



Entregable DC6.1.1:

Guía Temática de Paisaje y Cambio Climático

Action C6.1. Actualizado Junio 2021

Grant Agreement n°. LIFE 16 IPC/ES/000001
Towards an integrated, coherent and inclusive implementation of Climate Change Adaptation policy in a region: Navarre

[LIFE-IP NAdapta-CC]

LIFE 2016 INTEGRATED PROJECTS CLIMATE ACTIONS

Project start date: 2017-10-02

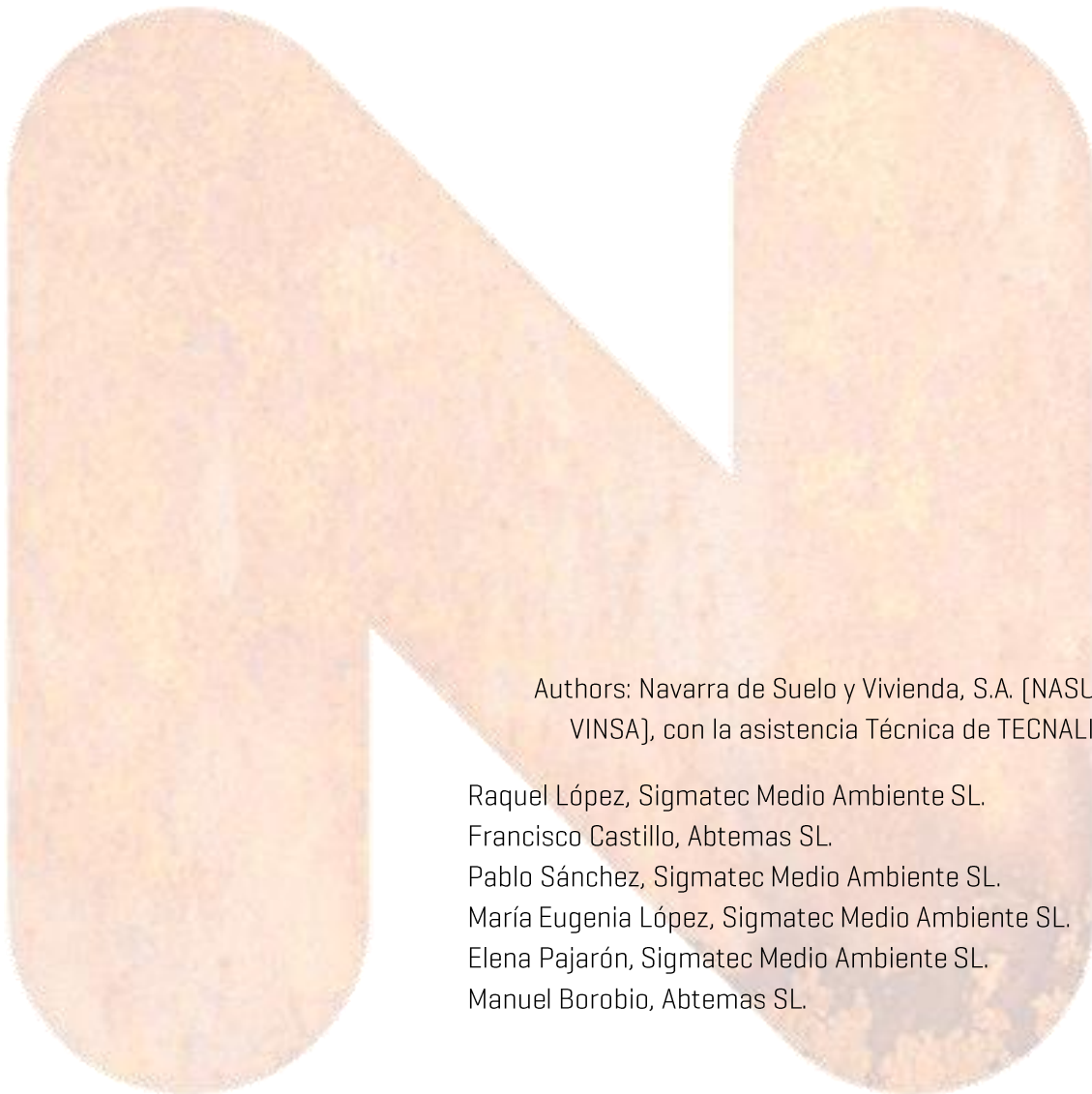
Project end date: 2025-12-31

Coordinator:

Partners:



| | | |
|-----------|---|-------------------------------------|
| PU | Public | <input checked="" type="checkbox"/> |
| PP | Restricted to other programme participants [including the Commission Services] | <input type="checkbox"/> |
| RE | Restricted to a group specified by the consortium [including Commission Services] | <input type="checkbox"/> |
| CC | Confidential, only for members of the consortium [including Commission Services] | <input type="checkbox"/> |



Authors: Navarra de Suelo y Vivienda, S.A. [NASU-VINSA], con la asistencia Técnica de TECNALIA

Raquel López, Sigmatec Medio Ambiente SL.
Francisco Castillo, Abtemas SL.
Pablo Sánchez, Sigmatec Medio Ambiente SL.
María Eugenia López, Sigmatec Medio Ambiente SL.
Elena Pajarón, Sigmatec Medio Ambiente SL.
Manuel Borobio, Abtemas SL.

Junio de 2022.

3ª Revisión.



ESTRUCTURA DE LA GUÍA

PARTE 1: INTRODUCCIÓN Y RESUMEN EJECUTIVO

PARTE 2: CONTEXTUALIZACIÓN Y PUNTO DE PARTIDA

PARTE 3: AMENAZA Y EXPOSICIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO. EVOLUCIÓN DE
LOS ÁMBITOS PAISAJÍSTICOS NAVARROS

PARTE 4: RIESGO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO Y GESTIÓN ADAPTATIVA
DE LOS PAISAJES NAVARROS

Anexo 1. Tablas resumen de los elementos de paisaje de Navarra y los servicios ecosistémicos asociados a los elementos testigo.

Anexo 1.1. Servicios ecosistémicos.

Anexo 1.2. Servicios ecosistémicos.

Anexo 2. Paisajes agrarios en el contexto del cambio climático.

Anexo 3. Los incendios en el contexto del cambio climático y su potencial afección a los paisajes de Navarra.

Anexo 4. Medidas propuestas.

Anexo 5. Matriz de correspondencia entre los OCP y las Líneas Estratégicas.

Anexo 6. Metodología y criterios aplicados.



Entregable DC6.1.1 – PARTE 1

Guía Temática [de integración] de Paisaje y Cambio Climático
PARTE 1: INTRODUCCIÓN Y RESUMEN EJECUTIVO

Action C6.1.

Junio de 2022.

3ª Revisión.





CONTROL DE VERSIONES

| | | |
|--------------------|-----------------------|---|
| <p>Versión 1</p> | <p>Diciembre 2020</p> | <p>Entregable correspondiente al contrato asociado al desarrollo de la Guía Temática de paisaje y Cambio climático</p> |
| <p>2ª Revisión</p> | <p>Junio 2021</p> | <p>En mayo de 2020, se publicaron en AdapteCCa unas nuevas proyecciones climáticas con sesgo corregido. TECNALIA procedió entonces a actualizar el “Estudio de variabilidad climática” (Entregable DC6.2.1 del proyecto LIFE-IP NAdapta-CC), versión de marzo de 2020, puesto que los análisis no reflejaban de forma adecuada la realidad climática en algunas áreas de la Comunidad Foral de Navarra. El efecto de estas nuevas series de datos e índices afectaron al análisis de la vulnerabilidad del paisaje, no así al diseño y descripción de las medidas de gestión adaptativa</p> |
| <p>3ª Revisión</p> | <p>Junio 2022</p> | <p>PARTES 1, 2 y 3: revisión de erratas</p> <p>PORTE 4: RIESGO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO Y GESTIÓN ADAPTATIVA DE LOS PAISAJES NAVARROS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cálculo de nuevo escenario (2006-2019) para todas las especies ‘testigo’. • Revisión de cuestiones relacionadas con las medidas de gestión. • Revisión del modelo de riesgo del Haya. <p>Anexo 6. Metodología y criterios aplicados. Revisión del modelo de riesgo del Haya</p> |





Table of contents

| | | |
|-------|---|----|
| 0. | Introducción. Una guía didáctica y operativa | 9 |
| 1. | SUMMARY / RESUMEN EJECUTIVO..... | 11 |
| 1.1 | SUMMARY | 11 |
| 1.1.1 | Structure and object of the guide..... | 11 |
| 1.1.2 | The methodological approach of the study..... | 13 |
| 1.1.3 | Landscape evolution in the climate change scenario..... | 15 |
| 1.1.4 | Adaptive management measures for the landscape..... | 23 |
| 1.2 | RESUMEN EJECUTIVO..... | 26 |
| 1.2.1 | Objeto de la guía | 26 |
| 1.2.2 | Planteamiento metodológico del estudio..... | 28 |
| 1.2.3 | Evolución paisajística en el escenario de cambio climático..... | 29 |
| 1.2.4 | Medidas de gestión adaptativa para el paisaje..... | 37 |
| 2. | Glosario de términos..... | 40 |
| 2.1 | Definiciones..... | 40 |
| 2.1.1 | Paisaje y clasificación bioclimática | 40 |
| 2.1.2 | Clima y cambio climático..... | 42 |
| 2.2 | Abreviaturas y acrónimos..... | 44 |
| 2.3 | Fuentes de referencia. | 45 |

Figures

| | | |
|-----------|--|----|
| Figure 1 | Chains of Impact and Climate Risk. Source: NASUVINSA. LIFE-IP NAdapta-CC Project, Action C1.1..... | 11 |
| Figure 2. | Risk of climate change affecting the landscape, by municipality..... | 13 |
| Figure 3. | Landscape Areas from a bioclimatic perspective and the bioclimatic units that define them: Observed evolution from 1960 to 2019 and projected evolution for the periods 2021-2050 and 2051-2080..... | 16 |
| Figure 4. | Climate change risk projection of Forest Landscape Elements..... | 21 |
| Figure 5. | Papadakis agroclimatic classification, periods 1991-2019, 2021-2050, 2051-2080..... | 22 |
| Figure 6. | Zoning of Navarre according to climatic suitability for quality wines, and evolution for climate change projections, according to the combination of the Night Freshness Index -IFN- and the Huglin index - IH- , in the Mediterranean region..... | 23 |
| Figura 7. | Cadenas de Impacto y Riesgo Climático. | 26 |
| Figura 8. | Riesgo por afección del cambio climático al paisaje por Término Municipal. | 27 |





Figura 9. Ámbitos paisajísticos desde la perspectiva bioclimática y áreas (unidades bioclimáticas) que los definen: Evolución observada desde 1960 hasta 2019 y evolución proyectada para los periodos 2021-2050 y 2051-2080.....30

Figura 10. Proyección del riesgo por cambio climático de Elementos del paisaje forestal35

Figura 11. Clasificación agroclimática de Papadakis, periodos 1991-2019, 2021-2050, 2051-2080.37

Figura 12. Zonificación de Navarra según aptitud climática para vinos de calidad, y evolución para las proyecciones de cambio climático, según la combinación del Índice de Frescor Nocturno - IFN- y del índice de Huglin - IH- , en la región mediterránea.....37



0. Introducción. Una guía didáctica y operativa

La presente Guía se estructura en cuatro partes:

PARTE 1: INTRODUCCIÓN Y RESUMEN EJECUTIVO

Presente documento, ideado para mostrar los resultados de forma rápida a través del resumen ejecutivo, así como presentar el conjunto de partes que integran la guía. Se complementa con el glosario de términos, definiciones, abreviaturas y acrónimos que se emplean en el conjunto de las partes de Guía.

PARTE 2: CONTEXTUALIZACIÓN Y PUNTO DE PARTIDA

Parte de la Guía donde se sientan las bases y se documenta y analiza la información existente como fase de su elaboración. El desafío del cambio climático y su incidencia en la ordenación territorial se construye sobre la base que nos ofrece la concepción sistémica del paisaje. Un punto de partida que nos ha permitido abordar el carácter del paisaje navarro a través de las diferentes dinámicas que operan en él. En este marco de referencia conceptual el estudio se centra en el análisis del factor climático como modelador del paisaje. En este sentido, el análisis de las conclusiones obtenidas en el estudio de los futuros escenarios climáticos ha resultado una tarea primordial. La reflexión sobre los efectos del cambio climático en el paisaje se aproxima a través de la caracterización de las cadenas de impacto. Es en este punto de la guía, donde el lector podrá encontrar el análisis de impactos potenciales y genéricos que el Cambio climático provocará en el paisaje.

Concluye con un gran apartado relacionado con la gestión adaptativa del paisaje, donde se articula a través de un conjunto de líneas y bloques de medidas estratégicas. La propuesta de adaptación del paisaje al cambio climático se desarrolla detalladamente en formato fichas en un anexo independiente, *Anexo 4 medidas*. Lo complementa el *Anexo 5. Matriz de correspondencia entre los OCP y las Líneas Estratégicas*. Da respuesta a uno de los objetivos iniciales planteados que es el de analizar la adecuación y, en su caso incorporación, de los objetivos de calidad paisajística al conjunto de líneas estratégicas y bloques de medidas que, de forma particular, se proponen las siguientes partes de la guía.

PARTE 3: AMENAZA Y EXPOSICIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO. EVOLUCIÓN DE LOS ÁMBITOS PAISAJÍSTICOS NAVARROS

El análisis de las amenazas y exposición se realiza a través de la identificación de los diferentes ámbitos paisajísticos navarros relacionados con la bioclimatología. Estos permiten entender la posible evolución del paisaje como consecuencia del cambio climático a través de los cambios esperados en las variables climáticas que los caracterizan. La metodología y criterios seguidos para la identificación y evolución de los ámbitos paisajísticos navarros se detalla en el Anexo 6. *Metodología y criterios aplicados*.





En esta parte de la guía se ofrece, por un lado, una mirada general enfocada al conjunto de Navarra. Por otro, de forma específica para cada uno de los ámbitos paisajísticos reconocidos en la comunidad foral en forma de fichas, donde se describe su paisaje actual y cual se espera que sea su evolución bioclimática.

