple introduction to maximum entropy models for natural language processing," *IRCS Technical Reports Series*, p. 81, 1997.
- [175] C. Cortes, V. Kuznetsov, M. Mohri, and U. Syed, "Structural maxent models," in *International Conference on Machine Learning*, 2015: PMLR, pp. 391-399.
- [176] C. Merow, M. J. Smith, and J. A. Silander Jr, "A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter," *Ecography*, vol. 36, no. 10, pp. 1058-1069, 2013.
- [177] E. T. Jaynes, *Probability theory: The logic of science*. Cambridge university press, 2003.
- [178] E. Saupe *et al.*, "Variation in niche and distribution model performance: the need for a priori assessment of key causal factors," *Ecological Modelling*, vol. 237, pp. 11-22, 2012.
- [179] T. Hastie and W. Fithian, "Inference from presence-only data; the ongoing controversy," *Ecography*, vol. 36, no. 8, pp. 864-867, 2013.

- 
- [180] S. Rivas-Martínez, Á. Penas, S. d. Río, T. E. Díaz González, and S. Rivas-Sáenz, "Bioclimatology of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands," in *The vegetation of the Iberian Peninsula*: Springer, 2017, pp. 29-80.
- [181] E. Cano *et al.*, "Geobotanical Study of the Microforests of *Juniperus oxycedrus* subsp. *badia* in the Central and Southern Iberian Peninsula," *Sustainability*, vol. 11, no. 4, p. 1111, 2019.
- [182] J. Loidi, "The vegetation of the Iberian Peninsula," 2017.
- [183] M. R. F. Calzado, "Delimitación del piso crioromediterráneo de Sierra Nevada," Universidad de Granada, 2007.
- [184] P. Vít, J. Douda, K. Krak, A. Havrdová, and B. Mandák, "Two new polyploid species closely related to *Alnus glutinosa* in Europe and North Africa—an analysis based on morphometry, karyology, flow cytometry and microsatellites," *Taxon*, vol. 66, no. 3, pp. 567-583, 2017.
- [185] C. Pinto-Gomes, R. Paiva-Ferreira, and C. Meireles, "New proposals on Portuguese vegetation," *Mediterranean Botany*, vol. 28, p. 67, 2007.
- [186] J. M. M. Parras and J. M. Mesa, "Ecología y fitosociología de *Quercus pyrenaica* Willd. en la provincia Bética. Los melojares béticos y sus etapas de sustitución," *Lazaroa*, no. 4, pp. 91-104, 1982.
- [187] Rivas-Martínez, "Memoria del mapa de series de vegetación de España," *ICONA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación: Madrid*, 1987.
- [188] E. Cano and F. Valle, "Formaciones boscosas en Sierra Morena Oriental (Andalucía, España)," *Acta Botánica Malacitana*, vol. 15, pp. 231-237, 1990.
- [189] F. V. Tendero, F. G. Mercado, and J. F. M. Poveda, "Los robledales de la Sierra de Segura y otras comunidades relacionadas con ellos," in *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 1988, vol. 45, no. 1: Real Jardín Botánico, pp. 247-257.
- [190] S. Rivas-Martínez, T. E. Díaz González, F. Fernández González, J. J. Loidi Arregui, M. Fernandes Lousã, and Á. P. Merino, "Vascular plant communities of Spain and Portugal: addenda to the syntaxonomical checklist of 2001. Part 1," *Itinera geobotanica*, no. 15, pp. 5-432, 2002.
- [191] S. Rivas-Martínez, "Esquema de la vegetación potencial y su correspondencia con los suelos en la España peninsular," *Anal. Inst. Bot. Cavanilles*, no. 22, pp. 341-405, 1964.
- [192] F. Valle, J. Mota, and F. Gomez Mercado, "Los avellanares del macizo Segura-Cazorla: relaciones ombroclima-vegetación," in *Actas II Simposio sobre el agua en Andalucía*, 1986, pp. 567-578.
- [193] M. Pavón Núñez and A. V. Pérez-Latorre, "Sobre las avellanadas subbéticas con *Ulmus glabra* Huds. en las sierras de Cazorla-Segura-Alcaráz, Jaen-Albacete (España)," *Lagascalia*, vol. 30, pp. 393-405, 2010.
- [194] E. Cano Carmona *et al.*, "Primera aproximación al conocimiento de los quejigares del sur de la Península Ibérica (Portugal y España)," *Quercetea*, vol. 3, pp. 175-182, 2002.
- [195] A. V. P. Pérez-Latorre, G. C. Caballero Neira, F. Casimiro-Soriguer Solanas, O. Gavira Romero, and B. Cabezudo, "Vegetación de la cordillera antequerana oriental (Subsector Torcalense). Málaga-Granada (España)," *Acta Botanica Malacitana*, no. 34, pp. 145-173, 2009.
- [196] A. V. Pérez-Latorre, A. Galán de Mera, P. Navas, D. Navas, Y. Gil, and B. Cabezudo, "Datos sobre la flora y vegetación del Parque Natural de los Alcornocales (Cádiz-Málaga, España)," *Acta Botanica Malacitana*, vol. 24, pp. 133-184, 1999.
- [197] S. Rivas Goday, J. Borja Carbonell, F. Esteve Chueca, E. Fernández-Galiano, A. Rigual Magallón, and S. Rivas Martínez, "Contribución al estudio de la "Quercetea ilicis hispanica". Conexión de las comunidades hispánicas con "Quercus lusitanica" s.l. y sus correcciones con las alianzas de Quercetalia ilicis, Quercetalia pubescentis y Quercetalia robori-petraeae," vol. 17, ed: Anales Jard. Bot. Madrid, 1960, pp. 285-406.
- [198] E. Cano *et al.*, "Estudio de los quejigares de Sierra Morena Oriental," *Lagascalia*, vol. 24, pp. 51-61, 2004.
- [199] S. Rivas-Martínez, M. Lousã, T. E. D. Díaz González, F. Fernández González, and J. C. Costa, "La vegetación del sur de Portugal (Sado, Alentejo y Algarve)," *Itinera geobotanica*, no. 3, pp. 5-126, 1990.
-

