



Deliverable DC6.1.1:

Guía Temática de Paisaje y Cambio Climático en Navarra | *Landscape Thematic and Climate Change in Navarra*

Action 6.1

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

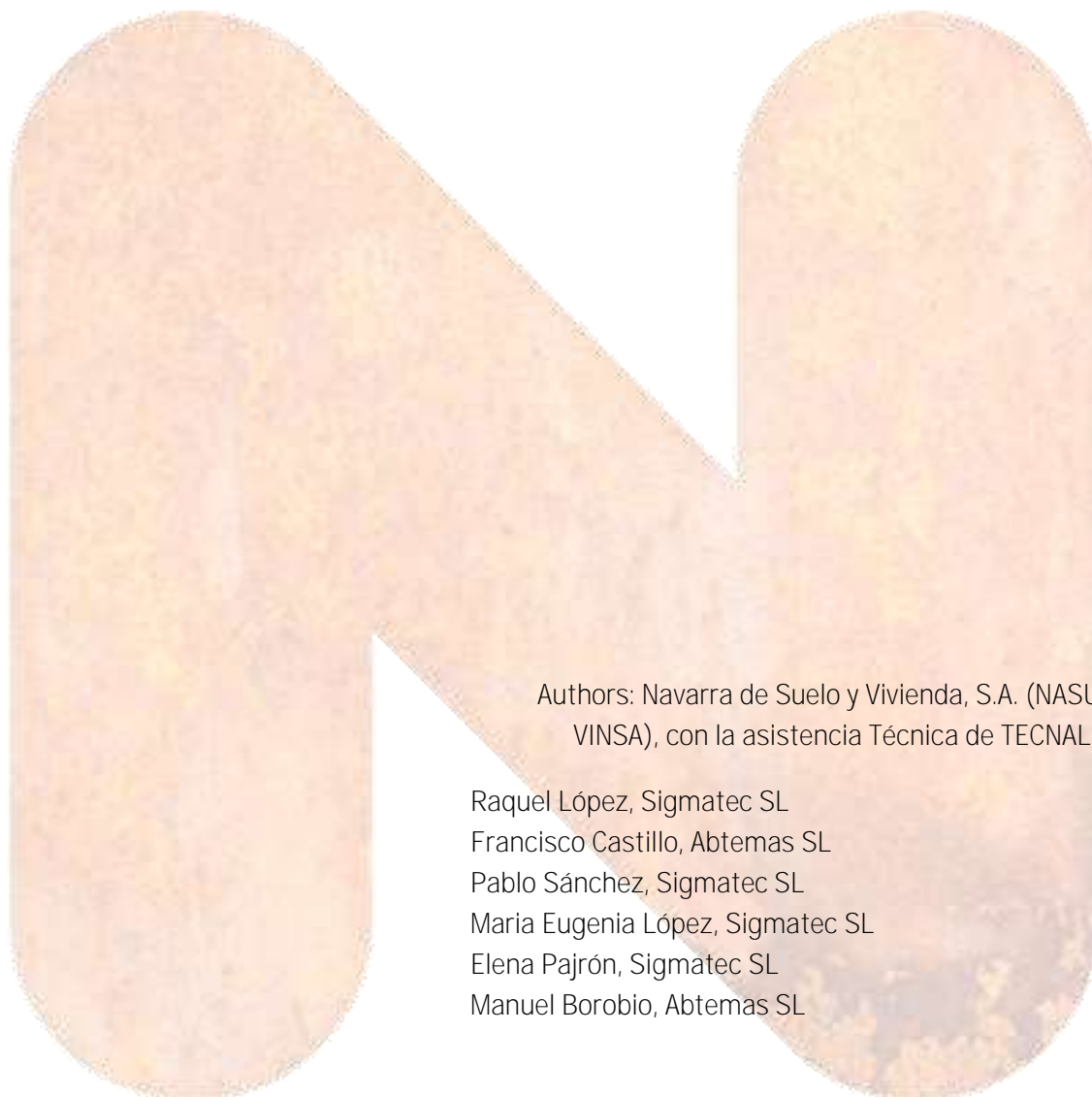
Project end date: 2025-12-31

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 SL
Francisco Castillo, Abtemas SL
Pablo Sánchez, Sigmatec SL
Maria Eugenia López, Sigmatec SL
Elena Pajrón, Sigmatec SL
Manuel Borobio, Abtemas SL



Table of contents

1.	SUMMARY / RESUMEN EJECUTIVO	9
1.1	SUMMARY	9
1.1.1	Structure and object of the guide	9
1.1.2	Methodological approach to the study.	11
1.1.3	Landscape evolution in the climate change scenario.....	12
1.1.4	Adaptive management measures for the landscape.	15
1.2	RESUMEN EJECUTIVO	17
1.2.1	Estructura y objeto de la guía	17
1.2.2	Planteamiento metodológico de estudio	19
1.2.3	Evolución paisajística en el escenario de cambio climático.....	20
1.2.4	Medidas de gestión adaptativa para el paisaje.....	24
2.	Introducción. Una guía didáctica y operativa	26
2.1	Antecedentes y contextualización	27
2.2	El desafío del cambio climático y su incidencia en la ordenación territorial	27
2.3	La visión sistémica del paisaje. Una aproximación holística y multiescalar	29
2.3.1	Dinámicas socio-ecológicas. Los servicios ecosistémicos.....	30
2.3.2	El clima como factor modelador del paisaje	31
2.4	El cambio climático. El estado de la cuestión.....	32
2.4.1	La crisis climática actual. El umbral crítico de los 1.5°C.....	33
2.4.2	Escenario de cambio climático para el territorio Navarro. Estudios previos	34
3.	El cambio climático como multiplicador de amenazas. Las cadenas de impacto.	37
3.1	Escenarios proyectados. Resultados del estudio de variabilidad climática.....	37
3.2	Cadenas de impacto	37
3.2.1	Concepto.....	37
3.2.2	Cadenas de impacto definidas. Vulnerabilidad y riesgos sobre los servicios ecosistémicos.....	41
3.2.3	Impactos asociados a las cadenas definidas	47
4.	El cambio climático en los paisajes navarros.....	48
4.1	Amenaza y exposición del paisaje frente al cambio climático: caracterización bioclimática de los paisajes navarros	48
4.1.1	Áreas bioclimáticas y su reflejo paisajístico.....	49
4.1.2	Ámbitos paisajísticos bioclimáticos navarros.....	57

4.1.3	Evolución paisajística en el escenario de cambio climático proyectados	60
4.2	Análisis de la vulnerabilidad y riesgo del paisaje frente al cambio climático.....	65
4.2.1	Elementos y componentes del paisaje: base de la evaluación	65
4.2.2	Identificación y selección de Elementos o componentes vulnerables al cambio climático	70
4.3	Evaluación del riesgo del paisaje frente al cambio climático.....	75
4.3.1	Elementos y componentes modelizados	75
4.3.2	Evaluación del riesgo de componentes forestales	77
4.3.3	Evaluación del riesgo de componentes agrarios y agroforestales.....	80
4.4	Municipalización del riesgo del cambio climático.....	84
4.4.1	Riesgo por cambio de área bioclimática con incidencia paisajística.....	85
4.4.2	Riesgo de mediterraneización del paisaje	86
4.4.3	Riesgo de afección a espacios de interés ecológico-paisajístico	87
4.4.4	Riesgo de afección a los principales elementos del paisaje forestal.....	88
4.4.5	Riesgo de afección a los principales elementos del paisaje agropecuario (Viñedos y campiña atlántica).	89
4.4.6	Riesgo global por afección del cambio climático al paisaje por Término Municipal	90
5.	La gestión adaptativa del paisaje navarro.....	91
5.1	Marco de referencia sobre estrategias y medidas de gestión adaptativa para el paisaje.	93
5.1.1	La adaptación basada en los ecosistemas (AbE)	93
5.1.2	La Infraestructura Verde como eje vertebrador.	94
5.1.3	Los Documentos de paisaje.....	99
5.2	Integración del cambio climático en la definición de objetivos de calidad paisajística	102
5.2.1	Líneas estratégicas. Bloques de medidas	102
5.2.2	Medidas de seguimiento. Gestión dinámica.....	108
5.3	Resultado. Propuesta de aplicación	110
6.	Bibliografía.....	112
6.1	Biodiversidad y servicios ecosistémicos.....	112
6.2	de cambio climático antropogénico.	114
6.3	Paisaje.	116
7.	Glosario de términos.....	119



7.1	Definiciones.....	119
7.1.1	Paisaje.....	119
7.1.2	Clima y cambio climático.....	120
7.2	Abreviaturas y acrónimos.....	121
7.3	Fuentes de referencia.....	123
8.	Anexos.....	125
8.1	Los 6 ámbitos paisajísticos desde la perspectiva bioclimática.....	1
8.2	Tabla resumen de los elementos de paisaje de Navarra.....	1
8.3	Elementos y componentes indicadores.....	1
8.4	Tablas de los servicios ecosistémicos asociados a los elementos testigo de los paisajes de Navarra.....	1
8.5	Paisajes agrarios en el contexto del cambio climático.....	1
8.6	Los incendios en el contexto del cambio climático y su potencial afección a los paisajes de Navarra.....	1
8.7	Tabla resumen de las medidas propuestas.....	1
8.8	Matriz de correspondencia entre los OCP y las Líneas Estratégicas.....	1



Tables

Tabla 3-1 Impactos y riesgos potenciales asociados a las cadenas de impacto definidas.....	47
Tabla 4-1 Termotipos y ombrotipos de Navarra.....	50
Tabla 4-2 Ámbitos paisajísticos bioclimáticos navarros y áreas bioclimáticas en la actualidad.	57
Tabla 4-3 Elementos y componentes de los <i>relieves singulares, paisajes litológicos o erosivos</i> navarros en relación con los condicionantes climáticos.....	66
Tabla 4-4 Elementos y componentes de los <i>paisajes del agua</i> navarros en relación con los condicionantes climáticos.....	66
Tabla 4-5 Elementos y componentes de los paisajes forestales navarros en relación con los condicionantes climáticos. (sierras, montes y otros relieves con bosques, matorrales y pastizales).....	67
Tabla 4-6 Elementos y componentes de los <i>paisajes forestales</i> navarros en relación con los condicionantes climáticos.....	68
Tabla 4-7 Elementos y componentes de los <i>paisajes agroforestales</i> navarros en relación con los condicionantes climáticos.....	68
Tabla 4-8 Elementos y componentes de los <i>paisajes agrarios</i> navarros en relación con los condicionantes climáticos.....	69
Tabla 4-9 Elementos y componentes de los <i>paisajes contruidos</i> navarros en relación con los condicionantes climáticos.....	69
Tabla 4-10 Elementos y componentes 'testigo' de Áreas bioclimáticas.....	70
Tabla 5-1 Correspondencia entre elementos de la IV Navarra y los Paisajes propuestos	96

Figures

Figura 1 Chains of Impact and Climate Risk. Source: NASUVINSA. LIFE-IP NAdapta-CC Project, Action C1.1.....	9
Figura 2 Municipality risk of climate change affecting the landscape	10
Figura 3 Evolution of the bioclimatic areas with special landscape reflection (grouped by the landscape areas they currently define).....	12
Figura 4 Cadenas de Impacto y Riesgo Climático. Fuente: NASUVINSA. Proyecto LIFE-IP NAdapta- CC, Acción C1.1.....	17
Figura 5 Riesgo por afección del cambio climático al paisaje por Término Municipal	18
Figura 6 Evolución de las Áreas bioclimáticas con especial reflejo paisajístico (agrupadas por los ámbitos paisajísticos que definen en la actualidad)	21
Figura 7 Evolución del índice de biodiversidad y su proyección al año 2050. Fuente: Mace et al.,2018.....	30
Figura 8 Esquema escenarios futuros según emisiones con el límite del 1.5°C.3F3F Fuente: V Informe IPCC (2015)	34
Figura 9 Mapas de temperatura media del periodo normal observado 1991-2017 y proyectados 2021-2050, 2051-2080.....	36



Figura 10 Mapas de precipitación total para el período normal observado de 1991-2017 y los períodos proyectados 2021-2050 y 2051-2080.....	36
Figura 11 Cadenas de Impacto y Riesgo Climático. Fuente: NASUVINSA. Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC, Acción C1.1.....	38
Figura 12 Esquema metodológico Cadenas de Impacto en el Paisaje. Elaboración propia.....	38
Figura 13 Relaciones de sistemas: combinación de sistemas socioeconómicos y ecológicos. Fuente: Developing the AQUACROSS Assessment Framework, 2017	40
Figura 14 Beneficios de la Naturaleza	41
Figura 15 Termotipos, ombrotipos, regiones y variantes bioclimáticas con reflejo paisajístico.	55
Figura 16 Principales áreas bioclimáticas con especial reflejo paisajístico	56
Figura 17 Ámbitos paisajísticos desde la perspectiva bioclimática de Navarra.	58
Figura 18 Evolución de Termotipos.....	64
Figura 19 Evolución de Ombrotipos	64
Figura 20 Evolución de las Áreas bioclimáticas con especial reflejo paisajístico (agrupadas por los ámbitos paisajísticos que definen en la actualidad).....	64
Figura 21 Zonificación de Navarra según aptitud climática para vinos de calidad, y evolución para las proyecciones de cambio climático índice de Huglin - IH.....	83
Figura 22 Zonificación de Navarra según aptitud climática para vinos de calidad, y evolución para las proyecciones de cambio climático, según Índice de Frescor Nocturno -IFN	83
Figura 23 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.....	83
Figura 24 Leyenda de riesgo.....	84
Figura 25 Riesgo por cambio de área bioclimática con incidencia paisajística	85
Figura 26 Riesgo de mediterraneización del paisaje.....	86
Figura 27 Riesgo de afección a espacios de interés ecológico paisajístico.....	87
Figura 28 Riesgo de afección a los principales elementos del paisaje forestal.....	88
Figura 29 Riesgo de afección a los principales elementos del paisaje agropecuario.....	89
Figura 30 Riesgo por afección del cambio climático al paisaje por Término Municipal.....	90
Figura 31 Tipología clasificatoria de las medidas según el IPCC	91





1. SUMMARY / RESUMEN EJECUTIVO

1.1 SUMMARY

1.1.1 Structure and object of the guide

The first part of this Guide (Deliverable DC6.1. Landscape and Climate Change Thematic Guide) is based on the systemic concept of landscape -section 2.3-. This is a starting point that has allowed us to approach the character of the Navarra landscape through the different dynamics that take place there. Within this framework, the study focuses on the analysis of the climate factor as a model of the landscape -section 2.3.2-, dedicating a specific section to the conclusions obtained in the study of future climate conditions -section 2.4.2-. The reflection on the effects of climate change on the landscape has been included in section 3 dedicated to the characterization of impact chains. Specifically, the reader will find the analysis of impacts on the landscape -section 3.2.3-.

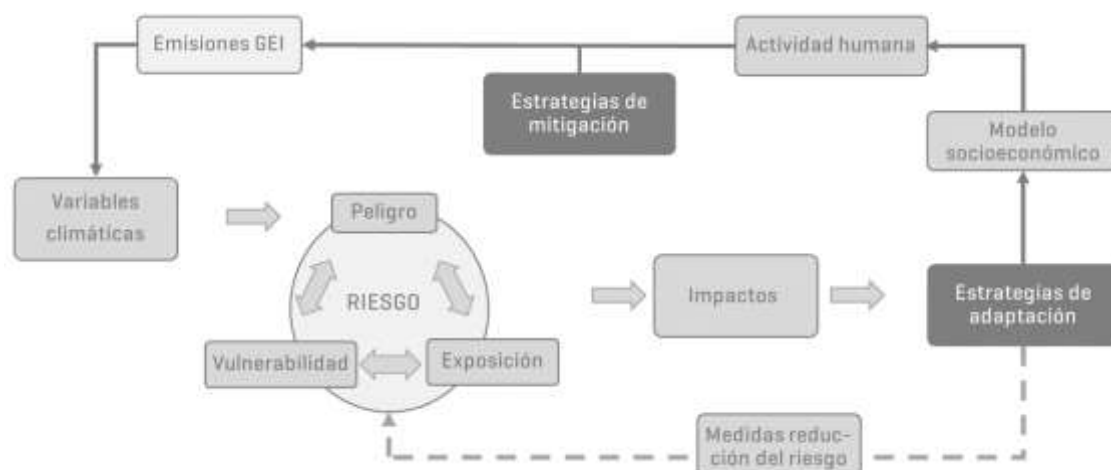


Figura 1 Chains of Impact and Climate Risk. Source: NASUVINSA. LIFE-IP NAdapta-CC Project, Action C1.1..

The second part begins in section 4, concerning analysis of the threats, exposure, vulnerability and risk in the different landscape areas of Navarra. This section 4 explains the methodology used for the delimitation and evolution of bioclimatic landscape areas -appendices 4.1.2 and 4.1.3- and for the detailed analysis of the risk to climate change of the modelled landscape elements and components -appendices 4.2 and 4.3. This risk assessment is taken to the scale of the municipalities of Navarra in section 4.4 through the design of a set of six indicators. The results obtained are used to develop the third part of the work, dedicated to the adaptive management of the Navarra landscape. It articulates a set of lines and blocks of strategic measures to adapt the landscape to climate change, which are developed in detail in the format sheets in Annex 8.7. Finally, the guide responds to one of the initial objectives set out, which is to analyse the adaptation and, where appropriate, incorporation of landscape quality objectives into the set of strategic lines and blocks of measures -section 5-. The guide closes with a series of recommendations for monitoring the effectiveness of the measures.

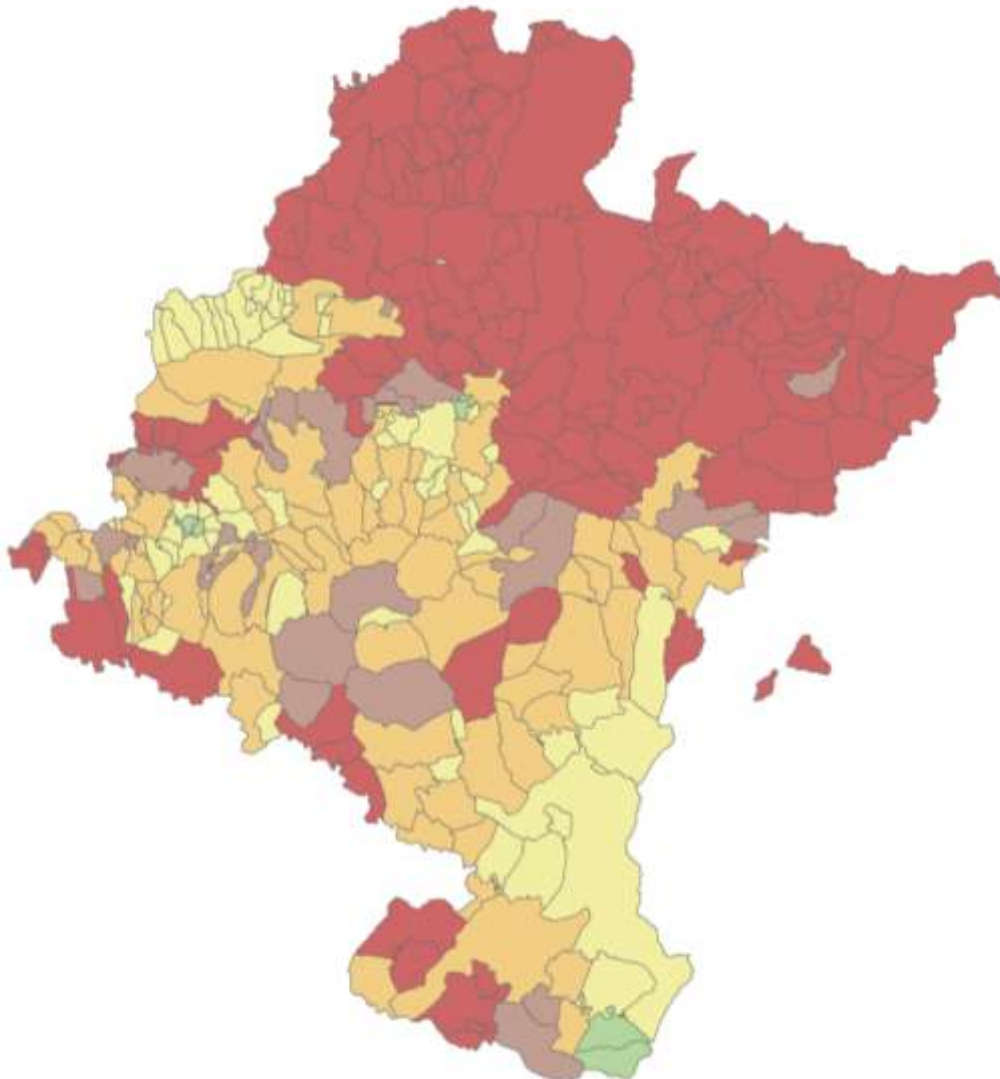


Figura 2 Municipality risk of climate change affecting the landscape

The guide is complemented by documents that characterize and present the main conclusions of the guide. Firstly, landscape analysis is carried out from two scales of analysis. On the one hand, the *landscape areas*, where characterization is offered in the context of Navarra, which allows us to understand the possible evolution as a result of climate change. On the other hand, *Elements and components indicators*, a set of sheets summarizing the characterization of those that best explain the consequences of climate change. Each of them describes its main dynamics, the ecosystem services, the ecological and functional requirements that allow addressing its evolution as a consequence of climate change. It focuses on the main impacts and potential risks that the risk assessment results in. A battery of recommendations for adaptive management is provided for each of them. Secondly, there are documents that address two issues where climate change is very likely to have a relevant impact; *Climate Change in Agrarian Systems and Forest Fires and Climate Change*.

The aim of this study is to evaluate the potential changes in the landscape resulting from climate forcing. Therefore, the modelled results focus especially on those landscape components most directly conditioned by the climate variable: plant formations, natural or planted.

1.1.2 Methodological approach to the study.

The process begins with the analysis and evaluation of the available climate variables (average, maximum and minimum temperature, PET, precipitation, Köppen index, Rivas Martínez aridity index, and continentality index) provided by the Meteorology team in order to characterise the risks associated to Navarra landscape, related to the IPCC's RCP8.5.7 scenario. At the same time, we tried to identify the main Elements and Components of the landscape, as the pieces that make it up. The identification and classification respond to the particularities of each territory, as well as the scale and motivation of such identification. It requires figuring out the complex and heterogeneous factors that shaped the landscape. However, as the objective is the study of potential changes in the landscape derived from climate forcing, both the identification itself and the modelling of the risk are centred on those landscape components most directly conditioned by the climate change. Elements and components are considered to be direct recipients of the threats/risks of climate change, which will immediately affect the exposure and vulnerability of their Ecosystem Services (ES), means of production as well as social organization.

Having analysed the vulnerability and risks of the Navarra landscape, two major impact chains have been identified. The most relevant one, which will act gradually, is a clear trend towards "mediterraneanization" due to the increase in average temperatures and the reduction in water availability. The other two chains will result in drastic changes of an unpredictable nature, due to the tendency towards a more uncertain and extreme climate (more uncertain and extreme rainfall and thermometry). The trend towards "mediterraneanization" will bring a series of impacts and risks, which have led to the modelling of impact chains and their landscape significance, by analysing the possible evolution of Navarra's landscapes under climate change scenarios. To this end, different methodologies have been drawn up depending on the scale of analysis.

As a starting point, the evolution of Navarra's landscapes under climate change scenarios is addressed by identifying Navarra's bioclimatic landscape areas. This allows the generation of a framework of interpretation, as well as facilitating the understanding of the trends of landscape change that may occur in the coming decades. On a larger scale of approximation, which allows territorial management, the main elements and component indicators are evaluated, due to their vulnerability to climate change and as references within the landscape areas themselves.

The evaluation of the forest elements and components is carried out through climatic factors that condition their distribution. On the basis of the statistical study that relates the abundance of each species to each of the factors of analysis at present, Navarra is classified according to classes that attend to the conditions for species development: optimum, marginal or those that are outside the tolerance limits of the species. When transferring the ranges that define these classes to the climatic conditions expected for future periods, it is possible to determine how

the climatic conditions for each species may evolve, and which masses may be affected by these changes, due to moving to marginal or even extramarginal conditions.

It should be stressed that all the analyses have focused on climatic aspects, although it is obvious that there are other factors on which the development of the different plant formations and communities depends, such as soil characteristics (base content, depth, etc.) or topography (slope, exposure), which locally modulate the climatic parameters and finally condition the presence of one or other species.

The risk of landscape change as a consequence of climate change has not been evaluated for components characterized by herbaceous vegetation, among which are integrated most of the elements that make up the agricultural to agroforestry landscape because their vulnerability depends on other factors, mainly socio-economic that cannot be modelled with the designed methodology. In addition, these components are more dynamic with respect to the variation of the species under climatic changes, without affecting their character in any relevant way. However, the risk of the agricultural landscape has been assessed when it composed by woody species, such as vines. In this case, the methodology has been aimed at evaluating the loss of climatic potential for obtaining quality products such as those currently produced.

Finally, the methodology to include the climate change perspective in the territorial planning instruments starts with the review of the measures proposed from different scientific fields for each of the vulnerable elements identified in the Navarra landscape, as well as from the main concerning territorial planning instruments of Navarra.

1.1.3 Landscape evolution in the climate change scenario.

The results obtained from the application to the climate data projected for the periods 2021-2050 and 2051-2080 of the methodology explained for the determination of bioclimatic areas, are revealing of a marked change in the bioclimatic characteristics of Navarra.

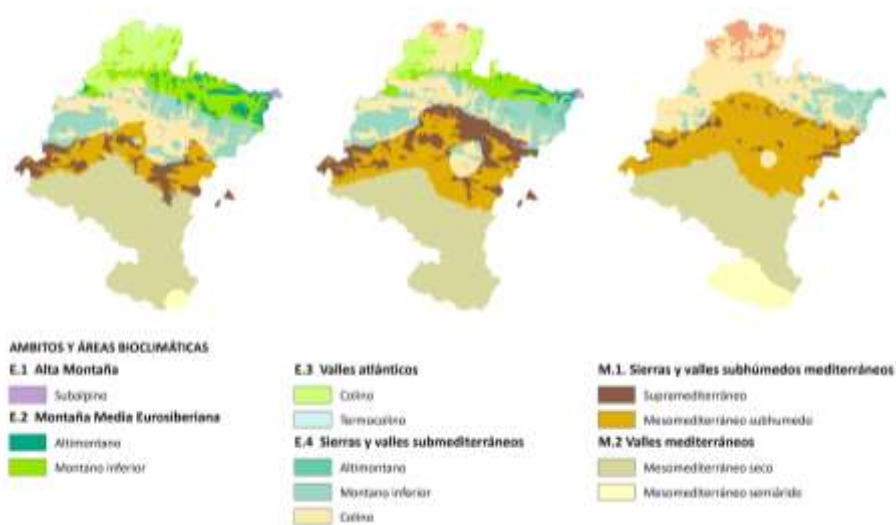


Figura 3 Evolution of the bioclimatic areas with special landscape reflection (grouped by the landscape areas they currently define).



The most outstanding feature of a first approach is the significant northward movement of the line that separates the Eurosiberian and Mediterranean regions, with a large part of the strip that is now Eurosiberian submediterranean becoming Mediterranean. On the other hand, the conversion of the Eurosiberian strip without summer drought, associated with the green landscapes of mesophilic meadows and deciduous forests, an unquestionable part of the identity of the north of Navarre, to the submediterranean variant, more typical of landscapes where the effects of a certain summer drought can be seen, and where the dominant forests are those of marcescent trees, such as the pubescent oak. This transformation is partial in the period 2021-2050, penetrating northwards through the Araxes, Bidasoa and Baztan valleys. It then advances until it is completed during the period 2051-2080, in which, according to the data analysed, the whole of Navarre will suffer to a greater or lesser extent from summer drought, that is, there will no longer be a presence of Eurosiberian Navarre that is not submediterranean.

Furthermore, according to the results, the bioclimatic belts will tend to rise in height, producing a dissociation between the altitudinal bands and their characteristic bioclimatic conditions, as we know them today.

The subalpine or orotemperate bioclimatic belt, associated with high mountains, will rise in altitude and, given that Navarrese Pyrenees heights do not exceed 2,500 metres, it could practically disappear. The bioclimatic mountain belts, both supratemperate belt and supramediterranean belt, will also rise in altitude and reduce their extension because of the advance of the mesotemperate and mesomediterranean belts over their lower limit.

In the lower part of the valleys there are significant bioclimatic changes as well. Especially noteworthy is the expansion of the thermotemperate belt in northern Navarre, usually associated with areas closer to the Cantabrian coast. In southern Navarre, in the area known as the Mediterranean Valleys, there would be fewer changes, only semiarid ombrotype increase from the extreme south to the banks of the Ebro in Tudela, during the period 2051-2080.

Although it is true that in the Navarrese landscapes there are significant examples of relict vegetation, vestiges of climatic changes in the past, which provide us with valuable information, the ecological and scenic consequence that this new situation will bring is difficult to delimit in all its dimension. The complexity of natural ecosystems and the rapid pace of projected climate change raises many questions for the scientific community and inevitably leads to speculation in the absence of comparable historical records. In Navarre, moreover, the great biodiversity that characterises its territory should be taken into account as a very relevant factor when assessing the possible consequences, in relation to its biogeographical situation between the Mediterranean, Atlantic and Alpine worlds, which gives it greater resilience in the face of the rapid bioclimatic changes shown by the models.

In any case, in recognition of the complexity of the situation we are faced with, we have listed some of the main adaptation mechanisms that could affect the Navarrese landscape in a more striking way if the climate projection managed for this study were to be fulfilled.





Within this framework of important bioclimatic variations, especially those associated with the increasing summer drought, disturbances such as forest fires will probably be the most drastic mechanisms and those with the greatest restructuring power. The depopulation suffered by the rural environment and the gradual loss of the productive function of the agroforestry system (agroforestry mosaics, firewood, extensive stockbreeding, forest exploitation, etc.) is leading to a significant increase in the quantity and continuity of forest fuel, which is particularly worrying in the surroundings of population settlements where the risk is greater. If to this factor we add the situation of decline and stress that, according to the scenario of change explained, is expected in large areas of forests that are increasingly distant from the environmental conditions that once favoured their development, the increased risk of high-intensity fires constitutes a serious threat. The increase in extreme weather events, with greater frequency and intensity of storms and heat waves, would undoubtedly aggravate the risk of these fires, which can affect large areas because of their great destructive power and their high difficulty in 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 pests and diseases is expected, because of the greater vulnerability and decline of forests, as well as an increase in invasive exotic species that benefit from the new climatic conditions, closer to those of their regions of origin.

On the other hand, plant formations and communities present in these areas of change will progressively change in their natural adaptation to the new climatic conditions. The increase in drought will generally tend to lead to tree formations that are increasingly open in thickness, which could favour the establishment of other species. In shrub formations, soil cover will also decrease as water availability decreases. Morphological adaptations to reduce evapotranspiration will increase, and mediterranean and submediterranean species will develop in more northern latitudes, while hydrophilic species will be the first to start suffering the consequences of the appearance of summer drought in areas where this was not previously the case. In addition, the generalised increase in temperatures will have the foreseeable consequence of a progressive rise in the altitude of the 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 gradual and will depend on the seed bank present in the soil and the migratory and altitudinal ascent possibilities provided in each situation by the local topography.

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 the Atlantic Navarre is represented by the Atlantic countryside, closely linked to the valley bottoms and gently rolling hillsides of the hill country. The scenario analysed proposes the passage of all these valleys to the submediterranean variant, characterised by a certain summer drought. These submediterranean hill valleys are currently found in the Sakana corridor, in the Amescoas, and in part of the Pamplona and Aoiz basins. In these landscapes, there are meadows, but these often share prominence with dryland



cereal crops. Woodlands and hedgerows may be present, but they are less frequent and marcescent species appear in their composition. In short, the countryside in the submediterranean areas persists, but a large part of the landscape features typical of what is known as the Atlantic countryside change.

Vineyards are another characteristic crop of Navarre's agricultural landscape, particularly those in the southern half of Mediterranean Navarre. It is closely associated with the mesomediterranean belt, from dry to subhumid, although it can occur in the subarid in an irrigated regime. It is also a common crop at the foot of the slopes of the mediterranean mountains, on the supra-mediterranean belt, where it rises to heights of up to 750 m. In the Eurosiberian region, however, the vineyards are of a specific nature and for self-consumption, outside the Denominations of Origin recognised in Navarre. In a first analysis, from the climate change scenario that is proposed, with the increase of the Mediterranean region towards the north, it could be deduced that the vineyard would benefit from the increase of territories more suitable for its development, although in the south the availability of water for irrigation will play a fundamental role.

In a more detailed analysis, the results of which are given in Annex 8.3, it is noted that, although physiologically the cultivation of the vine does not appear to be threatened, the expected large rise in temperature may seriously affect the quality of the wine. The sector will probably have to face the loss of profitability and make a major adjustment of varieties and cultivation techniques to alleviate these unwanted effects. It is expected that all of this will lead to changes in the landscape, some current vineyards will be abandoned due to lack of profitability or lack of the necessary water availability, others will rise 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 result of the new techniques introduced. Again, remember the complexity of analysing change in agricultural landscapes.