PARTE 4: RIESGO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO. EVOLUCIÓN Y GESTIÓN ADAPTATIVA DE LOS ELEMENTOS TESTIGO DEL PAISAJE NAVARRO

El riesgo en los ámbitos paisajísticos como consecuencia del cambio climático se evalúa a través de los principales elementos y componentes que los definen. De estos, se ha seleccionado una serie de elementos ‘testigo’, por ser representativos de cada uno de los ámbitos. Para aquellos que se prevé que el cambio climático puede provocar cambios relevantes, se ha desarrollado un análisis pormenorizado del riesgo, mediante la evaluación de los condicionantes climáticos y su previsión de evolución en los distintos escenarios. Para el conjunto de elementos testigo se ha elaborado una ficha en la que se caracterizan, se analizan sus dinámicas, sus requerimientos ecológicos y funcionales, y los servicios ecosistémicos. Se identifican los impactos y riesgos potenciales frente al cambio climático, se evalúa su riesgo para finalizar con una serie de recomendaciones de aplicación para su gestión adaptativa. Para facilitar su lectura, se han elaborado una serie de tablas resumen de los elementos de paisaje de Navarra y los servicios ecosistémicos [Anejo 1].

Se han elaborado Anejos comunes a ciertos elementos, relacionados con los paisajes agrarios y los incendios forestales [*Anexo 2. Paisajes agrarios en el contexto del cambio climático y Anexo 3. Los incendios en el contexto del cambio climático y su potencial afección a los paisajes de Navarra.*].

Esta parte de la guía concluye con un resumen de la evaluación centrada en los municipios navarros, a través de índices municipales.

La metodología y criterios seguidos para la evaluación del riesgo se detalla en el Anexo 6. *Metodología y criterios aplicados.*



1. SUMMARY / RESUMEN EJECUTIVO

1.1 SUMMARY

1.1.1 Structure and object of the guide

The "Landscape and Climate Change Guide" [Deliverable DC6.1.1 of the LIFE-IP NAdapta-CC project, action 6.1] address the systemic conception of the landscape through the prism of climatology, identifying its direct relationship with the different dynamics that operate in it. Thus, as a modelling factor, the effects of climate change, through impact chains, will provoke a series of impacts on the landscape, which have been generally identified in the numerous studies carried out to date by different bodies. Similarly, there are numerous proposals related to the adaptive management of the landscape, compiled as a basis for the proposal of strategic measures for the adaptation of the Navarrese landscape to climate change.

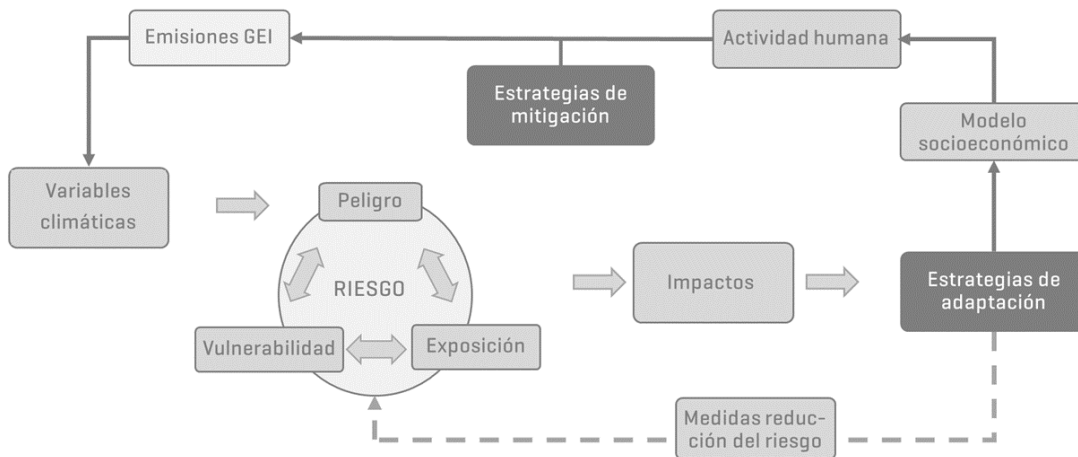


Figure 1 Chains of Impact and Climate Risk. Source: NASUVINSA. LIFE-IP NAdapta-CC Project, Action C1.1

Landscape: The expression of a territory, a place, a synthetic manifestation of the geomorphological, physiographic, climatic and biological conditions and circumstances, as well as the transformation that may have taken place by the cultures that have inhabited and continue to inhabit it. According to the European Landscape Convention, it is any part of the territory as perceived by the population, the character of which is the result of the action and interaction of natural and/or human factors [Sánchez Ramos, P. *et al*, 2021].

The framework of analysis is defined through the identification of the different landscape areas in Navarre related to bioclimatology. These allow us to understand the possible evolution of the landscape as a consequence of climate change. The risk in this sense is assessed through the main elements and components that define them. Of these, a series of indicator or control elements have been selected, as they are representative of each of the areas, which best explain





the landscape consequences of climate change. Their analysis is approached through the evaluation of the climatic conditions and their forecast evolution in the different periods.

The identification of the puzzle that shapes and characterises the landscape requires unravelling the complex and heterogeneous factors that shape it [environmental, ecological, social, cultural, economic, etc.]. However, as the objective is to study the potential changes in the landscape derived from climate forcing, both the identification and modelling of risk focuses on those landscape components most directly conditioned by the available climatic variables provided in the "Climate variability study" [deliverable DC6.2.1 of the LIFE-IP NAdapta-CC project], in order to establish a cause-effect relationship and to be able to formulate hypotheses of change. Thus, elements and components are considered as direct receptors of threats/risks in the face of climate change, and which will have an immediate impact on the exposure and vulnerability of the Ecosystem Services [ES] of these to people and their means of production and social organisation.

Having analysed the vulnerability and risks to the landscape of Navarre, two major chains of impact have been identified. The most relevant, the one which will act gradually, is a clear trend **towards Mediterraneanisation** due to an increase in average temperatures and a reduction in water availability. The other two chains will result in drastic changes of an unpredictable nature, **due to the trend towards a more uncertain and extreme climate** [more uncertain and extreme rainfall and thermometry]. The trend towards Mediterraneanisation will bring a series of impacts and risks, which have given rise to the modelling of the impact chains and their landscape significance, by analysing the possible evolution of Navarre's landscapes in the face of climate change scenarios. To this end, different methodologies have been proposed depending on the two scales of analysis proposed.

This risk assessment is transferred to the scale of Navarre's municipalities by means of a set of indicators which, when classified, give rise to six risk indices.

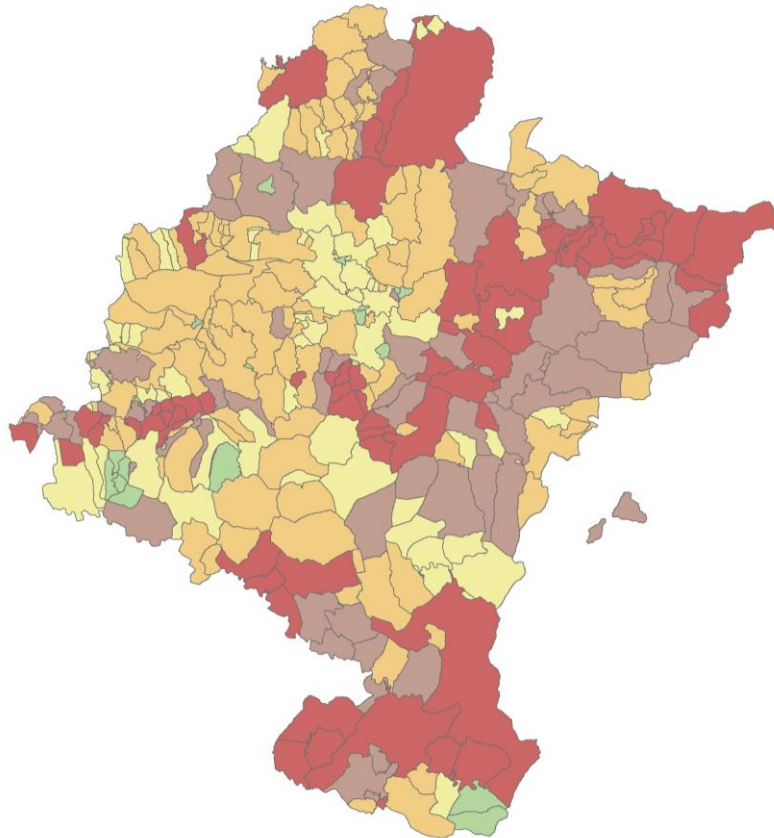


Figure 2. Risk of climate change affecting the landscape, by municipality.

1.1.2 The methodological approach of the study

The identification of Navarre's bioclimatic landscape Areas provides a framework for interpretation, as well as facilitating understanding of the landscape change trends that may occur in the coming decades. They are defined as territories with distinctive landscape character, identified through the prism of their bioclimatic conditions and classified according to aspects widely recognised by the people of Navarre. Their mapping requires the prior definition of the bioclimatic units that are identified with key features of the Navarrese vegetation landscape. They are defined through the calculation of macrobioclimates, variants and bioclimatic belts (thermotypes and ombrotypes), according to the methodology of the Rivas-Martínez bioclimatic classification. Once the Areas and the units that define them have been identified, their evolution has been mapped according to the variation of the climatic variables for each of the periods of analysis, the two historical periods 1961 - 1990, and 1991 - 2019, and the projections derived from the IPCC scenario RCP8.5, for the periods 2021-2050 and 2051-2080.

The identification of the main elements and components that explain the Navarrese landscapes focuses on those that are most susceptible to being intensely affected by climatic forcing. For this reason, the study of elements in which the variation of climatic parameters in the study periods will not affect their perception on the time scale of the analysis, at least in their character, has been discarded. This is the case of lithological landscapes. Others, such as waterscapes or erosional landscapes, although very likely to vary, are particularly complex to predict and are



beyond the scope of the present work. The analysis therefore focuses on those elements characterised by vegetation, planted or spontaneous, which are likely to be affected first and most visibly.

In the case of natural or forest dynamics, the assessment of the possible effects that climate change may have on these landscapes is carried out using climatic factors that condition the distribution of their characteristic elements. Based on the statistical study relating the abundance of each species to each of the analysis factors, Navarre is classified according to classes based on the conditions for its development: optimal (or central habitat), marginal or extra-marginal. By transferring the ranges that define these classes to the climatic conditions forecast for future periods, the aim is to identify which species, and in which locations, might be most affected by changes in these conditions, as they move to marginal or even extra-marginal conditions.

The analyses have focused on climatic aspects, although it is important to note that there are other factors on which the development of the different plant formations and communities depends, whose influence locally modulates the climatic parameters and conditions the presence of certain species. Soil characteristics (base content, depth, etc.), topography (slope, exposure) and competitive relationships are some of these factors.

Assessing the risk of landscape change in the agricultural landscape as a consequence of climate change is a particularly complex task for several reasons. Arable crops are a good example. They are more dynamic in terms of species variation in the face of climatic alterations, without necessarily having a significant effect on their landscape character, although this does affect their production, both in terms of quantity and quality, and therefore their profitability. Their vulnerability is also closely linked to other factors, mainly socio-economic.

Therefore, the analysis is mainly based on agroclimatic classifications, more specifically on the Papadakis agroclimatic classification, one of the most widely used, which classifies the territory according to its climatic characteristics and the crops that can potentially be grown there. It includes the calculation of the Thermal Regime, through the Summer Type and the Winter Type, and the Water Regime. By integrating both regimes, the Papadakis Agroclimatic Map of Navarre is obtained for each of the periods. However, it should be noted that the specific evolution of each of the elements of the agricultural or agroforestry landscape has not been evaluated because, although significant changes are indeed expected in the sector due to climate change, these changes will be due to a set of very complex interrelationship aspects subject to global socio-economic changes in which the climate factor will be just one more actor. As an exception, the vineyard landscape has been assessed. The climatic data available have made it possible to analyse the risk of this agricultural landscape by assessing the loss of climatic potential for obtaining quality wines such as those currently produced.

Finally, the methodology followed for the proposal to include the perspective of climate change in territorial planning instruments is based on a review of the measures proposed from different





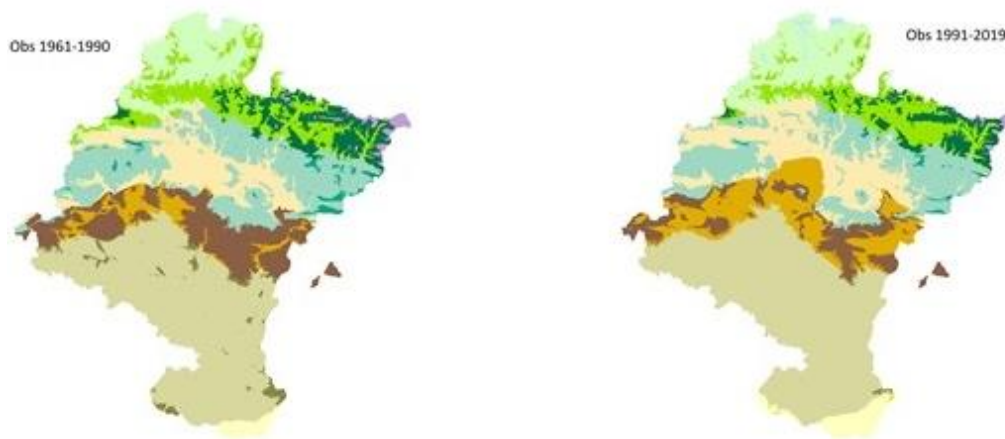
scientific fields for each of the vulnerable elements identified in the Navarrese landscape, as well as the land-use planning instruments in Navarre in which the regulatory anchoring can be made.

1.1.3 Landscape evolution in the climate change scenario

Bioclimatic evolution

The results obtained from the definition of bioclimatic landscape areas and the bioclimatic units that define them reveal a marked change in the bioclimatic characteristics of Navarre.

Datos Históricos



Datos Proyectados

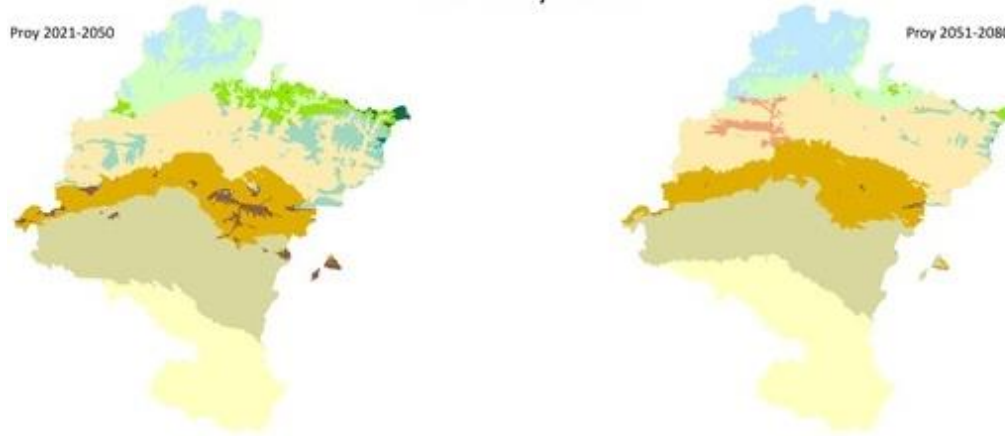


Figure 3. Landscape Areas from a bioclimatic perspective and the bioclimatic units that define them: Observed evolution from 1960 to 2019 and projected evolution for the periods 2021-2050 and 2051-2080.