- [200] S. Rivas-Martínez, "La vegetación de la clase Quercetea ilicis en España y Portugal," *Anal. Inst. Bot. Cavanilles*, vol. 31, no. 2, pp. 205-259, 1975.
- [201] W. Nezadal, U. Deil, and W. Welb, "Karte der aktuellen Vegetation des Campo de Gibraltar (Provinz Cádiz, Spanien)," *Hoppea, Denkschrift der Regensburger Botanischen Gesellschaft*, vol. 55, pp. 717-756, 1994.
- [202] B. Díez Garretas, J. Cuenca, and A. Asensi, "Datos sobre la vegetación del subsector aljibico (provincia Gaditano-Onubo-Algarviense)," *Lazaroa*, no. 9, pp. 315-332, 1986.
- [203] R. Quinto-Canas *et al.*, "A contribute to the knowledge of the climatophilous cork—oak woodlands from Iberian southwest," *Acta Botanica Gallica*, vol. 157, no. 4, pp. 627-637, 2010.
- [204] A. V. Perez-Latorre, G. Caballero, F. Casimiro-Soriguer Solanas, O. Gavira Romero, and B. Cabezudo, "Vegetación del sector malacitano-axarquiese (Comarca de la Axarquía. Montes de Málaga y Corredor de Colmenar). Málaga (España)," 2008.
- [205] E. Sánchez Gullón, "El elemento endémico lusitano en la flora de Huelva (Andalucía Occidental, España)," *Conservación Vegetal*, 2008.
- [206] I. S. García, F. V. López, J. H. Ortiz, J. Manuel, and M. Andrades, "Contribución al conocimiento de la flora de la Bahía de Cádiz," *JUAN GARCÍA DE LOMAS, CARLOS M. GARCÍA Y ÓSCAR ÁLVAREZ. Vegetación de las marismas Aletas-Cetina (Puerto Real). Identificación de Hábitat de interés comunitario y estimaciones preliminares de posibles efectos de su inundación..... Pág. 9, p. 49, 2008.*
- [207] J. M. Martínez Parras, "Estudio florístico y fitosociológico de las sierras de los Guajares, de Cazulas y del Chaparral," Tesis Doctoral, Repositorio de la Universidad de Granada, Universidad de Granada, Granada, 1978.
- [208] J. M. Losa, J. M. Mesa, and M. C. Porcel, *El paisaje vegetal de Sierra Nevada: la cuenca alta del río Genil, Granada*. Universidad de Granada, 1986.
- [209] F. A. Pérez Raya, *La vegetación en el sector Malacitano-Almijareense de Sierra Nevada: investigaciones sintaxonómicas y sinfitosociológicas*. Granada: Universidad de Granada, 1987.
- [210] P. Sánchez-Gómez and F. Alcaraz Ariza, "Novedades fitosociológicas presentes en el subsector Subbético-Murciano (España)," in *Anales de Biología*, 1992, no. 18: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia, pp. 121-152.
- [211] F. Gómez Mercado and F. Valle, "Notas fitosociológicas sobre las comunidades arbóreas de las Sierras de Cazorla y Segura," 1990.
- [212] B. Cabezudo, F. Casimiro-Soriguer Solanas, J. García Sánchez, and A. V. Pérez-Latorre, "Flora y Vegetación de la Zona de Especial Conservación (ZEC) Sierra de Camarolos (Málaga, España)," *Acta botanica malacitana*, no. 41, pp. 163-246, 2016.
- [213] S. Rivas-Martínez and S. Rivas Goday, "Vegetación potencial de la provincia de Granada," *Botanica complutensis*, no. 4, pp. 3-83, 1971.
- [214] J. Losa Quintana and J. Molera Mesa, "Estudio de formaciones arbóreas termófilo-continentales próximas a la ciudad de Granada," 2009.
- [215] N. Marcos Samaniego and A. Velasco Negueruela, "De vegetatione toletana. II," *Boletim da Sociedade Broteriana*, 1987.
- [216] R.-J. Quinto-Canas, "Flora y vegetación de la Serra do Caldeirão," 2015.
- [217] L. RUFO NIETO and V. DE LA FUENTE GARCIA, "Vegetación arbórea y arbustiva de la cuenca del Río Tinto (Huelva, España)," *Lazaroa*, no. 31, pp. 39-58, 2010.
- [218] C. J. Pinto Gomes and R. P. Paiva Ferreira, *Flora e vegetação do barrocal algarvio: Tavira-Portimão*. Faro, 2005, p. 354.
- [219] M. Costa Talens, J. B. Peris Gisbert, and R. Figuerola Lamata, "Sobre los carrascales ermomediterráneos valencianos," *Lazaroa*, no. 4, pp. 37-52, 1982.
- [220] A. Asensi Marfil and S. Rivas-Martínez, "Contribución al conocimiento fitosociológico de los pinsapares de la Serranía de Ronda," *Anales del Jardín botánico de Madrid*, no. 33, pp. 239-247, 1976.

- 
- [221] A. V. Pérez-Latorre, P. Navas, D. Navas, Y. Gil, and B. Cabezado, "Datos sobre la flora y vegetación de la Serranía de Ronda (Málaga, España)," *Acta Botanica Malacitana*, vol. 23, pp. 149-191, 1998.
- [222] J. M. Marfil Castro, J. Molero Mesa, G. Benítez Cruz, and S. Rivas-Martínez, "Adición a la sintaxonomía Nevadense," in *Symposium Internationale Ad Honorem Salvador Rivas-Martínez*, F. d. C. B. y. A. U. d. L. Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental (Botánica) Ed. León (España): Universidad de León, 2021, ch. 18, pp. 106-108.
- [223] J. M. Marfil, J. Molero, P. Cantó, and S. Rivas-Martínez, "Bioindicators and bioclimatic data as essential tools towards a consistent biogeographic district typology of Sierra Nevada National Park (Spain)," *Mediterranean Botany*, vol. 38, no. 1, p. 7, 2017.
- [224] B. Díez Garretas, F. Fernández González, and A. Asensi Marfil, "Revisión nomenclatural de la clase Rosmarinetea officinalis en la Península Ibérica e Islas Baleares," *Itinera geobotanica*, no. 11, pp. 315-364, 1998.
- [225] B. Cabezado, J. M. N. Caldera, and A. V. P. Latorre, "Contribución al conocimiento de la vegetación edafófilo-serpentinícola del sector Rondeño (Málaga; España)," *Acta Botánica Malacitana*, no. 14, pp. 291-294, 1989.
- [226] M. L. Palacios, "Estudios sobre la flora y la vegetación de las Sierras Tejeda y Almirajara," in *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 1946, vol. 6, no. 2: Real Jardín Botánico, pp. 217-370.
- [227] J. A. Torres, A. Garcia-Fuentes, C. Salazar, E. Cano, and F. Valle, "Caracterización de los pinares de *Pinus halepensis* Mill, en el sur de la Península Ibérica," *Ecología mediterranea*, vol. 25, no. 2, pp. 135-146, 1999.
- [228] P. Quezel, *Contribution à l'étude phytosociologique et géobotanique de la Sierra Nevada*. 1953.
- [229] B. Díez-Garretas, A. Asensi, and S. Rivas-Martínez, "Las comunidades de *Maytenus senegalensis* subsp. *europaeus* (Celastraceae) en la Península Ibérica," *Mediterranean Botany*, vol. 26, p. 83, 2005.
- [230] C. Rodríguez Muñoz *et al.*, "Anales del Instituto Español de Edafología, Ecología y Fisiología Vegetal Tomo 3," 1944.
- [231] F. Fernández Casas, "Notas sobre vegetación," *Publ. Inst. Biol. Apl.*, vol. 49, pp. 111-120, 1970.
- [232] O. D. BoLós, "De vegetatione valentina, I," *Collectanea Botanica, 1957, vol. V, num. 29, p. 527-596*, 1957.
- [233] E. Cano *et al.*, "Mitigating climate change through bioclimatic applications and cultivation techniques in agriculture (Andalusia, Spain)," in *Sustainable Agriculture, Forest and Environmental Management*: Springer, 2019, pp. 31-69.
- [234] R. Romero, C. Ramis, and J. Guijarro, "Daily rainfall patterns in the Spanish Mediterranean area: an objective classification," *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 19, no. 1, pp. 95-112, 1999.
- [235] R. Romero, G. Sumner, C. Ramis, and A. Genovés, "A classification of the atmospheric circulation patterns producing significant daily rainfall in the Spanish Mediterranean area," *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 19, no. 7, pp. 765-785, 1999.
- [236] A. Cano-Ortiz *et al.*, "Forest and arborescent scrub habitats of special interest for SCIs in Central Spain," *Land*, vol. 10, no. 2, p. 183, 2021.
- [237] A. Cano-Ortiz *et al.*, "Climatology, Bioclimatology and Vegetation Cover: Tools to Mitigate Climate Change in Olive Groves," *Agronomy*, vol. 12, no. 11, p. 2707, 2022.
- [238] J. Elith, S. J. Phillips, T. Hastie, M. Dudík, Y. E. Chee, and C. J. Yates, "A statistical explanation of MaxEnt for ecologists," *Diversity and distributions*, vol. 17, no. 1, pp. 43-57, 2011.
- [239] R. Sánchez de Dios, M. Benito-Garzón, and H. Sainz-Ollero, "Present and future extension of the Iberian submediterranean territories as determined from the distribution of marcescent oaks," *Plant Ecology*, vol. 204, no. 2, pp. 189-205, 2009.
- [240] C. Vila-Viçosa *et al.*, "Syntaxonomic update on the relict groves of Mirbeck's oak (*Quercus canariensis* Willd. and *Q. marianica* C. Vicioso) in southern Iberia," *Plant Biosystems-An*
-