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, stands as a "Comprehensive Adaptation Strategy". This "green approach" (included in the IPCC classification of 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 into large blocks set out as strategic lines, formulated to achieve major climate change adaptation objectives. Each of them includes an articulated package of measures to adapt to different scales:

L01: CONSERVATION, MANAGEMENT AND SUSTAINABLE FOREST RESTORATION

- E01: Conservation of forest formations
- E02: Riparian forest conservation and restoration
- E03: Maintenance of forest cover at the head of the basin
- E04: Promotion of mixed forests.
- E05: Increase in genetic diversity of forests
- E06: Specific measures for fire fighting and fire reduction
- E07: Management of high-value ecosystems and reduction of pressure on protected areas



L02: ENHANCEMENT OF CONNECTIVITY, HETEROGENEITY AND MULTIFUNCTIONALITY OF THE LANDSCAPE

- E01: Reduction of fragmentation and low forest densities to contribute to connectivity
- E02: Enhancement of connectivity, heterogeneity and multifunctionality of the landscape

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

- E01: Renaturalization of watercourses River restoration/rehabilitation.
- E02: Adaptation of water resources to change scenarios
- E03: Protection, conservation, management and restoration of wetlands and groundwater

L04: CONSERVATION OF BIOLOGICAL AND AGRICULTURAL DIVERSITY

- E01. Conservation of agricultural genetic diversity.
- E02. Fight against invasive alien species.
- E03: Strengthen phytosanitary strategies

L05: REGENERATIVE AGRICULTURE IN AGROFORESTRY SYSTEMS AND AGRICULTURAL LANDSCAPES.

- E01: Crop diversification and integration of livestock, forestry and agricultural activities
- E02: Improvement of water retention in agricultural land.

L06: Strategies for the protection, management and restoration of agricultural soils

- E01: Comprehensive land use planning and adaptation

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

- E01: Climate change education and awareness
- E02: Governance and social co-responsibility

The application of these measures is proposed through integrated management with the Green Infrastructure Strategy, and especially for each of the vulnerable elements and components identified in the Navarre landscape. Integration in territorial planning will require the revision of the Territorial Strategy of Navarre, as a reference framework for the Territorial Planning Plans, instruments where it will be necessary to reformulate in order to integrate climate change and landscape adaptation from a multiscale 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 review the Landscape Quality Objectives for those Navarrese landscape documents that have not taken climate change into account as a fundamental aspect in their definition.

The recommendation in this paper is not to delay the implementation of such measures beyond the next five years.



1.2 RESUMEN EJECUTIVO

1.2.1 Estructura y objeto de la guía

La presente *“Guía de Paisaje y Cambio climático”* [Entregable DC6.1.1 del proyecto LIFE-IP NAdapta-CC, acción 6.1) se construye, en su primera parte, sobre la base que nos ofrece la concepción sistémica del paisaje -apartado 2.3-. 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, el estudio se detiene en el análisis del factor climático como modelador del paisaje -apartado 2.3.2-, dedicando un epígrafe específico a las conclusiones obtenidas en el estudio de las futuras condiciones climáticas -apartado 2.4.2-. La reflexión sobre los efectos del cambio climático en el paisaje ha quedado recogida en el apartado 3 dedicado a la caracterización de las cadenas de impacto. Es en este punto de la guía, donde el lector podrá encontrar el análisis de impactos sobre el paisaje -apartado 3.2.3-.

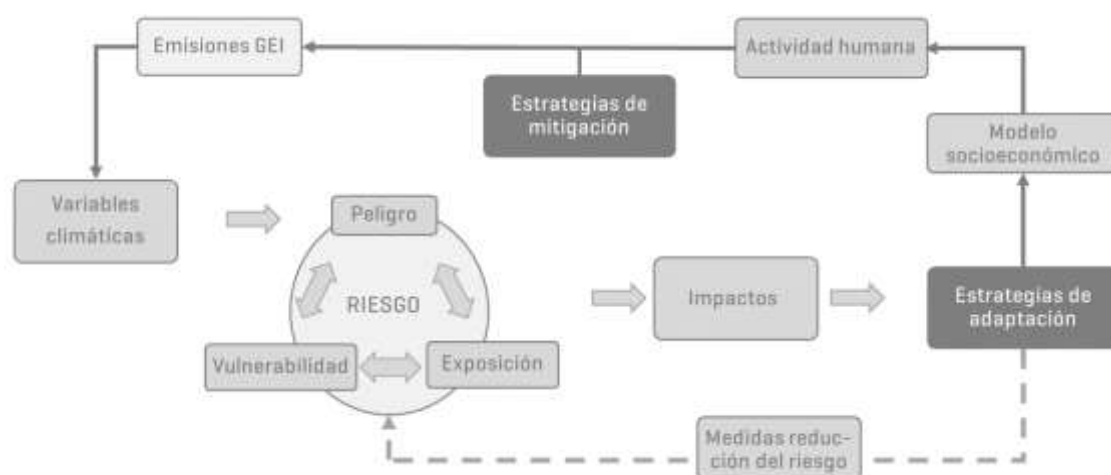


Figura 4 Cadenas de Impacto y Riesgo Climático. Fuente: NASUVINSA. Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC, Acción C1.1.

La segunda parte se inicia en el apartado 4, con el análisis de las amenazas, exposición, vulnerabilidad y riesgo en los diferentes ámbitos paisajísticos navarros. En este capítulo 4 se explica la metodología aplicada para la delimitación y evolución de los ámbitos paisajísticos bioclimáticos -apdo. 4.1.2 y 4.1.3- y el análisis pormenorizado del riesgo frente al cambio climático de los elementos y componentes paisajísticos modelizados -apdo. 4.2 y el 4.3. en el que en formato de fichas se recoge la información pormenorizada sobre cada uno de los elementos paisajísticos seleccionados-. Esta evaluación del riesgo se lleva a la escala de los municipios navarros en el apartado 4.4 a través del diseño de un conjunto de seis indicadores. Los resultados obtenidos dan pie al desarrollo del tercer bloque de la obra, el dedicado a la gestión adaptativa del paisaje navarro. En él se articula un conjunto de líneas y bloques de medidas estratégicas de adaptación del paisaje al cambio climático, que se desarrollan detalladamente en formato fichas en el anejo 8.7. Por último, la guía 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 -apdo. 5-. La guía se cierra con una serie de recomendaciones para el seguimiento de la eficacia de las medidas.

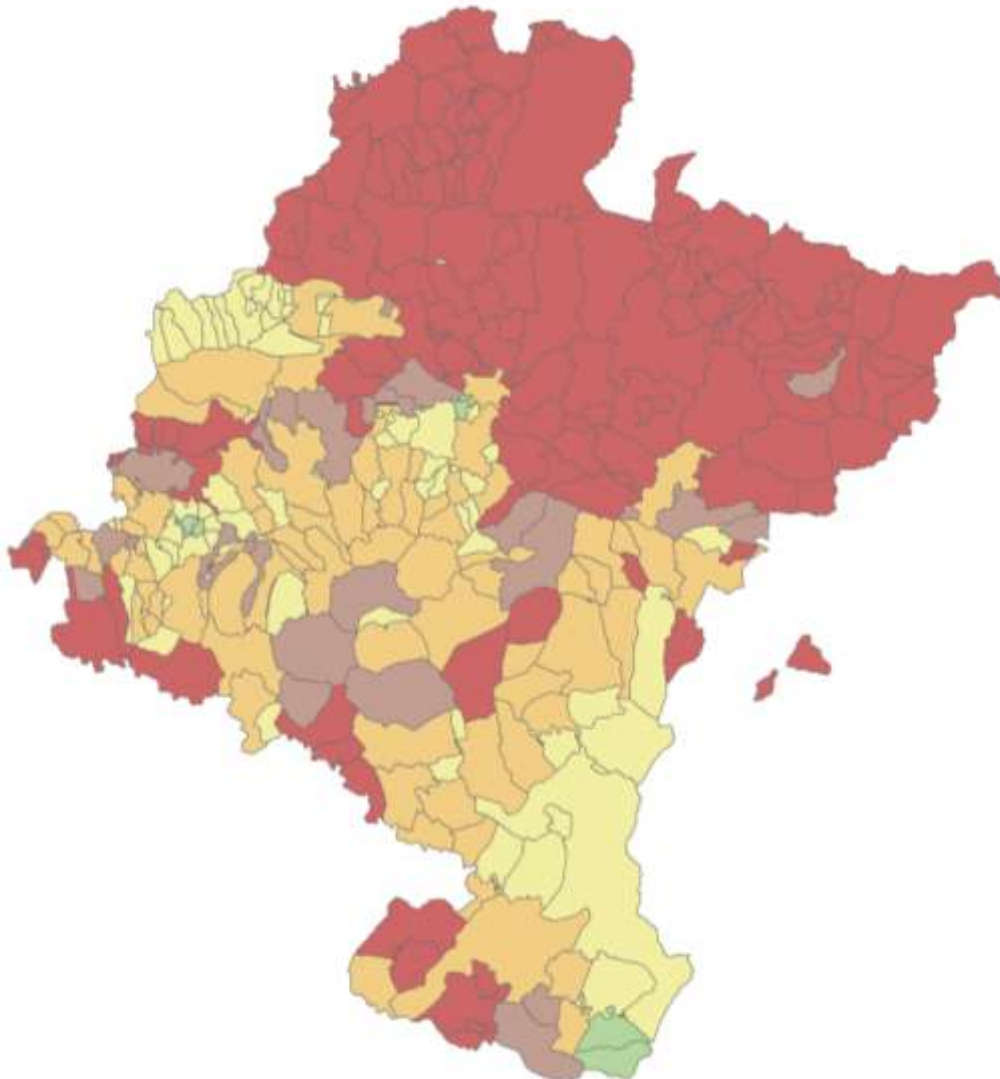


Figura 5 Riesgo por afección del cambio climático al paisaje por Término Municipal

La guía se complementa con documentos que caracterizan y exponen las principales conclusiones de esta. Por un lado, el análisis paisajístico desde dos escalas de análisis. Los *Ámbitos paisajísticos de base bioclimática*, donde se ofrece su caracterización en el contexto navarro, la cual permite entender la posible evolución como consecuencia del cambio climático. Por otro, *Elementos y componentes indicadores*, conjunto de fichas donde se resume la caracterización de aquellos que mejor explican las consecuencias del cambio climático. En cada una de ellas se describen sus principales dinámicas, los servicios ecosistémicos, las requerimientos ecológicos y funcionales que permiten abordar su evolución como consecuencia del cambio climático. Este se centra en los principales impactos y riesgos potenciales que da lugar a la evaluación del riesgo. Culmina para cada uno de ellos se ofrece una batería de recomendaciones de aplicación para la gestión adaptativa. Por otro, documentos que abordan dos cuestiones donde el cambio climático es muy posible que afecte de forma relevante; *Cambio Climático en Sistemas Agrarios e Incendios forestales y cambio climático*.

El objeto del presente estudio se ciñe al estudio de los cambios potenciales en el paisaje derivados del forzamiento climático. Por tanto, los resultados modelizados se centran especialmente en aquellos componentes paisajísticos más directamente condicionados por la variable climática: las formaciones vegetales, naturales o plantadas.

1.2.2 Planteamiento metodológico de estudio

El proceso se inicia con el análisis y valoración de las variables climáticas disponibles (temperatura media, máxima y mínima, ETP, precipitación, índice Köppen, índice de aridez Rivas Martínez, índice de continentalidad] aportadas en el “Estudio de variabilidad climática” [entregable DC6.2.1 del proyecto LIFE-IP NAdapta-CC) para la caracterización de los riesgos que se ciernen sobre el paisaje navarro, derivados del escenario RCP8.5 del IPCC. En paralelo, se trató de identificar los principales Elementos y Componentes del paisaje, como piezas que lo configuran. La identificación y clasificación, responde a las particularidades propias de cada territorio, así como a la escala y la motivación de dicha identificación. Requiere desentrañar los complejos y heterogéneos factores que lo modelaron. 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 la variable climática. 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 plantado distintas metodologías en función de la escala de análisis.

Como punto de partida, la evolución de los paisajes navarros ante los escenarios de cambio climático se aborda a partir de 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. En una escala de aproximación mayor, que permite una gestión territorial, se evalúan los principales Elementos y componentes indicadores, por su vulnerabilidad ante el cambio climático y como referentes dentro de los propios Ámbitos paisajísticos.

Los Ámbitos paisajísticos 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 áreas bioclimáticas con especial reflejo paisajístico para el periodo actual, que son las unidades bioclimáticas que se identifican con rasgos claves del paisaje vegetal navarro. Se definen a través del cálculo de macrobioclimas, variantes bioclimáticas y pisos bioclimáticos (termotipos y ombrotipos), según la metodología de la clasificación bioclimática de Rivas- Martínez, para cada uno de los tres periodos de análisis.

La evaluación de los elementos y componentes de naturaleza forestal se realiza a través de factores climáticos condicionantes de su distribución. Sobre la base del estudio estadístico que relaciona la abundancia de cada especie con cada uno de los factores de análisis en la actualidad, se clasifica Navarra según clases que atienden a las condiciones para su desarrollo: óptimas, marginales o aquellas que quedan fuera de los límites de tolerancia de la especie. Al trasladar los rangos que definen dichas clases a las condiciones climáticas previstas para los periodos futuros, es posible determinar cómo pueden evolucionar los condicionantes climáticos para cada especie, y qué masas se pueden ver afectadas por los cambios de estos, por pasar a encontrarse bajo condiciones marginales o incluso extramarginales.

Todos los análisis se han centrado en los aspectos climáticos, aunque es obvio que existen otros factores de los cuales depende el desarrollo de las distintas formaciones y comunidades vegetales, como las características del suelo (contenido en bases, profundidad, etc.) o la topografía (pendiente, exposición), cuya influencia modulan localmente los parámetros climáticos y condicionan localmente la presencia de unas u otras especies.

No se ha evaluado el riesgo de cambio paisajístico como consecuencia del cambio climático de componentes caracterizados por vegetación herbácea, entre los que se integran la mayor parte de los elementos integrantes del paisaje agrario a agroforestal porque su vulnerabilidad depende de otros factores, principalmente socioeconómicos que no se pueden modelizar con la metodología diseñada. Es el caso significativo de los pastos, tan característico de los usos humanizados en Navarra. Además, estos componentes presentan un mayor dinamismo respecto a la variación de las especies frente a alteraciones climáticas, sin que afecte de forma relevante a su carácter. Por el contrario, se ha evaluado el riesgo del paisaje agrario cuando está caracterizado especies leñosas, como los viñedos. En estos, la metodología se ha dirigido a evaluar la pérdida de potencialidad climática para la obtención de productos 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](#)

Los resultados obtenidos de la aplicación a los datos climáticos proyectados para los periodos 2021-2050 y 2051-2080 de la metodología explicada para la determinación de áreas bioclimáticas, **son reveladores de un acusado cambio de las características bioclimáticas de Navarra.**



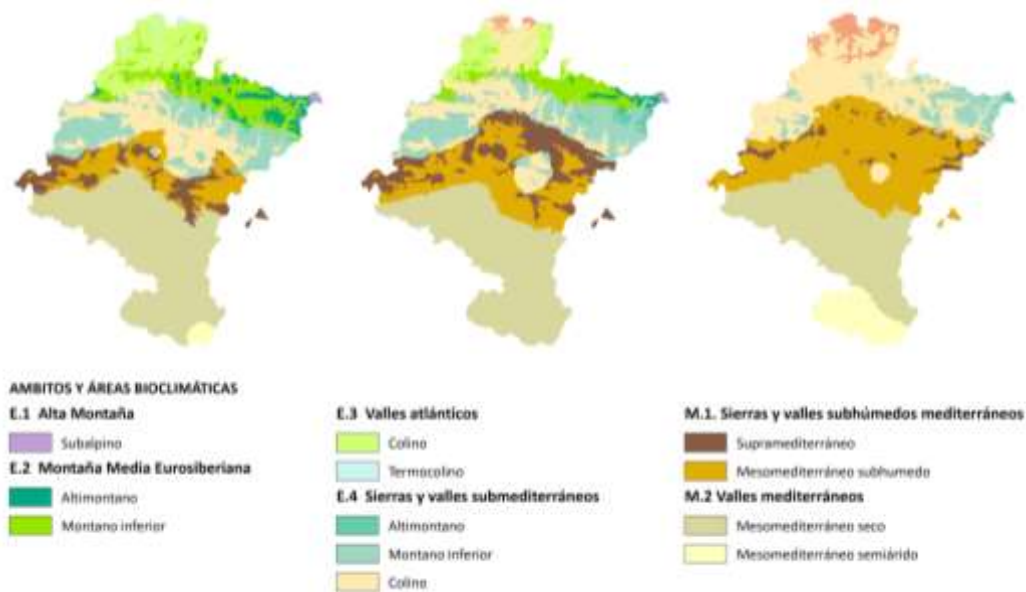


Figura 6 Evolución de las Áreas bioclimáticas con especial reflejo paisajístico (agrupadas por los ámbitos paisajísticos que definen en la actualidad).

Lo más destacado en una primera aproximación es el importante desplazamiento hacia el norte de la línea que separa las regiones eurosiberiana y mediterránea, pasando a ser mediterránea gran parte de la franja que en la actualidad es eurosiberiana submediterránea. Por otra parte, destaca la conversión de la franja eurosiberiana sin sequía estival, asociada a los verdes paisajes de prados mesófilos y bosques de frondosas caducifolias, parte indudable de la identidad del norte de Navarra, a la variante submediterránea, más propia de paisajes en los que se dejan ver los efectos de cierta sequía estival, y donde los bosques dominantes son los de frondosas marcescentes, como el roble pubescente. Esta transformación es parcial en el periodo 2021-2050, penetrando hacia el norte por los valles del Araxes, Bidasoa y Baztán. Posteriormente avanza hasta completarse durante el periodo 2051-2080, en el que según los datos analizados toda Navarra sufrirá en mayor o menor medida, sequía estival, es decir, ya no quedará presencia de la Navarra eurosiberiana no submediterránea.

Además, según los resultados, los pisos bioclimáticos tenderán a ascender en altura, produciéndose una disociación entre las bandas altitudinales y sus condiciones bioclimáticas características, tal y como las conocemos en la actualidad.

El piso bioclimático subalpino, asociado a la alta montaña, ascenderá en altitud y, dado que las cotas en el pirineo navarro no superan los 2.500 metros, podría acabar prácticamente por desaparecer. Los pisos bioclimáticos característicos de sierras y montañas de altitud moderada, tanto eurosiberianas (piso montano) como mediterráneas (piso supramediterráneo), también se desplazarán en altitud y reducirán su extensión al avanzar sobre su límite altitudinal inferior los pisos colino y mesomediterráneo, respectivamente.

En la parte baja de los valles también hay cambios bioclimáticos reseñables. Especialmente destacada es la aparición y expansión del termocolino en la Navarra septentrional, asociado habitualmente a zonas más próximas a la costa cantábrica, si bien es cierto que algunos autores



mencionan la existencia de especies termófilas bioindicadoras de este. En la Navarra meridional, en el ámbito denominado *Valles mediterráneos*, los cambios son escasos y únicamente cabe mencionar el aumento del semiárido en el periodo 2051-2080, desde el extremo sur hasta la ribera del Ebro en Tudela.

Aunque es cierto que en los paisajes navarros existen ejemplos significativos de vegetación relictiva, vestigios de cambios climáticos en el pasado, que nos aportan una valiosa información, la consecuencia ecológica y paisajística que esta nueva situación traerá consigo es difícil de acotar en toda su dimensión. La complejidad de los ecosistemas naturales y el rápido ritmo de cambio climático previsto plantea numerosas incógnitas a la comunidad científica y conduce inevitablemente a la especulación ante la falta de registros históricos comparables. En Navarra, además, conviene tener en cuenta como factor muy relevante a la hora de evaluar las posibles consecuencias, la gran biodiversidad que caracteriza su territorio, relacionada con su situación biogeográfica entre el mundo mediterráneo, el atlántico y el alpino, que le concede una mayor resiliencia frente a los rápidos cambios bioclimáticos que muestran los modelos.

En cualquier caso, reconocida la complejidad de la situación que se nos plantea, se han enumerado algunos de los principales mecanismos de adaptación que podrían afectar de forma más llamativa al paisaje navarro si finalmente se cumpliera la proyección climática manejada para el presente estudio.

En este marco de importantes variaciones bioclimáticas, especialmente las asociadas a la creciente sequía estival, perturbaciones como los incendios forestales serán probablemente los mecanismos 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 este factor se le añade la situación de decaimiento y estrés que, según el escenario de cambio explicado, 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, como consecuencia de la mayor vulnerabilidad y decaimiento de los bosques, así como un aumento de especies exóticas invasoras que se beneficien de las nuevas condiciones climáticas, más próximas a las de sus regiones de origen.

Por otra parte, las formaciones y comunidades vegetales presentes en estas zonas de cambio sufrirán progresivas transformaciones en su adaptación natural a las nuevas condiciones climáticas. El aumento de la sequía tenderá a provocar en general formaciones arbóreas cada vez más



abiertas en espesura, lo que podría favorecer el establecimiento de otras especies, entre las que con carácter general cabe destacar los pinos, silvestre o royo en las localizaciones eurosiberianas y carrasco y laricio en las mediterráneas. En las formaciones arbustivas, también disminuirá la cobertura del suelo a medida que disminuya la disponibilidad hídrica. Aumentarán las adaptaciones morfológicas para reducir la evapotranspiración, y 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. Estos desplazamientos en latitud y altitud, por las limitaciones propias de las plantas, serán más o menos lentos y progresivos y dependerán del banco de semillas presente en el suelo y de las posibilidades migratorias y de ascenso altitudinal que en cada situación proporcione la topografía del relieve.

El estudio de la evolución bioclimática se centra especialmente en las características de los paisajes naturales, pero de él también pueden deducirse otras consecuencias sobre este tipo de paisajes, muy especialmente en los de marcado carácter 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 a la variante submediterránea, caracterizada por cierta sequía estival. Estos valles colinos submediterráneos se dan en la actualidad en el corredor de Sakana, en las Amescoas, y en parte de la cuenca de Pamplona y de Aoiz. En estos paisajes, hay prados, pero éstos a menudo comparten protagonismo con los cultivos cerealistas en secano. Los bosquetes y setos de arbolado pueden estar presentes, pero son menos frecuentes y en su composición aparecen las especies marcescentes. En definitiva, la campiña en las zonas submediterráneas persiste, pero cambian gran parte de las características paisajísticas propias de lo que se conoce como campiñas atlánticas.

El viñedo es otro cultivo característico de los paisajes agrícolas navarros, en concreto los de la mitad sur, en la Navarra mediterránea. Se encuentra muy asociado al piso mesomediterráneo, de seco a subhúmedo, aunque puede darse en el subárido en régimen de regadío. También es un cultivo habitual al pie de las laderas de las sierras mediterráneas, en el piso supramediterráneo, donde sube a cotas de hasta 750 m. En la región eurosiberiana, sin embargo, los viñedos son de carácter puntual y para autoconsumo, fuera de las Denominaciones de Origen reconocidas en Navarra. En un primer análisis, del escenario de cambio climático que se plantea, con el aumento de la región mediterránea hacia el norte, podría deducirse que el viñedo se vería beneficiado por el aumento de territorios bioclimáticamente más aptos para su desarrollo, aunque en el sur jugará un papel fundamental la disponibilidad hídrica para regadíos.

En un análisis más detallado de su riesgo, cuyos resultados se ofrecen el anejo 8.3, 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 podrían abandonarse 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.

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:

L01: 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 presiones espacios protegidos.

L02: POTENCIACIÓN DE LA CONECTIVIDAD, HETEROGENEIDAD Y MULTIFUNCIONALIDAD DEL PAISAJE

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

L03: 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 humedales y aguas subterráneas.

L04: CONSERVACIÓN DIVERSIDAD BIOLÓGICA-AGRÍCOLA

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

L05: AGRÍCULTURA 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 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.

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. Introducción. Una guía didáctica y operativa

La presente Guía se construye, en su primera parte, sobre la base que nos ofrece la concepción sistémica del paisaje (apartado 2.3). 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 (apartado 2.3.2), dedicando un epígrafe específico a las conclusiones obtenidas en el estudio de los futuros escenarios climáticos proyectados (apartado 2.4.2). La reflexión sobre los efectos del cambio climático en el paisaje ha quedado recogida en el apartado 3 dedicado a la caracterización de las cadenas de impacto. Es en este punto de la guía, donde el lector podrá encontrar el análisis de impactos sobre el paisaje (apartado 3.2.3).

La segunda parte se inicia en el apartado 4, con el análisis de las amenazas, exposición y vulnerabilidad y riesgo en los diferentes ámbitos paisajísticos navarros. En este capítulo 4 se explica la metodología aplicada para la delimitación y evolución de los ámbitos paisajísticos bioclimáticos (apdo. 4.1.2 y 4.1.3) y en el análisis pormenorizado del riesgo frente al cambio climático de los elementos y componentes paisajísticos modelizados (apdo. 4.2) y el 4.3, en el que en formato de fichas se recoge la información pormenorizada sobre cada uno de los elementos paisajísticos seleccionados. Esta evaluación del riesgo se lleva a la escala de los municipios navarros en el apartado 4.4 a través del diseño de un conjunto de seis indicadores.

Los resultados obtenidos dan pie al desarrollo del tercer gran bloque de la obra, el dedicado a la gestión adaptativa del paisaje navarro. En él se articula un conjunto de líneas y bloques de medidas estratégicas de adaptación del paisaje al cambio climático, que se desarrollan detalladamente en formato fichas en el anejo 8.7. En dicho anexo, se encuentra la línea estratégica L7 titulada "Formación y sensibilización. Toma de conciencia y corresponsabilidad. La transición social". En ella, se da respuesta a la necesaria toma de conciencia sobre la "emergencia climática" (declarada por el Parlamento Europeo el 28 de noviembre de 2019) aplicada en la escala local. Se trata de instalar el discurso de la crisis climática en la vida cotidiana, a partir de los datos recopilados en la presente guía. En esta misma línea estratégica se incluye un bloque de medidas sobre corresponsabilidad social, en el que se recogen acciones que interpelan a todos los agentes sociales, convirtiéndolos en partícipes y líderes de éstas. Serían acciones tanto de carácter operativo como administrativo.

Por último, la guía da respuesta a uno de los objetivos iniciales planteados que es la de analizar la adecuación y, en su caso incorporación, de los objetivos de calidad paisajística al conjunto de líneas estratégicas y bloques de medidas (apdo. 5). La guía se cierra con una serie de recomendaciones para el seguimiento de la eficacia de las medidas.

La guía se complementa con documentos (anexos del apartado 8) que caracterizan y exponen las principales conclusiones de esta. Por un lado, el análisis paisajístico desde dos escalas de análisis. Por un lado, los Ámbitos paisajísticos, donde se ofrece su caracterización en el contexto navarro, la cual permite entender la posible evolución como consecuencia del cambio climático. Por otro, Elementos y componentes indicadores, conjunto de fichas donde se resume la caracterización de aquellos que mejor explican las consecuencias del cambio climático. En cada una de ellas se describen sus principales dinámicas, los servicios ecosistémicos, las requerimientos





ecológicos y funcionales que permiten abordar su evolución como consecuencia del cambio climático. Este se centra en los principales impactos y riesgos potenciales que da lugar a la evaluación del riesgo. Culmina para cada uno de ellos se ofrece una batería de recomendaciones de aplicación para la gestión adaptativa. Además, documentos que abordan dos cuestiones donde el cambio climático es muy posible que afecte de forma relevante al paisaje: *Cambio Climático en Sistemas Agrarios e Incendios forestales y cambio climático*.

2.1 [Antecedentes y contextualización](#)

La Guía va dirigida, en primera instancia, a los equipos técnicos responsables de la elaboración de los documentos estratégicos de ordenación territorial y gestión del paisaje en Navarra. La obra pretende inducir una profunda reflexión sobre la crisis ambiental global en la que nos encontramos inmersos, y en la que el cambio climático es la manifestación más inquietante. Para ello, se ofrece una síntesis del estado de la cuestión y de las claves que se deberán abordar inevitablemente en materia de adaptación al cambio climático en la Comunidad Foral. Sin embargo, dada la trascendencia del tema, la Guía aspira a llegar al conjunto de la ciudadanía. Por ello, se ha procurado modular el discurso y cuidar el mensaje en clave didáctica y divulgativa. Conviene recordar que uno de los objetivos establecidos en la “Acción por el clima” -objetivo de desarrollo sostenible número 13 de Naciones Unidas- es el de “Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana” [13.3 ODS, Agenda para el Desarrollo Sostenible-Naciones Unidas, 2015)

2.2 [El desafío del cambio climático y su incidencia en la ordenación territorial](#)

En el Marco de Sendai Riesgo Mundial 2015-2030 (2015) se estableció con total rotundidad que los peligros interactúan entre sí en formas cada vez más complejas y que la vulnerabilidad puede tener innumerables dimensiones. El cambio climático interactúa con la alarmante pérdida de biodiversidad y la alteración de los grandes ciclos biogeoquímicos, dibujando un escenario de crisis ambiental global. Una década antes, el informe de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005) ya apuntó en esa misma dirección al aseverar que “...Durante los últimos cincuenta años, los seres humanos han cambiado los ecosistemas más rápida y extensivamente que en ningún otro período comparable de la historia humana [...]. Esto se ha traducido en una pérdida sustancial y tremendamente irreversible de la diversidad de la vida en la Tierra”. Este es el contexto de crisis global -ambiental y social- en el que estamos inmersos y en el que el cambio climático es el motor de arrastre, que nos sitúa ante un escenario absolutamente preocupante que no deja margen a la especulación.

Es necesario asumir que ya resulta imposible evitar el cambio climático en todas sus dimensiones y que, por tanto, tenemos que incrementar exponencialmente nuestra capacidad de adaptación. Y este urgente desafío debe de ser abordado de forma global y coordinada. El desafío del cambio global es de naturaleza transversal, con un estrecho vínculo con la totalidad de las políticas públicas. Por ello, urge, en primera instancia, actualizar los programas y documentos estratégicos de ordenación territorial, mediante una revisión en profundidad de sus diagnósticos





de situación; así como, de las directrices y objetivos de calidad paisajística propuestos para las próximas décadas. En todos ellos, la búsqueda de una adecuada adaptación y resiliencia a los escenarios de cambio climáticos deberían ser sus ejes prioritarios. Esta imprescindible coordinación y transversalidad de las políticas va más allá de los límites administrativos de la Comunidad Foral. En todas las agendas internacionales el cambio climático ocupa un lugar prioritario. Así, tal y como afirmaba el Observatorio Territorial de Navarra (2013) " ... El cambio climático requiere soluciones de cooperación internacional a escala global y regional." Nuestro referente próximo lo constituye la Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático, en el que se fijan las grandes medidas estratégicas con las que se alinean los contenidos de la presente Guía.

El paisaje se erige en una privilegiada referencia para evaluar el alcance de los impactos derivados del cambio climático; así como y diseñar estrategias de adaptación. Además, el paisaje, en tanto que concepto inmediato y perceptible por el hombre, se convierte en un importante referente para sensibilizar sobre los efectos del cambio climático.

El cambio climático desplegará toda una serie de efectos encadenados con incidencia directa sobre la biodiversidad y la actividad primaria. Estos impactos derivarán en una mayor inestabilidad de los paisajes navarros, viéndose afectadas su estructura y dinámicas, tanto naturales como antrópicas. Es decir, el carácter de los diferentes paisajes navarros sufrirá alteraciones evidentes. Para el caso de los paisajes agrarios, la disponibilidad de agua y el estrés térmico forzarán el despliegue de medidas adaptativas. El patrimonio natural navarro se verá presionado debido a las amenazas a las que quedarán expuestas formaciones emblemáticas de los paisajes de la Comunidad. Y, finalmente, los incendios forestales serán otro factor a tener en cuenta en esta transformación, favorecidos por el aumento de la temperatura y disminución de la humedad relativa previsible, así como la previsible prolongación de los periodos secos.

Las políticas de ordenación territorial deben abordar con urgencia la puesta en marcha de medidas de gestión adaptativas. Porque, tal y como se recoge en el Convenio Europeo del Paisaje en su artículo 5 de medidas generales, la gestión del paisaje se ha de integrar en las *"las políticas de ordenación territorial y urbanística y en sus políticas en materia cultural, medioambiental, agrícola, social y económica, así como en cualesquiera otras políticas que puedan tener un impacto directo o indirecto sobre el paisaje"*.

Finalmente, conviene recordar que existen diferentes documentos europeos.¹, en especial la Estrategia Europea para la Infraestructura Verde, que coinciden en recomendar la disciplina de la ordenación territorial (*spatial planning*) como la más adecuada para la gestión de la infraestructura verde y los servicios ecosistémicos que, como tendremos ocasión de demostrar, constituyen los pilares fundamentales sobre los que construir una adecuada política de adaptación al cambio climático.

¹ Documento disponible en: <https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/GI-Brochure-210x210-ES-web.pdf> ; SWD(2013) 155 final: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013SC0155&from=EN>.





2.3 La visión sistémica del paisaje. Una aproximación holística y multiescalar

Un paisaje es el resultado de diversas dinámicas que operan a escalas espaciotemporales diferentes y que generan una convergencia de comportamiento en términos sistémicos. El paisaje es un producto social que debe interpretarse como un sistema socio-ecológico, fruto de un acoplamiento funcional entre la matriz biofísica y las culturas que, a lo largo del tiempo, la han transformado mediante múltiples operaciones, para la obtención de un amplio abanico de servicios esenciales: cobijo, alimento, agua, energía y materias primas, entre otros.