Firstly, the comparison of the two historical periods used, the most recent one between 1991 and 2019 and the one corresponding to the thirty previous years [1961-1990], is striking. This comparison shows that bioclimatic changes of relevance are already taking place in Navarre at the present time. These changes can be summarised in the visible northward advance of the mediterranean macrobioclimate, and in the incipient retreat of the mountain altitudinal levels, around 100 metres, in the face of the rise and expansion of the lower levels, a trend which will continue and will be particularly alarming according to future projections. The advance of mediterranean macrobioclimate goes beyond the dividing line of the El Perdón mountain range, extending across the basin until it almost completely covers the city of Pamplona.

The ombrotypes also show recent changes in aridity, although these trends are still slight, and will be consolidated and accentuated in the coming decades, according to projections. What is most relevant at present is a slight progression of semi-aridity towards the north and upstream of the Ebro. Meanwhile, in the northern third of the region, a slight reduction in hyper-humid conditions can be observed, as a result of the progressive increase in the altitude of the humid ombrotype.

The bioclimatic changes explained above have been taking place over the last sixty years and are those which, through some bioindicators, are beginning to be observable at present. As has been advanced, from 2021 onwards, the evolution predicted by the projection data considerably intensifies the processes that are already taking place.

The northward shift of the line separating the Mediterranean macrobioclimate from the temperate (Eurosiberian region) is projected to continue to advance until it includes the entire pre-Pyrenean basins. In the northwest of Atlantic Navarre, the projections indicate a decrease in humidity [from a hyper-humid to a humid ombrotype], but despite the significant increase in temperatures, summer rainfall would allow the summer period to be maintained without the appearance of the attenuated drought that characterises the submediterranean variant. In the northeast, a large part of the headwaters of the Pyrenean valleys which are currently under a temperate macro-bioclimate without summer drought could change to the submediterranean variant, so that in the period 2051-2080, according to the data analysed, it would reach practically the whole of the Navarrese Pyrenees except for the highest peaks.

In the south of Navarre, the aridification in 2021-2050 of a large part of the Ribera is very relevant, going from a dry to a semi-arid ombrotype, a trend that is slightly prolonged in 2051-2080. At the same time, the semiarid area would practically meet the conditions of the steppe variant of the mediterranean macrobioclimate.

On the other hand, the projections predict very marked altitudinal increases in the conditions defining the bioclimatic belts in the periods studied, especially in the northern third, where the increase in average temperature could reach values of between three and four degrees Celsius. The consequence is a very sharp rise in altitude in all levels, both in the mediterranean and in the temperate zone, leading to a dissociation between the altitudinal bands and their characteristic bioclimatic conditions, as we know them today. The subalpine belt, given that the altitudes in the





Navarrese Pyrenees do not exceed 2500 metres, will end up practically disappearing, replaced by the upper montane belt. The conditions typical of the colline in the temperate zone and the mesomediterranean in the mediterranean will rise in the Navarrese mountains, to the detriment of the montane and supramediterranean, which in the last period will almost disappear.

In the northern valleys of Navarre, the great expansion of the thermocolline, currently associated with the valley bottoms near the coast, would ascend the slopes of the valleys and occupy most of the locations of the current colline bioclimatic belt.

Vulnerability and foreseeable impacts on the landscape

The complexity of natural ecosystems and the intensity and rapid pace of expected climate change pose a scenario of transformations and mechanisms of adaptation of ecosystems to the new circumstances, the scope and associated ecological and landscape consequences of which are difficult to quantify.

Most of the forest species that are the protagonists of the natural landscapes of Navarre, with origins dating back thousands of years, have suffered and have had to adapt to climatic changes in the past. The climatic oscillations that took place after the retreat of the Pleistocene glaciers in Europe influenced the advances and regressions of the different species of Holocene vegetation in the recolonisation of the tundra landscape left by the ice. Its effects, together with the transforming action of man, produced major changes in the vegetation landscape to the one we know today. **However, this alternation of periods of warming and cooling of the climate in the past is counted in thousands of years, hundreds in some cases, on a time scale that has nothing to do with the current speed of change.**

In Navarre there are examples of residual populations, vestiges of the positions reached by some formations in the face of the altitudinal and latitudinal migrations that occurred in response to climatic fluctuations in the past. The particular conditions of the biotope in which they are located, more xeric or humid than their environment, depending on the case, have allowed them to resist in these marginal positions, far from their main area of distribution. In addition to providing us with valuable information, they are of great interest because of the role they have to play in terms of the capacity of forest ecosystems to respond to this new climate challenge.

The risk of impacts associated with climate change on forests will depend not only on the severity of such change or exposure, but also on their vulnerability, according to their sensitivity and adaptive capacity. Forest species, including populations, are more sensitive the more dependent they are on climate variables in their reproduction, growth, recruitment or survival. Their adaptive capacity is related to their migration mechanisms, evolutionary potential, phenotypic plasticity or genetic diversity.

Other factors to take into account are related to age and stand structure. Adult trees are more resistant to environmental stress, but their sensitivity increases considerably in the regeneration





stages. Situations of high competition, associated with high densities, significantly increase vulnerability to disturbances such as prolonged droughts, and demographic collapses are more frequent in these cases.

On the other hand, environmental regression also plays an important role. The fragmentation of habitats, or the degradation of soils on steep slopes with erosion problems due to the lack of vegetation cover, can prevent species from recolonising certain areas of the forest landscape. The overexploitation of aquifers can also leave many populations that depend on the surface water table for their survival in extremely vulnerable situations.

As a consequence of higher temperatures and more erratic rainfall, the physiology of most forest species can be profoundly affected. The renewal of leaves and fine roots of evergreen trees is accelerated, altering the internal carbon balance of the plant. The increased carbon consumption that the tree must invest to renew these structures increases the consumption of reserve carbohydrates and increases the vulnerability of forest ecosystems. [Gracia et al, 2005]. With the mobilisation of these carbon reserves, the plant loses its capacity to cope with possible new disturbances [fires, restocking, drought episodes], especially if these occur with a certain degree of recurrence. Deciduous trees, such as oaks or beeches, will lengthen their growing season, with an increase in production, but, unlike evergreen trees such as holm oaks, their leaves are not adapted to water stress, and their resistance to a prolonged episode of drought will be very low.

The higher water demand associated with the increase in temperature will have important effects on the reduction of the water reserve of forest soils. In situations where these cannot compensate the evapotranspirative demand of the vegetation, with the consequent water deficit, significant changes can be expected in the composition, structure and density of forest stands, which will tend to become more open, often with an increased risk of erosive processes and greater vulnerability of trees to windstorms. In any case, the lack of water reserves in the soil during the summer months will pose a serious risk to the survival of some forests, adapted to areas where this was not previously the case.

In the case of the Navarrese vegetation landscape, within a framework of major bioclimatic variations, disturbances such as forest fires will have the most drastic and restructuring impacts. The depopulation suffered by the rural environment and the progressive loss of the productive function of the agroforestry system [agroforestry mosaics, firewood, extensive livestock farming, forestry, etc.] is leading to a significant increase in the quantity and continuity of forest fuel, especially worrying in the surroundings of population settlements where the risk is greater. If we add to this the reduction in the relative humidity of the air due to the thermal increase predicted in the projections, and the increase in wind speed, together with the situation of decay and stress that is expected in large areas of forests that are increasingly distant from the environmental conditions that once favoured their development, the increase in the risk of large-scale fires constitutes a serious threat. The increase in extreme weather events, with more frequent and more intense storms and heat waves, will undoubtedly increase the risk of these fires, which are capable of affecting large areas due to their destructive power and the difficulty of extinguishing them.





In addition to fires, there are other foreseeable mechanisms of landscape change that will be aggravated by the bioclimatic changes described. Among them, a greater proliferation of forest pests and diseases is to be expected. Higher temperatures and lower humidity will particularly favour insects, defoliators and borers over fungi. They could complete two biological cycles or extend their area of distribution, with access to stands located at altitudes higher than their current limits. The increased vulnerability and decline of forests poorly adapted to the new climatic conditions could lead to significant mortalities. Exogenous pests that may be introduced will be particularly dangerous in this respect. Similarly, an increase in invasive alien plant species that benefit from the new climatic conditions, closer to those of their regions of origin, is to be expected.

In conclusion, vegetation formations and communities will undergo progressive transformations in their natural adaptation to the new climatic conditions:

- While in the north-western valleys, without summer drought, higher temperatures will be associated with longer vegetative cycles and increasing biomass productions, in areas where the frequency and intensity of droughts increase appreciably, so will the risk of demographic collapses and high mortalities. In general, this will tend to lead to increasingly open thickets, which will favour the establishment of other species that are more thermophilic and better adapted to water stress.
- Mediterranean and submediterranean species will develop in more northerly latitudes, while hygrophilous species will be the first to begin to suffer the consequences of the onset of summer drought in areas where this was not previously the case. In addition, the generalised increase in temperatures will foreseeably result in the progressive altitudinal ascent of species in search of lower temperatures according to their ecological characteristics. Both movements, due to the limitations of the plants themselves, will be slow and progressive and will depend on multiple factors, including the seed bank present, the reproductive and dispersal mechanisms of each species, the migratory possibilities - depending on the fragmentation and degradation of the forest habitats - and the altitudinal ascent provided by the topography of the relief in each situation.

In the lower part of the valleys, both Eurosiberian and Mediterranean, there are also notable bioclimatic changes. It is in these valleys, characterised by a gentler relief and a milder climate, that agricultural and farming landscapes are concentrated. The study of bioclimatic evolution focuses particularly on natural landscapes, but some consequences can also be deduced from it for this type of landscape, especially those of an agroforestry nature. The most characteristic example of Atlantic Navarre is the Atlantic countryside, closely linked to the valley bottoms and gently undulating slopes of the hill floor. The scenario analysed suggests that all these valleys will change, at least partially, from colline to thermocolline, with lower humidity, but without suffering from summer drought, so that the changes in the countryside will affect the species, their production and probably their quality, but in principle in a way that is compatible with their characteristic humid aspect, of evergreen meadows marked by deciduous species.



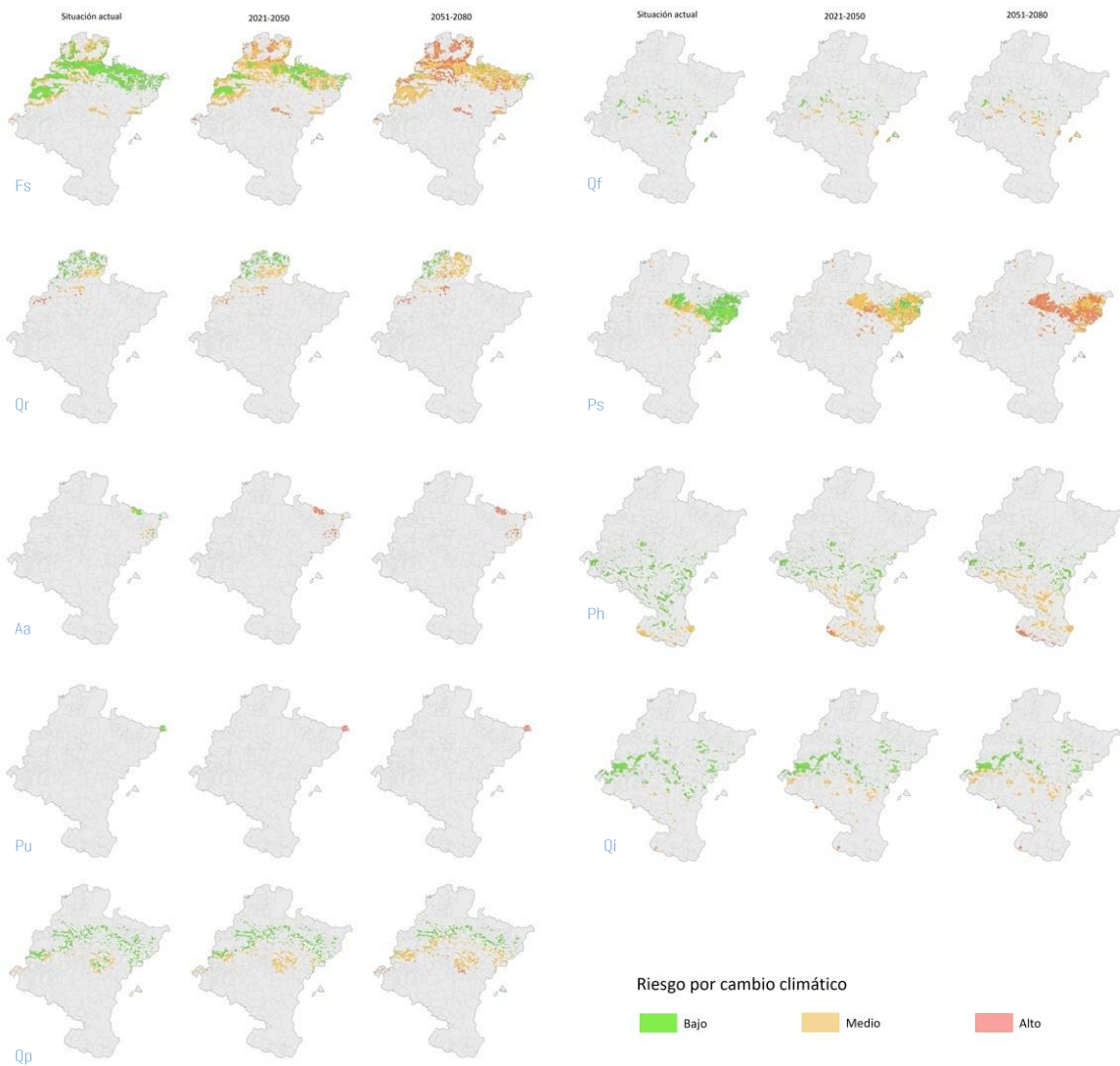


Figure 4. Climate change risk projection of Forest Landscape Elements [Fs: Beech forests, Qr: Pedunculate oak groves, Qp: Downy oak groves, Qf: Gall oak groves, Qi: Holm oak groves, Aa: Spruce groves, Pu: Black pine groves, Ps: Scots pine groves, Ph: Aleppo pine groves.