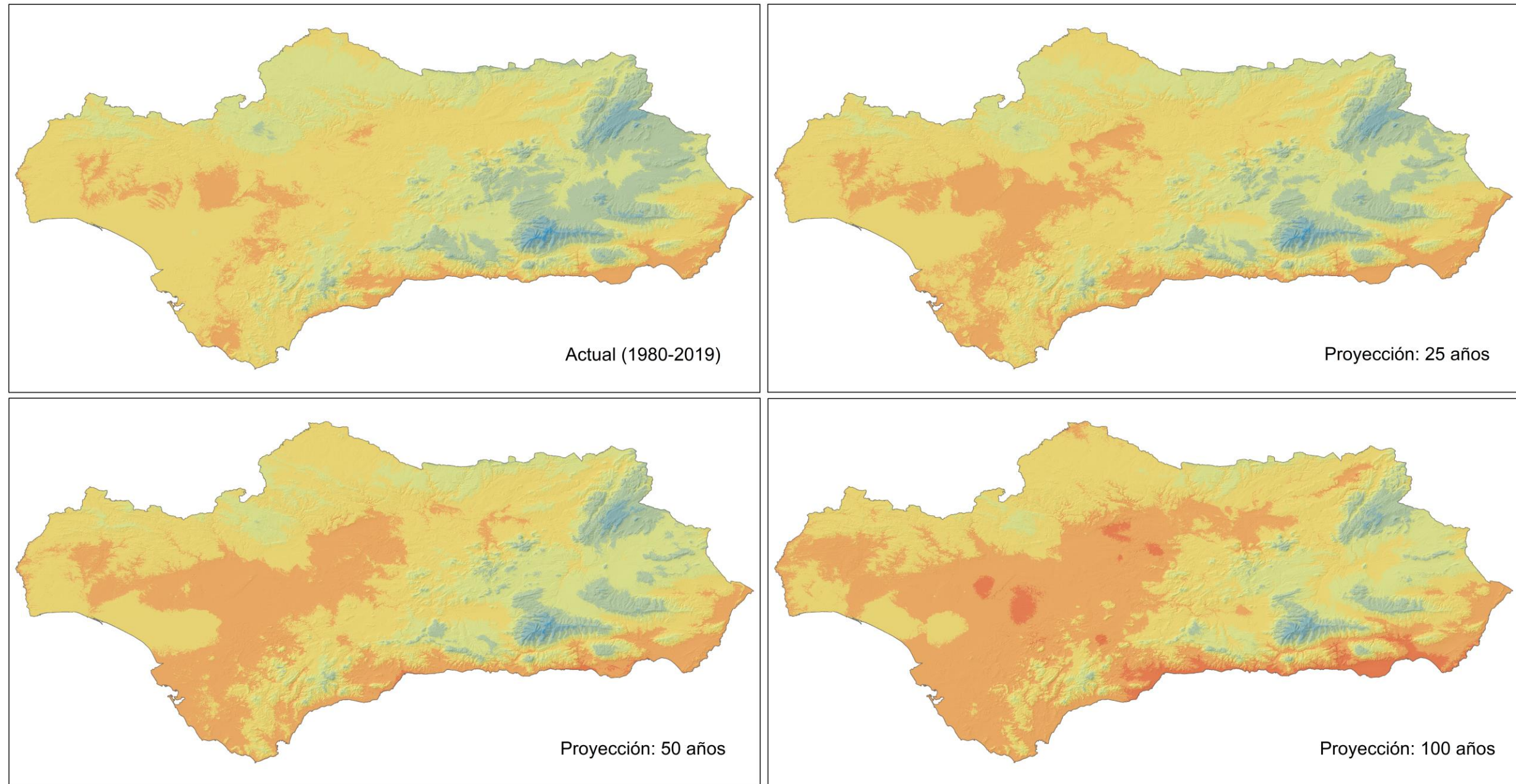


- International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, vol. 149, no. 3, pp. 512-526, 2015.
- [241] C. Vila-Viçosa *et al.*, "Combining satellite remote sensing and climate data in species distribution models to improve the conservation of iberian white oaks (*Quercus L.*)," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 9, no. 12, p. 735, 2020.
- [242] M. Dering *et al.*, "Genetic diversity and inter-specific relations of western Mediterranean relic *Abies* taxa as compared to the Iberian *A. alba*," *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, vol. 209, no. 7, pp. 367-374, 2014.
- [243] J. C. Linares, A. Delgado-Huertas, and J. A. Carreira, "Climatic trends and different drought adaptive capacity and vulnerability in a mixed *Abies pinsapo*–*Pinus halepensis* forest," *Climatic change*, vol. 105, no. 1, pp. 67-90, 2011.
- [244] O. Gutiérrez-Hernández, R. Cámara-Artigas, and L. V. García, "Regeneración de los pinsapares béticos. Análisis de tendencia interanual y estacional del NDVI," 2018.
- [245] M. Blanes, B. Viñegla, J. Merino, and J. A. Carreira, "Nutritional status of *Abies pinsapo* forests along a nitrogen deposition gradient: do C/N/P stoichiometric shifts modify photosynthetic nutrient use efficiency?," *Oecologia*, vol. 171, no. 4, pp. 797-808, 2013.
- [246] M. Blanes, B. Viñegla, M. Salido, and J. Carreira, "Coupled soil-availability and tree-limitation nutritional shifts induced by N deposition: insights from N to P relationships in *Abies pinsapo* forests," *Plant and soil*, vol. 366, no. 1, pp. 67-81, 2013.
- [247] J. Molero and J. M. Marfil, "The bioclimates of Sierra Nevada National Park," *Int. J. Geobot. Res*, vol. 5, pp. 1-11, 2015.
- [248] A. J. Mendoza-Fernández *et al.*, "The relict ecosystem of *maytenus senegalensis* subsp. *europaea* in an agricultural landscape: Past, present and future scenarios," *Land*, vol. 10, no. 1, p. 1, 2020.