Por tanto, los paisajes operan como sistemas complejos, que deben procurar el equilibrio entre las dinámicas naturales y socioeconómicas para no comprometer la continuidad de tales servicios ecosistémicos. A ello hay que añadir que las diferentes culturas, que transforman y gestionan la matriz biofísica a lo largo del tiempo hasta construir sus paisajes, les han otorgado diferentes valores simbólicos, hasta el punto de reconocerlos como parte sustancial de sus identidades colectivas.

Al abordar la ordenación y gestión de los paisajes, esta aproximación socio-ecológica nos obliga a considerar de forma conjunta, tanto las operaciones culturales, como las dinámicas ecológicas que mantienen la salud ambiental de su matriz biofísica. Llegar a comprender el paisaje requiere desentrañar los factores que esculpieron su impronta material en unos casos, e inmaterial en otros. Desde los grandes procesos responsables de las geoformas, los dominios climáticos o la distribución espacial de la biota -que operan a escalas geológicas y que conforman la "raíz del paisaje" -; hasta aquellas otras dinámicas, fruto de la acción del ser humano, que a lo largo del tiempo han transformado esa matriz, modificando radicalmente sus texturas, otorgando valores a la realidad y llenando los lugares de significados, de historia... de vida. El prolongado uso del territorio por parte de los grupos humanos ha ido acumulando un sinfín de testimonios, que forman parte de esa vieja e inconclusa narración en la que se convierte todo paisaje. La empresa de leer esa obra es tan atractiva, como difícil. El reto al que nos enfrentamos consiste en desentrañar los procesos, ritmos y tiempos que transforman el paisaje, con la intención de ordenar y gestionar sus inevitables cambios. No obstante, el objeto del presente estudio se ciñe al estudio de los cambios potenciales en el paisaje derivados del forzamiento climático. Por tanto, los resultados modelizados se centran en aquellos componentes paisajísticos más directamente condicionados por la variable climática: las formaciones vegetales, la componente hídrica, los procesos de meteorización y el capital edáfico. Es obvio, que en la distribución de la vegetación también juega un papel determinante las condiciones edáficas, pero por carencia de las fuentes adecuadas, éstas no han sido parametrizadas en los modelos trabajados. Modelos, por tanto, que se centran en aquellas dinámicas naturales afectadas. En todo caso, y dada la naturaleza del paisaje como sistema socioecológico, el estudio se aproxima de forma cualitativa a los posibles efectos derivados del cambio climático en la dimensión productiva, social y perceptiva del paisaje.





2.3.1 Dinámicas socio-ecológicas. Los servicios ecosistémicos

Los procesos y funciones de los ecosistemas describen las relaciones biofísicas que tienen lugar en ellos, independientemente de si los humanos se benefician o no. Mientras que entendemos por servicios ecosistémicos, **aquellos procesos y funciones** que benefician a las personas directa o indirectamente. Ellos **contribuyen al bienestar humano** y no pueden ser definidos independientemente (*Braat, 2013*). Así, Naciones Unidas entiende el concepto de “**servicios ecosistémicos**” como aquel que engloba las características, funciones y procesos ecológicos que contribuyen directa o indirectamente al bienestar humano (*Costanza et al., 1997; Ecosistema del Milenio Evaluación (MEA), 2005*). Existen servicios de los ecosistemas que generan beneficios directos, como la disponibilidad de agua, alimentos, fibras, medicamentos y otros indirectos, pero no menos esenciales, como los que contribuyen a regular el clima, filtrar el aire y el agua o mitigar el impacto de los eventos naturales extremos.

La **biodiversidad, garante de tales servicios, está en riesgo debido al cambio global**. Durante las últimas décadas, la actividad humana ha afectado gravemente los hábitats y los recursos naturales de los cuales dependen la vida silvestre y la humanidad, como los océanos, los bosques, los arrecifes de coral, los humedales y los manglares. Baste señalar que el 20% de la Amazonía, por ejemplo, ha desaparecido en los últimos 50 años (vid. Cambio Climático Global: Evidencias. Cambio climático global y calentamiento global, NASA, 2008).

Según numerosos estudios (*WWF, 2018; EME, 2011*), cerca de 15 de las 24 categorías de servicios de los ecosistemas están en declive, debido al uso excesivo de los recursos. El panorama no puede ser más desolador. Tal y como se puede observar en el esquema siguiente.

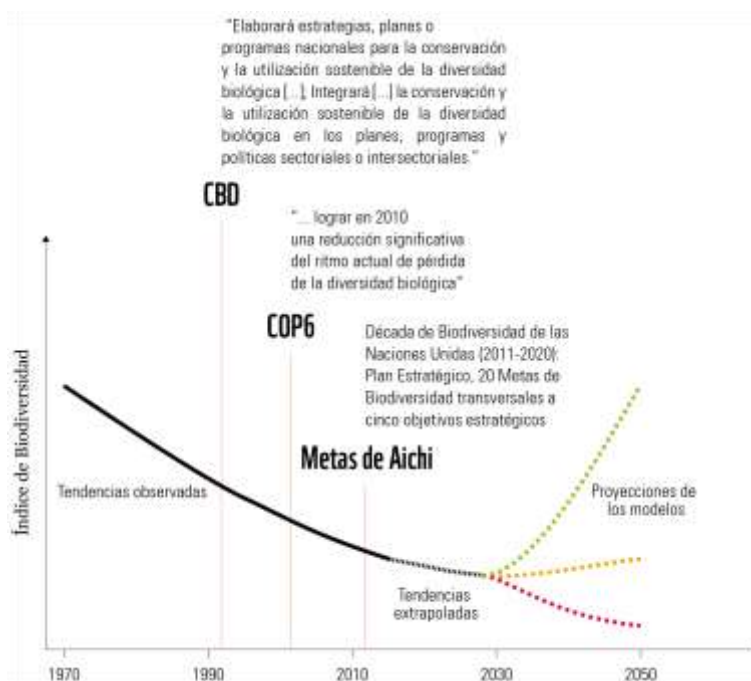


Figura 7 Evolución del índice de biodiversidad y su proyección al año 2050. Fuente: Mace et al., 2018





Ante tal estado de cosas, debemos recordar una verdad universal que se nos olvida con facilidad; a saber, que el **bienestar y la supervivencia de los humanos dependen del resto de la naturaleza** y que el *Homo sapiens* es una parte integral de la Biosfera. Los humanos, como el resto de las especies "utilizan" su entorno como fuente de recursos para sobrevivir y, en nuestro caso, prosperar (cultura y competitividad en el uso de recursos). Si no reconocemos esta interdependencia con el resto de la naturaleza, **estamos poniendo en riesgo el bienestar de nuestra especie y, al mismo tiempo, la de los ecosistemas globales.**

La conclusión es tan obvia como difícil de llevar a cabo: necesitamos transitar hacia una economía verde y circular, neutra en emisiones de carbono, capaz de reducir significativamente las demandas de capital natural y limitar el aumento de las temperaturas globales. **Estamos obligados a acelerar los cambios en nuestros hábitos en aspectos vitales, como la alimentación o la movilidad, entre otros.**

Las administraciones públicas (AA.PP) tienen la responsabilidad de enseñar a adaptarse a un clima cambiante, para poder reducir la vulnerabilidad a los efectos más perjudiciales, como el incremento en la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos, la subida del nivel del mar o la inseguridad alimentaria y de agua potable derivada del calentamiento global. También, claro está, se deben aprovechar las oportunidades que puedan derivarse como, por ejemplo, temporadas de crecimiento más largas o mayores rendimientos agrícolas en algunas regiones.

2.3.2 [El clima como factor modelador del paisaje](#)

El clima es un paciente escultor que modela de manera constante los paisajes, de dinámica natural, al ejercer un fuerte control sobre las geoformas y las formas vivas; condicionando así los paisajes de dinámica antrópica, al motivar las necesarias respuestas y adaptaciones culturales del ser humano. Todo ello genera, a la postre, un rico mosaico de dominios bioclimáticos de límites difusos.

Las condiciones atmosféricas constituyen el principal motor de la meteorización física y química. Se encuentran, por lo tanto, en la génesis misma de los sistemas morfoclimáticos; que constituyen el armazón de los paisajes actuales. Los parámetros climáticos que mayor peso ejercen en la construcción de los paisajes son la temperatura, la precipitación y el balance hídrico; ya que condicionan fuertemente la actividad biológica; hasta el punto de que la distribución zonal de las comunidades vegetales es, como sabemos, una función directa de las variables climáticas y edáficas.

En una escala de detalle, la disposición y características del relieve interactúan con las variables climáticas, de modo que la altitud, la orientación o el albedo superficial establecen los matices climáticos de nuestros paisajes. El contraste entre las condiciones térmicas y la disponibilidad hídrica de las vertientes de solana y umbría introducen, por ejemplo, matices sustanciales en la distribución de especies potenciales y cultivos.





La temperatura es uno de los elementos de mayor trascendencia en la caracterización paisajística. Ella interviene en los procesos de transformación de los estados del agua, está directamente implicada en la actividad de los organismos vivos, en su capacidad transpirativa; así como, en la productividad de las especies vegetales. Influye, igualmente, en los procesos de meteorización de las rocas y en la edafogénesis. Finalmente, cabe recordar que, en el plano de las actividades humanas, las temperaturas han condicionado históricamente los asentamientos, sus tipologías y las soluciones arquitectónicas alcanzadas. Y, sobre todo, las actividades productivas, en especial las agrarias, estableciendo, junto al potencial agrológico de los suelos, los umbrales de tolerancia de los diferentes tipos de cultivos y ganadería.

La precipitación es el elemento que, junto a la temperatura, influye de manera más directa en la configuración e individualización de los medios naturales. Su régimen temporal y su distribución espacial condicionan los procesos geomorfológicos y la distribución de las principales especies vegetales y animales. Además, hoy día, la disponibilidad de recursos hídricos constituye un reto ambiental de primer orden. Y una parte importante del problema reside en la propia naturaleza de la precipitación en nuestras latitudes. En ellas, la lluvia se erige en un fenómeno de elevada variabilidad espacio-temporal. De hecho, tendremos ocasión de demostrar como este particular comportamiento de la precipitación, complica sobre manera su estudio y, sobre todo, los intentos por proyectar comportamientos futuros.

2.4 El cambio climático. El estado de la cuestión

La quema acelerada de combustibles fósiles que trajo consigo la Revolución Industrial es considerado hoy, a la luz del conocimiento que poseemos, como un insensato experimento de escala geológica; que ha provocado la emisión a la atmósfera de ingentes cantidades de gases de efecto invernadero en un brevísimo periodo de tiempo. Como recordaba en noviembre de 2018 el secretario general de la Organización Meteorológica Mundial –OMM, Petteri Taalas; desde 1990, ha habido un aumento del 41% en el llamado “forzamiento radiativo total” (OMM, 2018). Esta etapa de la historia de la Humanidad, que algunos han calificado como la de “la Gran Aceleración”, ha afectado gravemente a los hábitats y los recursos naturales de los cuales dependen la vida silvestre y la humanidad..²

En la década de los sesenta del pasado siglo, se celebró en la ciudad norteamericana de Boulder–Colorado, un Congreso sobre cambio climático, en cuyas actas de conclusiones se puede leer lo siguiente: *“Estamos delante de un sistema complejo, en equilibrio precario y que comienza a enseñarnos una inquietante capacidad para cambiar de manera espectacular por sí mismo o por la acción coadyuvante de la acción antrópica y con mayor rapidez de la que ninguno imaginó”*. [*Climate Change Congress, Boulder–Colorado, 1965*]. Un aviso que apenas tuvo eco más allá de la comunidad científica, a pesar de que se estaba dando la voz de alarma sobre uno de los grandes desafíos a los que se enfrenta la humanidad. Desde aquel lejano 1965, los avances en investigación, al amparo de diversos organismos internacionales (IPCC, WMM,

² Vid. Scranton, R. (2015). Learning to Die in the Anthropocene. Reflections on the End of a Civilization, City Lights Books, San Francisco.





etc.), han perfilado con nitidez la magnitud del problema. Así, el quinto informe del IPCC – *Climate Change: The Physical Science Basis. GT1*– se expresa, con un 95% de certeza, en los siguientes términos: **“el cambio climático es un hecho inequívoco y la actividad humana es la causa dominante del mismo desde mediados del siglo XX”**.

Vivimos una **crisis climática** que trasciende al “*principio de prudencia*” en nuestro comportamiento como especie. Resulta urgente adoptar medidas de calado que refuercen la resiliencia de los ecosistemas, más allá de que el sistema climático –arquetipo del problema con sorpresas– (Duplessy, J.C. et al., 1993), evolucione en una u otra dirección. Porque lo que no da pie a discusión, es que estamos en un período en el que hemos alcanzado el estatus de fuerza condicionante de la evolución global del sistema Tierra. Así, muchos científicos ya hablan abiertamente de un nuevo periodo geológico: el Antropoceno.

En el año 2006, el economista británico Nicholas Stern hacía públicas las conclusiones de un informe elaborado junto a un equipo de expertos sobre los aspectos económicos del cambio climático. En dicho trabajo se afirma con total rotundidad que *“las pruebas científicas son hoy apabullantes: el cambio climático es una grave amenaza mundial y exige una respuesta global urgente [...] el cambio climático afectará a los elementos básicos de la vida de las personas de todo el mundo: el acceso al agua, la producción de alimentos, la salud y el medio ambiente”*. Pero lo más interesante de este estudio es la demoledora conclusión de que los costes y riesgos totales derivados del cambio climático, equivaldrían a una pérdida anual permanente de, al menos, un 5% del PIB mundial –cálculos efectuados hace más de diez años–. Mientras que los costes de actuar –entre otros los derivados de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero– podrían limitarse hasta no superar el 1% del PIB. La conclusión resulta obvia: **¡Es rentable invertir en la lucha contra el cambio climático! Pero el tiempo se nos agota**. El problema tiene una evidente lectura ética, la investigadora Lera St.Clair (2010) afirmaba con acierto que *“...el cambio climático es más que un problema ambiental: es un problema social, un problema del desarrollo y un problema ético que está estrechamente vinculado con la seguridad de la humanidad”*.

2.4.1 [La crisis climática actual. El umbral crítico de los 1.5°C](#)

En el Informe Especial sobre los impactos de un calentamiento global de 1,5°C y las sendas de emisión relacionadas dentro del ciclo del Sexto Informe de Evaluación (AR6, en elaboración, 2018)³; publicado por el Ministerio para la Transición Ecológica se establecen **tres rotundas conclusiones**, avaladas por el conjunto de la comunidad científica internacional:

El calentamiento global inducido por el hombre ha alcanzado en 2017 aproximadamente 1°C sobre el nivel preindustrial. Si las emisiones continuasen al ritmo actual (0.2°C/década) se alcanzará un calentamiento de 1,5°C entre 2030 y 2052. (vid. Figura 8)

³ Vid. AEMET y OECC (2018). Cambio Climático: Calentamiento Global de 1,5°C. Agencia Estatal de Meteorología y Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid



El cumplimiento de los actuales compromisos de mitigación bajo el Acuerdo de París no es suficiente para limitar el calentamiento global a 1,5°C, incluso si viene complementado con medidas ambiciosas y a gran escala después de 2030.

Los riesgos para los sistemas naturales y humanos son menores para un calentamiento de 1,5°C que para uno de 2°C, incluyendo la frecuencia e intensidad de extremos, impactos en la biodiversidad terrestre y marina, en los ecosistemas y sus servicios, la ganadería, suministros de agua y alimentos, salud y seguridad humana, infraestructuras y crecimiento económico. Se pueden superar umbrales de irreversibilidad con calentamientos entre 1,5°C y 2°C.

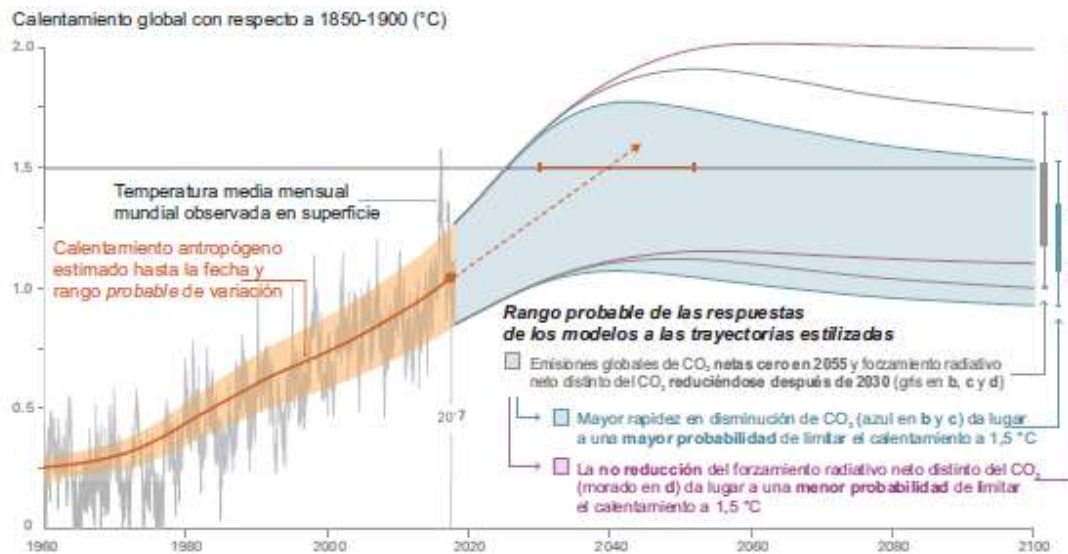


Figura 8 Esquema escenarios futuros según emisiones con el límite del 1.5°C.⁴ Fuente: V Informe IPCC (2015)

2.4.2 Escenario de cambio climático para el territorio Navarro. Estudios previos

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)⁵ recopila las principales fuentes de información sobre el cambio climático regional (Vid. Fernández, J. et al. 2018). Entre dichas fuentes se encuentra la reciente “Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir del IPCC-AR5 publicado por la AEMET en 2017.⁶ En ella se afirma, respecto a los valores medios de las variables analizadas, que **las temperaturas máximas y mínimas en la Península Ibérica muestran un claro aumento progresivo a lo largo del siglo XXI**, bajo todos

⁴ Las emisiones de CO₂ acumuladas y el forzamiento radiativo futuro distinto del CO₂ determinan la probabilidad de limitar el calentamiento a 1,5 grados centígrados. Imagen extraída de la web de la organización meteorológica mundial en español.

⁵ Vid. Escenarios-PNACC (2012).

http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat/datos_mensuales/ayuda <http://www.meteo.unican.es/escenarios-pnacc>

⁶ Amblar Francés, P. et al. (2017)



los escenarios analizados, siendo muy significativo para finales de siglo y bajo el escenario RCP8.5.

Por lo que respecta las precipitaciones se sostiene que existe una ligera disminución en la mayor parte de España para finales de la actual centuria, más fiable en las cuencas hidrográficas del sur peninsular.

En el informe realizado en 2017 por la Delegación Territorial de la AEMET en Navarra sobre la evolución de algunas variables climáticas, utilizando como referencia el periodo 1961-1990⁷, y que sirvió de base para la Hoja de Ruta del Cambio Climático de Navarra (KLINA.), se afirma lo siguiente:

En primer lugar, que las tendencias de calentamiento son coincidentes con estudios similares de regiones vecinas y con la tendencia general del clima en Europa occidental, en torno a 0.15-0.2°C/década. El estudio para las series del tiempo observado ya establece un claro aumento de las temperaturas medias, del número de olas de calor, días y noches cálidas; así como una “mediterraneización” del régimen pluviométrico, como consecuencias de una mayor variabilidad en los regimenes anuales y en la tipología de la precipitación; aunque el volumen de precipitación anual sólo muestra una ligera disminución en la horquilla del 5-10%, según estaciones.

Por lo que respecta al clima futuro, el estudio termométrico concluye de forma consistente, que habrá un aumento generalizado de las temperaturas para finales del siglo XXI. Una subida que se asocia al aumento en la intensidad y frecuencia de olas de calor, así como a la subida del porcentaje de noches cálidas y la reducción del número de días de heladas. Mientras que la pluviometría ofrece una cierta tendencia negativa en torno al 20% en los volúmenes anuales. Los resultados muestran también, una disminución de los días de lluvia intensa (sobre todo bajo el escenario RCP 8.5⁸), principalmente a partir del 2060.

En definitiva, el estudio elaborado para el entregable DC6.2.1 del proyecto LIFE-IP NAdapta-CC sirve como referente inmediato y presenta **un panorama futuro para el territorio navarro caracterizado por un clima más cálido con temperaturas extremas, con un mayor porcentaje de días y noches cálidas, acompañado de un incremento de las olas de calor y una menor precipitación media y episodios de lluvias de mayor intensidad.**

Con todos estos precedentes científicos, a diferentes escalas de análisis espacio temporales, en el mencionado entregable DC6.2.1, se abordó el trabajo de caracterización del clima navarro y su proyección futura, arrojando unos resultados que precisan las conclusiones apuntadas en este breve repaso al estado de la cuestión. Estos resultados constituyen la base de modelización del presente estudio de la vulnerabilidad del paisaje frente al forzamiento climático. Por tanto, todas las salidas de los modelos desarrollados son susceptibles de variar, conforme estas pro-

⁷ Oria Iriarte, P. (2017).

⁸ Se ha realizado el estudio de variabilidad climática respecto a este escenario porque se está convirtiendo en el tendencial, como muestra la diferencia entre el clima pasado y el presente: 0,2°C por década.



yecciones se vayan ajustando, bien por datos más precisos o cambios metodológicos en la modelización de las evoluciones del sistema climático para el contexto regional en el que nos encontramos.

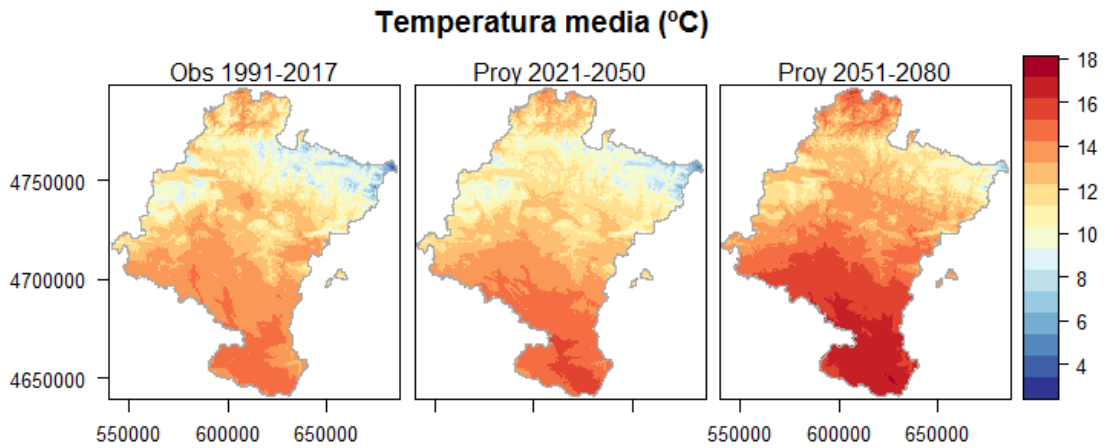


Figura 9 Mapas de temperatura media del periodo normal observado 1991 -2017 y proyectados 2021-2050, 2051-2080.

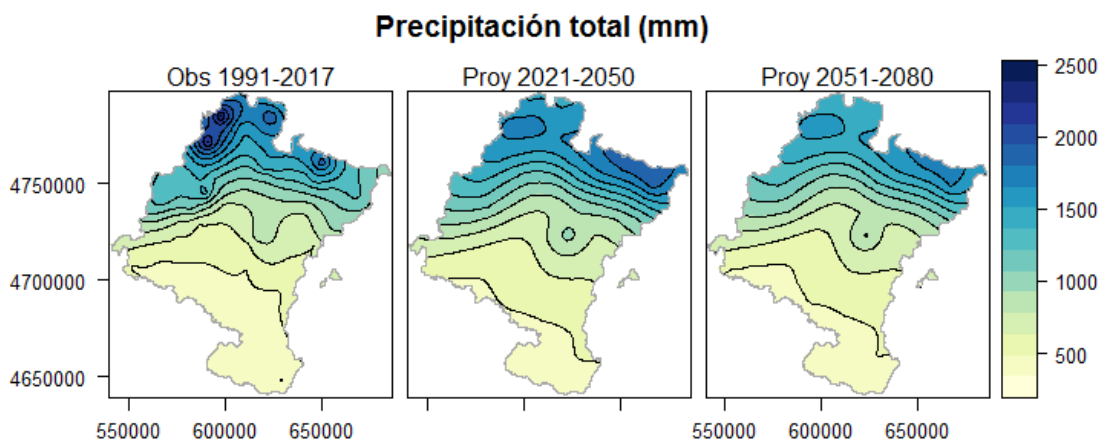


Figura 10 Mapas de precipitación total para el período normal observado de 1991 -2017 y los períodos proyectados 2021-2050 y 2051-2080.

3. El cambio climático como multiplicador de amenazas. Las cadenas de impacto.

3.1 Escenarios proyectados. Resultados del estudio de variabilidad climática

De forma resumida se considera que las evidencias de calentamiento global son claras en el territorio navarro. Así, la diferencia entre el periodo 1991-2017 y 2021-2050 se acerca a 1°C, y se acrecienta notablemente respecto a 2051-2080, al ser ésta de unos 2.5°C. En cuanto a las precipitaciones, la tendencia media global de los modelos indica que precipitará menos en el periodo 2021-2050 (< 239 mm) y que se acrecentará en el siguiente 2051-2080 (< 268 mm).⁹.

En este estudio también se ha trabajado con la clasificación climática de Köppen. Según los escenarios proyectados a partir de dicha clasificación, se concluye que existe “un paulatino retroceso hacia el norte del clima oceánico (Cfb) y su substitución por el clima mediterráneo de veranos frescos [Csb] y el mediterráneo [Csa]”. Unas conclusiones coherentes con los resultados bioclimáticos presentados en el presente informe. En sintonía con esta tendencia generalizada hacia un clima “mediterraneizado”, el estudio apunta una leve, aunque progresiva reducción del índice de oceanidad, acercándose el sur de la Comunidad Foral hacia la categoría semi-continental. Finalmente, los autores del trabajo reconocen, a propósito de los balances hídricos, una tendencia a la prolongación del período de déficit de agua e incluso, que éste “puede hacer acto de presencia en lugares donde actualmente no se registra; como sería el caso de la estación norteña de Arizkun”. El estudio concluye, también que, hacia el sur, en la comarca del Arga, la estación de Pamplona amplía el periodo de sequía, “de los actuales meses de julio y agosto pasa a estar delimitado de junio a septiembre”. Y ya en la Ribera, la estación de Buñuel “agudiza significativamente el periodo de sequía, con un alcance en el futuro más lejano prácticamente anual”.

3.2 Cadenas de impacto

3.2.1 Concepto

El V Informe de Evaluación del IPCC-AR5 (2014) estableció un esquema conceptual para facilitar la aproximación metodológica a los impactos derivados de los escenarios de cambio climático (vid Figura 1). Una propuesta basada en cuatro componentes clave: amenaza-peligro (*hazard*), exposición, vulnerabilidad e impacto. En consecuencia, el cambio y los factores de riesgo climático, junto a los factores de exposición y vulnerabilidad se pueden estructurar a través del concepto de “cadenas de impacto”.

⁹ Los autores del estudio subrayan la prudencia en el manejo de las cifras ya que “la disparidad entre modelos climáticos de estaciones es grande. Los basados en regresión proyectan temperaturas más altas y precipitaciones más bajas que aquellos basados en análogos”.

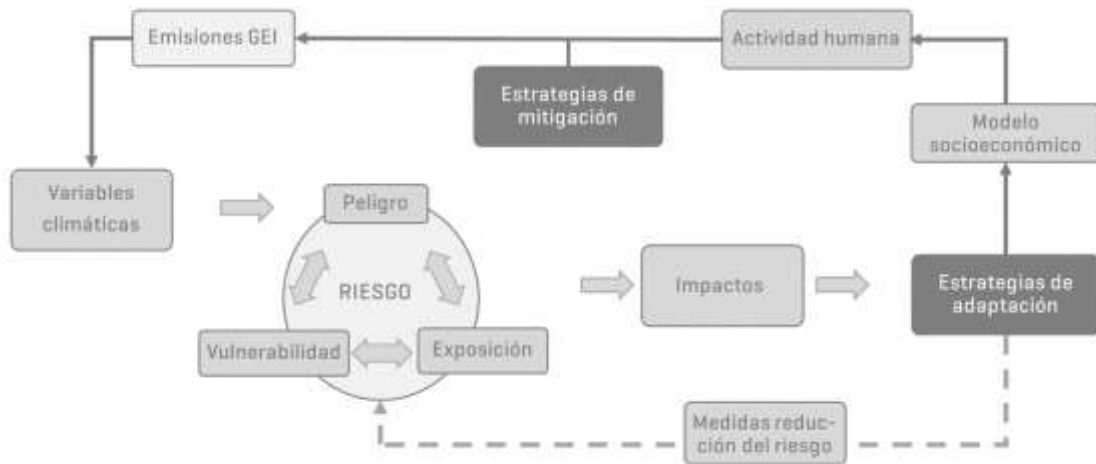


Figura 11 Cadenas de Impacto y Riesgo Climático. Fuente: NASUVINSA. Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC, Acción C1.1.

En base a tales planteamientos metodológicos, la acción C1.1 del proyecto LIFE-IP-NADAPTA-CC, define el riesgo como “la conjunción de tres elementos: vulnerabilidad, exposición y peligro. Si este riesgo se materializa, genera un impacto que puede producir efectos, tanto en los sistemas naturales, como en los sistemas humanos”.

El marco metodológico del presente trabajo sobre el impacto del cambio climático en los paisajes navarros ha sido abordado, tal y como se recoge en la Figura 12.



Figura 12 Esquema metodológico Cadenas de Impacto en el Paisaje. Elaboración propia





El proceso se inició con el **análisis y valoración de las variables climáticas disponibles** (temperatura media, máxima y mínima, ETP, precipitación, índice Köppen, índice de aridez Rivas Martínez, índice de continentalidad) aportadas por el equipo de Meteorología.¹⁰ para la caracterización de los riesgos (*hazard*) que se ciernen sobre el paisaje navarro, derivados del escenario RCP8.5 del IPCC (AR 5).

Esta caracterización se completa con la definición de la exposición y vulnerabilidad de los **Servicios Ecosistémicos**.¹¹ (SE), considerados como **receptores directos** de las amenazas/riesgos identificados, **y que incidirán de manera inmediata sobre las personas y sus medios de producción y organización social**. Finalmente, a la luz de tales escenarios, se avanzan estrategias de adaptación, expresadas en medidas concretas –comprensibles, eficaces y viables– a diferentes escalas, para cada uno de los elementos vulnerables identificados en el paisaje navarro. La vulnerabilidad hace referencia a la valoración de los elementos y componentes paisajísticos, en función de su propensión o predisposición a verse afectado por una amenaza climática. Se explica a través de dos componentes: la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la capacidad para hacerle frente y superar los efectos o capacidad adaptativa.

Las relaciones causa-efecto que se pueden establecer entre las condiciones climáticas y el paisaje tienen un marcado carácter no lineal. Esto dificulta el análisis y la narrativa sobre los impactos del cambio climático sobre el paisaje, entendido éste como un sistema socio-ecológico altamente complejo. El meollo de la cuestión es encontrar un discurso comprensible que nos permita transmitir al lector el grado de vulnerabilidad/exposición de los paisajes actuales frente a los escenarios futuros de cambio climático. En esta Guía se utiliza la oportunidad que brinda **el enfoque metodológico de los servicios ecosistémicos**⁷ (SE); concebidos, como señalábamos, como los **receptores directos de los impactos climáticos previsible**s. Recordemos que los SE son aquellos procesos y funciones que contribuyen al bienestar humano, directa o indirectamente (Braat, 2013).

En Navarra, por ejemplo, el conjunto de bosques actuales, además de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento evidentes, proporciona otros servicios vitales en el plano hidrológico, al contribuir a la filtración natural del agua y a la regulación de flujos hídricos (Platais y Pagiola, 2002). Sin embargo, estos servicios hidrológicos suelen escaparse en los balances de efectos derivados de la deforestación. Esta es la clave de lectura sistémica que se aplica en el presente estudio.

Se subraya la importancia de contemplar la complejidad de relaciones que operan en el territorio. En el ejemplo anterior, una potencial pérdida de bosques por impacto del cambio climático tendrá efectos palpables no sólo en disminución de la biodiversidad, sino también en forma de inundaciones y pérdida de la calidad del agua. Esto se relaciona con el concepto de

¹⁰ Vid. DC6.2.1. ESTUDIO DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA. NASUVINSA. 2019. Entregable proyecto LIFE-IP NAdapta-CC.

¹¹ Evaluación Ecosistemas del Milenio, Constanza, R., 1997; De Groot et al., 2002; MEA.EEM, 2003-2005; Wallace, 2007; Turner, 2008; CICES: Common International Classification for Ecosystem Services V5.1., 2018)



efecto multiplicador de los impactos, que provocará, sin duda, un incremento en la vulnerabilidad.