In general, in agricultural Navarre, one of the main conclusions to be drawn from the detailed analysis of the evolution of Papadakis' agroclimatic territorial classifications is the strong mismatch between the variables that determine the suitability of crops. In some cases, there are areas where traditional crops may remain viable, but with variations in terms of volume produced and quality. In others, in-depth research will be required to facilitate the selection of new crops that can maintain field profitability. Their effects will vary or intensify the differences in profitability, suggesting changes in species and varieties. It is not excluded that the area cultivated with species imported from other regions where their climatic conditions are similar to the future scenarios that lie ahead, such as sorghum, millet or quinoa, will grow. Greater efforts will be required to increase irrigation efficiency and to establish new cultural treatments, among other things. This will have consequences for the landscape.

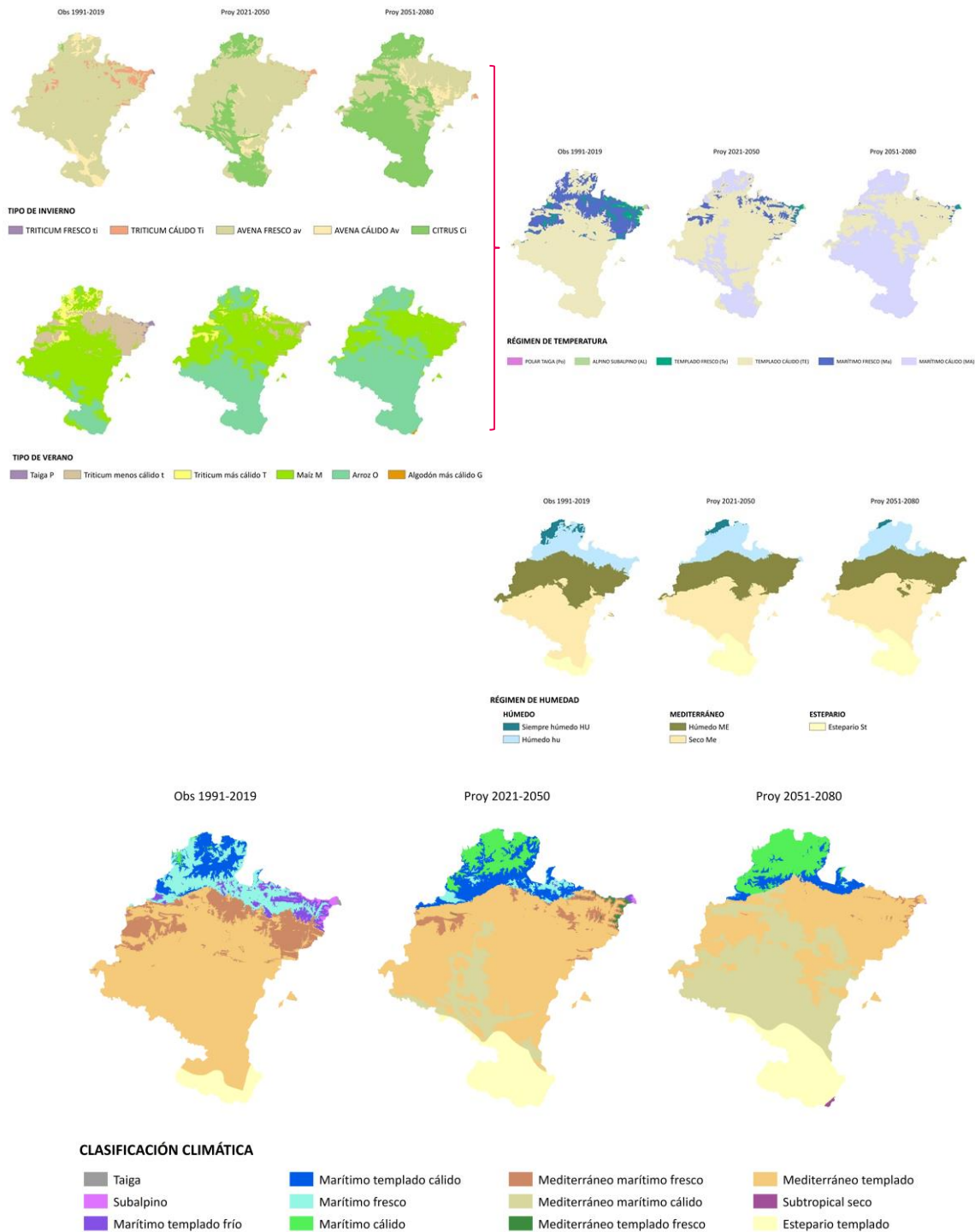


Figure 5. Papadakis agroclimatic classification, periods 1991-2019, 2021-2050, 2051-2080.

With regard to vineyards, a characteristic crop of the Navarrese agricultural landscapes of the southern half, in a first analysis, from the increase in the Mediterranean region towards the north, it could be deduced that it would benefit from the increase in bioclimatically more suitable areas. However, a detailed analysis of its risk shows that, although physiologically vine cultivation does not seem to be threatened, the expected large increase in temperatures could seriously affect



wine quality. The sector will probably have to face the loss of profitability and make a major adjustment of varieties and cultivation techniques to mitigate these undesirable effects.

It is to be expected that all this will be associated with changes in the landscape, some existing vineyards will be abandoned due to lack of profitability or lack of the necessary water availability, others will be promoted to higher altitudes or new wine-growing areas will be created at higher latitudes and others will remain, but their appearance may change as a consequence of the new techniques introduced. Once again, the complexity of analysing change in agricultural landscapes should be recalled.

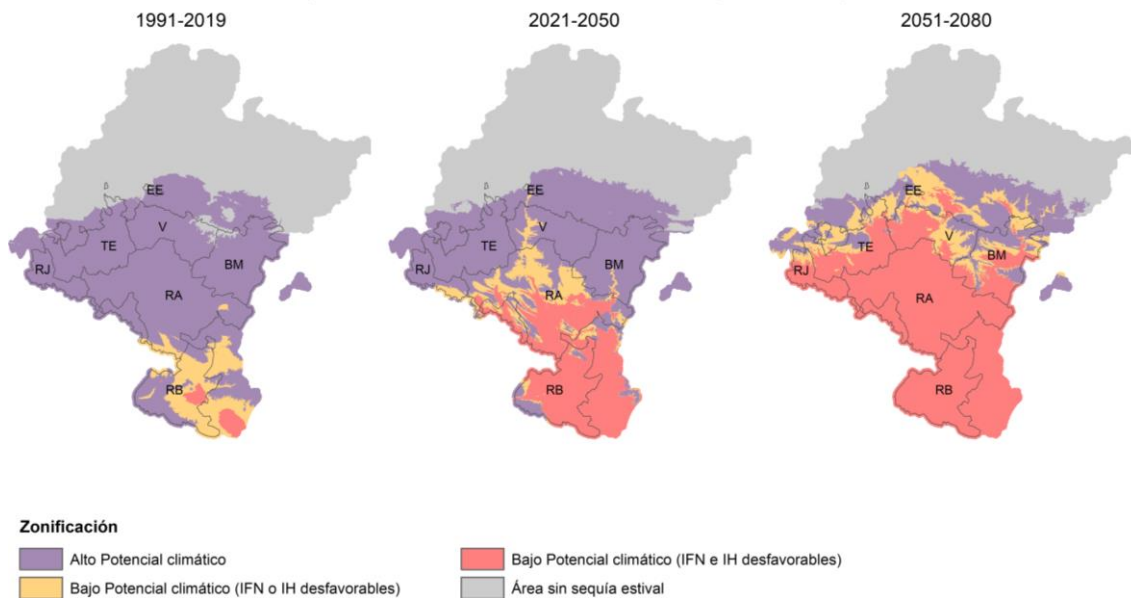


Figure 6. Zoning of Navarre according to climatic suitability for quality wines, and evolution for climate change projections, according to the combination of the Night Freshness Index -IFN- and the Huglin index -IH-, in the Mediterranean region.

1.1.4 Adaptive management measures for the landscape.

Ecosystem-based Adaptation [EbA], based on the conservation and sustainable management of Biodiversity and Ecosystem Services, is a "Comprehensive Adaptation Strategy". This "green approach" (included in the IPCC classification under the Physical-Structural measures), focusing on ecosystem services, has inspired the proposed package of measures.

As a result, a set of adaptive management measures is proposed, grouped in large blocks, grouped as strategic lines, formulated to achieve major objectives for adaptation to climate change. Each of them encompasses an articulated package of adaptation measures at different scales:

L01: CONSERVATION, MANAGEMENT AND SUSTAINABLE FOREST RESTORATION.

E01: Conservation of forest formations.

E02: Conservation and restoration of riparian forests.



E03: Maintenance of forest cover at the headwaters of river basins.

E04: Promotion of mixed forests.

E05: Increasing the genetic diversity of forests.

E06: Specific measures to combat and reduce fires.

E07: Management of high value ecosystems and reduction of pressures on protected areas.

L02: ENHANCING CONNECTIVITY, HETEROGENEITY AND MULTIFUNCTIONALITY OF THE LANDSCAPE

E01: Reduction of fragmentation and low forest densities to contribute to connectivity.

E02: Enhancing landscape connectivity, heterogeneity and multifunctionality.

L03: SUSTAINABLE MANAGEMENT OF RIVERS, WETLANDS AND GROUNDWATER (NATURAL WATER RETENTION MEASURES -NWRM-)

E01: Renaturalisation of watercourses. Restoration/rehabilitation of rivers.

E02: Adaptation of water resources to change scenarios.

E03: Protection, conservation, management and restoration of water resources.

E04: Protection, conservation, management of groundwater.

L04: CONSERVATION OF BIOLOGICAL-AGRICULTURAL DIVERSITY.

E01. Conservation of agricultural genetic diversity.

E02. Fight against invasive alien species.

E03: Strengthening phytosanitary strategies.

L05: REGENERATIVE AGRICULTURE IN AGROFORESTRY SYSTEMS AND AGRARIAN LANDSCAPES.

E01: Crop diversification and integration of livestock, forestry and agricultural activities.

E02: Improvement of water retention in agricultural land.

L06: STRATEGIES FOR PROTECTION, MANAGEMENT AND RESTORATION OF AGRICULTURAL SOILS.

E01: Integrated planning and adaptation of land use.

L07: TRAINING AND AWARENESS RAISING. AWARENESS RAISING AND CO-RESPONSIBILITY. SOCIAL TRANSITION



E01: Education and awareness-raising on climate change.

E02: Governance and social co-responsibility.

LO8. DEVELOPMENT OF A LEGISLATIVE FRAMEWORK IN ACCORDANCE WITH CURRENT AND FUTURE CIRCUMSTANCES THAT GUARANTEES THE SUSTAINABLE MANAGEMENT OF THE TERRITORY OF NAVARRE.

E01: Adaptation of the legislative and instrumental framework. Monitoring tools

These measures should undoubtedly be incorporated into the Navarre Landscape Strategy [ENP]. Their application is proposed by means of integrated management through the Green Infrastructure Strategy, and especially for each of the vulnerable elements and components identified in the Navarrese landscape. Integration into territorial planning will require the revision of the Territorial Strategy of Navarre, in addition to the aforementioned ENP, as a reference framework for the Territorial Management Plans [POT], instruments which will need to be reformulated in order to integrate climate change and landscape adaptation from a multi-scale perspective. As well as the Sectoral Plans involved in the management of vulnerable elements and components. At the same time, it will be necessary to revise the Landscape Quality Objectives for those landscape documents in Navarre which have not taken climate change into account as a fundamental aspect in their definition.

The recommendation proposed in this work is not to delay the application of such measures beyond the next five years.



1.2 RESUMEN EJECUTIVO

1.2.1 Objeto de la guía

La “Guía de Paisaje y Cambio climático” (Entregable DC6.1.1 del proyecto LIFE-IP NAdapta-CC, acción 6.1) aborda la concepción sistémica del paisaje bajo el prisma de la climatología, identificando la relación directa del mismo con las diferentes dinámicas que operan en él. Así, como factor modelador, los efectos del cambio climático, a través de las cadenas de impacto, provocarán una serie de impactos en el paisaje, recogidos con carácter general en los numerosos estudios realizados hasta la fecha desde distintos organismos. De igual forma, existen numerosas propuestas relacionadas con la gestión adaptativa del paisaje, recopiladas como base para la propuesta de medidas estratégicas de adaptación del paisaje navarro al cambio climático.

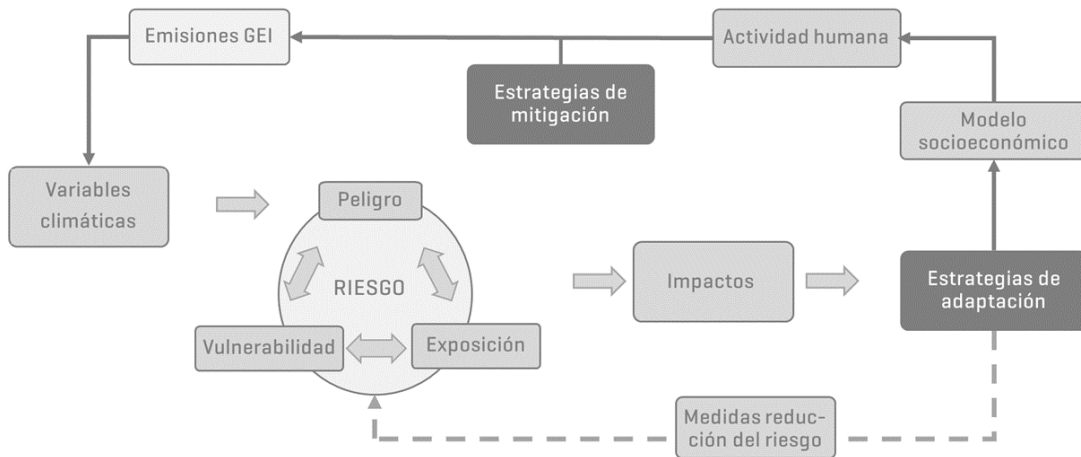


Figura 7. Cadenas de Impacto y Riesgo Climático. Fuente: NASUVINSA. Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC, Acción C1.1.

Paisaje: Es la expresión de un territorio, de un lugar, manifestación sintética de las condiciones y circunstancias geomorfológicas, fisiográficas, climáticas y biológicas, así como la transformación que haya podido darse por las culturas que lo han habitado y lo habitan. Según el *Convenio Europeo del Paisaje*, es cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos [Sánchez Ramos, P. *et al*, 2021].

El marco de análisis se define a través de la identificación de los diferentes ámbitos paisajísticos navarros relacionados con la bioclimatología. Estos permiten entender la posible evolución del paisaje como consecuencia del cambio climático. El riesgo en este sentido se evalúa a través de los principales elementos y componentes que los definen. De estos, se ha seleccionado una serie de elementos indicadores o testigo, por ser representativos de cada uno de los ámbitos, los que mejor explican en ellos las consecuencias paisajísticas del cambio climático. Su análisis se aborda mediante la evaluación de los condicionantes climáticos y su previsión de evolución en los distintos periodos.