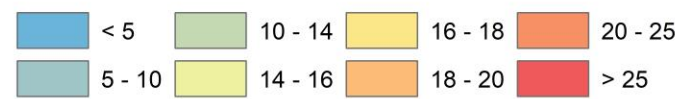


### Temperatura media anual (actuales y proyectados)

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



#### Temperatura (°C)

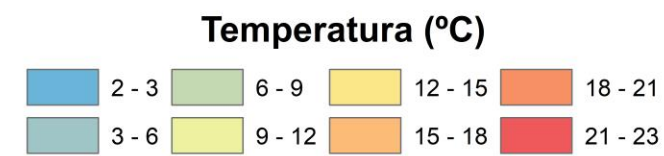
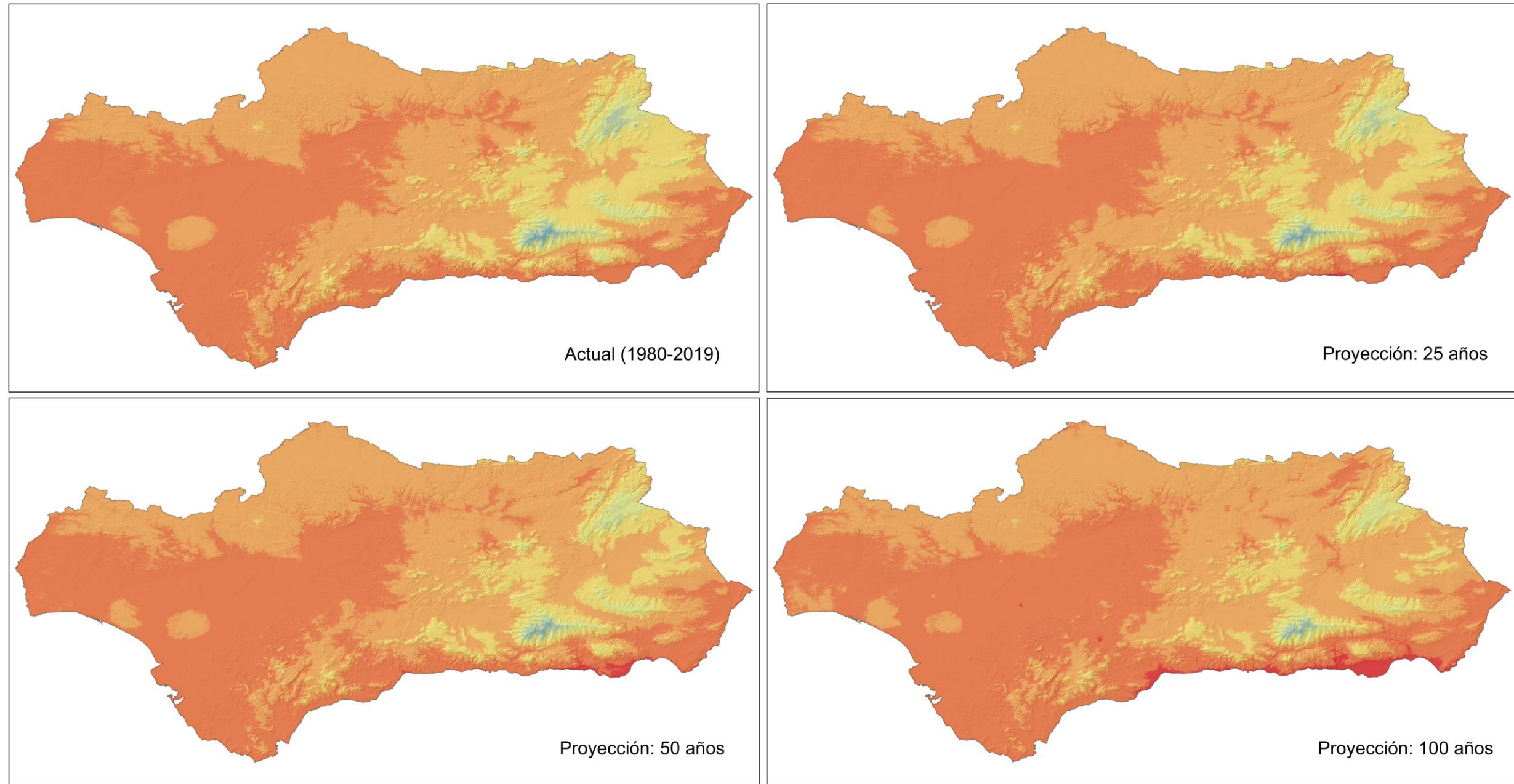