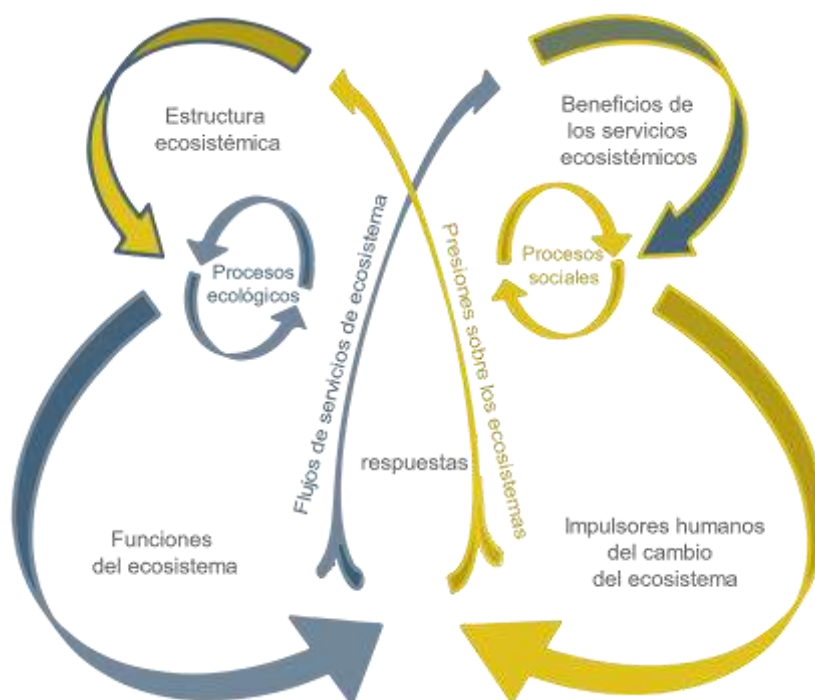


Figura 13 Relaciones de sistemas: combinación de sistemas socioeconómicos y ecológicos. Fuente: Developing the AQUACROSS Assessment Framework, 2017.¹²

El documento de Naciones Unidas, denominado Evaluación de los Ecosistemas del Milenio realizado (MEA, 2005), asumió el concepto de servicios ecosistémicos como herramienta para la evaluación de los ecosistemas y de los servicios que ellos proveen –capital natural–; y establecer las bases para conservar y utilizar los ecosistemas de una manera sostenible. **El cambio climático, concebido como un “impulsor directo”, (Vid. CICES, 2018).¹³ está implicado en todos los procesos críticos que comprometen las funciones ecológicas y los servicios que sustentan la vida, tales como la biodiversidad, la productividad primaria, la fertilidad de los suelos y la calidad del agua.** Por tanto, el enfoque de los servicios ecosistémicos será el nexo conceptual y narrativo [“la *pedra roseta*”].¹⁴ entre el análisis del paisaje y el clima, permitiéndonos afinar en nuestras propuestas de estrategias adaptativas.

¹² Gómez et al. (2016) Developing the AQUACROSS Assessment Framework. Deliverable 3.2, AQUACROSS, European Union’s Horizon 2020 Framework Programme for Research and Innovation Grant Agreement No. 642317

¹³ La clasificación Internacional Común de los Servicios de los Ecosistemas (CICES) ha sido desarrollada a partir del trabajo sobre contabilidad ambiental realizado por la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA). Respalda su contribución a la revisión del Sistema de contabilidad ambiental y económica (SEEA), que actualmente está liderado por la División de Estadística de las Naciones Unidas (UNSD).

¹⁴ La *pedra rosetta* fue clave para descifrar la escritura jeroglífica egipcia, al ser una estela en piedra con gravados en tres escrituras diferentes.



Figura 14 Beneficios de la Naturaleza.¹⁵

En el presente trabajo se ha puesto el acento en el grado de vulnerabilidad y los peligros asociados a las cadenas de impacto sobre los elementos del paisaje. Teniendo como referencia los grandes sectores estratégicos-temáticos recogidos en LIFE-IP NAdapta-CC con mayor incidencia paisajística, tales como el **agua, la biodiversidad, los bosques, los suelos y la actividad agraria, quedando el espacio construido urbano** como objeto de atención específico en otro estudio vinculado a este proyecto.

3.2.2 Cadenas de impacto definidas. Vulnerabilidad y riesgos sobre los servicios ecosistémicos

Los subsistemas que integran cualquier paisaje y que, *grosso modo*, coinciden con los grandes sectores estratégicos manejados en el presente proyecto: suelo, agua, biodiversidad-bosques, sector agrícola; no pueden analizarse como compartimentos estancos, sujetos a amenazas particulares. Nuestra aproximación se desarrolla desde una mirada holística, considerándolos como subsistemas acoplados con una elevada interdependencia. Esta aproximación sistémica al paisaje está presente en las evaluaciones de vulnerabilidad; así como, en las medidas de adaptación que se plantean.

A continuación, se exponen en detalle las cadenas de impacto finalmente definidas para el territorio navarro.

¹⁵ Informe Planeta Vivo - 2018: Apuntando más alto. Adaptado de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de 2005. WWF. 2018. Grooten, M. y Almond, R.E.A. (Eds). WWF, Gland, Suiza.



3.2.2.1 *Tendencia a la mediterraneización*

Amparados en la literatura científica y en los resultados arrojados por el estudio "ad hoc" realizado sobre escenarios futuros de cambio climático, podemos afirmar que los principales impactos para los ecosistemas atlánticos derivarán, fundamentalmente, de la tendencia a la mediterraneización de las condiciones termopluviométricas; siendo especialmente vulnerables aquellos elementos de la matriz biofísica situados en su límite ecológico o geográfico; como por ejemplo, la vegetación de alta montaña en Pirineos, los árboles y arbustos caducifolios sensibles a la sequía o ciertas formaciones de zonas semi áridas, actualmente sometidas a riesgo cierto de desertificación. Los estudios manejados (2005, 2018)¹⁶ coinciden en señalar como fenómenos genéricos más probables los siguientes:

- N** Migraciones altitudinales y extinciones locales.
- N** Alteración de la fenología y de las interacciones entre especies.
- N** Determinadas especies invasoras y plagas se verán favorecidas.
- N** Sobre el sector de recursos hídricos el riesgo se puede resumir en un incremento de la variabilidad hidrológica y una disminución de la captación.
- N** Aumento del riesgo de incendio, así como de su tipología

CADENA 1. Aumento temperaturas medias y reducción disponibilidad hídrica (C1)

La subida de las temperaturas está relacionada con un incremento de los valores medios anuales y estacionales, el aumento del porcentaje de días y noches cálidas; así como con una previsible reducción del número de días con heladas. Todos estos hechos nos sitúan ante un clima futuro más cálido.

Este escenario termométrico ofrecerá, previsiblemente, una estación invernal con valores por encima de la actual (hablamos de tendencias, sin que ello invalide la ocurrencia de adversos fríos) y un estío más caluroso (González-Hidalgo et al., 2015). Este contraste se traducirá, por tanto, en un aumento moderado de la amplitud térmica anual. Las proyecciones prevén no sólo que es un verano más caluroso sino también más prolongado (también el periodo vegetativo). Y el invierno sigue siendo frío, pero se acorta el periodo de riesgo de heladas, que como se dice no significa ausencia de ocurrencia: y esos son los riesgos mayores una helada temprana o tardía en ese "escenario" de prolongación del periodo vegetativo.

Por su parte, el comportamiento pluviométrico futuro se nos presenta menos cierto, aunque debemos esperar, según se desprende de los estudios manejados, un descenso de la precipitación media y, sobre todo, un patrón de distribución anual más variable y complejo. El efecto combinado de un aumento de las temperaturas medias estivales, de las medias de las máximas y de la evapotranspiración se traducirá, con alta probabilidad, en un incremento de las sequías estivales que podrán derivar en una sensible reducción de la disponibilidad hídrica en suelo para esta época del año.

¹⁶ Vid. Moreno Rodríguez, J.M. (2005). Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. OECC, UCLM. Ministerio de Medio Ambiente. CLIVAR (2018). Volumen especial sobre el clima en la Península Ibérica: una visión científica global y coordinada por el Comité CLIVAR-España. Ministerio para la Transición Ecológica Agencia Estatal de Meteorología Madrid.



Presentamos a continuación una relación de los riesgos asociados a esta cadena de impacto para el territorio navarro. Éstos se ciernen sobre los diferentes elementos vulnerables identificados en el paisaje navarro. En las fichas que se han elaborado para los ámbitos y elementos paisajísticos más vulnerables se caracterizarán con detalle dichas amenazas. En todo caso, adelantamos a continuación tales riesgos. Así para esta **primera cadena de impacto** definida (C1.), los impactos y riesgos previsibles (IRP) serían los siguientes:

- N** **Pérdida Biodiversidad y alteraciones en la composición florística.** Existe el riesgo de que se puedan llegar a producir extinciones locales de especies altamente vulnerables. El límite inferior del bosque determinado por la aridez es donde con mayor rapidez se podrán sentir los efectos del forzamiento climático. (IRP01).
- N** **Reajuste en la distribución a través de migraciones espaciales y altitudinales de las especies.** Las zonas donde las especies se encuentren en el límite de su área de distribución, así como, los ecosistemas situados en su límite ecológico o geográfico (formaciones cuyo balance hídrico es próximo a cero, ecosistemas dominados por especies relictas, ecosistemas de alta montaña, ciertas formaciones de zonas áridas) son los más vulnerables. (IRP02).
- N** **Riesgo extremo en las zonas de transición.** La pérdida de biodiversidad y los reajustes espaciales en la distribución de las especies será crítico en las áreas de transición. Sobre todo, en aquellas caracterizadas por situaciones de alta vulnerabilidad derivadas de la presencia de especies relictas, en los ecosistemas de alta montaña o, en ciertas formaciones de zonas áridas (IRP03).
- N** **Modificaciones fisiológicas y fenológicas en especies arbóreas y decrecimiento de la vegetación** (estos impactos no será posible verificarlos con precisión por falta de datos sobre variables claves como la insolación) que podrían alterar la composición específica o desencadenar efectos de diferente signo sobre su productividad. Algunas de estas alteraciones en la fisiología podrían incidir en la fecundidad, tasas de actividad, *sex ratio*, resistencia a enfermedades o supervivencia; o incluso, en la morfología. Se trataría de alteraciones como la Pérdida de vitalidad/Decaimiento forestal: defoliaciones, reducciones en el crecimiento y aumentos en la mortalidad (La reducción de las precipitaciones se asocia a un mayor decaimiento forestal, que se caracteriza por una reducción en las tasas de crecimiento del arbolado y una mayor mortalidad en algunas especies forestales y mayor incidencia de defoliaciones (Carnicer et al., 2011)). En general, es previsible esperar un debilitamiento de las masas, decaimiento y mortalidad, debido al déficit hídrico, sequías extremas (IRP04)
- N** **Riesgo de aumento en la frecuencia e intensidad de los incendios.** El estrés hídrico y térmico contribuirá al aumento en la frecuencia, intensidad y magnitud de los incendios forestales. Se adjunta un anejo específico dedicado a este impacto y riesgo previsible. (IRP05).
- N** **Descenso de las reservas hídricas en suelo y para consumo agrario e incremento de la incertidumbre en la gestión hídrica.** Actualmente, los sectores que demandan una mayor cantidad de agua en Navarra son el doméstico (8%), industrial (6%) y riego (86%) (Gobierno de Navarra, 2017). El incremento previsto de las temperaturas generaría un incremento de la demanda de agua, tanto de los ecosistemas terrestres como de los sistemas agrícolas. Por tanto, las áreas de mayor demanda hídrica para el consumo humano y para los sistemas agrícolas son las áreas más vulnerables. Así, el incremento

de la temperatura prevista podría provocar una mayor demanda evapotranspirativa en los cultivos y un incremento del estrés hídrico, como consecuencia del aumento de las necesidades de riego. (IRP06).

- N** **Riesgo de pérdida de calidad del agua.** Respecto a la calidad del agua, el incremento de la temperatura del aire provocará el aumento de la temperatura del agua en los ríos; lo que inducirá una menor disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua. El incremento de la temperatura ambiente también podría provocar una reducción de la formación de hielo. En los últimos años el deshielo en los ríos se ha adelantado entre 15 y 20 días, en comparación a la década de 1950 (AEMA, 2009). (IRP07).
- N** **Riesgo de desertización.** El incremento de la temperatura incidirá en los suelos, aumentando el riesgo de desertización y podría afectar a la tasa de descomposición y causar una reducción en el contenido de carbono orgánico de los suelos. Otras propiedades que se podrían ver afectadas son la salinización o fertilidad física, química y biológica. (IRP08).
- N** **Pérdida del capital edáfico.** Aumento del suelo desnudo como consecuencia de una tendencia a una progresiva desertización, que será más acusada en las tierras meridionales de la Comunidad Foral de Navarra. (IRP10).
- N** Expansión de especies invasoras y plagas (IRP13).
- N** **Dificultades en la regeneración natural causadas por un riesgo en el incremento de episodios de sequía.** Así como, problemas en la regeneración por menor producción de semillas, semilla con menor capacidad reproductiva, condiciones edafoclimáticas más áridas y desacoplamiento entre los procesos de fructificación y las condiciones óptimas para la instalación y supervivencia de las plántulas. Mayor predación e incremento de la herbivoría. (IRP14).
- N** **Riesgo de incremento en la frecuencia e intensidad de episodios de plagas y enfermedades.** Expansión del área de actuación de plagas y enfermedades limitadas por frío o de sus periodos de actividad / Alteración de las condiciones de salud de los bosques y posible desequilibrio con las comunidades de agentes patógenos. / Riesgo de episodios más severos y frecuentes de plagas y enfermedades. Aumento de plagas y enfermedades emergentes. (IRP15)
- N** **Alteración de la productividad de los bosques y del papel de los bosques como sumideros de carbono** (disminución de la capacidad de secuestro de carbono) / Disminución de la productividad por sequía. / Reducción del crecimiento y la capacidad de fijar carbono, a causa principalmente del déficit hídrico. (IRP16)
- N** **Existe riesgo de desplazamiento de las áreas de idoneidad de los cultivos y pastos,** así como variaciones significativas en los rendimientos y la calidad de diferentes cultivos, en determinadas producciones. (IRP17).
- N** Cambios en los rendimientos y la calidad de los cultivos, en determinadas producciones. (IRP18)
- N** Riesgo de incremento de expansión de plagas y enfermedades agrícolas y ganaderas. (IRP19).

3.2.2.2 *Tendencia hacia un clima más incierto y extremo.*

Los riesgos vinculados al cambio climático derivados de episodios extremos, como olas de calor o eventos de precipitación extrema ya son considerados en los informes del IPCC (AR5) como

moderados (nivel de confianza alto) y altos, en un escenario de calentamiento adicional de 1°C. Igualmente, las proyecciones regionales de **los modelos predictivos apuntan a ese posible incremento de fenómenos extremos tanto termométricos como de precipitación**. Los ecosistemas naturales son los elementos más eficaces a la hora de amortiguar los efectos derivado de los fenómenos meteorológicos extremos. Este hecho constituye uno de los pilares sobre el que sustentar cualquier estrategia adaptativa. Resulta vital mantener la salud y funcionalidad de nuestros ecosistemas para enfrentarse con ciertas garantías a un clima más incierto y extremo.

CADENA 2. Pluviometría más incierta y extrema. [C2]

Esta cadena de impacto conlleva alteraciones en los patrones de precipitación e incremento en la frecuencia e intensidad de eventos pluviométricos torrenciales en cualquier estación del año en el seno de una atmósfera con un mayor intercambio energético.

Dada la propia naturaleza de este meteoro, estas proyecciones se mueven todavía en un grado de confianza bajo. Asumiendo que el porcentaje de certidumbre en la variable pluviométrica es bajo, los estudios apuntan, con una moderada certeza, hacia un futuro escenario climático que se caracterizará por **un incremento del rango de variabilidad en los volúmenes recogidos y en los patrones de distribución anuales**. En este incremento de la incertidumbre en el *input* hídrico contribuirá notablemente el **aumento en la frecuencia e intensidad de episodios torrenciales extremos**. La aproximación, por tanto, al fenómeno pluviométrico desde el análisis de riesgos requiere manejar dos parámetros esenciales, que son la intensidad y la duración de los episodios de lluvia, pues de ellos depende en primera instancia, el comportamiento de la escorrentía. Un incremento en la frecuencia de episodios adversos caracterizados por virulentos aguaceros se podrá traducir de forma coherente en un aumento de la frecuencia e intensidad de episodios de inundación. Estos eventos, altamente erosivos se traducirán en un aumento de la pérdida potencial de suelo, y llevarán sobre todo aparejadas, pérdidas materiales en las áreas definidas como de alto riesgo de inundación en el territorio navarro.

- N** Pérdida del capital edáfico. Aumento del suelo desnudo como consecuencia de una tendencia a una progresiva desertización, que será más acusada en las tierras meridionales de la Comunidad Foral de Navarra. (IRP10).
- N** Incremento riesgo de pérdidas de cosechas por diferentes adversos, tanto termométricos como pluviométricos, sobre todo aquellos que se produzcan en aquellos momentos del año en los que las cosechas son más vulnerables. (IRP11).
- N** Riesgo sobre la productividad animal. En el sector ganadero, el incremento en la intensidad y frecuencia de extremos termopluviométricos puede afectar los aspectos relacionados con la productividad animal. Así, por ejemplo, los eventos extremos de estrés térmico aumentarían el riesgo de mortalidad de animales, sobre todo en explotaciones de producción de carne de cerdo y pollo. (IRP12).
- N** Riesgo de incremento en la frecuencia e intensidad de episodios de plagas y enfermedades. Expansión del área de actuación de plagas y enfermedades limitadas por frío o de sus períodos de actividad / Alteración de las condiciones de salud de los bosques y posible desequilibrio con las comunidades de agentes patógenos. / Riesgo de episodios más severos y frecuentes de plagas y enfermedades. Aumento de plagas y enfermedades emergentes (IRP15).



- N** Alteración de la productividad de los bosques y del papel de los bosques como sumideros de carbono (disminución de la capacidad de secuestro de carbono) / Disminución de la productividad por sequía. / Reducción del crecimiento y la capacidad de fijar carbono, a causa principalmente del déficit hídrico. (IRP16).
- N** Cambios en los rendimientos y la calidad de los cultivos, en determinadas producciones. (AMR18).
- N** Cambios en la producción y la calidad de los pastos / Reducción del rendimiento de la producción agrícola a causa de la mayor variabilidad climática derivada del aumento en la frecuencia de eventos extremos. (AMR20).

CADENA 3 Termometría más incierta y extrema. [C3]

Esta cadena de impacto conlleva un aumento en el número e intensidad de olas tanto de calor, como de frío.

Respecto a los extremos termométricos, cabe señalar que una atmósfera más energética se va a traducir en nuestras latitudes en un incremento de la variabilidad termométrica, en un contexto general de calentamiento, tal y como se define en la primera cadena de impacto. Esto se traducirá en un incremento del porcentaje de días y noches cálidas, acompañado de un aumento en la frecuencia e intensidad de las olas de calor. A ello habría que añadir los efectos derivados de una tendencia a la reducción del número de heladas. Y en este contexto de extremos cálidos, los episodios extremos de signo contrario, es decir, olas de frío intensas, compartirán la escena, complicando las predicciones atmosféricas y la planificación del conjunto de nuestras actividades económicas.

Por tanto, los peligros derivados asociados a esta cadena de impacto, cuyo denominador común es el aumento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos, se resumirían del siguiente modo:

- N** Riesgo sobre la pérdida de suelo e incremento de los procesos erosivos. La torrencialidad y virulencia de extremos de precipitación incrementarán los procesos erosivos y el consiguiente riesgo de pérdida de suelo, materia orgánica y biodiversidad. Una amenaza que se traducirá en un aumento del suelo desnudo como consecuencia de la desertización, especialmente acusada en las tierras semiáridas de la Comunidad Foral. (IRP09).
- N** Un incremento del riesgo de pérdidas de cosechas por diferentes adversos pluviométricos, sobre todo aquellos que se produzcan en aquellos momentos del año en los que las cosechas son más vulnerables. (IRP11).
- N** En el sector ganadero, el incremento en la intensidad y frecuencia de extremos termo pluviométricos puede afectar los aspectos relacionados con la productividad animal. Así, por ejemplo, los eventos extremos de estrés térmico aumentarían el riesgo de mortalidad de animales, sobre todo en explotaciones de producción de carne de cerdo y pollo. (IRP12).
- N** Cambios en los rendimientos y la calidad de los cultivos, en determinadas producciones. (IRP18).
- N** Cambios en la producción y la calidad de los pastos; así como una reducción del rendimiento de la producción agrícola a causa de la mayor variabilidad pluviométrica y de los eventos climáticos extremos. (IRP20).



3.2.3 Impactos asociados a las cadenas definidas

En el siguiente cuadro se resumen los impactos asociados a las cadenas definidas, esta información se completa con la relativa a la vulnerabilidad y la exposición recogida en las fichas de cada uno de los elementos.

Tabla 3-1 Impactos y riesgos potenciales asociados a las cadenas de impacto definidas

Cadena	Impacto y riesgo potencial			Biodiversidad - Bosques	Aqua	Suelos	Actividades agrarias
	1	2	3				
X			IRP01 Pérdida Biodiversidad y alteraciones en la composición florística	X			
X			IRP02 Reajuste en la distribución a través de migraciones espaciales y altitudinales de las especies	X			
X			IRP03 Riesgo extremo en las zonas de transición.	X			
X			IRP04 Modificaciones fisiológicas y fenológicas en especies arbóreas y decrecimiento de la vegetación	X			
X			IRP05 Riesgo de aumento en la frecuencia e intensidad de los incendios.	X			
X			IRP06 Descenso de las reservas hídricas en suelo y para consumo agrario e incremento de la incertidumbre en la gestión hídrica.		X		
X			IRP07 Riesgo de pérdida de calidad del agua.		X		
X			IRP08 Riesgo de desertización			X	
	X		IRP09 Riesgo sobre la pérdida de suelo e incremento de los procesos erosivos.			X	
X	X		IRP10 Pérdida del capital edáfico.			X	
	X	X	IRP11 Incremento riesgo de pérdidas de cosechas por diferentes adversos,				X
	X	X	IRP12 Riesgo sobre la productividad animal.				X
X			IRP13 Expansión de especies invasoras y plagas	X			X
X			IRP14 Dificultades en la regeneración natural causadas por un riesgo en el incremento de episodios de sequía.	X			X
X	X		IRP15 Riesgo de incremento en la frecuencia e intensidad de episodios de plagas y enfermedades.	X			X
X	X		IRP16 Alteración de la productividad de los bosques y del papel de los bosques como sumideros de carbono	X			
X			IRP17 Existe riesgo de desplazamiento de las áreas de idoneidad de los cultivos y pastos				X
X	X	X	IRP18 Cambios en los rendimientos y la calidad de los cultivos, en determinadas producciones				X
X			IRP19 Riesgo de incremento de expansión de plagas y enfermedades agrícolas y ganaderas.				X
	X	X	IRP20 Cambios en la producción y la calidad de los pastos				X

4. El cambio climático en los paisajes navarros

El cambio climático desplegará toda una serie de efectos que variarán de una forma u otra el carácter de los diferentes paisajes navarros a través de alteraciones evidentes. La primera escala de aproximación para tratar de predecir los cambios se aborda evaluando, cómo las alteraciones en el régimen de precipitaciones y de temperatura o los eventos de sequía, pueden variar la percepción, a grandes rasgos, del paisaje navarro.

Los cambios en el carácter de los ámbitos paisajísticos ampliamente reconocidos bajo los escenarios de cambio climático es el punto de partida para reconocer la amenaza y exposición del paisaje frente al cambio climático. Conocida ésta, la vulnerabilidad del paisaje se aborda a través del análisis de la sensibilidad o susceptibilidad de los elementos y componentes, partes que lo integran para afrontar los efectos adversos del cambio climático. Esta segunda escala de aproximación permitirá abordar las medidas de gestión adaptativas que se deberán integrar en las políticas de ordenación territorial. La identificación de este puzzle que configura y caracteriza el paisaje requiere desentrañar los complejos y heterogéneos factores que lo modelaron. 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 la variable climática.

4.1 Amenaza y exposición del paisaje frente al cambio climático: caracterización bioclimática de los paisajes navarros

La caracterización y delimitación del paisaje se establece en función de la escala del ámbito de estudio y de la finalidad buscada. *“La Bioclimatología, que podría denominarse también Fitoclimatología, es una ciencia ecológica que estudia la relación entre el clima y la distribución de los seres vivos y sus comunidades en la Tierra. Esta disciplina comenzó a estructurarse en base a relacionar los valores medios del clima (temperatura y precipitación) con los areales de las plantas y de sus formaciones vegetales”* [S. Rivas-Martínez, 2008]. En este sentido, y puesto que el paisaje vegetal es uno de los principales aspectos del paisaje de un territorio, es posible establecer una relación muy estrecha entre bioclimatología y paisaje.

Es por ello por lo que el presente estudio de la evolución de los paisajes navarros ante los escenarios de cambio climático se aborda a partir de la identificación de los **Ámbitos paisajísticos bioclimáticos navarros**. Éstos 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 **áreas bioclimáticas** con especial reflejo paisajístico común para el periodo actual, que son las unidades bioclimáticas que se identifican con rasgos claves del paisaje vegetal navarro.

Su cálculo y cartografía se realiza bajo dos premisas: por un lado, el modelo de cálculo se debe adaptar a los modelos de datos climáticos generados en el marco del presente trabajo; por otro, las áreas bioclimáticas del periodo actual han de tener una correspondencia con las formaciones vegetales más significativas de los paisajes naturales navarros. De esta forma, al disponer de datos continuos, se puede observar la variación de las áreas del conjunto del territorio navarro en los distintos periodos analizados, para el escenario que contemplan los modelos climáticos. El procedimiento para la identificación de las áreas bioclimáticas parte de la clasificación climática



de Rivas-Martínez, por ser la más ampliamente utilizada en los estudios de vegetación potencial en España. En ella se establece una primera **división en función de la existencia o no de sequía estival**, que da lugar a la diferenciación entre la **región eurosiberiana y la mediterránea**. Dentro de cada conjunto se definen una serie de pisos con un criterio exclusivamente térmico, basado en el índice de termicidad. Esta clasificación se completa con la definición de ombrotipos basados en la precipitación anual. Posteriormente el mismo autor presentó una clasificación bioclimática global en la que se definen los macrobioclimas, templado y mediterráneo en el caso navarro, cada uno con posibles variantes bioclimáticas, submediterránea y esteparia, y se completa la clasificación con los pisos bioclimáticos formados por termotipos, función de I_t/I_{tc} (índice de termicidad/ índice de termicidad compensado), T_p (temperatura positiva) e I_c (índice de continentalidad) y ombrotipos, función de I_o (índice ombrotérmico anual).

4.1.1 Áreas bioclimáticas y su reflejo paisajístico

Para entender los **Ámbitos paisajísticos bioclimáticos navarros** es necesario reconocer y comprender previamente las **áreas bioclimáticas** en que se basan.

A grandes rasgos, en Navarra es posible relacionar la mayoría de los pisos bioclimáticos con un paisaje vegetal característico, a los que se asocian especies arbóreas representativas. Su presencia actual, junto con la propia cartografía de vegetación potencial de Navarra, ha servido como indicador o testigo en el procedimiento de obtención y adaptación de los pisos bioclimáticos. Es decir, la presencia o ausencia de tales especies ha validado la distribución de pisos resultante o ha aconsejado superponer nuevas clases, para explicar la variabilidad y riqueza del paisaje navarro. La búsqueda de parámetros bioclimáticos que expliquen esa riqueza se contrasta mediante el mismo procedimiento.

Las áreas bioclimáticas nos proporcionan grandes áreas con rasgos climáticos comunes, más o menos idóneos para las distintas comunidades vegetales; el análisis, por lo tanto, se ha centrado en los aspectos climáticos, aunque es obvio que existen otros factores de los cuales depende el desarrollo de las distintas formaciones, como las características del suelo (contenido en bases, profundidad, etc.) o la topografía (pendiente, exposición), cuya influencia modula localmente los parámetros climáticos y condiciona finalmente la presencia de unas u otras especies. Conviene recordar que estos factores locales explican en gran medida la aparición de las comunidades vegetales fuera de lo que se ha definido como su área bioclimática característica. Como ejemplo, se pueden nombrar los carrascales presentes en la zona templada, ocupando litosuelos y solanas venteadas, cuyas condiciones más xéricas permiten que resistan en la competencia frente a otras especies eurosiberianas más exigentes en humedad.

Los datos de dichos parámetros en la actualidad para los puntos de muestreo de cada especie se han extraído de los datos climáticos observados en el periodo 1991-2017. Hay que destacar que las conclusiones se han obtenido a partir de los resultados de las proyecciones climáticas recogidas en el presente estudio, las cuales pueden variar por la revisión de los datos aportados por AEMET.

Los objetivos alcanzados con este proceso han sido, por un lado, realizar una adaptación de los pisos bioclimáticos; y por otro, proponer una ampliación de estos, de forma que queden cubiertos todas las áreas con reflejo en el paisaje y que los pisos no alcanzaban a explicar. En definitiva, **se seleccionan las divisiones que componen las unidades bioclimáticas definidas por Rivas-Martínez que mejor definen las características del paisaje navarro.**



4.1.1.1 Adaptación de los pisos bioclimáticos de Rivas-Martínez

Identificación de la Región Mediterránea y la Eurosiberiana

La principal frontera biogeográfica que atraviesa el Territorio Foral es la que separa las dos regiones, Eurosiberiana y Mediterránea, en las que se divide la Europa meridional. Dicha frontera cruza Navarra por su parte central, separando más o menos lo que se conoce como La Navarra Media y La Montaña. Las series de la carrasca, el quejigo y la coscoja son eminentemente mediterráneas, no penetrando, más que puntualmente, en los vecinos territorios eurosiberianos. Por el contrario, las del haya, el roble, el roble pubescente, el abeto, el pino albar o el pino negro, son típicamente eurosiberianas. Las diferencias en el clima y en el paisaje vegetal resultan tan evidentes que casi no merecen mayor glosa (Loidi & Báscones, 2006).

En la clasificación bioclimática de Rivas-Martínez, el macrobioclima mediterráneo es, por definición, el tipo extratropical ($> 23^\circ$ N/ S) que, coincidiendo con el verano (época más cálida del año), tiene un período de sequía en el que, al menos dos meses consecutivos, los más cálidos del año, la precipitación es menor o igual que el doble de la temperatura ($P \leq 2T$, equivalente a $los_2 \leq 2$). Pero, esta condición no es la única, debido a que la disponibilidad de agua en el suelo causada por las lluvias precedentes puede compensar la baja precipitación posterior. Es decir, si añadimos el mes anterior al cálculo y el resultado es el de $los_3 > 2$; se considera que hay compensación y el territorio no será mediterráneo. De nuevo, si no se cumple esta condición, la clasificación de Rivas-Martínez contempla la posibilidad de que aún pueda producirse una compensación con la precipitación del mes previo, es decir, la condición sería sí los 4 es mayor de 2. En caso contrario, los territorios son definitivamente mediterráneos.

Identificación de Pisos Bioclimáticos: It, Tp e lo.

Los pisos bioclimáticos son cada uno de los tipos o grupos de medios que se suceden en una cliserie altitudinal o latitudinal. Se delimitan en función de los factores termoclimáticos (termotipos, It, Itc, Tp) y ombroclimáticos (ombrotipos, lo). Cada piso bioclimático posee unas determinadas formaciones y comunidades vegetales.

La aplicación de la clasificación en termotipos en función del índice de termicidad y de la temperatura positiva, permite obtener una primera base de unidades bioclimáticas, que se adaptarán posteriormente para añadir nuevas subdivisiones que permitan abarcar lo máximo posible, desde un enfoque bioclimático, la riqueza y complejidad del paisaje de Navarra. Los ombrotipos servirán como un criterio más en la búsqueda de dichas adaptaciones. En Navarra encontramos los siguientes termotipos y ombrotipos:

Tabla 4-1 Termotipos y ombrotipos de Navarra

MACROBIO-CLIMA	TERMOTIPO	It/Itc	Tp (It<120)	OMBROTIPO	lo
TEMPLADO	Termotemplado (Termocolino)	350-410		Semiárido	1-2
	Mesotemplado (colino)	190-290		Seco	2-3,6
	Supratemplado (montano)	120-190	800-1400	Subhúmedo	3,6-6
	Orotemplado (subalpino)		381-800	Húmedo	6-12
MEDITERRÁNEO	Mesomediterráneo	220-350		Hiperhúmedo	12-24
	Supramediterráneo	120-220			



Conviene aclarar que en la definición de áreas bioclimáticas del macrobioclima templado se ha optado por la nomenclatura clásica (colino, montano, subalpino...), por ser la más habitual en la bibliografía científica, con la que se suelen identificar los pisos bioclimáticos. Igualmente, en adelante se hace referencia indistintamente a la región eurosiberiana y al macrobioclima templado, y de forma análoga, a la región mediterránea y al macrobioclima mediterráneo.

4.1.1.2 *Ampliaciones para incluir paisajes vegetales navarros no representados en el mapa base de pisos bioclimáticos (termotipos)*

Como se ha comentado, determinadas especies arbóreas han servido como indicadores de paisajes que, siendo representativos en Navarra, no quedaban inequívocamente asociados a un termotipo. Un ejemplo relevante lo constituyen los robledales de roble pubescente (*Quercus humilis*), que han servido de indicador de la presencia de una importante franja submediterránea asociada a una variante bioclimática del macrobioclima templado (región eurosiberiana).

División del Piso Montano en Altimontano y Mesomontano.