La identificación del puzzle que configura y caracteriza el paisaje requiere desentrañar los complejos y heterogéneos factores que lo modelaron [ambientales, ecológicos, sociales, culturales, económicos, etc.]. Sin embargo, como el objetivo es el estudio de los cambios potenciales en el paisaje derivados del forzamiento climático, tanto la propia identificación, como la modelización del riesgo se centra en aquellos componentes paisajísticos más directamente condicionados por las variables climáticas disponibles aportadas en el “Estudio de variabilidad climática” [entregable DC6.2.1 del proyecto LIFE-IP NAdapta-CC], al objeto de establecer una relación causa-efecto y poder formular hipótesis de cambio. Así, elementos y componentes, son considerados como receptores directos de las amenazas/riesgos frente al cambio climático, y que incidirán de manera inmediata sobre la exposición y vulnerabilidad de los Servicios Ecosistémicos [SE] de estos a las personas y sus medios de producción y organización social.

Analizada la vulnerabilidad y riesgos sobre el paisaje navarro, son dos las grandes cadenas de impacto identificadas. La más relevante, la que actuará de forma paulatina es una clara **tendencia a la mediterraneización** por el aumento temperaturas medias y reducción de disponibilidad hídrica. Las otras dos cadenas tendrán como consecuencia cambios drásticos de naturaleza impredecible, por la **tendencia hacia un clima más incierto y extremo** [pluviometría y termometría más incierta y extrema]. La tendencia a la mediterraneización traerá una serie de impactos y riesgos, los cuales han dado lugar a la modelización de las cadenas de impacto y su trascendencia paisajística, mediante el análisis de la posible evolución de los paisajes navarros ante los escenarios de cambio climático. Para tal fin, se han propuesto distintas metodologías en función de las dos escalas de análisis planteadas.

Esta evaluación del riesgo se traslada a la escala de los municipios navarros a través de un conjunto de indicadores que clasificados dan lugar a seis índices de riesgo.

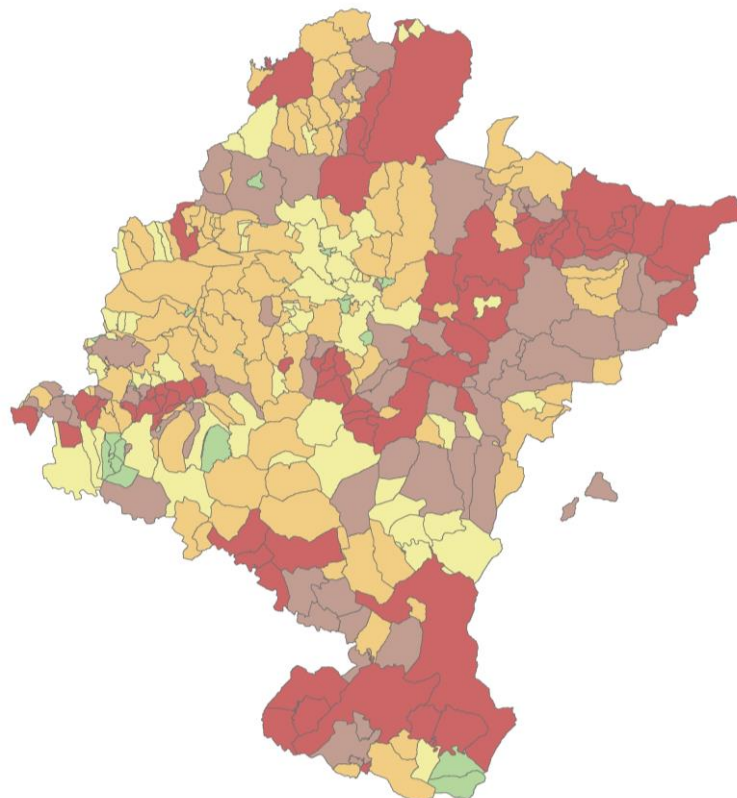


Figura 8. Riesgo por afección del cambio climático al paisaje por Término Municipal.



1.2.2 Planteamiento metodológico del estudio

La identificación de los Ámbitos paisajísticos bioclimáticos navarros permite generar un marco de interpretación, así como facilitar la comprensión de las tendencias de cambio paisajístico que pueden darse en las próximas décadas. Se definen como territorios que presentan un carácter paisajístico propio diferenciando unos de otros, identificados bajo el prisma de sus condiciones bioclimáticas y clasificados bajo aspectos ampliamente reconocidos por la población navarra. Su cartografía requiere de la definición previa de las unidades bioclimáticas que se identifican con rasgos claves del paisaje vegetal navarro, denominadas *unidades o áreas bioclimáticas con especial reflejo paisajístico*. Se definen a través del cálculo de macrobioclimas, variantes y pisos bioclimáticos [termotipos y ombrotipos], según la metodología de la clasificación bioclimática de Rivas - Martínez. Una vez identificados los Ámbitos y las unidades bioclimáticas que los integran, se ha cartografiado su evolución en función de la variación de las variables climáticas para cada uno de los periodos de análisis, los dos históricos 1961 - 1990, y 1991 - 2019, y las proyecciones derivadas del escenario RCP8.5 del IPCC, para los periodos 2021-2050 y 2051-2080.

La identificación de los principales elementos y componentes que explican los ámbitos paisajísticos navarros, se centra en los que con más probabilidad podrán verse intensamente afectados por el forzamiento climático. Así, se ha descartado el estudio de elementos donde la variación de los parámetros climáticos en los periodos de estudio no afectará a su percepción en la escala temporal del análisis, al menos en su carácter. Es el caso de paisajes litológicos. Otros, como los paisajes del agua o los erosivos, si bien es muy probable que varíen, su predicción resulta especialmente compleja y excede el marco del presente trabajo. El análisis se centra por tanto en los elementos caracterizados por la vegetación, plantada o espontánea, los que con mayor probabilidad resultarán primero y más visiblemente afectados.

En el caso de las dinámicas naturales o forestales, la evaluación de la posible afección que pueda causar en estos paisajes el cambio climático se realiza a través de factores climáticos condicionantes de la distribución de sus elementos caracterizadores. Sobre la base del estudio estadístico que relaciona la abundancia de cada especie con cada uno de los factores de análisis, se clasifica Navarra según clases que atienden a las condiciones para su desarrollo: óptimas (o de hábitat central), marginales o extramarginales. Al trasladar los rangos que definen dichas clases a las condiciones climáticas previstas para los periodos futuros, se busca identificar qué especies, y en qué localizaciones, pueden verse más afectadas por los cambios de estos, por pasar a encontrarse bajo condiciones marginales o incluso extramarginales.

Los análisis se han centrado en los aspectos climáticos, aunque es importante tener en cuenta que existen otros factores de los cuales depende el desarrollo de las distintas formaciones y comunidades vegetales, cuya influencia modula localmente los parámetros climáticos y condiciona la presencia de unas u otras especies. Las características del suelo [contenido en bases, profundidad, etc.], la topografía [pendiente, exposición] o las relaciones de competencia son algunos de estos factores.





La evaluación del riesgo de cambio paisajístico del paisaje agrícola como consecuencia del cambio climático resulta una tarea especialmente compleja por varios motivos. Los cultivos herbáceos son un buen ejemplo de ello. Presentan un mayor dinamismo respecto a la variación de las especies frente a alteraciones climáticas, sin que necesariamente afecte de forma relevante a su carácter paisajístico, aunque sí a su producción, tanto en cantidad como en calidad, y por tanto a su rentabilidad. Su vulnerabilidad además está estrechamente ligada a otros factores, principalmente socioeconómicos.

En este caso, se ha optado por el análisis a través de la clasificación agroclimática de Papadakis, una de las más difundidas, que tipifica el territorio en función de sus características climáticas y de los cultivos que potencialmente pueden desarrollarse en él. Incluye el cálculo del Régimen Térmico, a través del Tipo de Verano y del Tipo de Invierno, y del Régimen Hídrico. Integrando ambos regímenes, se ha obtenido el Mapa Agroclimático de Papadakis de Navarra para cada uno de los periodos. No obstante, hay que señalar que no se ha evaluado la evolución concreta de cada uno de los elementos del paisaje agrario o agroforestal porque, aunque efectivamente se esperan cambios importantes en el sector por el cambio climático, estos cambios serán debidos a un conjunto de aspectos de interrelación muy complejos sujetos a cambios socioeconómicos globales donde el factor climático será un actor más.

Como excepción, se ha evaluado el paisaje del viñedo. Los datos climáticos disponibles han permitido analizar el riesgo de este paisaje agrícola evaluando la pérdida de potencial climático para la obtención de vinos de calidad como los que se producen en la actualidad.

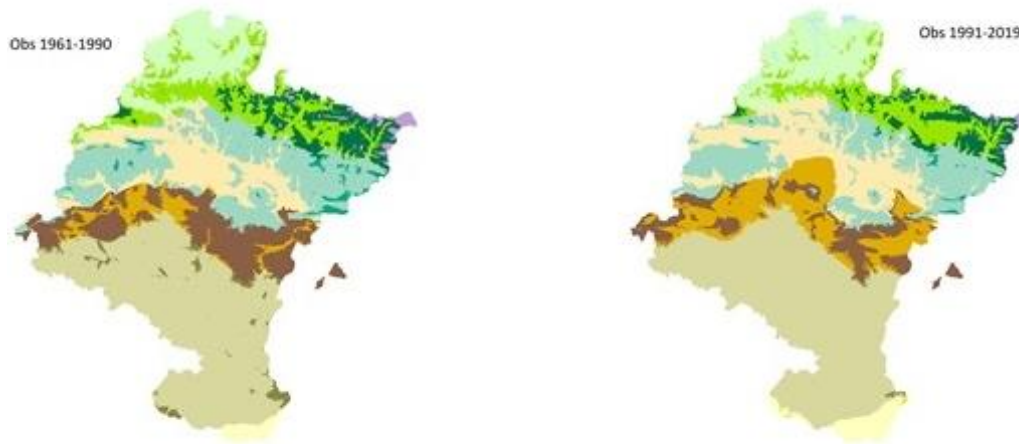
Finalmente, la metodología seguida para la propuesta de inclusión de la perspectiva del cambio climático en los instrumentos de planificación territorial, parte de la revisión de las medidas propuestas desde distintos ámbitos científicos para cada uno de los elementos vulnerables identificados en el paisaje navarro, así como el de los principales instrumentos de ordenación del territorio navarro en los que puede hacerse el anclaje normativo.

1.2.3 Evolución paisajística en el escenario de cambio climático

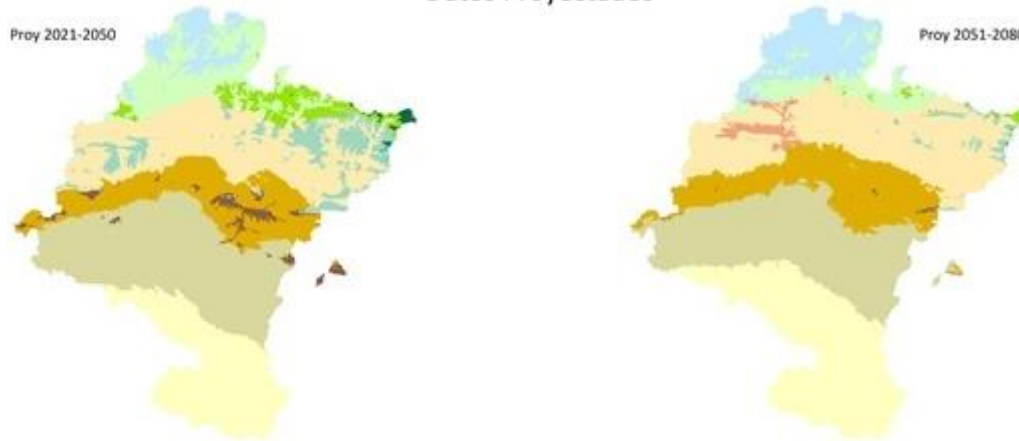
Evolución bioclimática

Los resultados obtenidos de la evolución de Ámbitos paisajísticos bioclimáticos y de las unidades bioclimáticas que los definen son reveladores de un acusado cambio de las características bioclimáticas de Navarra.

Datos Históricos



Datos Proyectados



AMBITOS PAISAJÍSTICOS Y ÁREAS BIOCLIMÁTICAS RELEVANTES



Figura 9. Ámbitos paisajísticos desde la perspectiva bioclimática y áreas (unidades bioclimáticas) que los definen: Evolución observada desde 1960 hasta 2019 y evolución proyectada para los periodos 2021-2050 y 2051-2080.

En primer lugar, llama la atención la comparativa de los dos periodos históricos manejados, el más reciente entre 1991 y 2019 y el correspondiente a los treinta años previos [1961-1990]. De esta comparación se desprende que en Navarra ya se están produciendo cambios bioclimáticos de relevancia en el momento actual. Estos cambios se resumen en el visible avance hacia el norte del macrobioclima mediterráneo, y en el incipiente retroceso de los pisos altitudinales



de montaña, en torno a 100 metros, ante el ascenso y expansión de los pisos inferiores, tendencia esta última que continuará y será especialmente alarmante según las proyecciones futuras. El avance de la mediterraneización sobrepasa la divisoria de la sierra de El Perdón extendiéndose por la cuenca hasta cubrir casi al completo la ciudad de Pamplona.

Los ombrotipos evidencian igualmente cambios recientes en la aridez, aunque estas tendencias aún son leves, se consolidarán y acentuarán en las próximas décadas, según avanzan las proyecciones. Lo más relevante en la actualidad es una ligera progresión del semiárido hacia el norte y aguas arriba del Ebro. Por su parte, en el tercio norte de la comunidad, se observa una leve reducción del hiperhúmedo, a raíz del progresivo ascenso altitudinal del ombrotipo húmedo.

Los cambios bioclimáticos explicados se han venido produciendo en los últimos sesenta años y son los que a través de algunos bioindicadores empiezan a ser observables en la actualidad. Como se ha avanzado, a partir de 2021, la evolución que predicen los datos de las proyecciones intensifica considerablemente los procesos que ya están teniendo lugar.