### Temperatura media otoño (actuales y proyectados)

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree

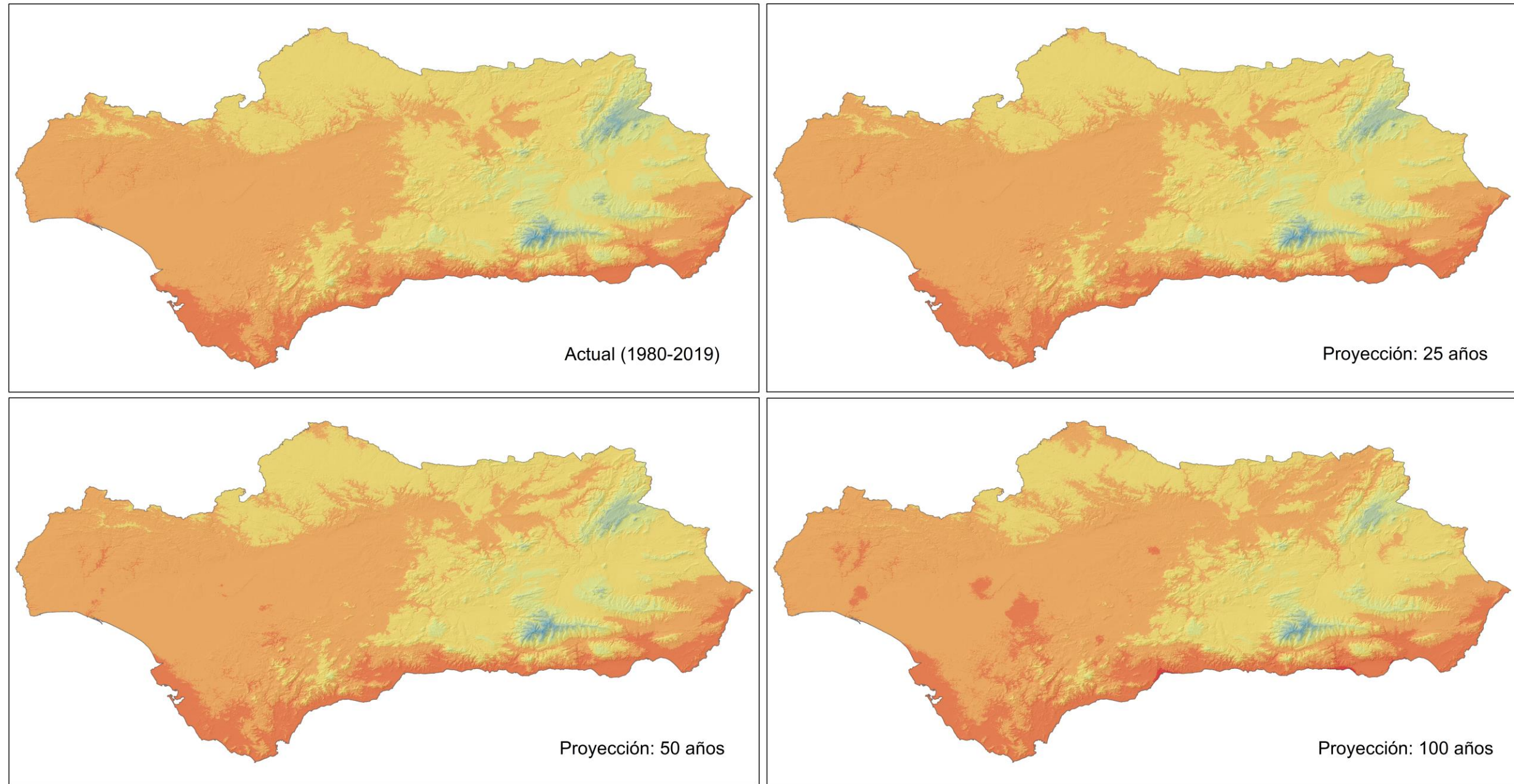




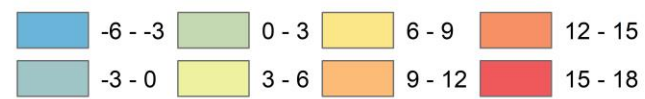


### Temperatura media invierno (actuales y proyectados)

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