El único piso bioclimático en el que se ha considerado su subdivisión en horizontes termotípicos, por su importante relevancia paisajística en Navarra, es el piso montano, dentro de la región eurosiberiana. Así, se distingue el altimontano, como la transición a la alta montaña, en contacto con el piso subalpino. Su principal diferencia paisajística con el mesomontano (mesomontano) reside en que, a consecuencia de una mayor altitud y su correspondiente descenso de temperatura, el haya pierde su hegemonía y aparece frecuentemente mezclada con coníferas como el abeto (*Abies alba*) o el pino albar o royo (*Pinus sylvestris*). Esto es más patente hacia el Este, donde la presencia de la cadena pirenaica propicia progresivamente un clima menos oceánico, más continental.

Región Eurosiberiana, identificación de variantes bioclimáticas: variante submediterránea.

De una manera general, la característica de un macrobioclima mediterráneo, frente a uno templado, es que tenga dos meses consecutivos con aridez durante el período cálido del año, es decir, que en esos dos meses la precipitación en mm sea inferior al doble de la temperatura en grados centígrados ($P < 2T$). Si esta condición no se cumple y el período de aridez estival es más corto o es nulo, el macrobioclima será templado. Dentro de él, pues, cabe que haya veranos en los que uno de los meses registre aridez en los términos expresados; en este caso hablaremos de la variante submediterránea del macrobioclima templado (Loidi & Báscones, 2006). Esta franja ocupa una importante extensión de la región eurosiberiana en Navarra. Su especie arbórea característica es el roble pubescente (*Quercus humilis*) mientras que en el estrato arbustivo destaca de forma relevante el boj (*Buxus sempervirens*) aunque en este caso se trata de una especie también propia de ambientes supramediterráneos.

Para la identificación de la Navarra submediterránea se ha considerado la condición de la clasificación bioclimática global de Rivas-Martínez, según la cual, se identifica una variable bioclimática submediterránea en el macrobioclima templado, equivalente a la región eurosiberiana, cuando existe cierta sequía estival al menos durante un mes del estío. Generalmente se establece que la precipitación media en milímetros ha de ser inferior a dos veces y ocho décimas a la temperatura media en grados centígrados [$10s; P < 2.8T$]. Ese umbral varía si consideramos textos de otros autores, que lo establecen en 2 para Navarra (Loidi & Báscones, 2006). Se han contrastado los resultados de estos valores con las especies testigo seleccionadas y finalmente





se ha seleccionado la condición de [$\log_2 P < 2.5T$] por su mejor ajuste tanto en la serie de datos climáticos hasta 1990 como en la que comprende el periodo 1991-2017.

Identificación (y descarte) de variantes bioclimáticas en la Región Mediterránea: la variante esteparia.

El tercio sur del territorio Foral se caracteriza, además de por la presencia de La Ribera del Ebro, por un paisaje estepario, en el que abundan los coscojares (*Quercus coccifera*), los timo-allagares y los espartales. El pino carrasco (*Pinus halepensis*) es la especie arbórea mejor adaptada a las cuevas y cortados yesíferos presentes en la zona y la encina (*Quercus ilex*) prácticamente desaparece.

De igual forma, los límites de la variante esteparia definida por Rivas-Martínez tampoco presentan una correlación clara con los límites del paisaje estepario del Eje del Ebro. Todo ello invita a pensar que los factores litológicos, con abundantes afloramientos de yesos, son causantes de acentuar las condiciones de aridez debidas al régimen de precipitaciones. Este importante condicionante litológico del paisaje no permite distinguir claramente la relación entre la variante bioclimática esteparia y el paisaje estepario que caracteriza estas zonas del sur de Navarra, motivo por el cual se ha optado por descartar su diferenciación dentro de la definición de *áreas bioclimáticas con especial reflejo paisajístico*.

Identificación de ombrotipos con relevancia paisajística.

Los ombrotipos únicamente se han tenido en cuenta en los casos en los que se ha comprobado que permiten diferenciar las áreas bioclimáticas anteriores, en función de la presencia o ausencia de especies testigo.

Así, en la **región mediterránea**, dentro del piso mesomediterráneo se han reconocido los siguientes ombrotipos: subhúmedo, seco y semiárido. Esta división permite diferenciar claramente el mesomediterráneo caracterizado por la presencia, junto a la encina, de quejigos (ombrotipo subhúmedo), del mesomediterráneo donde predomina claramente la encina (ombrotipo seco). Por otra parte, aunque el ombrotipo semiárido se encuentra escasamente representado y coincide con la llanura aluvial del río Ebro en su último tramo en Navarra, fuera de la influencia riparia este ombrotipo vendría asociado a la ausencia de la carrasca y al dominio de los coscojares y sabinas con pinos carrascos. Si bien hay que tener en cuenta que en La Ribera Navarra su reflejo en el paisaje es (y se prevé) difuso dado que la ausencia de precipitaciones no es el único factor que impide que prosperen los carrascales, y la presencia superficial de yesos es otro de sus condicionantes.

A su vez, en la **región eurosiberiana**, el ejemplo más representativo se da en la variante submediterránea. Donde los robledales pubescentes, también denominados pelosos, de *Quercus humilis* nos indican la existencia de un ombrotipo, al menos, subhúmedo; y los hayedos y abetales submediterráneos de un ombrotipo húmedo. Por otra parte, los hayedos y abetales submediterráneos se localizan en el piso montano, coincidente en su mayor parte con el ombrotipo húmedo. El caso análogo se da igualmente en la región eurosiberiana sin influencia mediterránea, entre hayedos y robledales de roble pedunculado, por lo que se ha considerado que la conjunción de variante bioclimática y pisos bioclimáticos expresa suficientemente las principales diferencias del paisaje vegetal navarro. Por este motivo, incluir los ombrotipos, no aportaría en este caso información especialmente para la identificación de las especies 'testigo' mientras que



presentaría el inconveniente de aumentar de manera considerable la complejidad de la clasificación.

4.1.1.3 Resultados

Como resultado de las conclusiones obtenidas del análisis previo, se seleccionan los pisos bioclimáticos, los termotipos (en su caso horizontes termotípicos) y ombrotipos, y las variantes bioclimáticas, cuya combinación se considera que mejor representa el paisaje navarro.

A estas divisiones, de carácter bioclimático pero seleccionadas con criterios de representatividad paisajística, se les ha denominado *Áreas bioclimáticas* con especial reflejo paisajístico.

En total, en Navarra se han obtenido 12 áreas bioclimáticas, para las 3 regiones identificadas, correspondientes a las siguientes unidades bioclimáticas:

Región Eurosiberiana, sin sequía estival:

- N** **Piso subalpino:** asociado a la alta montaña eurosiberiana, con pinares de pino negro (*Pinus uncinata*) como formación característica.
- N** **Piso montano, horizonte superior o altimontano:** Asociado a la montaña media en transición a la alta montaña, con los bosques mixtos altimontanos (hayedos y pinares de pino rojo, hayedo-abetales...) como bosques característicos.
- N** **Piso montano, horizonte inferior o mesomontano:** Asociado a la montaña media eurosiberiana con los hayedos monoespecíficos (*Fagus sylvatica*) como bosques característicos.
- N** **Piso colino:** asociado a los valles atlánticos, con los robledales de roble pedunculado (*Quercus robur*) y las fresnedas cantábricas como formaciones boscosas características.
- N** **Piso termocolino:** asociado a la parte baja de los valles atlánticos, por dónde entra la influencia más termófila de la costa cantábrica. A los robledales y fresnedas se le une la presencia del encinar cantábrico (*Quercus ilex* subsp. *ilex*) y otras frondosas perennifolias termófilas como el labiérnago o el laurel.

Región Eurosiberiana, con sequía estival (variante bioclimática submediterránea):

- N** **Piso montano** (mesomontano y altimontano), en la variante bioclimática submediterránea: Hayedos (*Fagus sylvatica*) y abetales (*Abies alba*) submediterráneos, pinares de pino rojo (*Pinus sylvestris*) y robledales de roble pubescente (*Quercus humilis*).
- N** **Piso colino**, en la variante bioclimática submediterránea: Robledales de roble pubescente (*Quercus humilis*) y su híbrido con el quejigo (*Quercus subpyrenaica*)

Región Mediterránea:

Piso supramediterráneo: Quejigares (*Quercus faginea*) y en menor medida encinares (*Quercus ilex*, principalmente subespecie *ballota*).

Piso mesomediterráneo, ombrotipo subhúmedo: Encinares (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) y en menor medida, quejigares (*Quercus faginea*).

Piso mesomediterráneo, ombrotipo seco: Encinares (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) y pinares de pino carrasco con coscoja y sabina (*Pinus halepensis*).



Piso mesomediterráneo, ombrotipo semiárido: Pinares de pino carrasco (*Pinus halepensis*) con coscoja (*Quercus coccifera*) y sabinas (*Juniperus* sp).

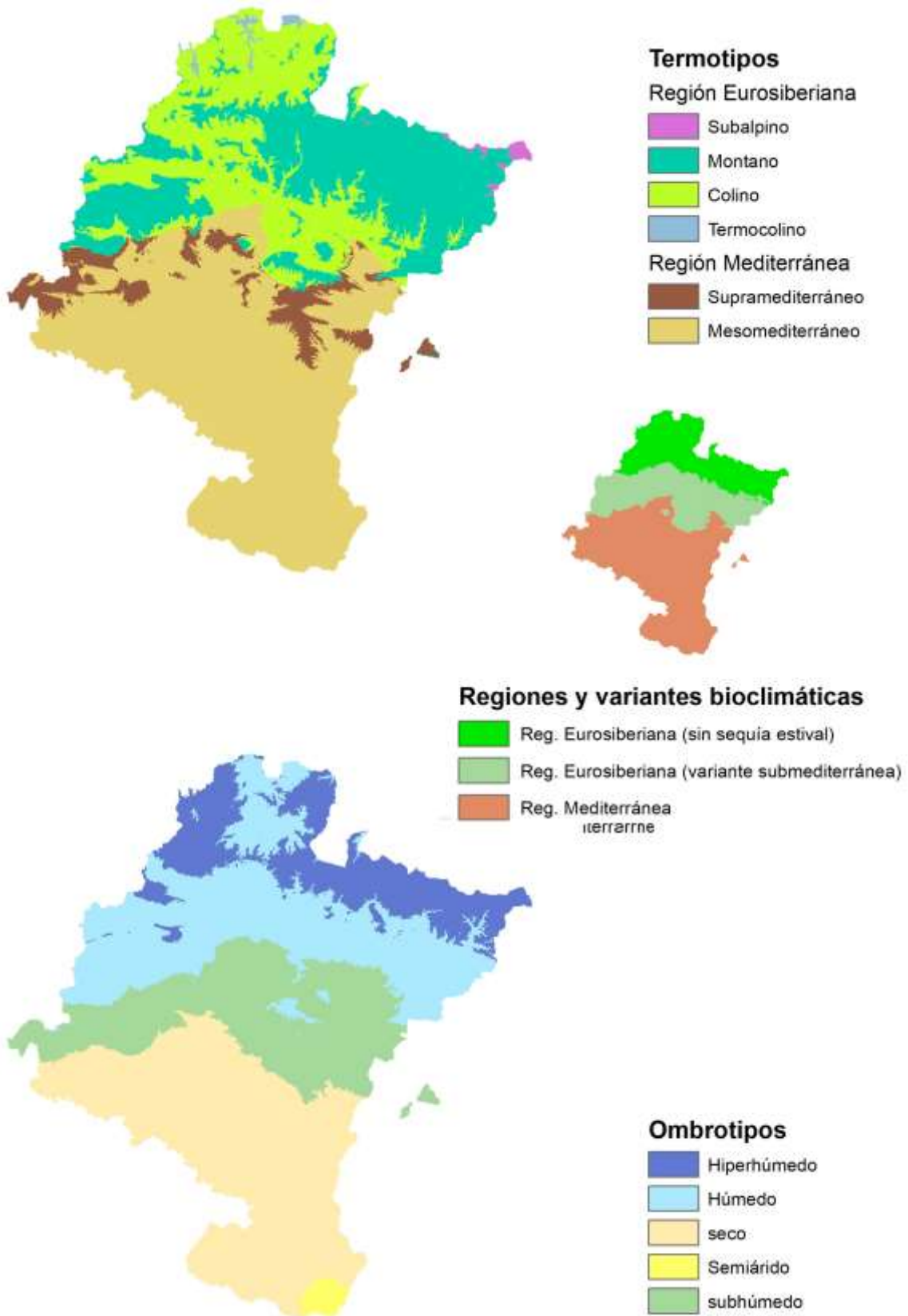
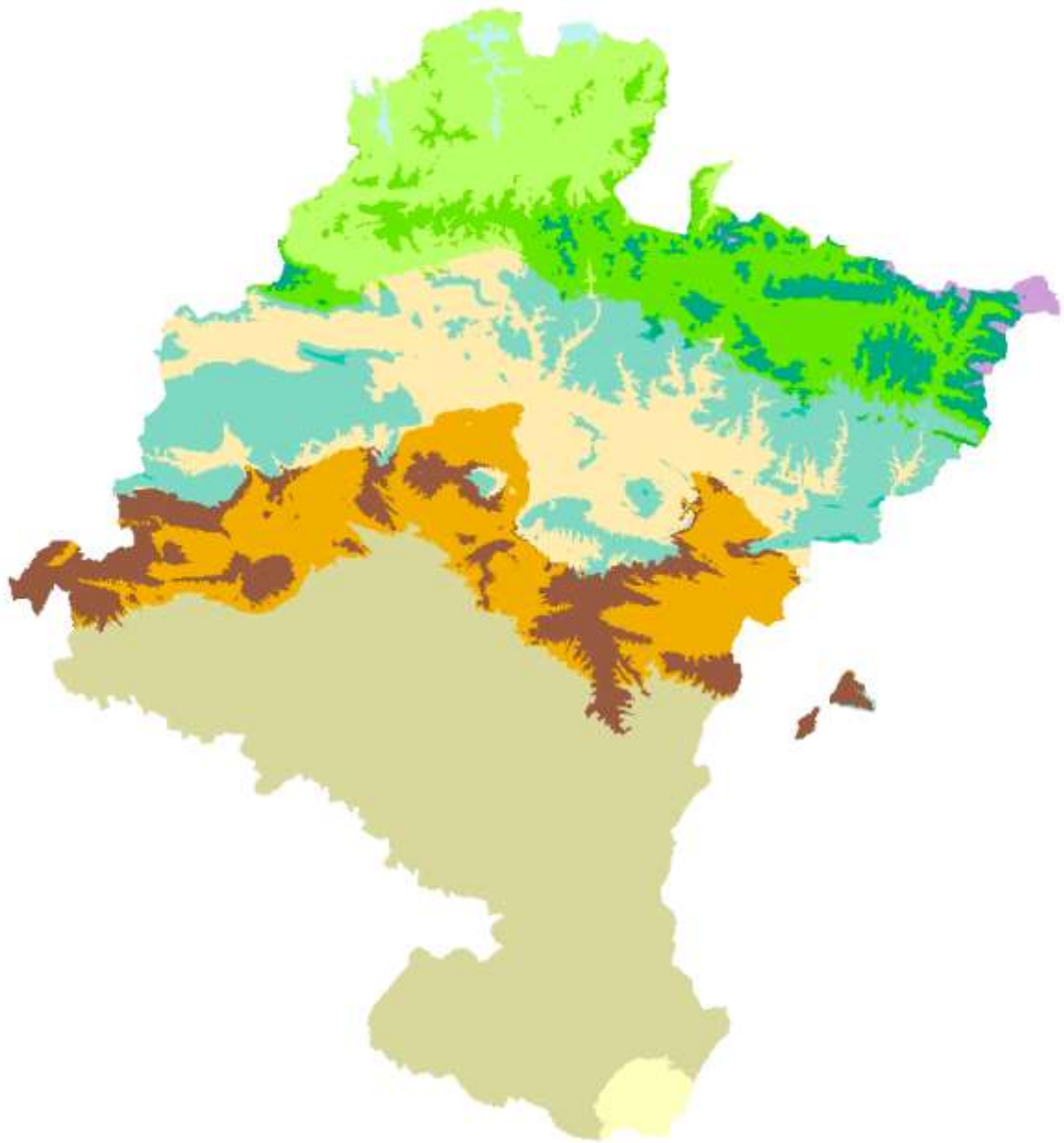


Figura 15 Termotipos, ombrotipos, regiones y variantes bioclimáticas con reflejo paisajístico.



Áreas Bioclimáticas

Región Eurosiberiana (sin sequía estival)

-  Subalpino
-  Altimontano
-  Montano inferior
-  Colino
-  Termocolino

Región Eurosiberiana (variante submediterránea)

-  Altimontano
-  Montano inferior
-  Colino

Región Mediterránea





-  Supramediterráneo
-  Mesomediterráneo subhúmedo
-  Mesomediterráneo seco
-  Mesomediterráneo semiárido

Figura 16 Principales áreas bioclimáticas con especial reflejo paisajístico

4.1.2 Ámbitos paisajísticos bioclimáticos navarros

Los **Ámbitos paisajísticos bioclimáticos navarros** se definen como territorios que presentan un carácter paisajístico propio, que los diferencia unos de otros; analizados bajo el prisma de sus condiciones bioclimáticas y clasificados bajo aspectos ampliamente reconocidos por los navarros, que facilitan su identificación. Se definen en función de una o más *áreas bioclimáticas* que le son propias y características y que facilitan su seguimiento en el escenario de cambio climático proyectado.

Como resultado, se han identificado seis Ámbitos paisajísticos, desde la perspectiva bioclimática en Navarra, que presentan una relación directa con las áreas bioclimáticas, conforme se expone en el cuadro siguiente, y descritas en el anexo 0.

Tabla 4-2 Ámbitos paisajísticos bioclimáticos navarros y áreas bioclimáticas en la actualidad.

	ÁMBITOS PAISAJÍSTICOS BIOCLIMÁTICOS NAVARROS	ÁREAS BIOCLIMÁTICAS				
		REGIÓN	VARIANTE BIOCLIMÁTICA	PISO BIOCLIMÁTICO		
LA MONTAÑA EUROSIBERIANA (SIN SEQUÍA ESTIVAL)	ALTA MONTAÑA EUROSIBERIANA	EUROSIBERIANA (MACROBIOClima TEMPLADO)	-	SUBALPINO		
	MONTAÑA MEDIA EUROSIBERIANA			MONTANO	Horizonte ALTIMONTANO	
	VALLES ATLÁNTICOS				Horizonte MESOMONTANO	
				COLINO		
		TERMOCOLINO				
ZONA MEDIA DE TRANSICIÓN	SIERRAS Y VALLES SUBMEDITERRÁNEOS.	EUROSIBERIANA (MACROBIOClima TEMPLADO)	SUB- MEDITERRÁNEA	MONTANO	Horizonte ALTIMONTANO	
					Horizonte MESOMONTANO	
	SIERRAS Y VALLES SUBHÚMEDOS MEDITERRÁNEOS	MEDITERRÁNEA (MACROBIOClima MEDITERRÁNEO)	-	SUPRAMEDITERRÁNEO		
	VALLES MEDITERRÁNEOS			MESO- MEDITERRÁNEO	Ombrotipo SUBHÚMEDO	
LA RIBERA					Ombrotipo SECO	
				Ombrotipo SEMIÁRIDO		

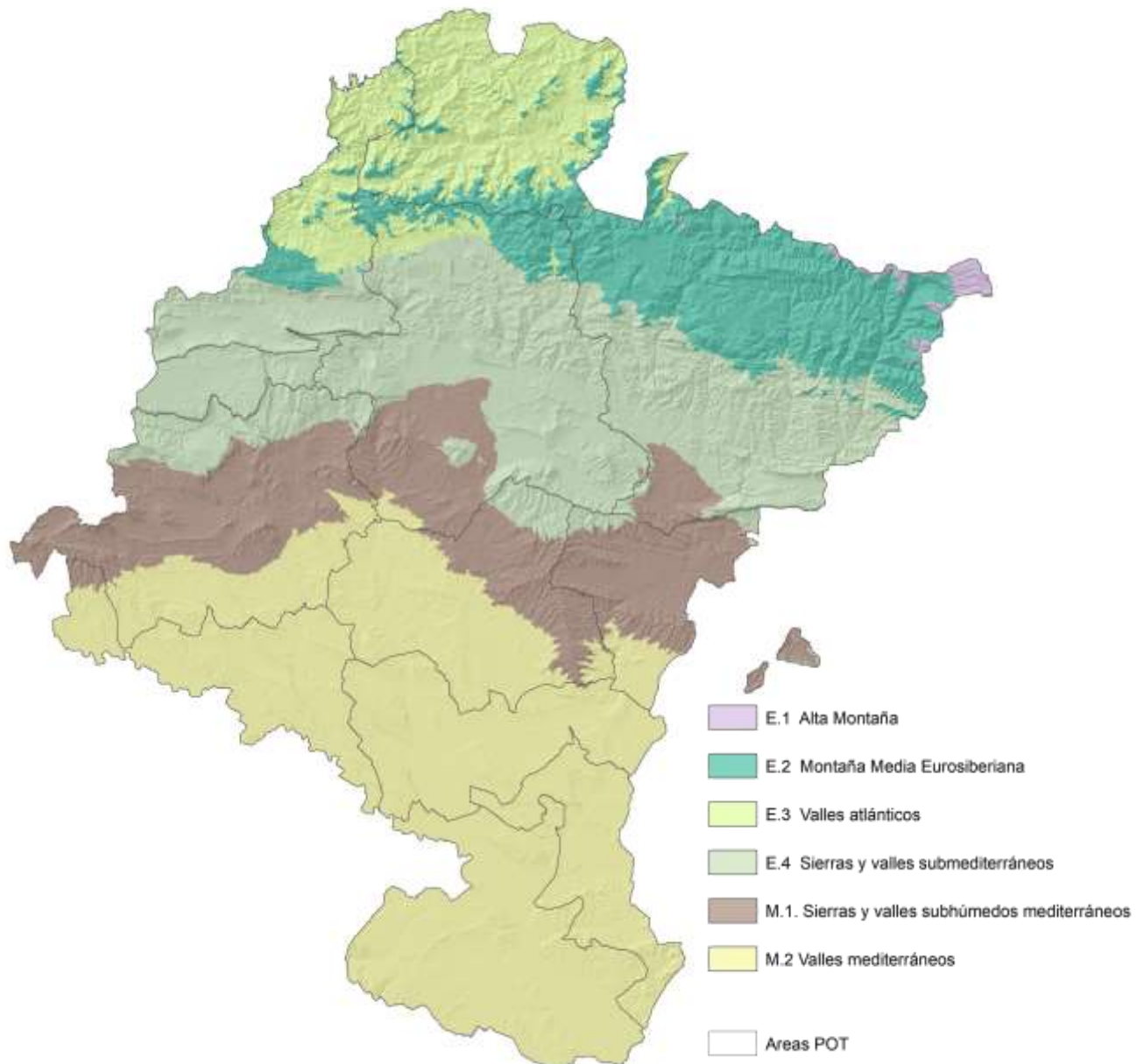


Figura 17 Ámbitos paisajísticos desde la perspectiva bioclimática de Navarra.

Geográficamente, los ámbitos paisajísticos definidos se agrupan en tres zonas. Una correspondiente a la zona montañosa sin sequía estival, situada en el extremo norte de la Comunidad Foral, en la que se enmarcan los ámbitos de la *Alta montaña eurosiberiana*, la *Montaña media eurosiberiana* y los *Valles atlánticos*.

La **Alta montaña (E1)** en Navarra se localiza en los pirineos orientales navarros, a partir de los 1600-1700 m aproximadamente, desde el pico de Orhi, pasando por el macizo de Larra, hasta la Mesa de los tres Reyes, además del Txamantxoia y Peña Ezkaurre, entre otros relieves destacados.

La **Montaña media eurosiberiana (E2)** se corresponde con la montaña entre los 600-650 m y los 1600-1700 m, aproximadamente, que forma las cabeceras de los valles pirenaicos (sin influencia submediterránea) y las cimas de los montes vasco-cantábricos, entre los que destacan los de la divisoria de aguas cantábrica, desde la sierra de Aralar hasta el macizo de Quinto Real.



Se han definido como *Valles atlánticos* [E3] los valles de los ríos cantábricos, desde los fondos de valle hasta los 600-650 metros de altitud aproximadamente, y en los que las masas de aire provenientes del golfo de Vizcaya, cargadas de humedad, descargan al chocar con los macizos de Cinco Villas, Quinto Real y con los montes orientales de la divisoria y convierten a estos paisajes en los más lluviosos de Navarra. Por otra parte, la escasa altitud de la divisoria, especialmente entre Aralar y Quinto real, favorece el paso de los frentes lluviosos hacia el Sur, hacia los valles subcantábricos de Larraun, Basaburúa mayor y Ultzama, incluidos en este ámbito por su ausencia de sequía estival.

En la franja central de Navarra, en lo que se conoce como Navarra media, se definen dos ámbitos de transición: uno en la región eurosiberiana correspondiente a las *Sierras y valles submediterráneos* [E4] y otro en la región mediterránea, en las *Sierras y valles subhúmedos mediterráneos* [M1].

El primero [E4] incluye el final de los valles pirenaicos, las sierras Urbasa y Andía y las sierras prepirenaicas de Leyre, Illón, Izco, Alaitz y El perdón, además de parte de las cuencas prepirenaicas de Pamplona y Aotiz-Lumbier.

Respecto al segundo [M1] Sierras y valles subhúmedos mediterráneos indicar que incluye el resto de las cuencas prepirenaicas y de las sierras exteriores prepirenaicas y vasco-cantábricas, últimos relieves en los que descargan los frentes atlánticos antes de llegar a la depresión del Ebro. Estas sierras son las que forman el piso supramediterráneo en Navarra, a partir de la cota 600 aproximadamente, y entre ellas destacan, de este a oeste, las sierras de Petilla de Aragón, La Peña, San Pedro, Ujué, Codés y La Población. Entre estas sierras, desde los fondos de valle de los ríos Aragón, Zidacos, Ega y Arga, hasta la cota 600 de los piedemontes, los valles subhúmedos completan este ámbito paisajístico bioclimático.

Al sur de estas sierras comienza la Depresión del Ebro, conocida en Navarra como La Ribera, iniciándose el ámbito de los *Valles mediterráneos* [M2]. Se corresponde con el tramo bajo de los ríos arriba mencionados hasta su confluencia con el Ebro (a través del Aragón, en el caso del Zidacos y del Arga) además de los tramos bajos del Queiles y del Alhama, afluentes del Ebro provenientes del sur.

La aridez aumenta progresivamente hacia el sureste, desde el ombrotipo seco al semiárido, también la continentalidad, y los paisajes se van haciendo a su vez más esteparios siguiendo este gradiente. Aquí el relieve es fundamentalmente llano o suavemente alomado, asociado en su mayoría a grandes llanuras aluviales, terrazas fluviales y depresiones endorreicas. Los conglomerados y areniscas de Monte Alto, en Fitero, forman la única sierra de esta zona sur y a medida que nos aproximamos al centro de la cuenca del Ebro, aumentan los materiales finos, como los yesos, margas y arcillas, que constituyen las formas características del relieve y cuya presencia aumenta la sensación producida por la aridez climática.

Los yesos destacan especialmente en las alineaciones de cuevas y en los cortados yesíferos abiertos por la erosión de los cursos fluviales. Su presencia, especialmente si afloran en suelos someros, condiciona una vegetación rala y especializada, formada por especies capaces de soportar una alta concentración en sulfato de calcio.

A nivel arbustivo y arbóreo destacan los pinares de pino carrasco y los coscojares. La erosión diferencial de margas y arcillas, muy poco resistentes, en alternancia con materiales más duros





como calizas o areniscas, ha dado lugar a las características planas (La Negra, los Montes del Cierzo, entre otras...), delimitadas por escarpadas laderas en las que destacan espectaculares cárcavas.

Los paisajes erosivos aumentan a medida que aumenta la aridez, pero también la continentalidad y la torrencialidad de las precipitaciones. El ejemplo más paradigmático son las planas, cabezos, barrancos y badlands que forman Las Bardenas Reales.

4.1.3 Evolución paisajística en el escenario de cambio climático proyectados

Los resultados obtenidos de la aplicación a los datos climáticos proyectados para los periodos 2021-2050 y 2051-2080 de la metodología explicada para la determinación de áreas bioclimáticas, son reveladores de un preocupante cambio de las características bioclimáticas de Navarra. Como se puede apreciar en la Figura 14, lo más destacado en una primera aproximación es el importante desplazamiento hacia el norte de la línea que separa las regiones eurosiberiana y mediterránea, pasando a ser mediterránea gran parte de la franja que en la actualidad es eurosiberiana submediterránea. Por otra parte, destaca la conversión de la franja eurosiberiana sin sequía estival, asociada a los verdes paisajes de prados mesófilos y bosques de frondosas caducifolias, parte indudable de la identidad del norte de Navarra, a la variante submediterránea, más propia de paisajes en los que se dejan ver los efectos de cierta sequía estival, y donde los bosques dominantes son los de frondosas marcescentes, como el roble pubescente. Esta transformación es parcial en el periodo 2021-2050, penetrando hacia el norte por los valles del Araxes, Bidasoa y Baztán. Posteriormente avanza hasta completarse durante el periodo 2051-2080, en el que según los datos analizados toda Navarra sufrirá en mayor o menor medida, sequía estival, es decir, ya no quedará presencia de la Navarra eurosiberiana ni submediterránea.

A nivel de pisos bioclimáticos, en este segundo periodo el cambio es particularmente drástico. Las áreas bioclimáticas asociadas a las sierras y montañas sufren especialmente, al subir de forma muy llamativa las cotas de referencia ligadas a su presencia. La más afectada es la asociada a la alta montaña, definida por el piso subalpino (el alpino ya no está presente en la actualidad, según los datos manejados). Si en el periodo 2021-2050 se prevé que se reduzca (asciende a la cota 1700), en el último periodo estudiado habrá desaparecido casi por completo, sustituido por el altimontano en su variante submediterránea. El altimontano a su vez quedará muy restringido en este último periodo a estas zonas de altas cumbres, a partir de la cota 1600, coincidiendo con lo que en la actualidad ocupa el subalpino. El mesomontano ocupará su lugar, pero sufrirá a su vez una sustitución por el colino que avanzará sobre su límite altitudinal inferior actual. Es decir, el montano se situará a partir de los 1000 metros de altitud aproximadamente, y entre los 600 m y los 1000 m será sustituido por el colino en su ascenso altitudinal. En este sentido, conviene mencionar que ya se ha notado en algunas zonas un retroceso del montano frente al colino entre los datos actuales y los del periodo 1961-1990, ascendiendo localmente el límite entre ambos más de 200 metros.

En la región mediterránea ocurre algo muy similar. En el último periodo analizado, el supramediterráneo, en su ascenso altitudinal hasta la cota 900 desde la 600 actual, prácticamente desaparece a favor del mesomediterráneo subhúmedo, que ocupará su lugar.

En resumen, el bioclima de la alta montaña ascenderá en altitud y, dado que las cotas en el pirineo navarro no superan los 2.500 metros, acabará prácticamente por desaparecer, sustituido por el de montaña. Los pisos bioclimáticos de montaña también retrocederán y serán sustituidos





por los característicos de valle, ya sea en la región mediterránea o en la eurosiberiana, produciéndose una disociación entre las bandas altitudinales y sus condiciones bioclimáticas características, tal y como las conocemos en la actualidad.

Aunque es cierto que en los paisajes navarros existen ejemplos de formaciones relictas, vestigios de cambios climáticos en el pasado, que nos aportan una valiosa información, la consecuencia ecológica y paisajística que esta nueva situación traerá consigo es difícil de acotar en toda su dimensión. La complejidad de los ecosistemas naturales y el rápido ritmo de cambio climático previsto plantea un escenario de transformaciones y adaptaciones a las nuevas circunstancias cuyo alcance excede a los conocimientos actuales de la comunidad científica. Si bien es cierto que los expertos coinciden en señalar algunos mecanismos de adaptación de los ecosistemas.

En el caso del paisaje vegetal navarro, en un marco de importantes variaciones bioclimáticas previstas, especialmente las asociadas a la creciente mediterraneización de la franja eurosiberiana, perturbaciones como los incendios forestales serán los mecanismos 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 este factor se le añade la situación de decaimiento y estrés que, según el escenario de cambio explicado, 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, como consecuencia de la mayor vulnerabilidad y decaimiento de los bosques, así como un aumento de especies exóticas invasoras que se beneficien de las nuevas condiciones climáticas, más próximas a las de sus regiones de origen.

Por otra parte, las formaciones y comunidades vegetales presentes en estas zonas de cambio sufrirán progresivas transformaciones en su adaptación natural a las nuevas condiciones climáticas. La mayor sequía tenderá a provocar en general formaciones cada vez más abiertas en espesura, lo que favorecerá el establecimiento de otras especies. Aumentarán las adaptaciones morfológicas para reducir la evapotranspiración, y 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 del banco de semillas presente y de las posibilidades migratorias y de ascenso altitudinal que en cada situación proporcione la topografía del relieve.