El desplazamiento hacia el norte de la línea que separa el macrobioclima mediterráneo del templado [región eurosiberiana], seguirá avanzando según las proyecciones, hasta llegar a incluir el conjunto de las cuencas prepirenaicas. En la Navarra atlántica del noroeste, al norte de la divisoria de aguas cantábrico-mediterránea, las proyecciones indican una disminución de la humedad [de ombrotipo hiperhúmedo a húmedo] pero a pesar de la importante subida de temperaturas, las precipitaciones del verano todavía permitirían mantener el periodo estival sin la aparición de la sequía atenuada que caracteriza la variante submediterránea. En cambio, en el noreste destaca la conversión a la variante submediterránea de gran parte de las cabeceras de los valles pirenaicos actualmente bajo macrobioclima templado sin sequía estival, de forma que en el periodo 2051-2080, según los datos analizados, alcanzará prácticamente todo el Pirineo navarro a excepción de las cumbres más elevadas. En la Navarra meridional, destaca la aridificación en 2021-2050 de gran parte de La Ribera que cambia de ombrotipo seco a semiárido, tendencia que se amplía ligeramente en 2051-2080. Al mismo tiempo, prácticamente la zona semiárida pasaría a cumplir las condiciones de la variante esteparia del macrobioclima mediterráneo.

Por otra parte, las proyecciones auguran en los periodos estudiados ascensos altitudinales muy acusados de las condiciones que definen los pisos bioclimáticos, especialmente en el tercio norte, donde el aumento de la temperatura media podría llegar a alcanzar valores entre los tres y cuatro grados centígrados. La consecuencia es un ascenso altitudinal muy acusado de todos los pisos, tanto en la zona mediterránea como en la templada, produciéndose una disociación entre las bandas altitudinales y sus condiciones bioclimáticas características, tal y como las conocemos en la actualidad. El piso subalpino, dado que las cotas en el Pirineo navarro no superan los 2500 metros, acabará prácticamente por desaparecer, sustituido por el montano superior o altimontano. Las condiciones propias del colino en la zona templada y del mesomediterráneo en la mediterránea ascenderán por las montañas y sierras navarras, en detrimento del montano y el supramediterráneo, pisos que en el último periodo quedan cerca de desaparecer. En los valles de la Navarra septentrional, destaca la gran expansión del termocolino, actualmente asociado a





los fondos de valle próximos a la costa, que llegaría a ocupar gran parte de los valles que definen del piso colino en la actualidad.

Vulnerabilidad e impactos previsibles en el paisaje

La complejidad de los ecosistemas naturales y la intensidad y el rápido ritmo de cambio climático previsto plantea un escenario de transformaciones y mecanismos de adaptación de los ecosistemas a las nuevas circunstancias cuyo alcance y consecuencias ecológicas y paisajísticas asociadas resulta complicado dimensionar.

La mayoría de las especies forestales que protagonizan los paisajes naturales navarros, con un origen que se remonta a miles de años, han sufrido y se han tenido que adaptar a cambios climáticos en el pasado. Las oscilaciones climáticas que tuvieron lugar tras la retirada de los glaciares del Pleistoceno en Europa influyeron en los avances y regresiones de las distintas especies de la vegetación holocena en la recolonización del paisaje de tundra que había dejado el hielo. Sus efectos, unidos a la acción transformadora del hombre, produjeron grandes cambios en el paisaje vegetal hasta llegar al que conocemos en la actualidad. **No obstante, esta alternancia de periodos de calentamiento con otros de enfriamiento del clima en el pasado se cuenta en miles de años, cientos en algunos casos, en una escala temporal que nada tiene que ver con la velocidad actual de los cambios.**

En Navarra se conservan ejemplos de poblaciones residuales, vestigios de las posiciones que alcanzaron algunas formaciones ante las migraciones altitudinales y latitudinales que se produjeron en respuesta a las fluctuaciones climáticas en el pasado. Unas condiciones particulares del biotopo en el que se localizan, más xéricas o húmedas que su entorno, según los casos, han permitido que resistan en esas posiciones marginales, alejadas de su área de principal de distribución. Además de aportarnos una valiosa información, son de gran interés por el papel que han de jugar de cara a la capacidad de respuesta de los ecosistemas forestales ante este nuevo reto climático.

El riesgo de los impactos asociados al cambio climático en los bosques dependerá, además de la severidad de dicho cambio o exposición, de su vulnerabilidad, según su sensibilidad y su capacidad adaptativa. Las especies forestales, también las poblaciones, son más sensibles cuanto mayor es su dependencia de las variables climáticas en su reproducción, crecimiento, reclutamiento o supervivencia. Su capacidad adaptativa está relacionada con los mecanismos con los que cuenta para su migración, su potencial evolutivo, su plasticidad fenotípica o su diversidad genética.

Otros factores para tener en cuenta están relacionados con la edad y la estructura de las masas. Los árboles adultos resisten mejor el estrés ambiental, pero su sensibilidad aumenta considerablemente en las etapas de regeneración. Situaciones de elevada competencia, asociadas a altas densidades, aumentan notablemente la vulnerabilidad ante las perturbaciones como las sequías prolongadas, siendo en estos casos más frecuentes los colapsos demográficos.



Por otra parte, la regresión del medio juega también un papel relevante. La fragmentación de los hábitats, o la degradación de los suelos en pendientes abruptas con problemas de erosión ante la falta de cubierta vegetal, pueden impedir que las especies recolonizen ciertos espacios del paisaje forestal. También la sobreexplotación de acuíferos puede dejar en situaciones de extrema vulnerabilidad a numerosas poblaciones que dependen de la capa freática superficial para su supervivencia.

Como consecuencia del aumento de las temperaturas y la mayor irregularidad de las precipitaciones, la fisiología de la mayor parte de especies forestales puede verse profundamente afectada. La renovación foliar y de las raíces finas de los perennifolios se acelera, alterando el balance de carbono interno de la planta. El mayor consumo de carbono que el árbol debe invertir para renovar estas estructuras incrementa el consumo de carbohidratos de reserva y aumenta la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales. (Gracia et al, 2005). Con la movilización de estas reservas de carbono, la planta pierde capacidad de hacer frente a posibles nuevas perturbaciones [incendios, resalvos, episodios de sequía], especialmente si estas tienen lugar con cierta frecuencia. Los caducifolios, como robles o hayas, alargarán su periodo vegetativo, con un aumento de producción, pero, al contrario que en los perennifolios como la encina, sus hojas no están adaptadas al estrés hídrico, y su resistencia será muy reducida ante un episodio prolongado de sequía.

La mayor demanda hídrica asociada al incremento de temperatura tendrá importantes efectos sobre la reducción de la reserva hídrica de los suelos forestales. En las situaciones en las que estos no puedan compensar la demanda evapotranspirativa de la vegetación, con el consiguiente déficit hídrico, cabe esperar cambios relevantes en la composición, estructura y densidad de las masas forestales, que tenderán a ser más abiertas, y con frecuencia con un aumento del riesgo de procesos erosivos y una mayor vulnerabilidad del arbolado ante vendavales. En cualquier caso, la falta de reserva de agua en el suelo durante los meses de verano supondrá un grave riesgo para la supervivencia de algunos bosques, adaptados a zonas en las que anteriormente no se daba esta circunstancia.

Proyección del riesgo por cambio climático

En el caso del paisaje vegetal navarro, en un marco de importantes variaciones bioclimáticas previstas, perturbaciones como los incendios forestales serán los impactos más drásticos y con mayor poder reestructurador. El despoblamiento que sufre el medio rural y la progresiva pérdida de la función productiva del sistema agroforestal [mosaicos agroforestales, leñas, ganadería extensiva, aprovechamientos selvícolas, etc..] está conduciendo a un aumento significativo de la cantidad y continuidad del combustible forestal, especialmente preocupante en el entorno de los asentamientos de población donde el riesgo es mayor. Si a esto unimos la reducción de la humedad relativa del aire por el incremento térmico que prevén las proyecciones, y el aumento de la velocidad del viento, junto con la situación de decaimiento y estrés que se prevé en grandes superficies de bosques cada vez más alejados de las condiciones ambientales que antaño propiciaron su desarrollo, el aumento del riesgo de incendios de gran intensidad constituye una





grave amenaza. El también aumento de fenómenos meteorológicos extremos, con mayor frecuencia e intensidad de tormentas y de olas de calor, agravaría sin duda el riesgo de estos incendios, capaces de afectar a grandes superficies por su gran poder destructor y su elevada dificultad de extinción.

Además de los incendios existen otros mecanismos previsibles de cambio paisajístico que se verán agravados por los cambios bioclimáticos descritos. Entre ellos es esperable una mayor proliferación de plagas y enfermedades forestales. Las altas temperaturas y menor humedad favorecerán especialmente a insectos, defoliadores y perforadores, frente a hongos. Podrían llegar a completar dos ciclos biológicos o ampliar su área de distribución, con acceso a masas situadas a altitudes superiores a sus límites actuales. La mayor vulnerabilidad y decaimiento de los bosques poco adaptados a las nuevas condiciones climáticas podría dar lugar a importantes mortalidades. Las plagas exógenas que se puedan llegar a introducir serán especialmente peligrosas en este sentido. Del mismo modo, es esperable un aumento de especies vegetales exóticas invasoras que se beneficien de las nuevas condiciones climáticas, más próximas a las de sus regiones de origen.

En conclusión, las formaciones y comunidades vegetales sufrirán progresivas transformaciones en su adaptación natural a las nuevas condiciones climáticas:

- Mientras en los valles del noroeste, sin sequía estival, las mayores temperaturas llevarán asociadas ciclos vegetativos más largos y producciones crecientes de biomasa, en las zonas en las que aumente sensiblemente la frecuencia e intensidad de las sequías, lo hará también el riesgo de producirse colapsos demográficos y altas mortalidades. Ello tenderá a provocar en general formaciones cada vez más abiertas en espesura, lo que favorecerá el establecimiento de otras especies más termófilas y mejor adaptadas al estrés hídrico.

- Las especies mediterráneas y submediterráneas se desarrollarán en latitudes más septentrionales mientras que las especies higrófilas serán las primeras que empiecen a sufrir las consecuencias de aparición de sequía estival en zonas donde antes no se daba esta circunstancia. Además, el aumento generalizado de las temperaturas tendrá como consecuencia previsible el progresivo ascenso altitudinal de las especies en busca de menores temperaturas según sus características ecológicas. Ambos movimientos, por las limitaciones propias de las plantas, serán más o menos lentos y progresivos y dependerán de múltiples factores, entre otros, del banco de semillas presente, de los mecanismos reproductivos y de dispersión de cada especie, de las posibilidades migratorias -según la fragmentación y degradación de los hábitats forestales- y de ascenso altitudinal que en cada situación proporcione la topografía del relieve.

En la parte baja de los valles, tanto eurosiberianos como mediterráneos, también hay cambios bioclimáticos reseñables. Es en estas, caracterizadas por un relieve más suave y una climatología más benigna, donde se concentran los paisajes agrícolas y agropecuarios. El estudio de la evolución bioclimática se centra especialmente en los paisajes naturales, pero de él también pueden deducirse algunas consecuencias sobre este tipo de paisajes, especialmente los de ca-



rácter agroforestal. El ejemplo más característico de la Navarra atlántica lo representa la campiña atlántica, muy ligada a los fondos de valle y laderas suavemente onduladas del piso colino. El escenario analizado plantea el paso de todos estos valles, al menos parcialmente, de colino a termocolino, con una menor humedad, pero sin llegar a sufrir sequía estival, por lo que los cambios en las campiñas afectarán a las especies, a su producción y probablemente a su calidad, pero en principio de forma compatible con su característico aspecto húmedo, de prados siempreverdes jalonados por especies caducifolias.

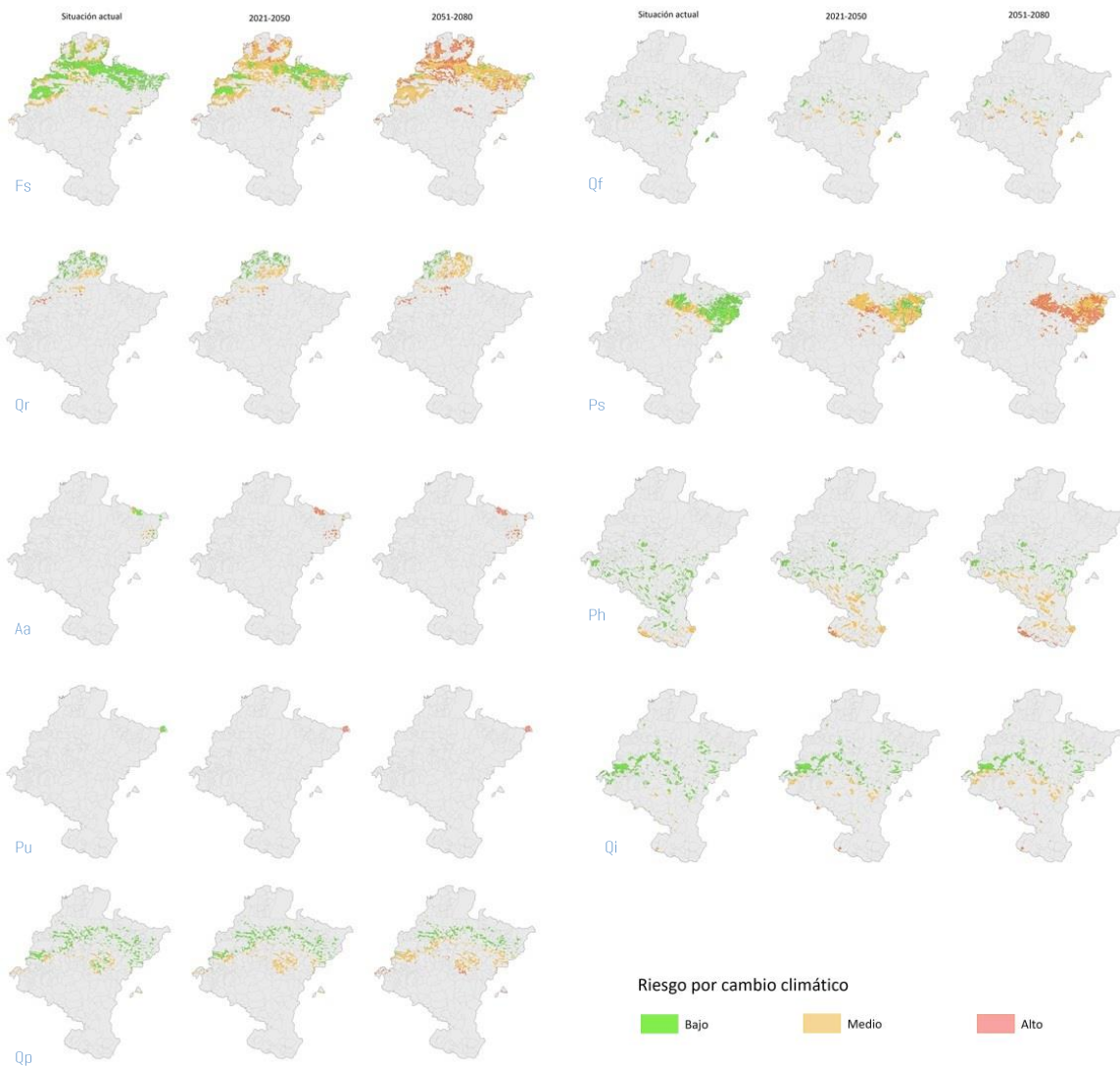


Figura 10. Proyección del riesgo por cambio climático de Elementos del paisaje forestal [Fs: Hayedos, Qr: Robledales de roble pedunculado, Qp: Robledales de roble pubescente, Qf: Quejigares, Qi: encinares, Aa: Abetales, Pu: Pinares de pino negro, Ps: Pinares de pino rojo, Ph: Pinares de pino carrasco.