#### Temperatura (°C)

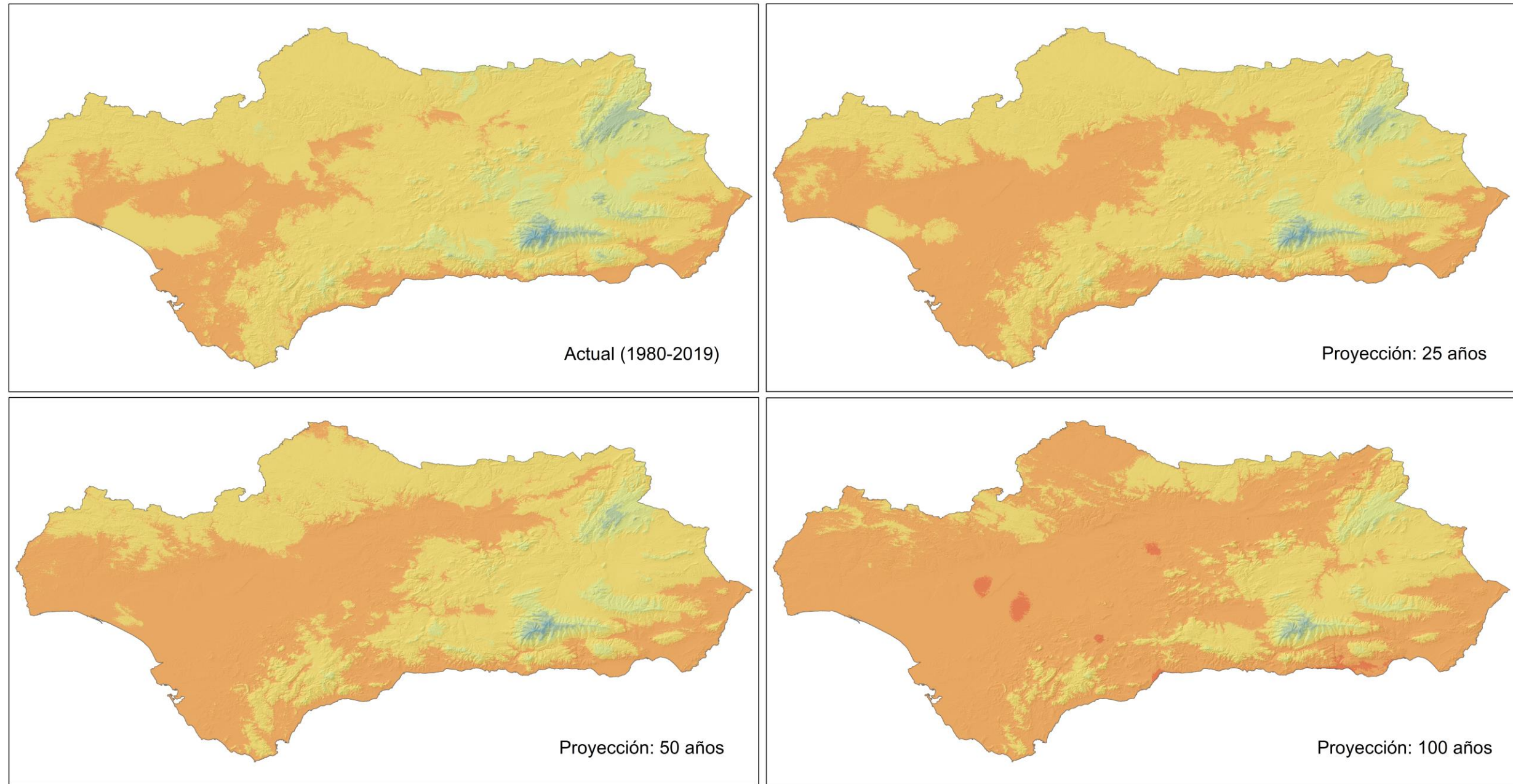




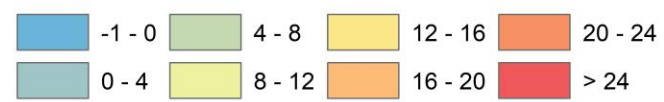


### Temperatura media primavera (actuales y proyectados)

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



#### Temperatura (°C)

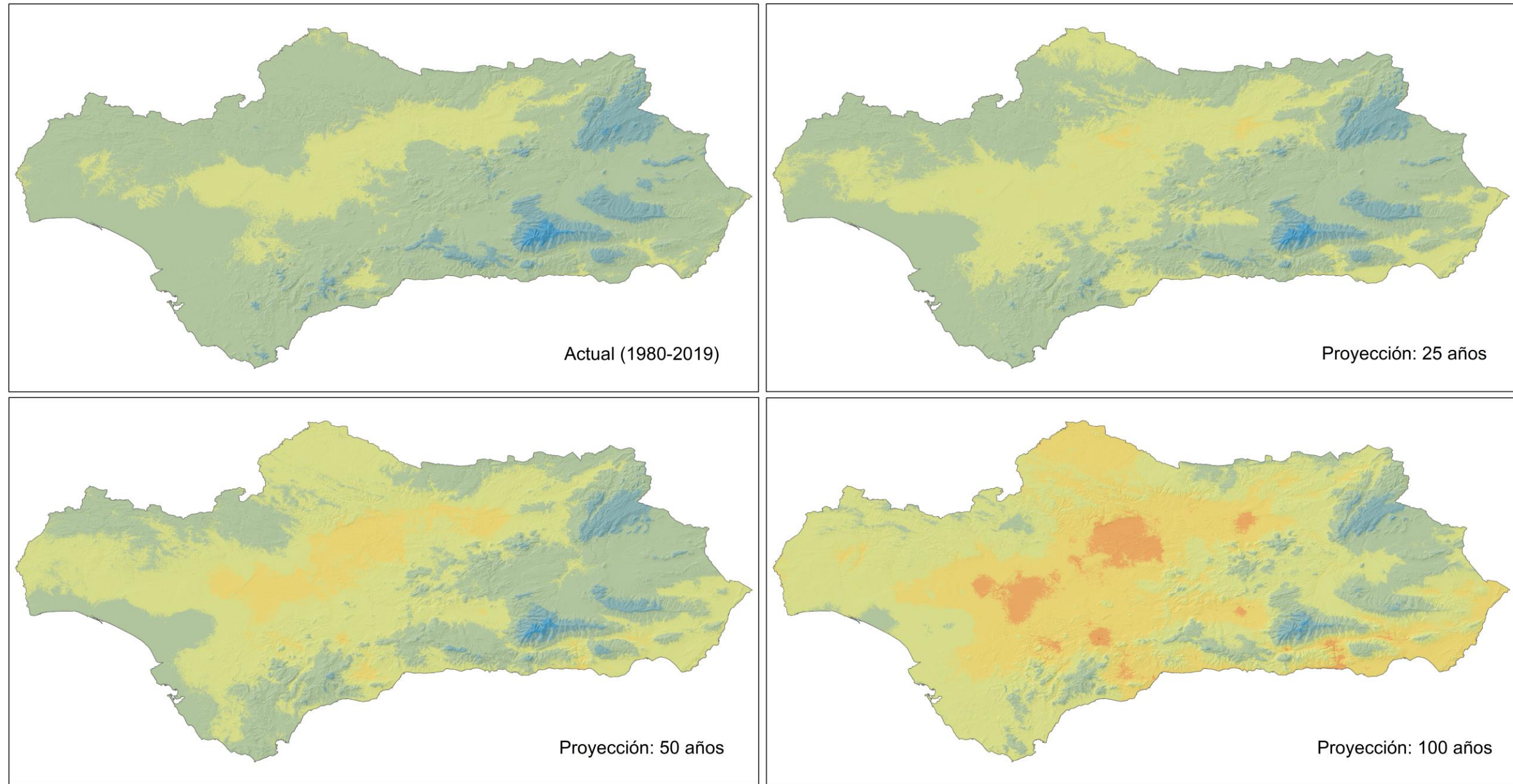




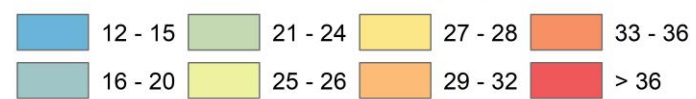