Así, según estas conclusiones, en aquellas sierras con suficiente altitud, las formaciones vegetales propias de la alta montaña y montaña navarra tenderán a ascender en altura a medida que se desplazan sus áreas bioclimáticas características. Es de esperar que el pino negro (*Pinus uncinata*) suba de cota hasta reducir en gran medida su presencia o incluso llegar a desaparecer del pirineo navarro. Pino royo (*Pinus sylvestris*), abeto (*Abies alba*) y haya (*Fagus sylvatica*) también subirán, y el hayedo tiende a ser desplazado en su límite inferior por los robledales, especialmente por los marcescentes, favorecidos por las nuevas condiciones de submediterraneidad, marojales (*Quercus pyrenaica*) en suelos ácidos y robles pubescentes (*Quercus humilis*) en básicos. Este roble además presenta la particularidad de formar un complejo con el quejigo y con el *Quercus subpyrenaica*, híbrido entre los dos primeros, que proporciona mayor capacidad de adaptación a estas especies frente a un aumento de la sequía estival.

En las sierras mediterráneas, actualmente supramediterráneas, pero sobre las que avanzará casi por completo el mesomediterráneo subhúmedo durante el periodo 2051-2080, los cambios se prevén menos llamativos a nivel paisajístico, pues, aunque se pronostica un aumento de carrascas (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) en los bosques de estas zonas, esta especie ya es habitual en este piso. Por otra parte, el efecto de estos cambios sobre los quejigares (*Quercus faginea*) actuales dependerá mucho de las situaciones locales en cada caso, aunque es previsible que a medida que aumenten las condiciones xéricas se refugien en las umbrías y en los fondos de barrancos y otros suelos más profundos y húmedos de estas sierras.

El piso supramediterráneo en el último periodo, muy escaso, se corresponde, a excepción de la sierra de Codés, con sierras actualmente bajo bioclima montano en su variante submediterránea. Son principalmente las zonas más altas de las sierras de Leyre, Illón, Artxuba, Alaitz, El Perdón y Lokiz. En estas sierras la afección ecológica y paisajística se prevé muy elevada, más acusada en las laderas del piso montano y que en el futuro se estima serán mesomediterráneas, pero también en las que pasan a supramediterráneas. Los hayedos y los escasos abetos presentes sufrirán especialmente este cambio, también los pinares de silvestre, mientras que se verán favorecidas encinas y quejigos, a menudo ya presentes de forma local en el paisaje actual.

En la parte baja de los valles también hay cambios bioclimáticos reseñables. Especialmente destacada es la aparición y expansión del termocolino en la Navarra septentrional. Ni en las cartografías de series de vegetación o de vegetación potencial existentes ni en el mapa obtenido para el periodo 1961-1990 se recoge la presencia de este piso en Navarra, asociado habitualmente a zonas más próximas a la costa cantábrica, si bien es cierto que algunos autores mencionan la existencia de especies termófilas bioindicadores de este. En la Navarra meridional, en el ámbito denominado de los *Valles mediterráneos*, los cambios son escasos y únicamente cabe mencionar el aumento del semiárido en el periodo 2051-2080, desde el extremo sur hasta la ribera del Ebro en Tudela.

Es en estas zonas bajas de los valles tanto eurosiberianos como mediterráneos, caracterizadas por un relieve más suave, 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 carácter 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 a la variante submediterránea, caracterizada por cierta sequía estival. Estos valles colinos submediterráneos se dan en la actualidad en el corredor de Sakana, en las Amescoas, y en parte de la cuenca de Pamplona y de Aoiz.





En estos paisajes, hay prados, pero éstos a menudo comparten protagonismo con los cultivos cerealistas en secano. Los bosquetes y setos de arbolado pueden estar presentes, pero son menos frecuentes y en su composición aparecen las especies marcescentes. En definitiva, la campiña en las zonas submediterráneas persiste, pero cambian gran parte de las características paisajísticas propias de lo que se conoce como campiñas atlánticas.

Los mosaicos agroforestales de secanos se verán afectados en la medida en que las condiciones bioclimáticas cambien a otras menos favorables para las formaciones naturales que los integran. Esto sucederá en los 'Monte cultivado' submediterráneos, caracterizados por el quejigo, igual que sucede con los quejigares. En la actualidad este paisaje agroforestal es especialmente característico de las zonas de transición entre el mesomediterráneo subhúmedo y el supramediterráneo. Se localizan, por tanto, en los piedemontes, de típico relieve ondulado, a menudo asociados a los paleocanales de areniscas (antiguos sedimentos aluviales), más resistentes, que como resultado de la erosión diferencial quedan como cerros o resaltes elevados sobre zonas más llanas formadas por limos y arcillas (más erosionables), dando lugar a un relieve invertido característico. Así, en las zonas llanas, deprimidas, se cultiva el cereal en secano, mientras que, en los cerros y resaltes de arenisca, difícilmente roturables, se conservan quejigos o encinas. Un avance del mesomediterráneo subhúmedo frente al supramediterráneo, no implica la desaparición del quejigo, aunque previsiblemente las carrascas se verán favorecidas. Por otra parte, este paisaje, de gran valor, al igual que los mosaicos de cultivos y carrascas, se ha visto reducido en los últimos años como consecuencia del avance de los regadíos, tras la puesta en marcha del Canal de Navarra. Con ello se pretende ilustrar que, especialmente en lo que se refiere a los paisajes agrarios, las dinámicas de cambio son mucho más complejas de evaluar que en el caso del paisaje natural, ya que intervienen muchos otros factores relacionados con la actividad humana, en lo que se conoce como "cambio global".

El viñedo es otro cultivo característico de los paisajes agrícolas navarros, en concreto los de la mitad sur, en la Navarra mediterránea. Se encuentra muy asociado al piso mesomediterráneo, de seco a subhúmedo, aunque puede darse en el subárido en régimen de regadío. También es un cultivo habitual al pie de las laderas de las sierras mediterráneas, en el piso supramediterráneo, donde sube a cotas de hasta 600-750 m. En la región eurosiberiana, sin embargo, los viñedos son de carácter puntual y para autoconsumo, fuera de las Denominaciones de Origen (DO) reconocidas en Navarra. En un primer análisis, del escenario de cambio climático que se plantea, con el aumento de la región mediterránea hacia el norte, podría deducirse que el viñedo se vería beneficiado por el aumento de territorios bioclimáticamente más aptos para obtener vinos de calidad, como los que caracterizan a las DO Calificada Rioja y Navarra en la actualidad, aunque en el sur jugará un papel fundamental la disponibilidad hídrica para regadíos.

En un análisis más detallado de su riesgo, cuyos resultados se ofrecen el anejo 8.3, 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.



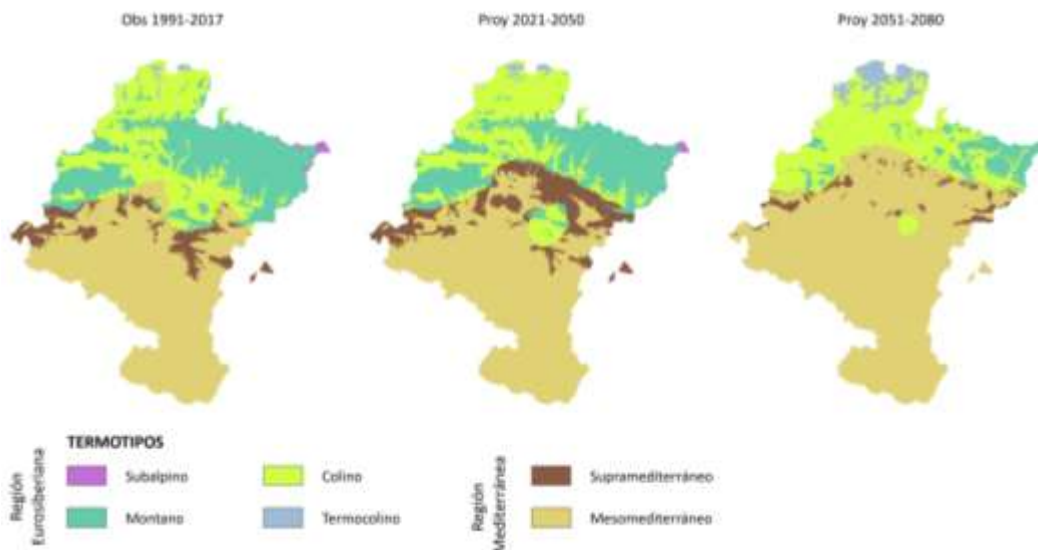


Figura 18 Evolución de Termotipos

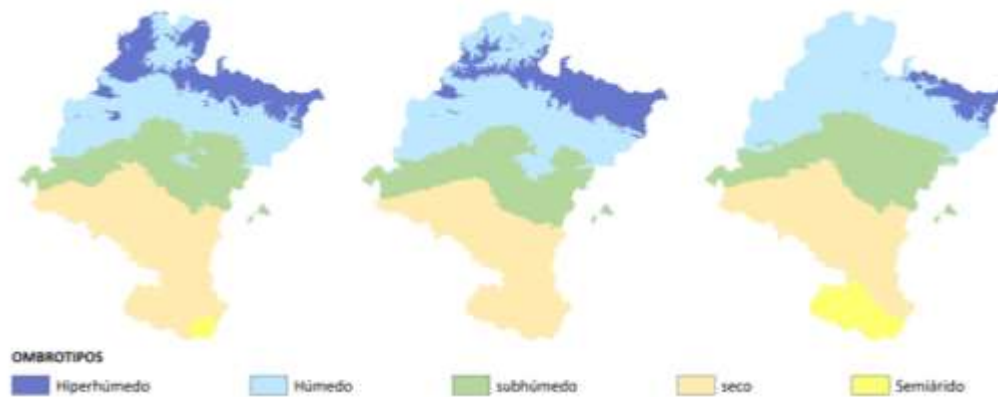


Figura 19 Evolución de Ombrotipos

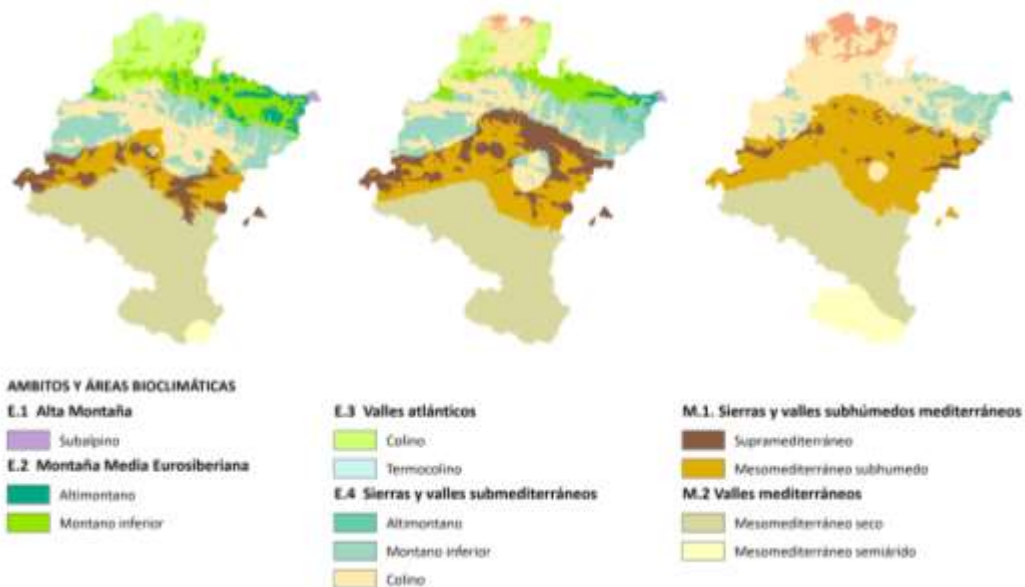


Figura 20 Evolución de las Áreas bioclimáticas con especial reflejo paisajístico (agrupadas por los ámbitos paisajísticos que definen en la actualidad).



4.2 Análisis de la vulnerabilidad y riesgo del paisaje frente al cambio climático

La vulnerabilidad del paisaje se aborda a través del análisis de la sensibilidad o susceptibilidad para afrontar los efectos adversos del cambio climático de los elementos y componentes del paisaje, partes que configuran los ámbitos paisajísticos. Esta segunda escala de aproximación permitirá abordar las medidas de gestión adaptativas que se deberán integrar en las políticas de ordenación territorial.

4.2.1 Elementos y componentes del paisaje: base de la evaluación

La geología y el clima, la fisiografía, el suelo y el agua han favorecido y condicionado de forma natural la aparición de ecosistemas, de formaciones vegetales y fauna asociada. Paralelamente, a lo largo de su historia, las sociedades humanas han intervenido en la dinámica y evolución del paisaje, favoreciendo ciertos procesos, restringiendo el desarrollo de otros, e incluso creando algunos nuevos.

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. Responden al concepto de 'paisaje elemental' como aquel que presenta unas particularidades paisajísticas homogéneas, caracterizados por una geología y fisiográfica similar, donde aparecen categorías concretas de vegetación y usos del suelo, configurando las teselas 'elementales' según su expresión visual.

Los **Componentes** son estructuras paisajísticas que forman parte de un Elemento, bien esporádicamente, o bien de forma dominante, dando lugar a patrones repetidos en el espacio que condicionan su aspecto. Pueden ser percibidos como partes en las que este se divide un Elemento, pero también como partes superpuestas a estos.

La identificación y clasificación de Elementos y Componentes, responde a las particularidades propias de cada territorio, así como a la escala y la motivación de dicha identificación. El estudio parte del análisis de los Elementos y componentes ya identificados en Navarra en el desarrollo de los Documentos de Paisaje asociados a los Planes de Ordenación del Territorio (POT). Unos ya finalizados, como la Navarra Atlántica (POT 2) o la Zona Media (POT 4) y otros en procesos de elaboración paralelos al presente estudio, y llevados a cabo por el mismo equipo técnico: Pirineos (POT 1) y Eje del Ebro (POT 5). En cualquier caso, el Anejo 9 que acompaña a los distintos POT ofrece una información inicial que permite una primera aproximación.

La identificación de este puzzle que configura y caracteriza el paisaje requiere desentrañar los complejos y heterogéneos factores que lo modelaron. 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 la variable climática.

Así las cosas, el análisis del paisaje a través de sus elementos y componentes se ha desarrollado desde el prisma de sus condicionantes climáticos, por lo que se ha buscado identificar en su



nivel más desagregado -los componentes-, la complejidad y heterogeneidad de todo el territorio navarro a través de sus formaciones vegetales más representativas. En sentido contrario no se ha analizado el relieve con detalle, aspecto fundamental para el análisis de Elementos del paisaje, porque, además de carecer de dicha información para el conjunto de Navarra, este aspecto no se ve tan afectado, a escala humana, con las variaciones climáticas.

Tabla 4-3 Elementos y componentes de los *relieves singulares, paisajes litológicos o erosivos* navarros en relación con los condicionantes climáticos.

ELEMENTO	COMPONENTES RELEVANTES	ÁMBITOS PAISAJÍSTICOS
CIMAS Y CORDALES DESARBOLADOS	Roquedos, matorrales, pastos y helechales, megalitos	Montaña media eurosiberiana
ALTAS CUMBRES	Crestas rocosas, circos glaciares, canchales	Alta montaña eurosiberiana
CRESTAS Y ESCARPES	Escarpes calizos de montaña, escarpes de yesos en terrazas, relieves turrulares de conglomerados (mallos)	Indiferente
FOCES Y GARGANTAS	Foces y gargantas	Indiferente
KARST	Karst	Indiferente
RELIEVES EROSIVOS	Badlands (carcavas y barancos), Relieves ruiformes	Sierras y valles submediterráneos
	Cárcavas, torrenteras	Sierras y valles subhúmedos mediterráneos
	Laderas acarcavadas, Tufas,	Valles mediterráneos
BARRANCOS MEDITERRÁNEOS	Cauces temporales, tamarizales	Valles mediterráneos

Tabla 4-4 Elementos y componentes de los *paisajes del agua* navarros en relación con los condicionantes climáticos.

ELEMENTO	COMPONENTES RELEVANTES	ÁMBITOS PAISAJÍSTICOS
EBRO Y TRAMOS BAJOS DE GRANDES RÍOS	Grandes cauces, Cauces en barras	Valles mediterráneos
	Sotos	Valles mediterráneos
	Plantaciones selvícolas de ribera. Plantaciones de choperas y otras frondosas en llanuras aluviales	Valles mediterráneos
RÍOS (TRAMOS MEDIOS Y RÍOS SECUNDARIOS)	Cauces medianos	Valles atlánticos Sierras y valles submediterráneos Sierras y valles subhúmedos mediterráneos
	Bosques de ribera (alisedas)	Valles atlánticos Sierras y valles submediterráneos Sierras y valles subhúmedos mediterráneos
RÍOS DE MONTAÑA	Cauces de montaña, saucedas, fresnedas	Montaña media eurosiberiana
LAGUNAS, ESTANCAS Y SALADARES	Láminas de agua naturalizadas, Tamarizales y vegetación halófila, Carrizales y juncales	Valles mediterráneos
TURBERAS Y LAGUNAS DE MONTAÑA	Turberas	Alta montaña eurosiberiana Montaña media eurosiberiana Valles atlánticos
EMBALSES	Embalses	Indiferente
GRANDES CANALES DE RIEGO	Canales de riego	Indiferente

Tabla 4-5 Elementos y componentes de los paisajes forestales navarros en relación con los condicionantes climáticos. (sierras, montes y otros relieves con bosques, matorrales y pastizales)

	ELEMENTO	COMPONENTES RELEVANTES	ÁMBITOS PAISAJÍSTICOS
BOSQUES EUROSIBERIANOS	FRONDOSAS CADUCIFOLIAS	Hayedos	Montaña media eurosiberiana Valles atlánticos (ocasional)
		Robledales atlánticos y otras caducifolias atlánticas	Valles atlánticos Montaña media eurosiberiana (ocasional)
		Abedulares	Montaña media eurosiberiana
	FRONDOSAS PERENNIFOLIAS	Encinares cantábricos	Valles atlánticos
	CONÍFERAS	Abetales	Montaña media eurosiberiana Sierras y valles submediterráneos (ocasional)
		Pinares de pino negro	Alta montaña eurosiberiana
		Pinares de pino rojo o silvestre	Montaña media eurosiberiana
	BOSQUES MIXTOS	Hayedo-abetales	Montaña media eurosiberiana
		Hayedo-pinares de royo	Montaña media eurosiberiana
	BOSQUES SUBMEDITERRÁNEOS Y DE MONTAÑA MEDITERRÁNEA	FRONDOSAS MARCESCENTES	Robledales de roble pubescente
Marojales			Valles atlánticos Sierras y valles submediterráneos
Quejigares			Sierras y valles subhúmedos mediterráneos Sierras y valles submediterráneos (ocasional)
CONÍFERAS		Pinares de pino silvestre y/o laricio	Sierras y valles submediterráneos
BOSQUES MIXTOS		Robledales de pubescente-pinares de silvestre	Sierras y valles submediterráneos
		Quejigo-pinar de silvestre	Sierras y valles subhúmedos mediterráneos
BOSQUES MEDITERRÁNEOS	FRONDOSAS PERENNIFOLIAS	Carrascales	Sierras y valles subhúmedos mediterráneos Valles mediterráneos Sierras y valles submediterráneos (ocasional)
	CONÍFERAS	Pinares de carrasco	Sierras y valles submediterráneos Valles mediterráneos

Tabla 4-6 Elementos y componentes de los *paisajes forestales* navarros en relación con los condicionantes climáticos.

	ELEMENTO	COMPONENTES RELEVANTES	ÁMBITOS PAISAJÍSTICOS
PLANTACIONES	PLANTACIONES DE FRONDOSAS CADUCIFOLIAS	Robledales de roble americano	Valles atlánticos
	PLANTACIONES DE CONÍFERAS	Pinares de pino insigne	Valles atlánticos
		Pinares de pino silvestre	Sierras y valles submediterráneos
		Pinares de pino laricio	Sierras y valles subhúmedos mediterráneos
	Pinares de pino carrasco	Sierras y valles subhúmedos mediterráneos Valles mediterráneos	
MATORRALES	MATORRALES EUROSIBERIANOS	Landas acidófilas (helechales, brezales, argomales, matorral de otea), Matorrales de otavera	Montaña media eurosiberiana Valles atlánticos
	MATORRALES SUBMEDITERRÁNEOS	Bojedas, otaveras, aulagares, espinares y zarzales	Sierras y valles submediterráneos Sierras y valles subhúmedos mediterráneos
	MATORRALES MEDITERRÁNEOS	Sabinares y enebrales	Sierras y valles subhúmedos mediterráneos. Valles mediterráneos
		Coscojares	Valles mediterráneos
		Timo aliagares, romerales... subesteparios y gipsofilos (Espartales, sosa, ontinares,...)	Valles mediterráneos
			Valles mediterráneos
PASTIZALES	PASTIZALES EUROSIBERIANOS	Alta montaña (pastizales alpinos y subalpinos, brezales, enebrales...)	Alta montaña eurosiberiana
		Colinos y montanos (prados mesófilos)	Valles atlánticos Montaña media eurosiberiana
	PASTIZALES MEDITERRÁNEOS Y SUBMEDITERRÁNEOS	Espartales y otros pastizales xerófilos	Valles mediterráneos
		Pastizales mesoxerófilos	Sierras y valles submediterráneos Sierras y valles subhúmedos mediterráneos.

Tabla 4-7 Elementos y componentes de los *paisajes agroforestales* navarros en relación con los condicionantes climáticos.

ELEMENTO	COMPONENTES RELEVANTES	ÁMBITOS PAISAJÍSTICOS
CAMPIÑA ATLÁNTICA	Mosaico de praderas delimitadas (por setos, muros de piedra), bosquetes de frondosas atlánticas y cultivos atlánticos	Valles atlánticos
	Bosquetes de frondosas atlánticas	
MONTE CULTIVO SUBMEDITERRÁNEO	Mosaico de secanos con arbolado marcescente.	Sierras y valles subhúmedos mediterráneos
MONTE CULTIVO MEDITERRÁNEO	Mosaico de monte mediterráneo y cultivos de cereal	Valles mediterráneos
CAMPIÑAS MEDITERRÁNEAS DE CULTIVOS LEÑOSOS, HERBÁCEOS Y VEGETACIÓN NATURAL	Viñedos, olivos y almendros, con pinares y encinares	Valles mediterráneos; Sierras y valles subhúmedos mediterráneos

Tabla 4-8 Elementos y componentes de los *paisajes agrarios* navarros en relación con los condicionantes climáticos.

ELEMENTO	COMPONENTES RELEVANTES	ÁMBITOS PAISAJÍSTICOS
CAMPIÑAS Y PIEDEMONTES CON POLICULTIVOS	Mosaico de huertas, viñedos, frutales y herbáceas	Valles mediterráneos
FONDOS DE VALLE CULTIVADOS	Mosaico de huertas, viñedos, frutales y herbáceas	Valles mediterráneos
PLANICIES ALUVIALES CULTIVADAS (VEGAS)	Mosaico de huertas, viñedos, frutales y herbáceas	Azonal: relacionado con la presencia de los cursos bajos de los grandes ríos con independencia de las condiciones bioclimáticas, aunque se localizan en los Valles mediterráneos
	Monocultivos de herbáceas en regadío intenso, Invernaderos y cultivos bajo plástico	
	Grandes extensiones de leñosas en regadío (viñedos)	
GLACIS, TERRAZAS Y PLANAS CULTIVADAS	Grandes extensiones de herbáceas en regadío (antiguos secanos)	Valles mediterráneos
	Herbáceas en secanos	
CAMPIÑAS CEREALISTAS EN SECANO	Estepas cerealistas	Valles mediterráneos
CAMPIÑAS CON CULTIVOS LEÑOSOS	Olivares en laderas de piedemontes y glacis	Valles mediterráneos
	Frutales en laderas de piedemontes y glacis	Valles mediterráneos
	Viñedos en laderas de piedemontes y glacis	Valles mediterráneos

Tabla 4-9 Elementos y componentes de los *paisajes contruidos* navarros en relación con los condicionantes climáticos.

ELEMENTO	COMPONENTES RELEVANTES	ÁMBITOS
ASENTAMIENTOS DE POBLACIÓN (Rurales y urbanos)	Casco urbano	Indiferente
	Poblados de colonización	
	Ensanches	
	Ampliaciones dispersas	
ZONAS INDUSTRIALES	Polígonos industriales, grandes industrias	
	Polígonos rurales	
ZONAS DOTACIONALES Y COMERCIALES	Superficies comerciales, hospitales.	
CORREDORES DE TRANSPORTE	Cordones de vegetación	
PARQUES DE ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR	Parques de energía eólica y solar	
ZONAS EXTRACTIVAS	Canteras y minas a cielo abierto, minas de extracción de áridos	
ZONAS VERTEDEROS	Vertederos y zonas degradadas.	



Además de todos los anteriores, se identifican una serie de componentes de carácter general, azonales, que se superponen con el resto de los elementos. De acuerdo con los documentos de paisaje analizados estos son:

- Líneas eléctricas.
- Antenas de telecomunicación.
- Carreteras y caminos.
- Pequeñas canteras, escombreras y otras zonas degradadas.
- Infraestructuras de riego (acequias, canales).
- Granjas (explotaciones agroganaderas), naves de aperos.
- Edificaciones patrimoniales (ermitas, castillos, construcciones etnográficas, antiguas fábricas, estaciones de FFCC).
- Caminos históricos, Canales de riego histórico y acequias naturalizadas.
- Edificaciones etnográficas: cabañas y corrales.

4.2.2 [Identificación y selección de Elementos o componentes vulnerables al cambio climático](#)

En el contexto del cambio climático la vegetación juega un papel fundamental en la dinámica del paisaje, pues es el elemento que más puede verse afectado y aquel sobre el que se pueden proponer medias de gestión adaptativa, pues la mayor parte de los paisajes están intervenidos de una forma u otra. Por otra parte, existen numerosos estudios y bibliografía asociada al cambio climático y los cambios en la vegetación donde se pueden relacionar los indicadores de cambio climático con la alteración de las formaciones de manera más o menos objetiva.

En primer lugar, de cara a la identificación, dada la relación entre la identificación de Elementos y componentes y las características bioclimáticas, así como la metodología empleada en la identificación y delimitación de ámbitos paisajísticos, es posible indicar un componente 'testigo' de las Áreas bioclimáticas con especial reflejo paisajístico.

Tabla 4-10 Elementos y componentes 'testigo' de Áreas bioclimáticas.

ÁMBITOS PAISAJÍSTICOS	ÁREAS BIOCLIMÁTICAS	COMPONENTE INDICADOR
Alta montaña eurosiberiana	Piso subalpino	Pinares de pino negro. Pastos y matorrales de alta montaña.
Montaña media eurosiberiana	Piso montano (horizontes altimontano y mesomontano), sin rasgos submediterráneos.	Hayedos. Hayedos con mayor proporción de pino silvestre y abeto en el altimontano
Valles atlánticos.	Pisos colino y termocolino, sin rasgos submediterráneos.	Robledales atlánticos. Robledales atlánticos enriquecidos en el termocolino con vegetación termófila propia del encinar cantábrico Campañas atlánticas
Sierras y valles submediterráneos.	Pisos bioclimáticos colino y montano con condición de submediterraneidad	Robledales de roble pubescente. Con posibilidad de hayedos, pino silvestre y abetales en el montano submediterráneo





ÁMBITOS PAISAJÍSTICOS	ÁREAS BIOCLIMÁTICAS	COMPONENTE INDICADOR
Sierras y valles subhúmedos mediterráneos	Piso bioclimático Supramediterráneo, característico de las sierras mediterráneas, y por el Mesomediterráneo subhúmedo asociado a los piedemontes y valles de estas.	Quejigales y carrascales. Mayor presencia de quejigales en el supramediterráneo Mosaicos de monte y cultivo de cereal (con quejigo) y viñedos (especialmente en el mesomediterráneo)
Valles mediterráneos	Pisos bioclimáticos Mesomediterráneo seco y Mesomediterráneo semiárido	Carrascales en el Mesomediterráneo seco. Pinares de carrasco y coscojares en el semiárido (aunque también en el seco en zonas con presencia de yesos en suelos someros) Estepas cerealistas y viñedos. La presencia de La Ribera del Ebro y otros grandes ríos condiciona

En el apartado 3.2 se han descrito las principales cadenas de impacto. Alteraciones de las temperaturas, los eventos de sequía extrema o la variabilidad del recurso hídrico entre otros, están provocando cambios en Elementos por variación en el desarrollo de las formaciones vegetales que los caracterizan, tanto naturales como plantadas, y en la función que tienen en los paisajes donde se integran. Otros, aun variando en las propiedades de sus componentes, mantendrán su aspecto y sus funciones por su resiliencia ecológica o por la adaptación de los sistemas de aprovechamiento del territorio.

Otras cadenas de impacto relacionadas con la intensificación de sucesos adversos como el aumento de la erosión, desertificación, incendios forestales o inundaciones podrán provocar, en unos casos la alteración e incluso desaparición de algunos Elementos del paisaje. En otros, si bien podrán inducir cambios locales en la disposición de sus componentes, a grandes rasgos se mantendrán como Elementos. Es el caso de los paisajes erosivos, que podrán expandirse provocando la aparición de nuevos paisajes, pero que, aun siendo muy dinámicos no se alterarán como Elementos, es decir, seguirán siendo paisajes erosivos.

En definitiva, una vez identificados los Elementos y Componentes que configuran el paisaje navarro desde el prisma bioclimático, se puede afirmar que los protagonizados por formaciones vegetales, naturales o plantadas, presentan dinámicas del paisaje activas y, sin duda, son aquellos donde mejor se puede estimar la variación experimentada, si cambian las variables climáticas de las que dependen.

A continuación, se listan los Elementos y Componentes identificados como vulnerables en el paisaje navarro, y aquellos seleccionados para los que se ha elaborado fichas independientes (Vid. 8.3) con su localización en Navarra, sus principales características y dinámicas, y aspectos relacionados con la gestión adaptativa al cambio climático.

4.2.2.1 *Relieves singulares, paisajes litológicos o erosivos*

Los relieves singulares o los paisajes litológicos están sujetos a dinámicas que se escapan a la escala humana. Los procesos geomorfológicos activos en Navarra seguirán modelando el paisaje, los cuales podrán ser acelerados como consecuencia del cambio climático, como procesos



gravitacionales y movimientos en masa en las laderas de pendiente más elevada. En concreto, en los cantiles más abruptos de Planas y cortados, donde se producen frecuentes caídas de roca y deslizamientos.

Respecto a los paisajes erosivos, las cadenas de impacto 2 y 3 (*Pluviometría y Termometría más incierta y extrema*), indican una clara tendencia al incremento de la frecuencia de los denominados “eventos extremos”, tales como sucesos de precipitaciones muy intensas y extremas, periodos de sequía más largos, o bien olas de calor más frecuentes. Estos eventos, es probable que modifiquen la configuración actual de ciertos componentes paisajísticos, pero seguirán conservando el carácter y su aspecto general. Seguirán incidiendo los procesos de erosión hídrica en laderas en materiales no consolidados, como arcillas o margas, donde se verifican fenómenos de erosión en surcos, regueros y cárcavas, incluso procesos de sufusión o sifonamiento (*piping*).

Entre los componentes afectados, se ha seleccionado (Vid. anejo 8.3) por su representatividad bajo el modelado de estos eventos:

N [E16] Cárcavas y barrancos (badlands).

4.2.2.2 Paisajes del agua

El *Aumento temperaturas medias y reducción disponibilidad hídrica*, cadena de impacto 1, provocará un descenso de las reservas hídricas en suelo, y la *Pluviometría más incierta y extrema*, cadena de impacto 2, contribuirá notablemente el aumento en la frecuencia e intensidad de episodios torrenciales extremos e inundaciones fluviales. Sin duda acentuarán los procesos fluviales de erosión y sedimentación en el entorno de la totalidad de los cauces fluviales, en especial de los cursos fluviales principales o aumentará la oscilación del volumen de agua de las láminas de agua. Pero, como se ha explicado en el apartado correspondiente, considerando la propia naturaleza de la lluvia, meteoro del que dependen directamente los Elementos y componentes relacionados con el paisaje del agua, las proyecciones se mueven todavía en un grado de confianza bajo, motivo por el que no se han seleccionado como elemento. Además, con toda probabilidad, ríos y riberas seguirán siendo los Paisajes del agua que son ahora, quizás con distinto aspecto. Respecto a los humedales naturales, las oscilaciones podrán variar localmente su superficie, manteniéndose igualmente como Paisajes del agua. Respecto a los seminaturales ligados a la actividad humana, son múltiples los factores de los que depende su dinámica, siendo el Cambio climático una más, por lo que se escapa al diagnóstico del presente estudio.

4.2.2.3 Paisajes forestales

Entre las conclusiones generales del estudio de cadenas de impacto, puede extraerse que todas las formaciones leñosas protagonizadas por una especie son, de una forma u otra, vulnerables a los cambios climáticos. Las formaciones mixtas, en las que no hay una especie determinante sobre otras, si bien pueden cambiar en la proporción de especies, o en su densidad o estructura, mantendrán con mucha más probabilidad la condición de formación mixta. Así las cosas, los Elementos identificados como vulnerables al cambio climático, aquellos que tienen probabilidad de cambiar de carácter y de valores, aquellos donde dicho cambio derivaría en la caracterización de un Elemento distinto, son los Elementos definidos por Componentes protagonizados por for-

maciones leñosas compuestas principalmente por una especie, dominante sobre las demás. Entre estos se han seleccionado aquellos cuya variación repercutiría de forma clara en el paisaje navarro, bien por su representatividad, bien por su singularidad como componente indicador de un Ámbito paisajístico.