En general, en la Navarra agrícola, una de las principales conclusiones que se extrae del análisis en detalle de la evolución de las clasificaciones territoriales agroclimáticas de Papadakis es el



fuerte desajuste entre las variables que determinan la idoneidad de los cultivos. En unos casos, hay zonas cuyos cultivos tradicionales podrán seguir siendo viables, pero sufriendo variaciones en cuanto al volumen producido y la calidad. En otras, se requerirán profundas investigaciones que faciliten la selección de nuevos cultivos que permitan mantener la rentabilidad del campo. Sus efectos variarán o intensificarán las diferencias de rentabilidad, aconsejarán cambios de especies y variedades. No se descarta que crezca la superficie cultivada con especies importadas de otras regiones donde sus condiciones climáticas tengan semejanza a los futuros escenarios que se avecinan, como puede ser el cultivo el sorgo, el mijo o la quinoa. Se requerirán mayores esfuerzos en aumentar la eficiencia de los riegos y en establecer nuevos tratamientos culturales, entre otras cosas. Todo ello traerá consigo consecuencias en el paisaje.

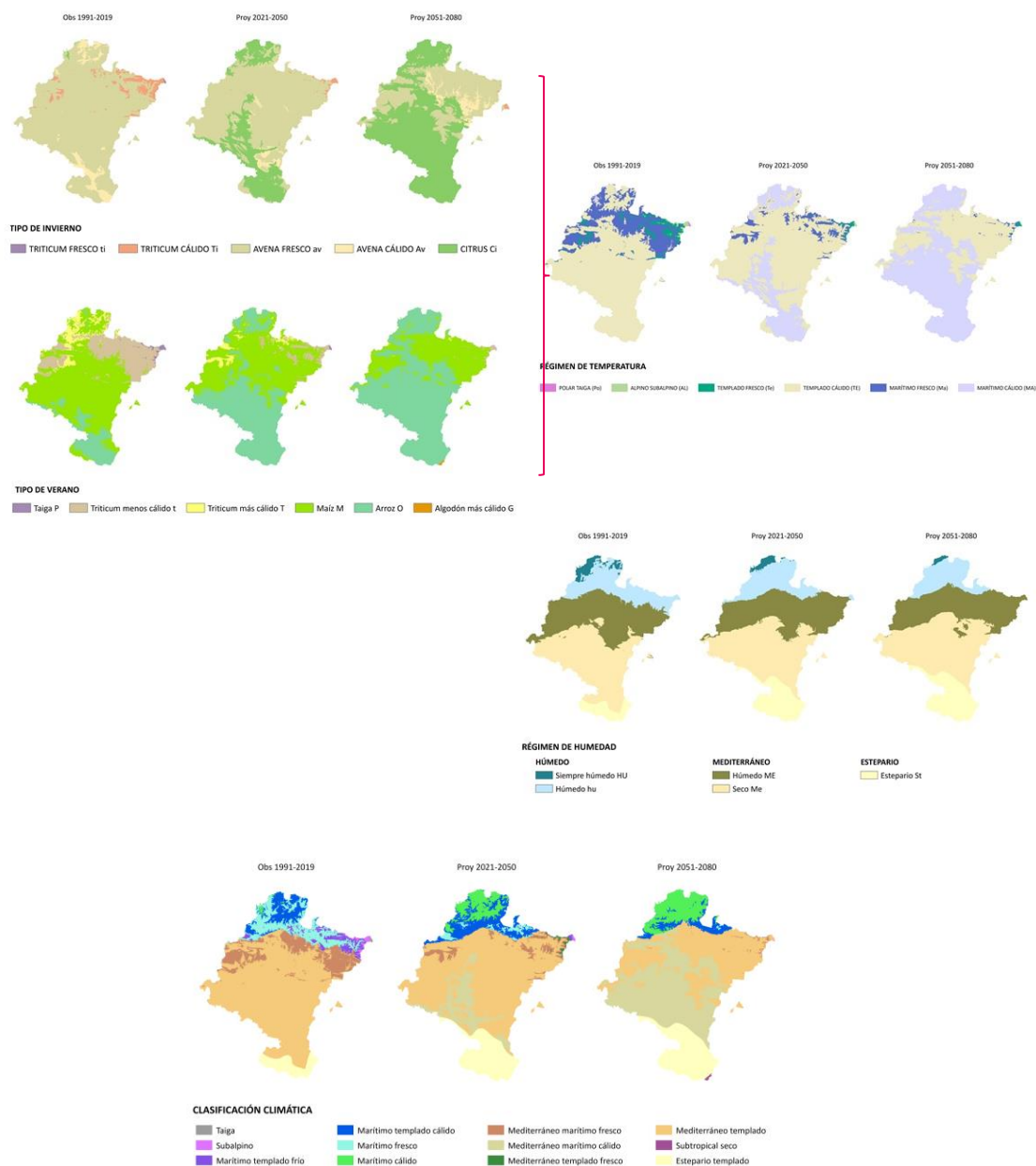




Figura 11. Clasificación agroclimática de Papadakis, periodos 1991-2019, 2021-2050, 2051-2080.

Respecto al viñedo, cultivo característico de los paisajes agrícolas navarros de la mitad sur, en un primer análisis, del aumento de la región mediterránea hacia el norte, podría deducirse que se vería beneficiado por el aumento de territorios bioclimáticamente más aptos. Sin embargo, en el análisis detallado de su riesgo se observa que, aunque fisiológicamente el cultivo de la viña no parece vaya a verse amenazado, la gran subida de las temperaturas esperada si puede afectar gravemente a la calidad del vino. El sector probablemente deberá enfrentar la pérdida de rentabilidad y realizar un ajuste importante de variedades y técnicas de cultivo para paliar estos efectos indeseados.

Es esperable que todo ello lleve asociado cambios en el paisaje, algunos viñedos actuales se abandonarán por falta de rentabilidad o por la falta de la disponibilidad hídrica necesaria, otros ascenderán a cotas más elevadas o se crearán nuevas zonas vitivinícolas en latitudes superiores y otros se mantendrán, pero su aspecto podrá variar como consecuencia de las nuevas técnicas introducidas. Una vez más, recordar la complejidad del análisis de cambio de los paisajes agrarios.

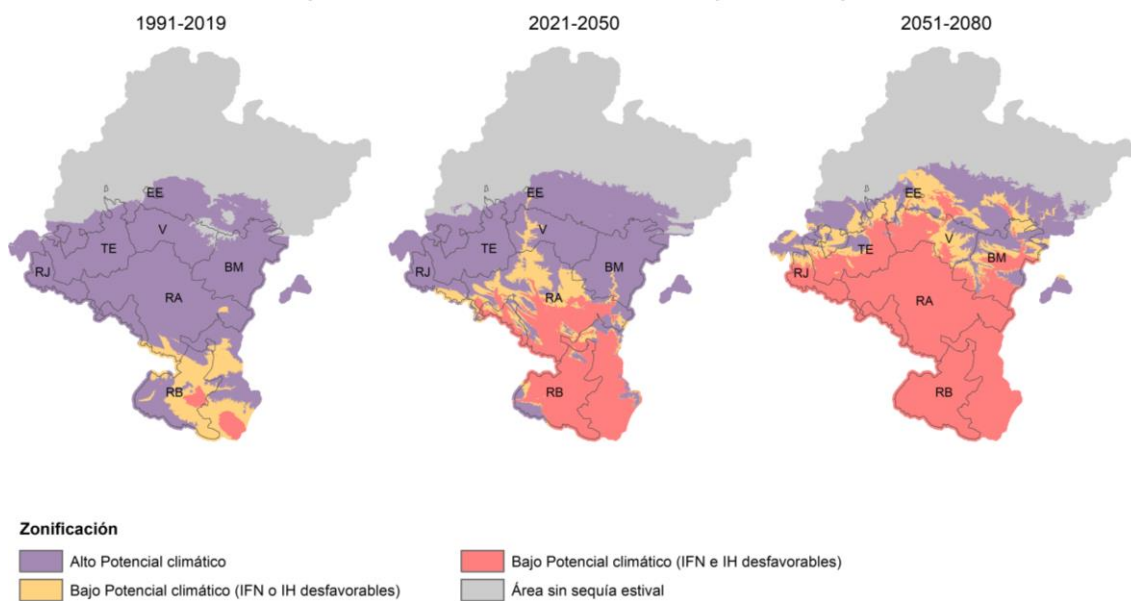


Figura 12. Zonificación de Navarra según aptitud climática para vinos de calidad, y evolución para las proyecciones de cambio climático, según la combinación del Índice de Frescor Nocturno -IFN- y del índice de Huglin - IH- , en la región mediterránea.

1.2.4 Medidas de gestión adaptativa para el paisaje.

La Adaptación basada en los Ecosistemas [AbE], fundamentada en la conservación y gestión sostenible de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos, se erige en una “Estrategia de Adaptación General”. Este “enfoque verde” [incluido en la clasificación del IPCC dentro de las medidas





Físicas-estructurales], centrado en los servicios ecosistémicos ha inspirado el paquete de medidas propuestas.

Como resultado se propone un conjunto de medidas de gestión adaptativa agrupadas en grandes bloques enunciados como líneas estratégicas, formulados para alcanzar grandes objetivos de adaptación al cambio climático. Cada uno de ellos, engloba un paquete articulado de medidas de adaptación a diferentes escalas:

LO1: CONSERVACIÓN, GESTIÓN Y RESTAURACIÓN FORESTAL SOSTENIBLE.

- E01: Conservación de formaciones boscosas.
- E02: Conservación y restauración bosques riparios.
- E03: Mantenimiento de la cobertura forestal en cabecera de cuenca.
- E04: Fomento de bosques mixtos.
- E05: Incremento de la diversidad genética de los bosques.
- E06: Medidas específicas para la lucha y reducción de incendios.
- E07: Gestión de ecosistemas de alto valor y reducción de presiones en espacios protegidos.

LO2: POTENCIACIÓN DE LA CONECTIVIDAD, HETEROGENEIDAD Y MULTIFUNCIONALIDAD DEL PAISAJE

- E01: Reducción de la fragmentación y bajas densidades forestales para contribuir a la conectividad.
- E02: Potenciación de la conectividad, heterogeneidad y multifuncionalidad del paisaje.

LO3: GESTIÓN SOSTENIBLE RÍOS, HUMEDALES Y AGUAS SUBTERRÁNEAS [MEDIDAS NATURALES DE RETENCIÓN DE AGUA -NWRM-]

- E01: Renaturalización de cauces. Restauración/rehabilitación de ríos.
- E02: Adaptación de los recursos hídricos a los escenarios de cambio.
- E03: Protección, conservación, gestión y restauración de
- E04: Protección, conservación, gestión de aguas subterráneas.

LO4: CONSERVACIÓN DIVERSIDAD BIOLÓGICA-AGRÍCOLA.

- E01. Conservación de la diversidad genética agrícola.
- E02. Lucha contra especies exóticas invasoras.
- E03: Fortalecer estrategias fitosanitarias.

LO5: AGRICULTURA REGENERATIVA EN SISTEMAS AGROFORESTALES Y PAISAJES AGRARIOS.

- E01: Diversificación de cultivos e integración de actividades ganaderas, selvícolas y agrícolas





E02: Mejora de retención aguas en tierras agrícolas.

L06: Estrategias protección, gestión y restauración suelos agrícolas.

E01: Planificación y adaptación Integral de usos del suelo.

L07: FORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN. TOMA DE CONCIENCIA Y CORRESPONSABILIDAD. LA TRANSICIÓN SOCIAL

E01: Educación y sensibilización en cambio climático

E02: Gobernanza y corresponsabilidad social.

L08. DESARROLLO DE UN MARCO LEGISLATIVO ACORDE A LAS CIRCUNSTANCIAS ACTUALES Y FUTURAS QUE GARANTICE LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL TERRITORIO NAVARRO.

E01: Adecuación del marco legislativo e instrumental. Herramientas de seguimiento

Estas medidas, sin duda, deben incorporarse en la Estrategia Navarra del Paisaje [ENP]. Su aplicación se propone por medio de la gestión integrada mediante la Estrategia de la Infraestructura verde, y, especialmente para cada uno de los elementos y componentes vulnerables identificados en el paisaje navarro. La integración en la ordenación territorial necesitará de la revisión de la Estrategia Territorial de Navarra, además de la mencionada ENP, como marco de referencia para los Planes de Ordenación Territorial [POT], instrumentos que será necesario reformular para integrar el cambio climático y la adaptación del paisaje desde una perspectiva multiescalar. Así como los Planes Sectoriales implicados en la gestión de elementos y componentes vulnerables. En paralelo, será necesario revisar los Objetivos de Calidad Paisajística para aquellos Documentos del paisaje navarros que no hayan tenido en cuenta el Cambio climático como aspecto fundamental en su definición.

La recomendación que se propone en el presente trabajo es la de no demorar la aplicación de tales medidas más allá de los próximos cinco años.



2. Glosario de términos

2.1 Definiciones

2.1.1 Paisaje y clasificación bioclimática

Biodiversidad: Cantidad, variedad y variabilidad de los organismos vivos, así como las relaciones que se establecen entre ellos. Incluye la diversidad dentro de una especie (diversidad genética), entre especies distintas (diversidad de especies) y entre comunidades (diversidad de comunidades) [EEM España]

Capital natural: Aquellos ecosistemas con integridad y resiliencia ecológica y, por tanto, con capacidad de ejercer funciones y de suministrar servicios, que contribuyen al bienestar humano. Se refiere a la dimensión socioecológica de los diferentes componentes de los ecosistemas incluyendo la biodiversidad. [EEM España]

Componentes: Estructuras paisajísticas que forman parte de un Elemento (vid. elementos), bien esporádicamente, o bien de forma dominante, dando lugar a patrones repetidos en el espacio que condicionan su aspecto.

Carácter del paisaje: Conjunto de elementos claramente reconocibles que contribuyen a hacer un paisaje diferente de otro, y no necesariamente mejor o peor [The Countryside Agency/Scottish Natural Heritage, 2002].