### Temperatura media verano (actuales y proyectados)

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



#### Temperatura (°C)

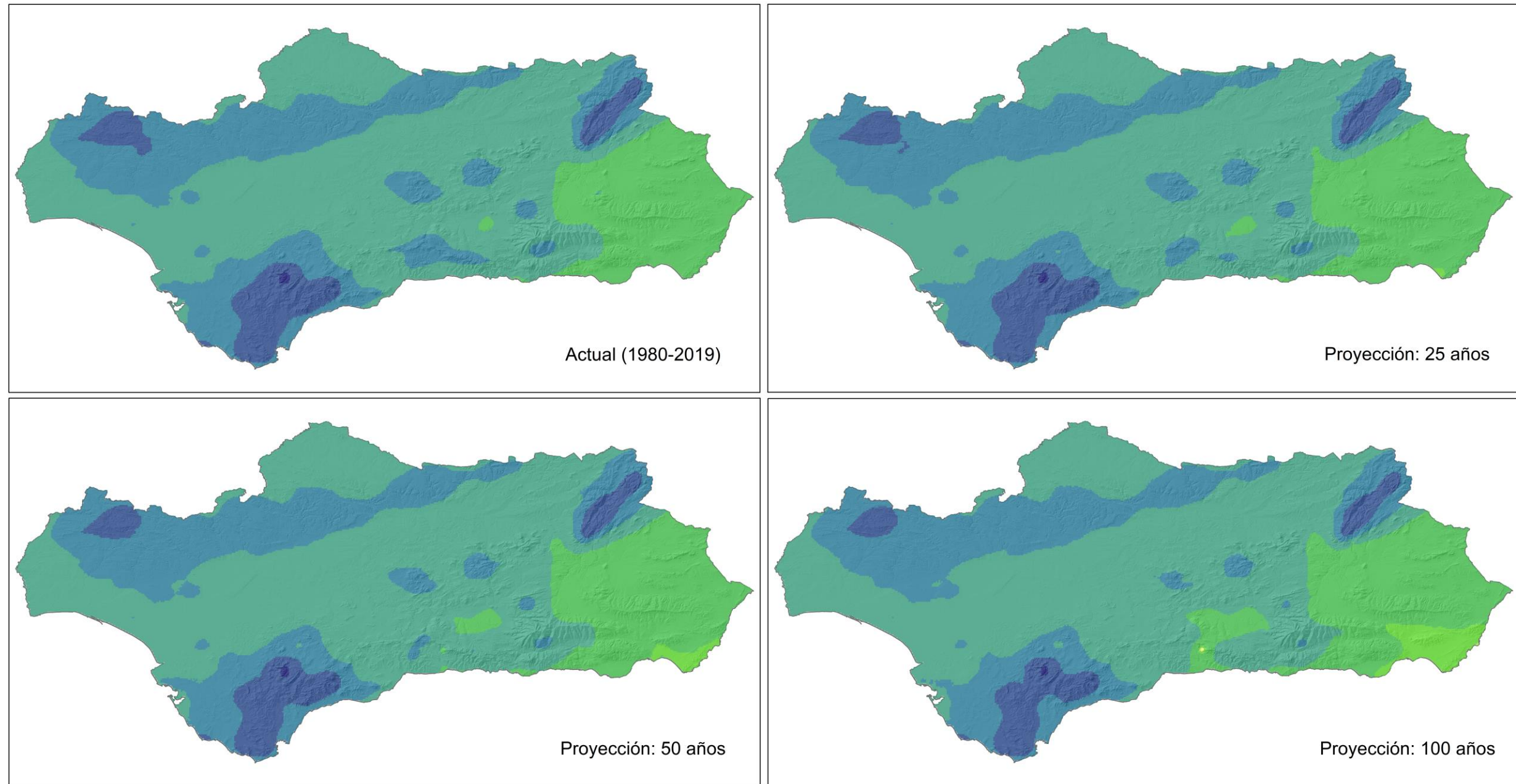




Anexo 6

### Precipitación media anual (actuales y proyectados)

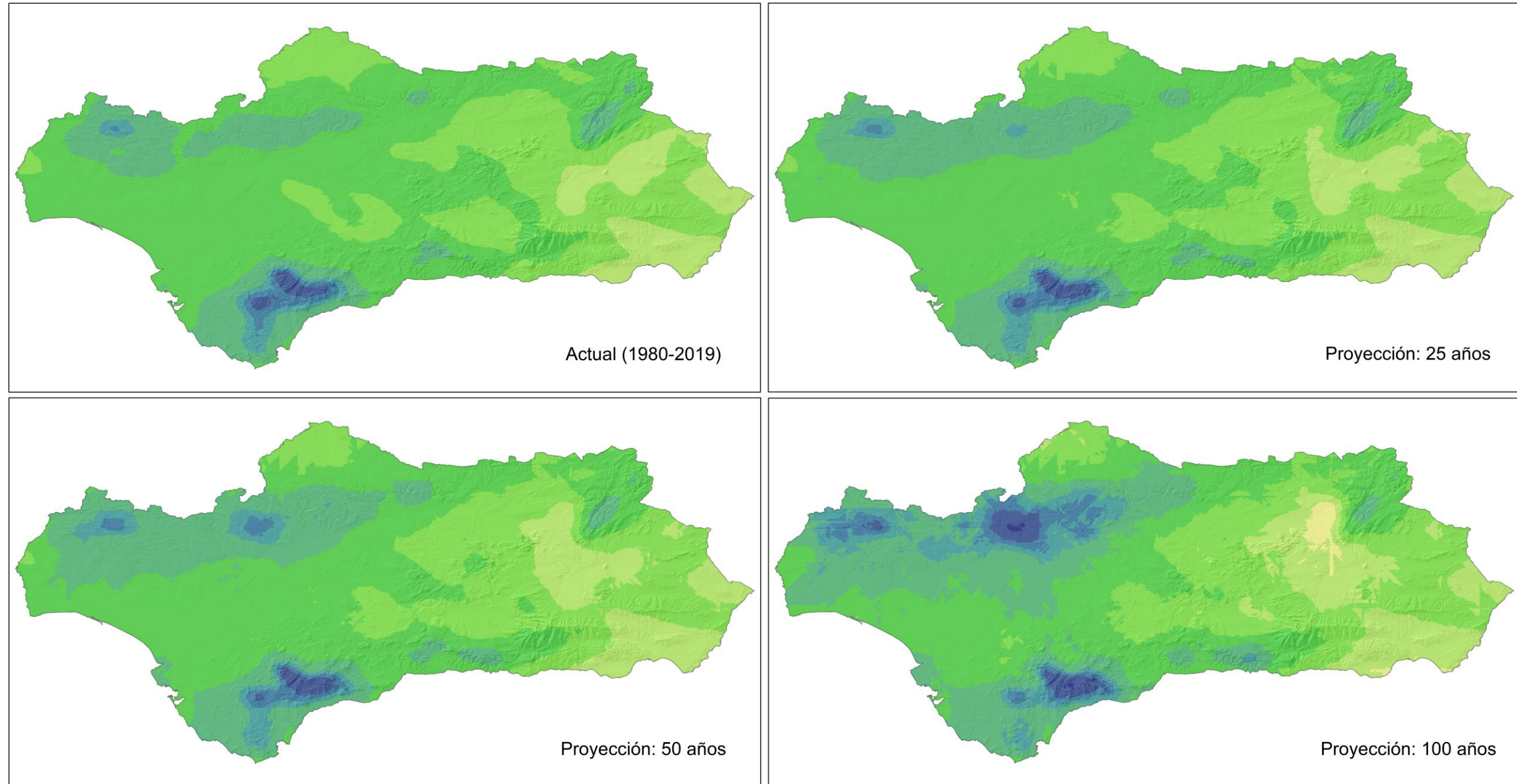
Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