Los Componentes seleccionados (Anejo 8.3) son:

- | | |
|--|--|
| N [E01] Hayedos. | N [E05] Robledales de roble pubescente. |
| N [E02] Robledales atlánticos de roble pedunculado. | N [E06] Quejigares. |
| N [E03] Abetales. | N [E07] Pinares de pino royo o silvestre. |
| N [E04] Pinares de pino negro. | N [E08] Pinares de pino carrasco. |
| | N [E09] Encinares. |

Hay que destacar que, además de estos elementos es indudable la afección ecológica, por el efecto que este escenario de cambio bioclimático tendrá sobre el conjunto de la flora silvestre. Existen numerosas especies que se verán afectadas y que desaparezcan de elementos o componentes, aunque estos se mantengan,

4.2.2.4 Paisajes agroforestales

La vulnerabilidad de los mosaicos de vegetación natural y cultivos está a caballo entre la establecida para los paisajes agrarios y para los forestales. Por una parte, la mayor vulnerabilidad, como hemos visto, vendrá de la mano de las especies leñosas, especialmente el arbolado. Por otro, la tipología de praderas y de setos que las delimitan está íntimamente relacionados con la climatología. En este sentido se han seleccionado como componente indicativo (Vid anejo 8.3):

- N** [E10] **Campiñas atlánticas:** relacionadas con el clima atlántico por lo que pueden verse especialmente afectadas por la progresiva mediterraneización.
- N** [E11] **Monte cultivo submediterráneo:** elemento singular destacado en el paisaje de la Navarra de transición o Navarra media, formado por cultivos de secano salpicados por pequeños cerros o resaltes con quejigos o encinas.

4.2.2.5 Paisajes agrarios

En los Elementos y Componentes agrupados como Paisajes agrarios, en muchas ocasiones es difícil, si no imposible, la separación entre efectos asociados al cambio del clima y otros efectos asociados al cambio global o a las dinámicas socioeconómicas humanas (Vid. anejo 8.5).

De los cultivos agrarios, son los leñosos, los que no se pueden adaptar de forma inmediata, los que pueden sufrir de forma más obvia los efectos del cambio climático. Viñedos, olivares o almendrales están bien adaptados al terreno y al clima.

Sus requerimientos ambientales no parece que les otorguen vulnerabilidad a las variaciones esperadas en cuanto a su supervivencia. Sin embargo, sí puede afectar a la producción, cuantitativa y cualitativamente. Los cultivos leñosos actuales podrán variar en la especie cultivada o ser abandonados, así como podrán darse en localizaciones en las que actualmente no se contempla



su cultivo. Se han seleccionado los viñedos como componente indicativo (vid anejo 8.3), relevante de distintos Elementos del paisaje, tanto agrario como agroforestales y probablemente el más representativo de la Navarra mediterránea.

N [E12] Viñedos.

Respecto a los cultivos agrícolas anuales, si bien les afectará el cambio climático, es muy probable que se mantengan como Elemento. Es decir, si es por causas climáticas, seguirán manteniendo la transformación agraria, variando probablemente las técnicas de cultivo o las especies manejadas. Por este motivo no es abarcable en este estudio modelizar (con resultados cartográficos), como si se ha hecho con los Elementos forestales, su riesgo frente al cambio climático, aunque dada su relevancia en el paisaje navarro, si se han contemplado ciertos componentes para ser integrados en el conjunto de fichas resumen de gestión adaptativa al cambio climático (vid. anejo 8.3):

N [E13] Planicies aluviales (vegas).

N [E14] Glacis, terrazas y planas cultivadas.

N [E15] Estepas cerealistas.

4.2.2.6 Paisajes *construidos*

Los Paisajes *construidos* están absolutamente vinculados a las dinámicas socioeconómicas humanas y son estas las que contribuirán de forma determinante a su variación. Si bien, el cambio climático puede inducir variaciones en el paisaje del medio *construido*, especialmente como consecuencia de pérdidas materiales por eventos extremos, son las sociedades las que marcarán con mayor relevancia su devenir futuro.

El principal agente modelador del paisaje es la actividad humana. Una actividad que, en las últimas décadas, es considerada por numerosos científicos como 'agente geológico' (Antropoceno); por lo que el factor antrópico es y será, sin duda, el más eficiente moviendo tierras, configurando paisajes como grandes superficies de terrazas de cultivo (nivelaciones para el regadío), desmontes y terraplenes a lo largo de infraestructuras lineales, remodelados de detalle de las superficies cultivadas, huecos de explotación minera, escombreras, vertederos...

4.2.2.7 Componentes de carácter general, *superpuestos a otros elementos*

Finalmente es necesario recordar que además del paisaje percibido de forma directa existen otros componentes del paisaje que es indudable serán vulnerables y se verán afectados.

Unos son componentes de los Elementos en especial los relacionados con los paisajes agrarios, como las Edificaciones etnográficas: cabañas y corrales. Es muy probable que el cambio en las dinámicas socioeconómicas como consecuencia de la dificultad de la adaptación al cambio climático provoque el abandono de edificaciones etnográficas (cabañas y corrales) o el entramado de acequias históricas.

De igual forma sucederá con aquellas granjas de manejo intensivo o invernaderos que no logren la adaptación. De nuevo, si bien pueden provocar impactos sobre el paisaje, no se espera que cambien su carácter, al menos por causas climáticas.



No puede dejar de indicarse un componente de carácter dinámico que se verá muy afectado: la fauna silvestre. La percepción de especies emblemáticas podrá verse comprometida por los efectos climáticos.

4.3 Evaluación del riesgo del paisaje frente al cambio climático

4.3.1 Elementos y componentes modelizados

La evaluación del riesgo se propone sobre los Elementos o Componentes que se han identificado como vulnerables, con la excepción de aquellos donde la vulnerabilidad no implique un cambio de carácter o de tipología de paisaje, tal y como se ha descrito en apartados anteriores. Entre los identificados se han agrupado en función de su dinámica pues es uno de los factores más relevantes a la hora de la evaluación del riesgo y su modelización. Por un lado, paisajes forestales sujetos a dinámicas naturales. Por otro, paisajes agrarios o agroforestales donde intervienen otros factores

Con todo ello, el listado final es, organizado por tipos, el siguiente:

Componentes forestales:

- | | |
|--|--|
| N [E01] Hayedos. | N [E05] Robledales de roble pubescente. |
| N [E02] Robledales atlánticos de roble pedunculado. | N [E06] Quejigares. |
| N [E03] Abetales. | N [E07] Pinares de pino rojo o silvestre. |
| N [E04] Pinares de pino negro. | N [E08] Pinares de pino carrasco. |
| | N [E09] Encinares. |

Los datos empleados para la caracterización, localización y evaluación de cómo pueden verse afectadas por el cambio climático se han extraído del Mapa Forestal de España escala 1:25.000.

En este sentido conviene aclarar que:

- N** Para la caracterización climática de las condiciones en las que habitan las especies se han seleccionado todas las masas en las que estaba presente dicha especie. En el caso de especies que tradicionalmente han visto muy reducida su distribución real por la acción del hombre, en su secular transformación de los suelos más productivos en superficies agrícolas, se han ampliado las localizaciones a través del mapa de vegetación potencial de Navarra a escala 1:25.000. Este es el caso del quejigo, la encina y los robles.
- N** Para el estudio del posible cambio del paisaje forestal navarro, en función de la afección de los escenarios de cambio climático analizados, se han seleccionado las masas en las que la especie analizada presenta una ocupación mayor al 50%. Este porcentaje no se ha tenido en cuenta en el caso del abeto y del pino negro por su singularidad y su escasa presencia en Navarra.
- N** Los polígonos de las masas seleccionadas se han transformado en una malla de puntos (uno cada 200 metros) que se han utilizado para el muestreo de variables climáticas. Es decir, en cada punto se han extraído los valores de variables climáticas seleccionadas para el estudio, obtenidos de los datos en formato *raster* para el periodo 1991-2017.



Elementos y componentes del paisaje agrario y agroforestal:

No se ha evaluado el riesgo de cambio paisajístico como consecuencia del cambio climático de Elementos y componentes caracterizados por cultivos agrarios herbáceos, porque su vulnerabilidad depende de otros factores, principalmente socioeconómicos que no se pueden modelizar con la metodología diseñada (vid. anejo 8.5).

Se han seleccionado como indicadores trata de *Planicies aluviales, glacis, terrazas y planas cultivadas, Estepas cerealistas y Monte cultivo submediterráneo*, cuya evolución obedece a aspectos muy complejos derivados del cambio global donde los aspectos climáticos no permiten augurar si dejarán de ser paisajes agrarios o agroforestales.

En cambio, si se ha evaluado el riesgo de:

- N [E10]** Campiña atlántica. Para su localización como Componentes, se ha empleado la cartografía de Unidades Ambientales de Navarra: UA9 Praderas y cultivos de fondo de valle y UA8 Mosaico robledales y praderas fondo de valle, acotadas a la extensión del piso colino no submediterráneo.
- N [E12]** Viñedos: Para su localización se ha evaluado todo el componente 'viñedos' integrante de distintos elementos. La cartografía de referencia es el SIGPAC.

Otros Elementos y componentes no modelizados.

No se ha evaluado, en este estudio, el riesgo de cambio paisajístico como consecuencia del cambio climático de elementos y componentes del paisaje litológico o erosivo, del paisaje del agua o del paisaje construido; porque dependen de múltiples variables de cuya información se carecía a la hora de abordar el presente trabajo y sin las cuales no es posible modelizar con el necesario rigor científico que requiere un estudio sobre la evolución futura de tales paisajes.

En el caso de los paisajes del agua, el esfuerzo requerido tiene que centrarse en el paisaje, como hecho complejo y holístico. Es decir, no podemos resolverlo, analizando simplemente la previsión esperada de cambios de caudal. Los paisajes del agua son muchos más complejos, aunque evidentemente, el vector hídrico sea el principal condicionante. En cualquier caso, como indicamos, no disponemos de los datos correspondientes a la litología y suelos de cuenca que determinan finalmente el caudal. Aun así, si se dispusiera de ellos, faltarían los datos derivados de la demanda futura de los diferentes sectores de actividad que dan forma al paisaje.

Las consideraciones que nos han llevado a descartar la modelización en el caso de los litopaisajes son muy semejantes. No son abordables con los datos disponibles y, por tanto, cualquier esfuerzo tendría una enorme carga especulativa, al carecer de información básica geomorfológica y edafológica.

Por ello dejamos abierta estas líneas de trabajo, relativas a los litopaisajes, paisajes del agua, así como otros paisajes (agrarios o forestales) para futuros proyectos que pudieran enriquecer la política de adaptación del cambio climático de la comunidad foral de Navarra.

Por último, cabe recordar que los paisajes construidos son objeto de tratamiento independiente dentro del proyecto en el que se enmarca la elaboración de la presente guía.





4.3.2 Evaluación del riesgo de componentes forestales

El estudio de la posible afección del cambio climático al paisaje navarro parte de dos condicionantes previos. En primer lugar, de la dificultad de establecer un modelo complejo que cuantifique todas las variables de las que depende la localización de los componentes vulnerables del paisaje, con relación a las especies que los caracterizan en un determinado lugar. En segundo lugar, del panorama de incertidumbre sobre cómo afectarán a estos componentes los rápidos cambios climáticos que aventuran los múltiples modelos que se manejan por la comunidad científica acerca de sus especies, a los que se suman las proyecciones calculadas en el marco de este estudio.

Desde el reconocimiento de la complejidad que entrañan ambas premisas, cuyo estudio en profundidad excede lo abordable en el presente trabajo, se diseña una metodología basada en el estudio de la curva de abundancia de las principales especies vegetales arbóreas navarras según distintos factores climáticos seleccionados, es decir, de su gradiente ambiental. Estas curvas, que se asemejan a una campana de Gauss, permiten establecer los rangos de los parámetros climáticos que se dan en las zonas donde habitan para así poder localizar aquellas masas que ante un cambio de las condiciones climáticas serán más vulnerables por situarse en el nuevo escenario próximas o, incluso, fuera de los límites entre los que se pueden dar. La identificación de tales masas permite priorizar los esfuerzos de cara a la identificación de los primeros síntomas de cambio en el estado fitosanitario de los bosques y, en su caso, para iniciar medidas de gestión tempranas.

La metodología parte de los conceptos definidos por Gandullo y Sánchez-Palomares (1994) a partir de las curvas de abundancia de un factor ambiental, en este caso de naturaleza climática. Así, para una especie concreta, y una serie de factores condicionantes de su distribución, se define:

- N Un hábitat óptimo o central:** correspondiente al rango óptimo de valores del factor, en el que se encuentran la mayoría de las localizaciones de la especie.
- N Un hábitat marginal:** comprende los valores que quedan por debajo y por encima del anterior intervalo, pero dentro de los límites de tolerancia, en los extremos de la curva que refleja su abundancia con respecto al factor.
- N Un hábitat extramarginal:** comprende los valores que quedan fuera de los límites de tolerancia de la especie, es decir, valores inferiores al mínimo y valores superiores al máximo registrado. Se corresponde con la zona de intolerancia para la especie, en la que se encuentra ausente.

El **hábitat central** se puede asociar, por tanto, con el intervalo de valores del parámetro dentro del cual **la especie se encuentra en situación óptima o de confort con respecto a esa variable**. El **hábitat marginal** correspondería a valores posibles (dentro de los registros obtenidos) aunque poco habituales, bajo los cuales **la especie se encuentra próxima a una situación límite**. En este sentido es importante recalcar que su situación real en cada estación dependerá en cualquier caso del resto de factores que condicionan su presencia (suelo, competencia con otras especies, resto de variables climáticas, etc....) que tenderán a compensar o a agravar su estado.



Por último, con independencia de la ya mencionada influencia de otras variables, si el escenario de cambio climático provoca que una masa se encuentre en un **hábitat extramarginal**, para uno o más de los parámetros climáticos relacionados con la distribución de la especie, es presumible que la especie se encuentre en situación crítica, bajo unas condiciones incompatibles con su correcto desarrollo, alejadas de las que permitieron en el pasado que pudiera sobrevivir, crecer y reproducirse.

Con el fin de priorizar al máximo las especies y las masas sobre las que centrar los esfuerzos, en el presente trabajo se ha fijado como hábitat central aquel que corresponde al 90% de las masas analizadas. Es decir, una especie se encuentra en su hábitat central en relación con un determinado factor ambiental, en este caso climático, si se sitúa dentro del rango de valores de la variable que queda entre el percentil 5 y el percentil 95 de la distribución. Los hábitats marginales corresponden a dos intervalos: el inferior, delimitado entre los valores mínimos y el valor más bajo que define el hábitat central (correspondiente al percentil 5), y el superior, entre el valor superior del hábitat central (correspondiente al percentil 95 de la distribución) y el valor máximo registrado. El hábitat extramarginal se da cuando el parámetro estudiado se sitúa fuera de los valores mínimos y máximos observados.

Por otra parte, además del análisis de percentiles para cada parámetro y para cada especie se incluyen en el modelo de vulnerabilidad los pisos bioclimáticos calculados para los distintos periodos analizados, lo que permite matizar los resultados.

Datos climáticos, escenarios de cambio climático.

Aunque no son los únicos condicionantes, se ha demostrado que los parámetros climáticos son los que más influyen en la distribución de las especies forestales, especialmente los relacionados con la temperatura y la disponibilidad hídrica.

Se ha seleccionado para el análisis las siguientes variables climáticas:

- N** T: Temperatura media anual
- N** P: Precipitación anual
- N** los₃: Índice ombrotérmico estival, para los meses de junio, julio y agosto.
- N** Tx: Temperatura media anual de las máximas
- N** Tn: Temperatura media anual de las mínimas
- N** Ic: Índice de continentalidad de Rivas-Martínez
- N** Hs: Número de meses de helada segura (en los que $T_m \leq 0^\circ\text{C}$)




Los datos de dichos parámetros en la actualidad para los puntos de muestreo de cada especie se han extraído de los datos climáticos observados en el periodo 1991-2017. Hay que destacar que las conclusiones se han obtenido a partir de los resultados de las proyecciones climáticas recogidas en el presente estudio, las cuales pueden variar por la revisión de los datos aportados por AEMET.

Dichos datos permiten calcular el valor mínimo y el máximo del parámetro climático registrado para la especie en Navarra y los percentiles 5 y 95. El marco de referencia navarro, distinguido



por su gran amplitud climática, ha servido para caracterizar a la mayoría de las especies estudiadas. La encina y el pino carrasco en cambio han requerido un estudio más amplio por tratarse de especies cuyos límites de tolerancia asociados a elevadas temperaturas no se alcanzan en territorio navarro. Es decir, la gráfica de abundancia de la especie en territorio navarro en relación al parámetro considerado, que debería seguir una curva aproximadamente normal o Gaussiana, se muestra truncada en uno de los extremos a causa de los límites administrativos al margen de factores ecológicos. Otro caso particular en este sentido es el del pino negro (*Pinus uncinata*), muy singular en Navarra dónde presenta como única localización el pinar situado en el karst de Larra, dentro de la alta montaña pirenaica. Dada la escasez de datos, para su estudio estadístico se ha considerado necesario ampliar la toma de datos al conjunto de masas presentes en la cadena pirenaica, siendo el pinar de Larra la más occidental de todas ellas.

Una vez obtenidos los valores de mínimos, máximos y percentiles, que determinan los intervalos correspondientes a los hábitats central, marginal y extramarginal, se clasifican los datos correspondientes a los parámetros seleccionados en cada uno de los periodos analizados bajo el escenario de emisiones RCP 8.4:

-  E0: Periodo 1991-2017.
-  E1: Periodo 2021-2050.
-  E2: Periodo 2021-2050.

De esta manera, para cada especie, parámetro climático y periodo, se clasifica Navarra según 5 clases o intervalos: hábitat central, marginal inferior y superior y hábitat extramarginal inferior y superior. Así las cosas, lo que se pretende es localizar en Navarra aquéllas zonas en las que ahora está presente la especie estudiada, dentro de unos rangos de valores que son los que dan lugar a los hábitat central (correspondiente al 90% de las masas actuales), o marginal (el 10% restante) y que en los periodos E1 o E2 van a pasar a estar fuera de esas condiciones, bajo condiciones de intolerancia para la especie, basándonos en los resultados del estudio estadístico de las masas en la actualidad. La consideración de forma conjunta de los resultados (en formato *raster*) obtenidos para cada parámetro climático proporciona una información de gran interés. Nos da una idea de la distribución potencial de la especie en Navarra basada exclusivamente en la idoneidad de las condiciones climáticas analizadas. Al hacer el mismo ejercicio de combinación de resultados trasladado a las condiciones climáticas que proporcionan los escenarios futuros, podemos visualizar cómo puede evolucionar dicha idoneidad climática para cada especie, qué masas se pueden ver afectadas por los cambios de condiciones y hacia dónde se desplazan en su caso las condiciones óptimas.

Posteriormente, y para 'traducir' estos resultados en términos de vulnerabilidad de los componentes del paisaje navarro al cambio climático, se consideran especialmente los extremos de cada parámetro climático más limitantes para las plantas, es decir, por falta de agua, altas temperaturas, alta continentalidad, frío extremo y probabilidad de helada. El caso más claro es el de los parámetros P e los_3 , cuya afección es mucho más clara en los tramos inferiores, entre el registro mínimo y el percentil 5, en el caso del marginal, y por debajo del valor mínimo registrado en el caso del extramarginal. Si bien es cierto que un aumento de precipitación por encima de





los valores registrados traerá también asociados, presumiblemente, cambios en las masas en su intento de adaptación a un ambiente más húmedo, principalmente los relacionados con un cambio del equilibrio entre especies en términos de competencia.

Continuando con el análisis de riesgo, el modelo empleado para componer la evaluación de todos los parámetros analizados e incluir los aspectos relativos a los pisos bioclimáticos y a los ombrotipos, se basa en las siguientes consideraciones para cada especie estudiada y cada periodo de análisis:

- N** Por un lado, se combinan todos los datos de riesgo obtenidos para cada parámetro (reclasificados en riesgo bajo, medio y alto según pertenezcan al intervalo central, marginal o extramarginal respectivamente). La combinación de todos se reclasifica nuevamente.
- N** Todos los parámetros se encuentran en su hábitat central: Riesgo bajo.
- N** Dos o más parámetros se encuentran fuera de los rangos registrados en la actualidad para dichos parámetros y esa especie: Riesgo alto.
- N** En las restantes situaciones, es decir uno o más parámetros climáticos en situación marginal, y/o un parámetro en situación extramarginal, se realiza una evaluación adicional, que tiene en cuenta la posible compensación entre estos parámetros en lo que respecta a los requerimientos vegetales. Como resultado de esta evaluación, estas situaciones se clasifican en Riesgo bajo, Riesgo medio o alto.
- N** Por último, el resultado se matiza con los datos de pisos bioclimáticos calculados por el equipo con la metodología de Rivas Martínez para los tres periodos analizados. Los pisos bioclimáticos presentan una relación clara con la presencia de las distintas comunidades vegetales y su consideración pretende incorporar en cierta forma el efecto combinado de distintas variables climáticas. Para ello se reclasifican los pisos (termotipos y ombrotipos) en función de su idoneidad para la especie. En aquellos pisos considerados poco aptos para la especie, los valores bajos pasan a medios y los medios pasan a altos.

Resultados: evaluación del riesgo de componentes vulnerables

El resultado de la aplicación de la metodología para cada Componente seleccionado se ofrece en fichas independientes para cada uno de ellos [vid. anejo 8.3), donde se muestra el riesgo frente al cambio climático. Las fichas, además de apartados referentes a su localización en Navarra, sus principales características y dinámicas, integran aspectos relacionados con la gestión adaptativa al cambio climático.

4.3.3 [Evaluación del riesgo de componentes agrarios y agroforestales](#)

La mayoría de los estudios actuales auguran un efecto importante del cambio climático sobre el campo (vid. anejo 8.5). La mayor probabilidad de eventos meteorológicos extremos (cadenas de impacto C2 y C3), la subida generalizada de las temperaturas y los problemas de disponibilidad hídrica (cadena de impacto C1) ante un aumento de la sequía tendrá importantes consecuencias negativas en la producción agrícola, tanto cuantitativa como cualitativamente. Sus efectos variarán o intensificarán las diferencias de rentabilidad, aconsejarán cambios de especies y varie-



dades, instalaciones de riego más eficientes y aplicación de nuevos tratamientos culturales, entre otras cosas, y todo ello traerá consigo consecuencias en el paisaje. Por otra parte, como se viene comentando, la evaluación de este riesgo de cambio paisajístico de los paisajes agrícolas y agroforestales como consecuencia del cambio climático es especialmente complicada, pues las dinámicas de los cultivos obedecen a aspectos muy complejos derivados del cambio global donde los aspectos climáticos son un factor más pero no el único que interviene de una manera directa en su evolución.

Como ejemplo de los paisajes agrícolas se han seleccionado para su análisis dos de los más representativos: “La Campiña atlántica”, del paisaje eurosiberiano, y “El viñedo”, del paisaje mediterráneo.

LA CAMPIÑA ATLÁNTICA

Para intentar abordar el estudio de la campiña atlántica y la difícil tarea de localizar zonas en posible riesgo de sufrir alteraciones como consecuencia del cambio climático, se asumen dos simplificaciones de partida: la campiña atlántica se da en las mismas localizaciones en las que puede darse el roble pedunculado (*Quercus robur*), y que, al igual que este árbol, la campiña va ligada al piso colino de rasgos netamente oceánicos.

Con esta hipótesis de partida, se aplica a la campiña atlántica, formada por un mosaico de praderas de siega y de diente, algunos cultivos atlánticos y huertas, helechales y bosquetes de robles pedunculados y de otras especies caducifolias, el mismo modelo de cálculo diseñado para el roble pedunculado, en el que coinciden los mismos umbrales para los parámetros climáticos de estudio.

El resultado ofrece zonas de campiña que quedan dentro de los umbrales considerados adecuados para el roble pedunculado y por tanto se asume que también para este tipo de paisaje agroforestal, mientras que otras áreas quedan entre umbrales marginales o extramarginales.

EL VIÑEDO

En el caso del viñedo, su viabilidad no parece estar comprometida sino más bien al contrario, el avance del clima mediterráneo hacia el norte ampliaría considerablemente las posibilidades de expansión de este tipo de cultivo y la producción de vino seguiría siendo viable en su localización actual, aunque más dependiente del riego cuanto más hacia el sureste. El principal problema en este caso se prevé que vendrá asociado a una pérdida de potencialidad climática para la obtención de vinos de alta calidad como los que se producen en la actualidad. Ello vendrá causado principalmente por un ascenso muy acusado de las temperaturas, especialmente la temperatura nocturna del mes previo a la vendimia, muy relacionado con la calidad del vino.

Es por este motivo, que el análisis en este caso se ha centrado en la determinación de la zonificación de potencialidad climática en la actualidad (periodo 1991-2017) dependiente de la temperatura y en su posterior superposición a los viñedos actuales pertenecientes a las D.O. existentes en Navarra. Esta misma zonificación se realiza para los periodos de análisis 2021-2050 y 2051-2080. De ella se obtienen los viñedos que van a pasar a estar dentro de zonas de peor potencialidad climática para la obtención de vino de calidad.



La zonificación se basa en la Clasificación Climática Multicriterio de Geoviticultura (CCMG) (Tonietto y Carbonneau, 2004, en Resco, 2015), un sistema de clasificación climática de regiones vitícolas que integra diferentes clases de los tres índices climáticos que considera más importantes: El índice Huglin, el de Frescor Nocturno y el de Sequía.

- N** Índice de Huglin (IH): permite evaluar las posibilidades heliotérmicas de un medio vitícola. Relaciona las temperaturas medias diarias eficaces con las temperaturas máximas diarias eficaces y con un coeficiente de longitud en el periodo vegetativo de la vid.
- N** Índice de Frescor Nocturno (IFN): La temperatura del aire en el periodo de maduración o más aún el frescor de las noches tienen grandes influencias en la maduración, incluyendo aromas y coloración.
- N** Sequía: Por la falta de datos necesarios para calcular el índice de Sequía, se han utilizado los datos obtenidos de la clasificación bioclimática de Navarra, pues se ha comprobado que la presencia de viñedos de calidad se encuentra muy correlacionada con la región mediterránea, pisos mesomediterráneo y submediterráneo, en concreto ombrotipos seco y subhúmedo.

Con los datos obtenidos de dicho análisis se divide al territorio navarro en zonas de aptitud:

Zonas de aptitud vitivinícola con alto potencial climático:

Son las zonas que quedan encuadradas simultáneamente en alguna de las siguientes clasificaciones:

- N** Índice de Huglin: clima muy fresco, fresco, templado y templado cálido.
- N** Índice de Frescor Nocturno: clima con noches frescas y muy frescas.
- N** Sequía: Clima mediterráneo, mesomediterráneo seco o subhúmedo, supramediterráneo. Semiárido bajo régimen de regadío.

Zonas de aptitud vitivinícola con bajo potencial climático:

Son las zonas que quedan encuadradas simultáneamente en alguna de las siguientes clasificaciones:

- N** Índice de Huglin: clima cálido o muy cálido.
- N** Índice de Frescor Nocturno: clima con noches cálidas o templadas.
- N** Sequía: Clima templado.

Los resultados obtenidos muestran que en la actualidad el conjunto de las DO navarras se localizan, como era de esperar, prácticamente en su totalidad dentro de la clase de aptitud vitivinícola con alto potencial climático, propia de la producción de vino tinto de calidad. Según las proyecciones manejadas, el incremento de las temperaturas causará un cambio importante en esta zonificación por el avance hacia el norte de las clases desfavorables del índice de Huglin, del índice de frescor nocturno o de ambos simultáneamente. En el último periodo, 2051-2080, la mayor parte de los viñedos en las D.O actuales se enmarcarán simultáneamente en las categorías desfavorables de IH cálido e IFN de noches templadas. Solo el norte de las zonas de producción de La Rioja, Tierra Estella, Valdizarbe y Baja Montaña, junto con Etxauri y Eriete, seguirá clasificada como IH Templado cálido, aunque la alta temperatura de las noches de septiembre



(IFN templadas) afectará ya a estas zonas y a gran parte de la mitad norte de Navarra, a excepción de las altitudes propias de zonas de montaña.

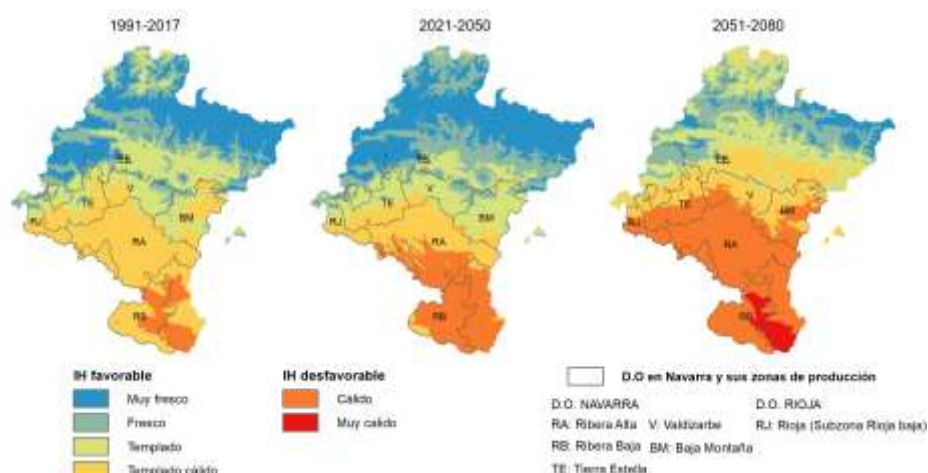


Figura 21 Zonificación de Navarra según aptitud climática para vinos de calidad, y evolución para las proyecciones de cambio climático Índice de Huglin - IH



Figura 22 Zonificación de Navarra según aptitud climática para vinos de calidad, y evolución para las proyecciones de cambio climático, según Índice de Frescor Nocturno -IFN

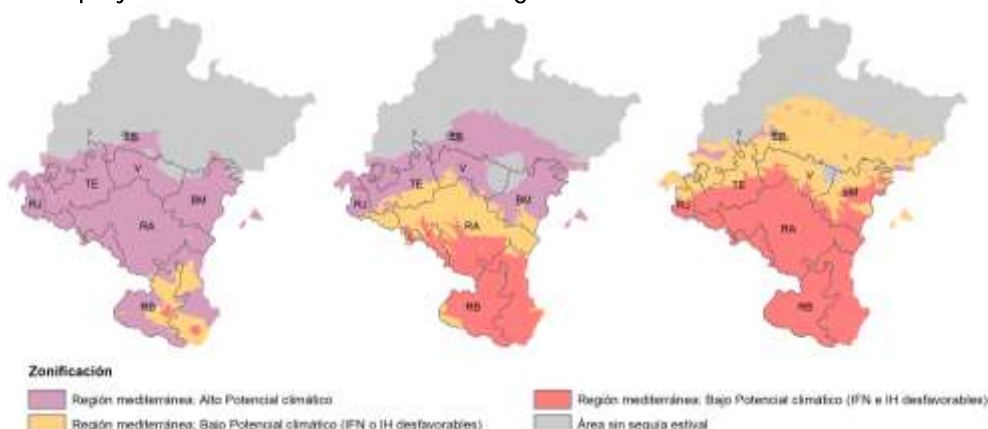


Figura 23 Zonificación de Navarra según aptitud climática para vinos de calidad, y evolución para las proyecciones de cambio climático, según la combinación del Índice de Frescor Nocturno -IFN- y del índice de Huglin - IH- , en la región mediterránea.

4.4 Municipalización del riesgo del cambio climático

Una vez evaluados los riesgos climáticos se han diseñado una serie de indicadores para facilitar la trasposición de los resultados a los municipios, de cara a optimizar las medidas de gestión adaptativa. En concreto, la municipalización del riesgo se ofrece a través de 5 indicadores parciales para cada unidad administrativa (términos municipales y facerías) y un sexto que agrupa los resultados de estos. En todos los casos, los resultados se agrupan en 5 clases de riesgo para facilitar su interpretación, con los valores: Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto, conforme a la leyenda de la Figura 18



Figura 24 Leyenda de riesgo

Los dos primeros indicadores relativizan los resultados con respecto a la superficie total de las unidades administrativas de Navarra. Estas se caracterizan por una gran diferencia en su superficie, con grandes términos municipales como Baztan, próximo a los 380 km², frente a otros como Villava/Atarrabia, con poco más de 1 km². En los indicadores siguientes se pretende cuantificar posibles afecciones relevantes en el paisaje, más que por el porcentaje de la entidad administrativa de la que se trate, por la significación e importancia en el paisaje de los espacios o/y elementos a los que hace referencia, de forma que no se diluya esa información en los municipios de gran tamaño, a la hora de evaluar el riesgo global municipal.

4.4.1 Riesgo por cambio de área bioclimática con incidencia paisajística

Representado en la Figura 25, consiste en la comparación de los porcentajes de cambio entre el periodo actual (1991-2017) y el periodo (2051-2080) de los correspondientes mapas de ámbitos bioclimáticos desde la perspectiva bioclimática (APB) y sus respectivas áreas bioclimáticas (Vid apartado IV.1.2).