Dinámicas del paisaje: Actividades y procesos naturales y humanos que inciden en la configuración del paisaje actual [EEM España] [Observatori del Paisatge]

Diversidad paisajística: Riqueza en configuraciones y caracteres paisajísticos, ya sea mediante elementos o de paisajes en su conjunto.

Elementos: Los Elementos son la base sobre la cual se estructura el paisaje de forma general. Se configuran como una forma de organizar a nivel perceptual el territorio, al presentar a grandes rasgos una misma dinámica y función ecosistémica, productiva y ecológica

Funciones de los ecosistemas: Capacidad de las estructuras y procesos ecológicos para proveer servicios que generan bienestar humano. [EEM España]

Índice ombrotérmico: Cociente de dividir el valor de la precipitación positiva anual (Pp) - es decir la del sumatorio de la precipitación mensual en milímetros de los meses de temperatura media superior a cero grados centígrados - y la temperatura positiva anual (Tp); es decir el sumatorio de la temperatura mensual en grados centígrados de los meses de temperatura media superior a cero grados centígrados. Su fórmula es $I_o = Pp/Tp$ y su sigla I_o . [Worldwide Bioclimatic Classification System, 1996-2021].





Macrobioclima: Unidad tipológica de mayor rango que se reconoce en la clasificación bioclimática. Se trata de modelos biofísicos eclécticos, delimitados por determinados valores latitudinales, climáticos y vegetacionales, que poseen una amplia jurisdicción territorial y que están relacionados con los grandes tipos de climas y de biomas, así como con algunas regiones biogeográficas de la Tierra. Los cinco macrobioclimas son: tropical, mediterráneo, templado, boreal y polar. En cada uno de ellos, por sus peculiaridades climáticas y vegetacionales, se distinguen unidades subordinadas o bioclimas. [Worldwide Bioclimatic Classification System, 1996-2021].

En Navarra se distingue:

- **Macrobioclima mediterráneo:** Se halla a cualquier altitud y valor de continentalidad en las que existen al menos dos meses consecutivos con aridez durante el verano, es decir, en los que el valor en milímetros de la precipitación media del bimestre más cálido del trimestre estival es menor del doble de la temperatura media del bimestre más cálido del trimestre estival expresada en grados centígrados [$Ps_2 < 2Ts_2$] [Worldwide Bioclimatic Classification System, 1996-2021].
- **Macrobioclima templado:** Se halla a cualquier altitud y valor de continentalidad, en los que no existen o se compensan [v. índices ombrotérmicos estivales compensables] dos o más meses consecutivos con aridez durante el verano, es decir, valor en milímetros de la precipitación media del bimestre más cálido del trimestre estival sea mayor del doble de la temperatura media en grados centígrados del bimestre más cálido del trimestre estival [$Ps_2 \geq 2Ts_2$] [Worldwide Bioclimatic Classification System, 1996-2021].

Ombrotipos: Categorías relacionadas con las tasas de precipitación. Valores del cociente entre la precipitación media en milímetros y suma en grados centígrados de aquellos meses cuya temperatura media es superior a cero grados centígrados. Por su valor predictivo en la relación clima-vegetación se utilizan sobre todo el índice ombrotérmico anual [Io], el índice ombrotérmico mensual [Iom] y el índice ombrotérmico estival [Ios]. [Worldwide Bioclimatic Classification System, 1996-2021].

Paisaje: Es la expresión de un territorio, de un lugar, manifestación sintética de las condiciones y circunstancias geomorfológicas, fisiográficas, climáticas y biológicas, así como la transformación que haya podido darse por las culturas que lo han habitado y lo habitan. Según el Convenio Europeo del Paisaje, es cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos [Sánchez Ramos, P. et al, 2021].

Piso bioclimático: Cada uno de los tipos bioclimáticos condicionados por la altitud o la latitud. Se delimitan en función de los factores termoclimáticos [termotipos, It, Itc, Tp] y ombroclimáticos [ombrotipos, Io]. Cada piso bioclimático posee unas determinadas formaciones y comunidades vegetales, lo que ha dado lugar a la expresión pisos de vegetación [Worldwide Bioclimatic Classification System, 1996-2021].

Servicios Ecosistémicos: Contribuciones directas e indirectas de los ecosistemas y la biodiversidad que éstos albergan al bienestar humano. [EEM España]





Termotipo: Categoría térmica del clima que considera distintos parámetros e índices de temperatura. Por conveniencias de nivel global, derivadas de sus peculiaridades climáticas y vegetacionales, se reconoce una secuencia altitudinal o latitudinal de termotipos (termopisos) en cada uno de los macrobioclimas de la Tierra. Presentes en Navarra: mediterráneo [infra-, termo-, meso-, supra-, oro-, crioro- y gélido] y templado [infra- (infracolino*), termo- (termocolino*), meso- (colino*), supra- (montano*), oro- (subalpino*), crioro- (alpino y nival*)]. Los nombres marcados con un asterisco * han sido muy utilizados tiempo atrás [y se han empleado en la caracterización bioclimática del presente trabajo]. Están delimitados por intervalos de I_t , I_{tc} y T_p . Para una concordancia más afinada con la vegetación, a veces es necesario distinguir en los pisos bioclimáticos la parte inferior y superior de sus intervalos térmicos, que denominamos horizontes bioclimáticos termotípicos. [Worldwide Bioclimatic Classification System, 1996-2021].

Variantes bioclimáticas: Son unidades tipológicas bioclimáticas de rango inferior que se reconocen en el seno de determinados bioclimas, que permiten distinguir peculiaridades climáticas de carácter ómbrico. Las variantes bioclimáticas presentes en Navarra son: esteparia y submediterránea. Esteparia [Stp]: variante bioclimática existente en los macrobioclimas mediterráneo, templado, boreal y polar, al menos de tendencia continental [$I_c > 17$], en la que además de poseer una precipitación del trimestre estival igual o superior a la del trimestre invernal [$P_s \geq P_w$], el índice ombrotérmico anual debe estar comprendido entre el hiperárido y el húmedo: 0.2 y 6.0 [$6.0 \geq I_o > 0.2$], así como que al menos durante un mes del verano [P_{s1}] la precipitación en mm sea inferior al triple de la temperatura en grados centígrados [$P_{si}: P < 3T$]. El carácter estepario se pone de relieve en muy diversas formaciones vegetales continentales o de tal tendencia por la aparición de tipos de vegetación xerófilos, debido a la limitación hídrica existente en ambos solsticios. Submediterránea [Sbm]: variante bioclimática existente sólo en el macrobioclima templado, en la que al menos durante un mes del estío la precipitación media es inferior a dos veces y ocho décimas a la temperatura media [$I_{osi}: P < 2.8T$]. [Worldwide Bioclimatic Classification System, 1996-2021].

2.1.2 Clima y cambio climático.

Adaptación: Ajuste en los sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos previstos o a sus efectos, que mitiga los daños o explota oportunidades beneficiosas. [PNACC, IPCC]

Amenazas climáticas: Tendencias o eventos climáticos que pueden causar la pérdida de vidas, lesiones o afecciones a la salud, daños o pérdida de bienes, infraestructuras, medios de vida, servicios prestados y recursos ambientales. [PNACC]. En el contexto del presente trabajo, se refiere por tanto a tendencias y eventos futuros relacionados con el clima que pueden conllevar efectos adversos de diferente índole.

Anomalía: Desviación de una variable a partir de su valor promediado en un período de referencia [IPCC].





Cadena de Impacto: Relaciones causa-efecto entre una determinada amenaza climática [actual o futura] y un determinado sector, ámbito o receptor. En el presente trabajo los receptores directos son los servicios ecosistémicos que abastecen los ecosistemas, así como el vector hídrico y el capital edáfico. La cadena de impacto es un concepto complejo que integra la amenaza, el impacto, la vulnerabilidad.

Capacidad adaptativa: Capacidad de los sistemas, instituciones, seres humanos y otros organismos para adaptarse a los cambios potenciales, aprovechar las oportunidades o responder a sus consecuencias. [PNACC].

Escenario climático: Representación verosímil y a menudo simplificada del clima futuro, sobre la base de una serie intrínsecamente coherente de relaciones climatológicas, elaborada para ser expresamente usada en la investigación de las posibles consecuencias de los cambios climáticos antropógenos, y que suele utilizarse como instrumento auxiliar para la elaboración de modelos de impacto. Un “escenario de cambio climático” es la diferencia entre un escenario climático y el clima actual. [PNACC-IPCC].

Escenario de emisiones: Escenario de emisiones Representación verosímil de la evolución futura de las emisiones de sustancias que pueden ser radiactivamente activas (p. ej., GEI, aerosoles), sobre la base de una serie homogénea e intrínsecamente coherente de hipótesis sobre las fuerzas determinantes (como el crecimiento demográfico, el desarrollo socioeconómico y los cambios tecnológicos) y las relaciones fundamentales entre ellas. En el IPCC [vid. V Informe, 2015]

Exposición: Presencia de personas, medios de vida, especies o ecosistemas, servicios ambientales y recursos, infraestructuras, activos económicos, sociales, y/o culturales en lugares que podrían verse afectados de manera adversa por un evento. [PNACC]

Impactos: Efectos en los sistemas naturales y humanos. En el presente informe, el término impactos se emplea principalmente para describir los efectos sobre los sistemas naturales y humanos de episodios meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático. [IPCC]

Mitigación: Intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero. [IPCC]

Peligro: Acaecimiento potencial de un suceso o tendencia físico de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios y recursos ambientales. [IPCC] En el presente trabajo, el término peligro se refiere generalmente a sucesos o tendencias físicos relacionados con el clima o los impactos físicos de éste.

Resiliencia: Capacidad de un sistema socioecológico de afrontar un suceso o perturbación peligroso respondiendo o reorganizándose de modo que mantenga su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación [IPCC-Consejo Ártico, 2013]





Riesgo: Potencial de consecuencias en que algo de valor humano (incluidos los propios humanos) está en peligro con un desenlace incierto. A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de sucesos o tendencias peligrosos multiplicada por las consecuencias en caso de que ocurran tales sucesos. Los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro. [IPCC] En el presente trabajo, el término riesgo se utiliza principalmente en referencia a los riesgos de impactos del cambio climático.

Sensibilidad: Grado en el que se ve afectado un sistema o especie, negativa o positivamente, por la variabilidad o cambio climático. [PNACC]

Vulnerabilidad: Se evalúa como función de la sensibilidad y la capacidad adaptativa. Riesgo: Se define como la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos o tendencias climáticas (vinculado a la amenaza), multiplicada por las consecuencias de los mismos en caso de producirse [derivadas de la exposición y vulnerabilidad]. [PNACC].

2.2 Abreviaturas y acrónimos

AA.PP: Administraciones Públicas.

AbE [EbA inglés]: Adaptación basada en el ecosistema [vid. AbN]. Uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos como parte de una estrategia general de adaptación para ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático [IPCC]

AEMA: Agencia Europea de Medio Ambiente.

AR5: Quinto Informe de Evaluación del IPCC.

CDB: Convenio sobre la Diversidad Biológica.

CICES: Clasificación Internacional Común de Servicios de los Ecosistemas.

CMNUCC [UNFCCC]: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [United Nations Framework Convention on Climate Change].

EEA: Agencia Europea de Medio Ambiente.

EEM: Evaluación Ecosistemas del Milenio. ONU.

GEI: Gases de Efecto Invernadero.

GENVCE, Grupo para la Evaluación de Cultivos Extensivos en España.

HCCN-KLIa: Hoja de ruta Cambio Climático de Navarra 2017-2030-2050.

IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático.

INIA: Instituto Nacional de Investigación y tecnología agraria y alimentaria [Banco de germoplasma].





INTIA: Instituto Navarro para la transferencia e innovación en el sector agroalimentario.

JRC-PESETA III : Projection of Economic impacts of climate change in Sectors of the EU based on bottom-up Analysis.

LIFE-IP NAdapta-CC: Estrategia integrada para la adaptación al Cambio Climático de la Comunidad Foral de Navarra. Forma parte de la aportación de Navarra al compromiso internacional frente al Cambio Climático.

MAPAMA: Ministerios de Agricultura, Pesca y Alimentación.

MICCA-FAO: Programa de Mitigación del Cambio Climático en la Agricultura de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

MITECO: Ministerio para la Transición Ecológica.

OAPN: Organismo Autónomo Parques Nacionales. **OECC:** Oficina Española de Cambio Climático.

OCP: Objetivos de Calidad Paisajística.

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible. Agenda 2030 Naciones Unidas.

OPCC: Observatorio Pirenaico de Cambio Climático.

PNACC: Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

PNUMA (UNEP): Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [United Nations Environment Programme].

POT: Plan de Ordenación Territorial [de Navarra].

RCP 8.5: Representative Concentration Pathway [Trayectorias de concentración representativas]. Escenarios que abarcan series temporales de emisiones y concentraciones de la gama completa de gases de efecto invernadero y aerosoles y gases químicamente activos, así como el uso del suelo y la cubierta terrestre [Moss y otros, 2008]. La 8.5 es una trayectoria alta, para la cual el forzamiento radiactivo alcanza valores superiores a $8,5 \text{ W m}^{-2}$ en 2100. [IPCC]

VSP: Visión Social del Paisaje.

2.3 Fuentes de referencia.

Definiciones procedentes de:

- IPCC [Anexo Glosario]
- Plan Nacional de Adaptación PNACC, 2006.
- EEM España. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio España. 2011
- Observatori Paisatge Catalunya.





- Worldwide Bioclimatic Classification System, 1996-2021, S.Rivas-Martinez & S.Rivas-Saenz, Phytosociological Research Center, Spain. <http://www.globalbioclimatics.org>.

Citas recogidas en el Glosario:

Consejo Ártico, 2013: Glossary of terms. En: Arctic Resilience Interim Report 2013. Stockholm Environment Institute (SEI) y Stockholm Resilience Centre, Estocolmo, Suecia, pág. viii.

Moss, R., M. Babiker, S. Brinkman, E. Calvo, T. Carter, J. Edmonds, I. Elgizouli, S. Emori, L. Erda, K. Hibbard, R. Jones, M. Kainuma, J. Kelleher, J.F. Lamarque, M. Manning, B. Matthews, J. Meehl, L. Meyer, J. Mitchell, N. Nakićenović, B. O'Neill, R. Pichs, K. Riahi, S. Rose, P. Runci, R. Stouffer, D. van Vuuren, J. Weyant, T. Wilbanks, J.-P. van Ypersele, y M. Zurek, 2008: Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts and Response Strategies. IPCC Expert Meeting Report, 19 a 21 de septiembre de 2007, Noordwijkerhout, Países Bajos, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Ginebra, Suiza, 132 págs

The Countryside Agency/Scottish Natural Heritage [2002]: Landscape Character Assessment Guidance for England and Scotland.