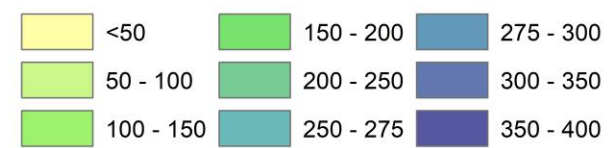


### Precipitación media otoño (actuales y proyectados)

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree

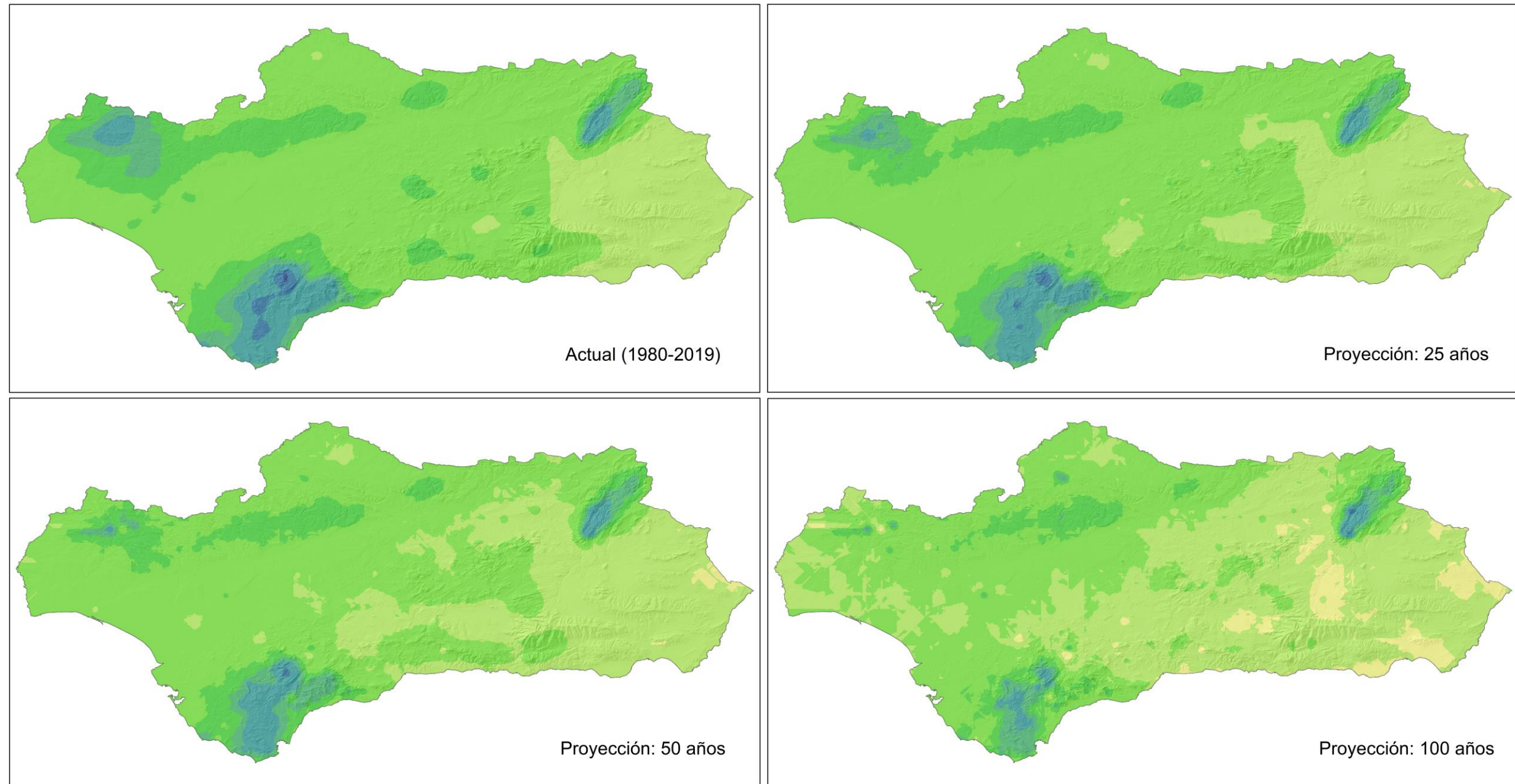


#### Precipitación (mm)



### Precipitación media invierno (actuales y proyectados)

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



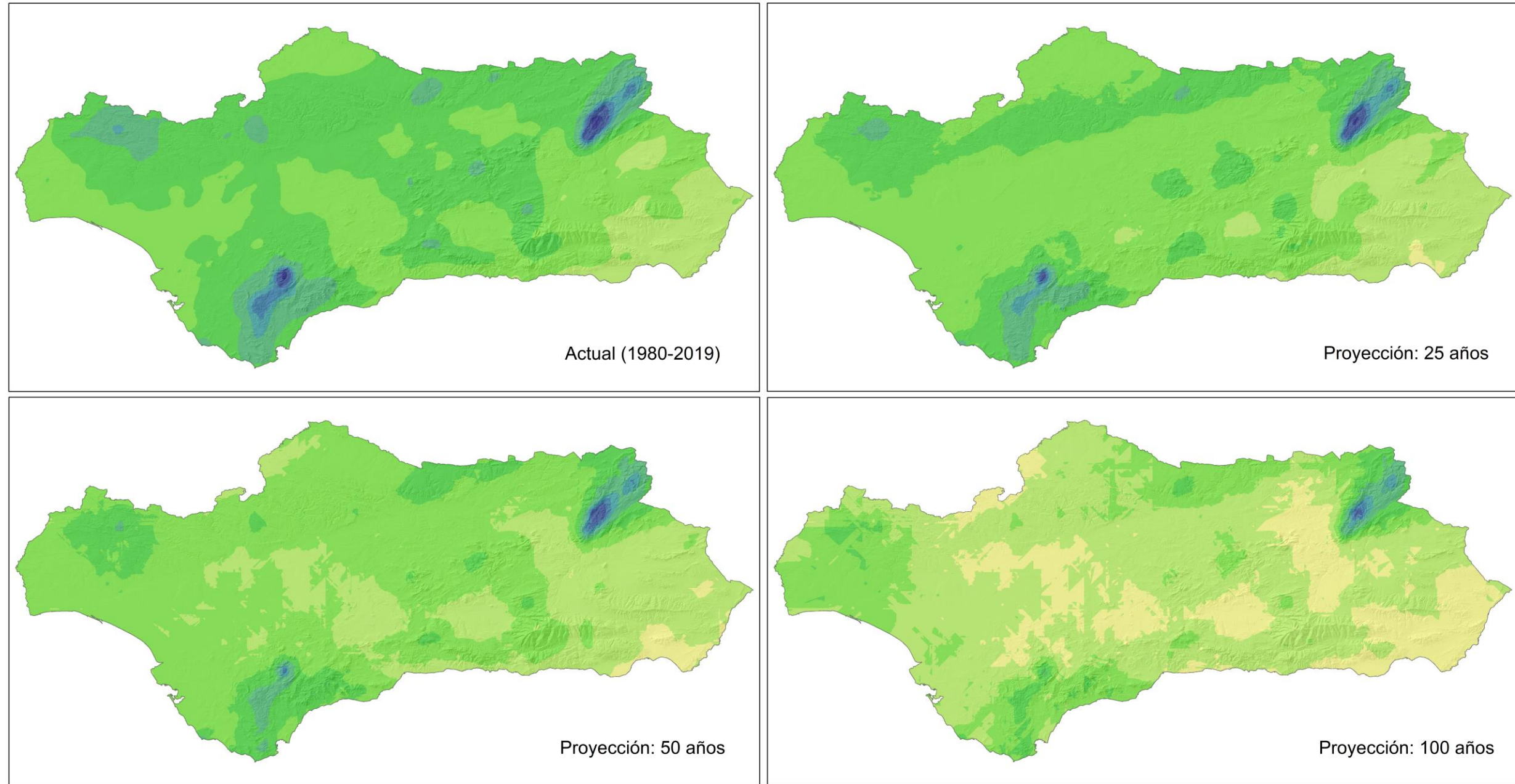
#### Precipitación (mm)





### Precipitación media primavera (actuales y proyectados)

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



Actual (1980-2019)

Proyección: 25 años

Proyección: 50 años

Proyección: 100 años

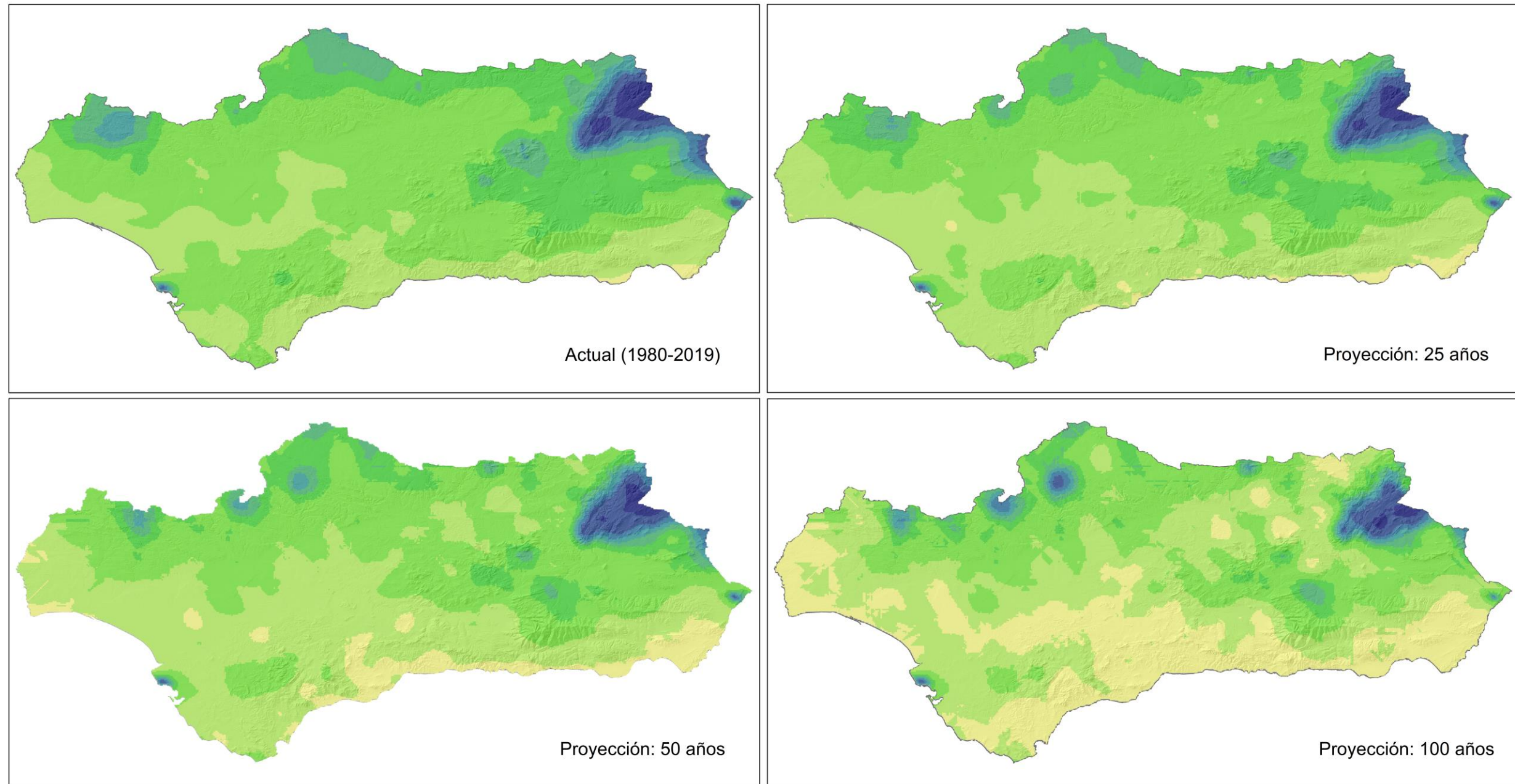
#### Precipitación (mm)

<50	150 - 200	275 - 300
50 - 100	200 - 250	300 - 350
100 - 150	250 - 275	350 - 400



### Precipitación media verano (actuales y proyectados)

Coordinate System: GCS ETRS 1989  
Datum: ETRS 1989  
Units: Degree



#### Precipitación (mm)