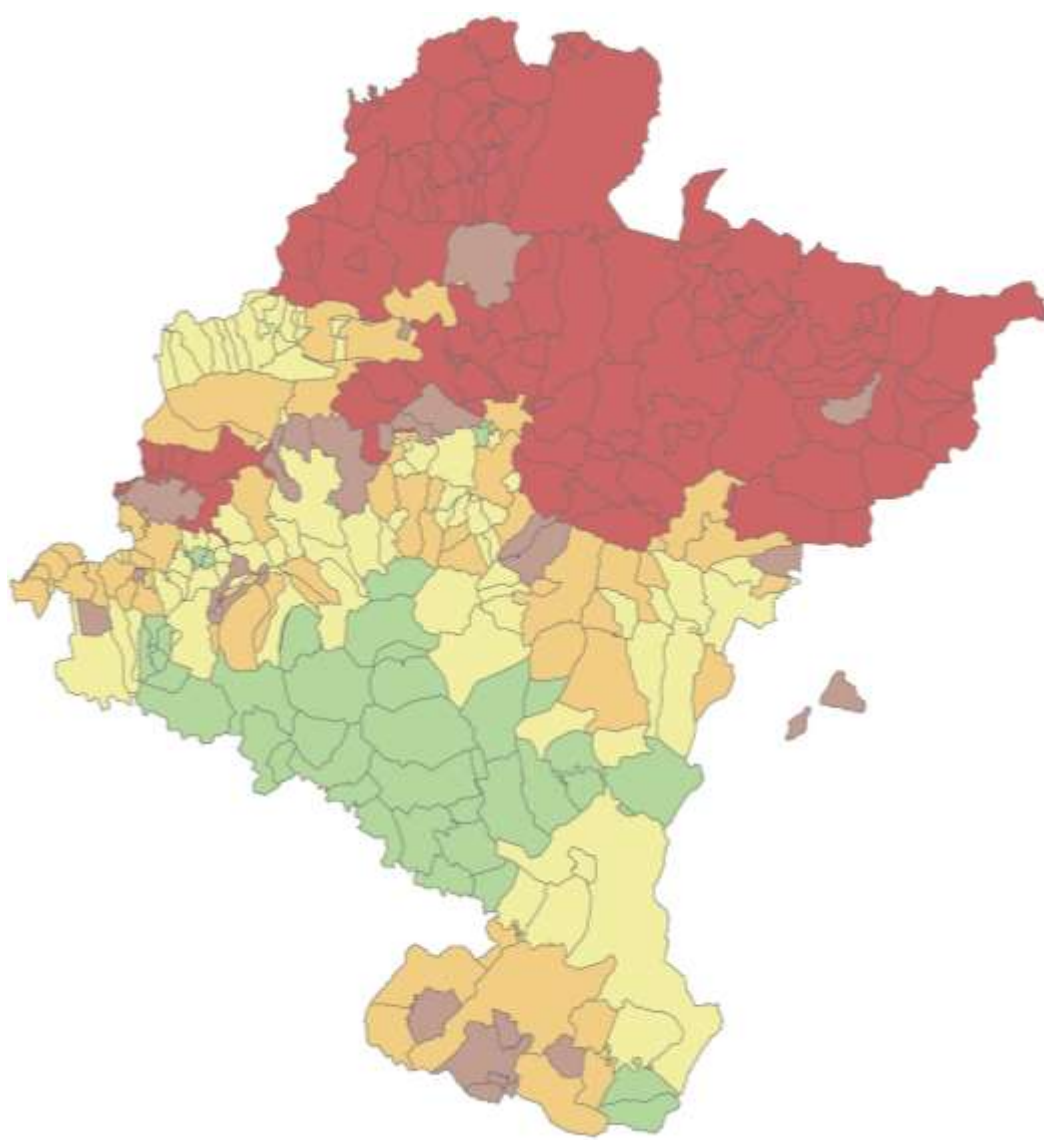


Figura 25 Riesgo por cambio de área bioclimática con incidencia paisajística

4.4.2 Riesgo de mediterraneización del paisaje

Representado en la Figura 26, evalúa el porcentaje de cambio de Región, de la eurosiberiana a la mediterránea, entre los periodos considerados, de cada entidad administrativa. En caso de no producirse cambio de región y mantenerse en la eurosiberiana, se calcula si se produce el cambio a variante submediterránea.

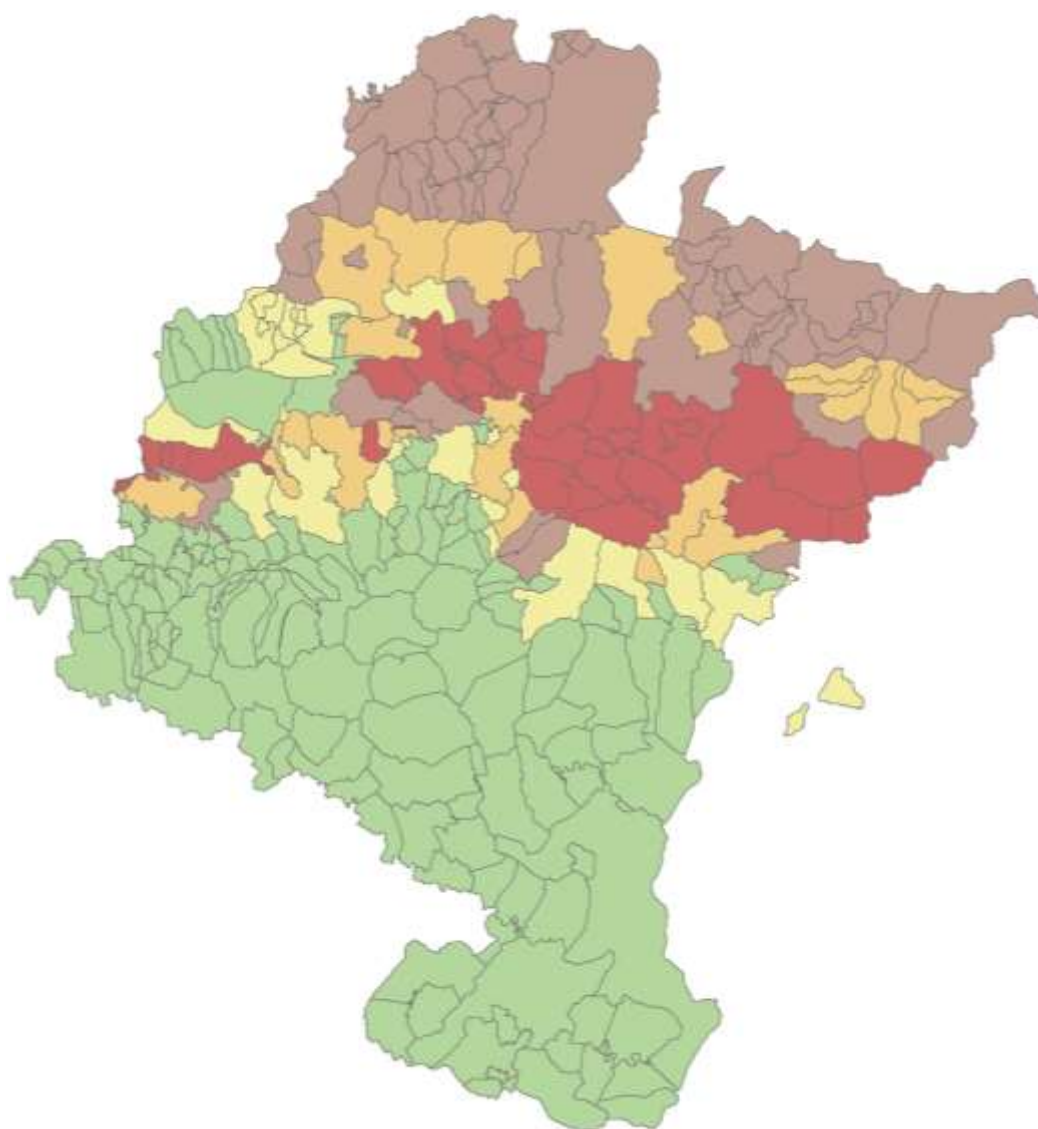


Figura 26 Riesgo de mediterraneización del paisaje

4.4.3 Riesgo de afección a espacios de interés ecológico-paisajístico

Representado en la Figura 27, calculado para espacios de interés ecológico-paisajístico con suficiente expresión superficial, espacios de Red de Espacios Naturales Protegidos de Navarra (RENA), Paisajes Singulares y Red Natura 2000.

Para tener en cuenta los más expuestos paisajísticamente, al menos en la escala temporal de trabajo, se cruzan estos espacios con los resultados del análisis de riesgo de afección a los principales elementos del paisaje forestal Navarro, concretamente se seleccionan los correspondientes al riesgo de afección alto en el periodo estudiado, 2051-2080, y se calculan las hectáreas de estos espacios de interés con especies forestales en riesgo alto. Para completar la valoración, en aquellos considerados con riesgo, se calculan las hectáreas de los analizados dentro de cada unidad administrativa, que según los datos manejados de las proyecciones para el periodo 2051-2080, cambiarán de área bioclimática.

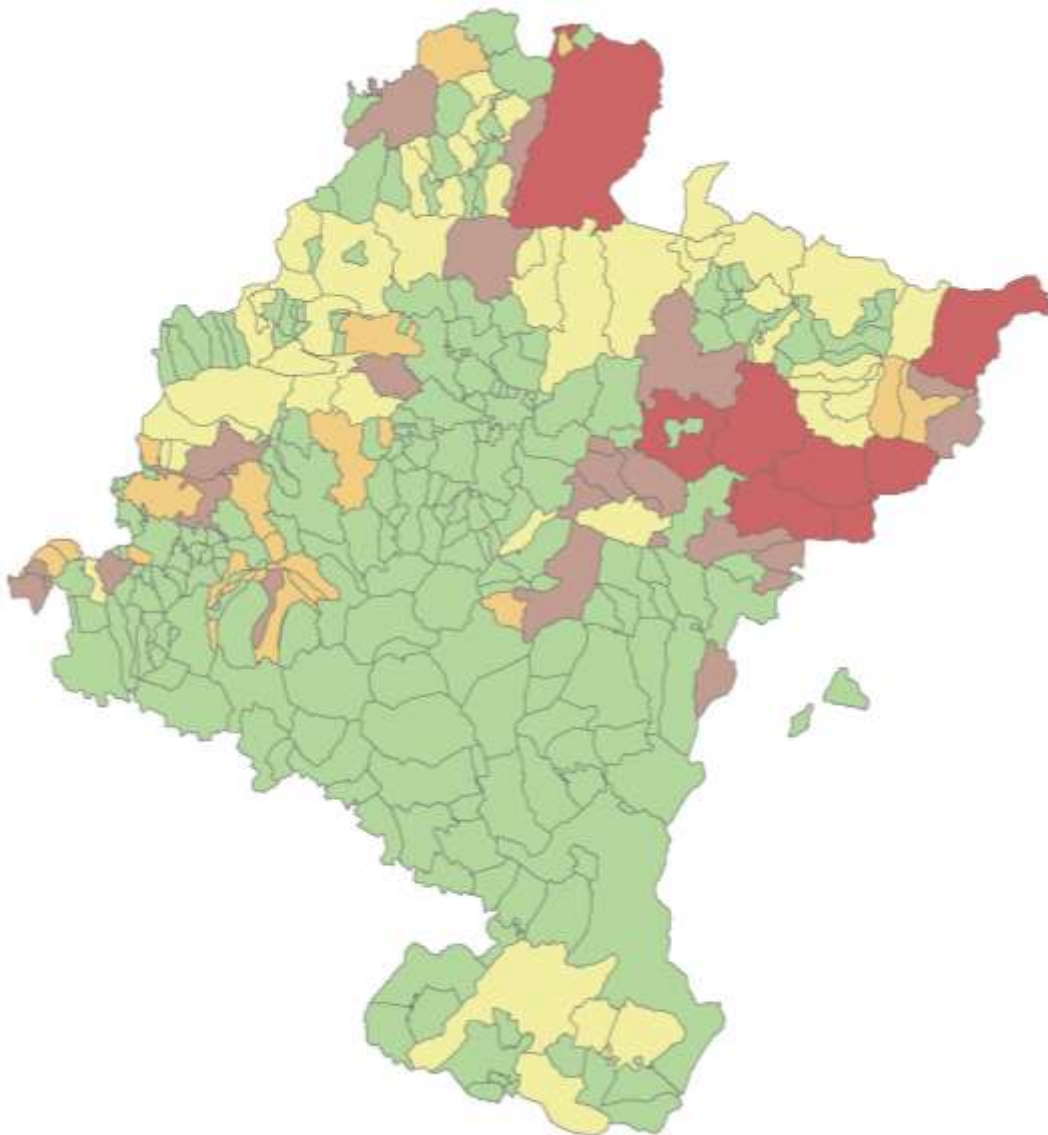


Figura 27 Riesgo de afección a espacios de interés ecológico paisajístico

4.4.4 Riesgo de afección a los principales elementos del paisaje forestal.

Representado en la Figura 28, este indicador pretende cuantificar el riesgo de cambio paisajístico de una entidad administrativa por grandes áreas de su paisaje forestal afectadas por los efectos del cambio climático, al contrario que en el caso anterior, con independencia de que se encuentre dentro de un espacio singular.

Para su cálculo se consideran de forma conjunta los resultados obtenidos para el periodo 2051 - 2080 relativos a masas forestales en los que la especie principal, una de las nueve consideradas como más relevantes del paisaje forestal navarro, se encuentra en riesgo alto por posible cambio de las condiciones climáticas bajo las que se desarrolla en la actualidad.

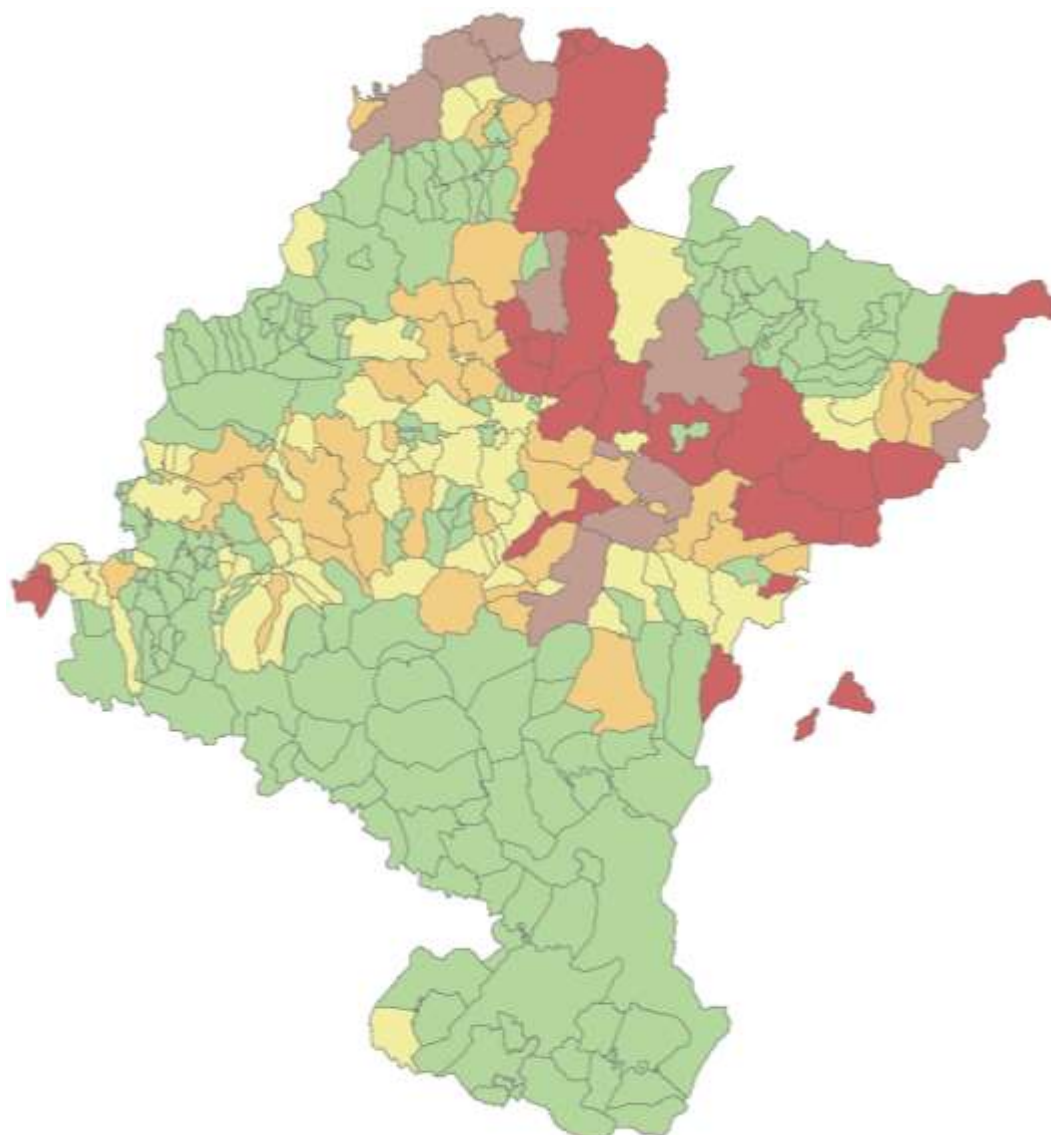


Figura 28 Riesgo de afección a los principales elementos del paisaje forestal

4.4.5 Riesgo de afección a los principales elementos del paisaje agropecuario (Viñedos y campiña atlántica).

Representado en la Figura 29, este indicador pretende cuantificar el riesgo de cambio paisajístico de una entidad administrativa por grandes áreas de su paisaje agrario afectadas por los efectos del cambio climático.

Para su cálculo se consideran de forma conjunta los resultados obtenidos en el periodo 2051-2080, relativos al viñedo, representativo del paisaje agrario mediterráneo, y a la campiña atlántica, representativa del paisaje agrario eurosiberiano. En el caso del viñedo, se tienen en cuenta aquellas hectáreas dentro de un término municipal, perteneciente a una D.O, con alto riesgo de pasar a estar clasificadas en el periodo considerado como de potencial climático bajo para la producción de vinos de calidad. En el caso de la campiña, se cuantifican las hectáreas dentro de cada municipio con riesgo alto de afección, por cambio de las condiciones climáticas que le son características en la actualidad.

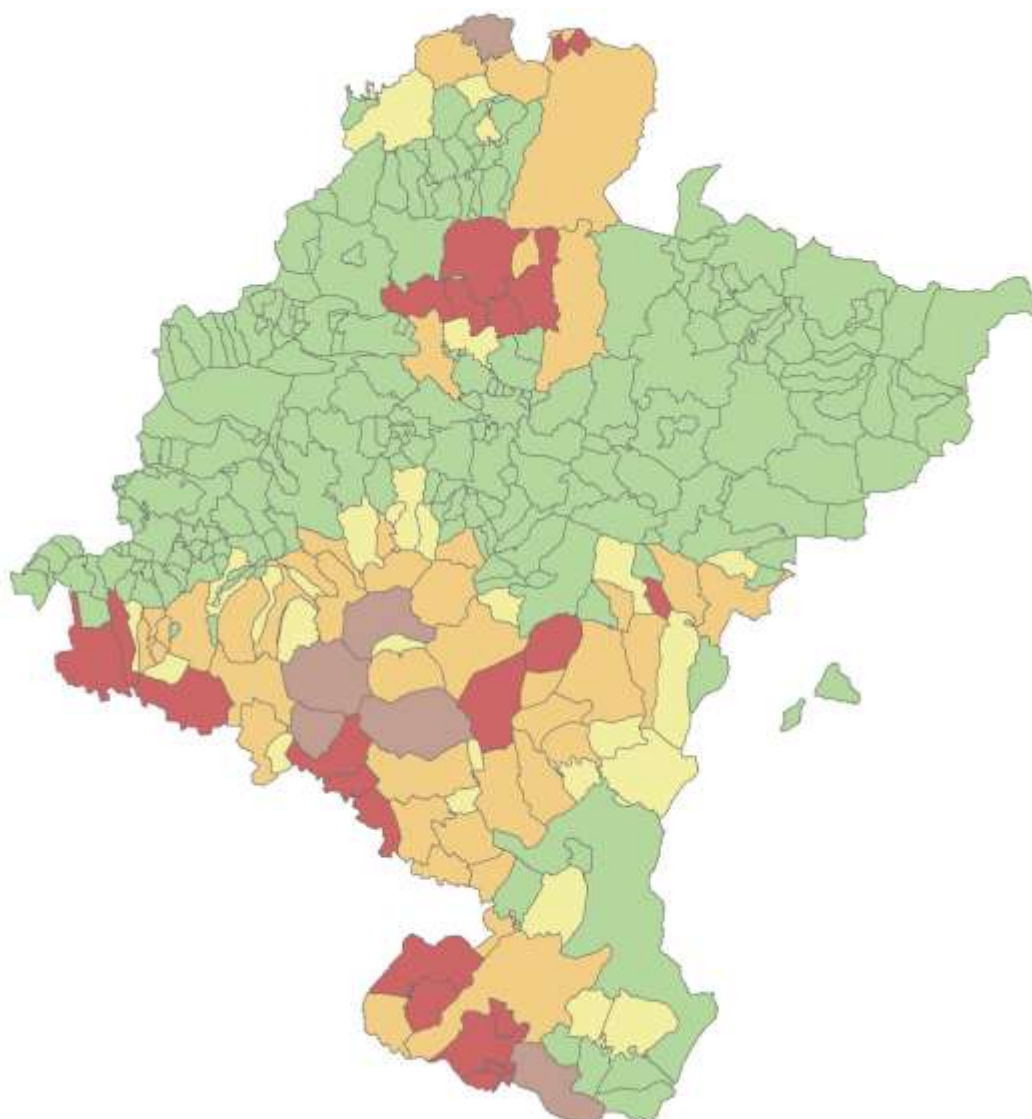


Figura 29 Riesgo de afección a los principales elementos del paisaje agropecuario

4.4.6 Riesgo global por afección del cambio climático al paisaje por Término Municipal

Representada en la Figura 30, se calcula considerando de forma conjunta los indicadores anteriores y asignando el valor de la clase de riesgo máximo que afecte a la misma. Su objetivo es alertar a los municipios de la existencia de riesgos, en cualquiera de las aproximaciones que se ha evaluado.

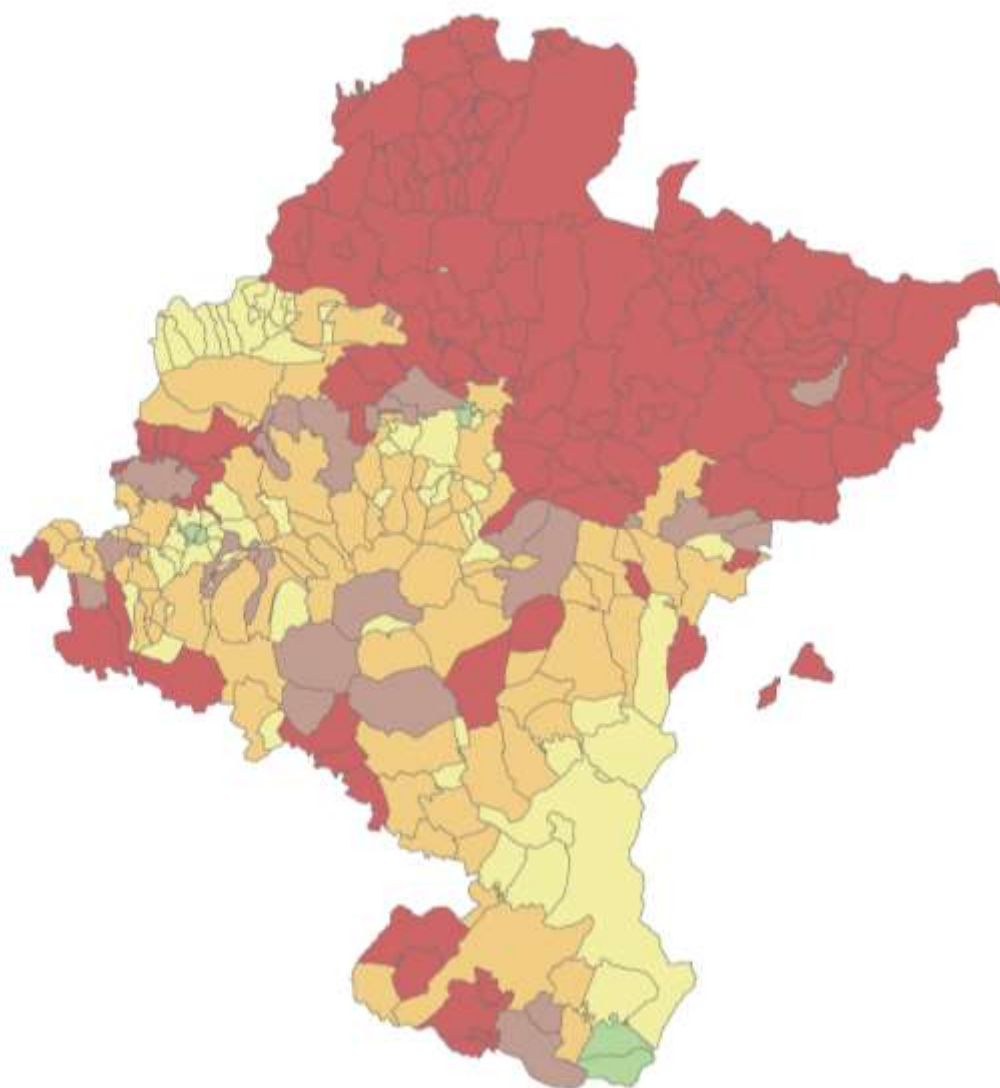


Figura 30 Riesgo por afección del cambio climático al paisaje por Término Municipal

5. La gestión adaptativa del paisaje navarro

El IPCC entiende por adaptación el conjunto de Iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados de un cambio climático. De modo que las opciones de adaptación frente al cambio global se extienden a un amplio abanico de opciones. En primer lugar, resulta determinante establecer una metodología y unas herramientas eficaces para la correcta evaluación de los impactos y vulnerabilidades para todos los sectores socioeconómicos y los sistemas ecológicos navarros. En ese sentido, la información recogida en la presente guía ofrece esos mimbres metodológicos y operativos. La guía conlleva un esfuerzo divulgativo, ya que entendemos que la difusión para el conjunto de la ciudadanía de los resultados alcanzados en este estudio puede calificarse de medida de adaptación. Es más, consideramos que la sensibilización y toma de conciencia del alcance de la crisis ambiental en la que nos encontramos es, sin duda, un pilar esencial en toda estrategia de adaptación.

La adaptación al cambio global apela a diversas políticas. El IPCC establece una tipología clasificatoria de grandes medidas, que aparece recogida en la siguiente figura.



Figura 31 Tipología clasificatoria de las medidas según el IPCC

Con el objeto de garantizar la solidez y viabilidad de nuestras propuestas se ha decidido que todas las estrategias y medidas adaptativas incorporadas en las fichas de elementos vulnerables, fueran aquellas que tuviesen un refrendo en documentos normativos, estratégicos y científicos de rango internacional, europeo, estatal y autonómico.

A continuación, se recogen los principales documentos de referencia que han sido consultados:

Nivel internacional:

- N** Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas (objetivo, nº 13 Acción por el Clima). Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP) Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio climático (CMNUCC).
- N** Conclusiones del II Grupo de Trabajo de Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad recogido en el V Informe de Evaluación del IPCC.
- N** Recomendaciones derivadas de la X Conferencia de la Convención de la Diversidad Biológica. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP).
- N** Informes de los grupos de trabajo de la OMM y la FAO.

Nivel europeo:

- N** Estrategia de la Unión Europea para la Adaptación/Mitigación del Cambio Climático, 2013 (Plataforma de Adaptación al clima -Climate_Adpt- de la Agencia Europea del Medio Ambiente).
- N** Estrategia Europea de Biodiversidad hasta 2020. VII
- N** Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente 2014-2020 (objetivo prioritario nº 1).
- N** Estrategia Europea 2020. Pilares I y II de la PAC (Política Agraria Comunitaria).

Nivel Estatal:

- N** Plan Nacional Adaptación al Cambio Climático (PNACC, 2006). Los programas de trabajo (WP2 y WP3) derivados del PNACC y que tienen entre sus ejes de actuación: Incorporación de la adaptación al cambio climático en las regulaciones sectoriales y herramientas de planificación.
- N** El Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático en España, (PIMA Adapta).
- N** Plan Estratégico del Patrimonio Natural y Biodiversidad 2011-2017.
- N** Estrategia Española para la Conservación y el Uso Sostenible de los Recursos Genéticos Forestales. Estrategia Española de Desarrollo Sostenible (EEDS)

Nivel Foral:

- N** Hoja de ruta Cambio climático de Navarra (HCCN-KLINA), 2017.
- N** Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC.
- N** Unidades Ambientales_POT.
- N** Infraestructura Verde Navarra.



5.1 Marco de referencia sobre estrategias y medidas de gestión adaptativa para el paisaje.

5.1.1 La adaptación basada en los ecosistemas (AbE)

Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 1992), 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**”. Los **objetivos de la AbE** se pueden sintetizar en los siguientes términos: **mantener los procesos y estructuras ecológicas** a todos los niveles, **garantizando las funciones esenciales** de absorción y filtración de nutrientes, absorción y retención de agua, descomposición de materia orgánicas, etc.; reduciendo las presiones sobre los ecosistemas naturales para garantizar **la conservación de la biodiversidad**. Las medidas derivadas de este enfoque estratégico tienen la ventaja, frente a otras estrategias físico-estructurales posibles – ingeniería, tecnológicas-, de poseer una muy buena relación coste/efectividad, así como, de generar beneficios, no sólo ecológicos, sino sociales, económicos y culturales.

Para implementar esta **Estrategia general** es necesario definir las funciones ecosistémicas esenciales de los distintos paisajes/dominios climáticos del territorio navarro, y diseñar medidas para mantener esas variables dentro de los parámetros que garanticen la funcionalidad de los ecosistemas en su conjunto; bajo la presión de las amenazas derivadas del cambio global en el que estamos inmersos (Harris et al. 2006).

Este “**enfoque verde**” (incluido en la clasificación del IPCC dentro de las medidas **Físicas-estructurales**), **centrado en los servicios ecosistémicos**, contribuirá de manera efectiva a la adaptación del paisaje a los escenarios proyectados de cambio climático. El principio esencial que inspira dicho enfoque es el siguiente: **los ecosistemas saludables y funcionales ayudan a reducir la vulnerabilidad al forzamiento climático, ya que limitan la exposición física y amortiguan los posibles daños sobre los servicios ecosistémicos**.

Los servicios ecosistémicos son, como apuntábamos en el capítulo 2, los destinatarios directos de las amenazas que se derivan de los escenarios de cambio climático y por tanto, **las medidas de adaptación deben centrarse en su preservación**.

No olvidemos que, como se señala en los diferentes informes técnicos de la Convención de la Diversidad Biológica (CBD), los servicios ecosistémicos son los que sustentan los medios de vida humanos, proporcionando bienes esenciales como los alimentos y el agua.¹⁷

En esta línea de pensamiento, la Unión Europea propone como instrumentos contra el cambio climático, medidas que fomenten la conservación de espacios naturales, favorezcan la integridad de los ecosistemas y su resiliencia y promuevan la conectividad y permeabilidad de los espacios naturales especialmente protegidos.¹⁸ Evidentemente, esta consideración nos remite, en una primera derivada, a la estrategia de la Infraestructura Verde.

¹⁷ Vid. Synthesis Report on experiences with Ecosystem-Based Approaches to Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction, Secretariat of the Convention on Biological Diversity, CBD Technical Series No. 85, 2016).

¹⁸ Vid. Plan Estratégico del Patrimonio Natural y Biodiversidad, 2011-2017.





En los paisajes navarros en los que dominan las dinámicas naturales, controladas en buena medida por los ciclos y procesos biogeoquímicos, **las propuestas de adaptación deben facilitar**, si es factible, **el ajuste de los servicios ecosistémicos a las nuevas condiciones climáticas** que se proyectan hoy, a partir del nivel de conocimiento actual sobre el forzamiento climático.

En definitiva, el conjunto de medidas recogidas en el presente trabajo está planteado para que contribuya a la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos y su adaptación y resiliencia frente a las cadenas de impacto establecidas.

La recopilación de medidas propuesta se implementará **bajo el principio de gestión adaptativa**, para poder responder con agilidad a los cambios relevantes derivados del avance en el conocimiento de las cadenas de impacto y de los escenarios futuros de cambio climático.

En base a tales postulados, las estrategias y medidas se conciben como respuesta al “cambio global”. Unas actuaciones que se orientarán a la limitación de los impactos, la reducción de las vulnerabilidades y el incremento de la resiliencia, tanto de los sistemas naturales como culturales, incluyendo la biodiversidad-bosques, el sector agrario y la red hídrica. Estas líneas de actuación aspiran a conseguir una matriz biofísica diversificada, saludable y resiliente frente a las amenazas derivadas del cambio global que garantice los servicios ecosistémicos de los paisajes navarros.

Para facilitar el acceso a estos servicios desde los elementos y componentes del paisaje se expone en el anejo 8.4 una matriz con la correspondencia existente entre ellos, así como una tabla por cada elemento en el que se expresan los servicios asociados de una forma más detallada. El conocer estas relaciones, nos ayudará a comprender qué servicios están en riesgo en función de los elementos del paisaje que los provee.

5.1.2 [La Infraestructura Verde como eje vertebrador.](#)

La Comisión Europea definió la Infraestructura Verde como “aquella red de zonas naturales y seminaturales y de otros elementos ambientales que está planificada, diseñada y gestionada de manera estratégica para la prestación de una gama de servicios ecosistémicos” (European Comisión, 2013). **Una adecuada infraestructura verde (IV) permite garantizar el capital natural de los territorios y mejorar los flujos de servicios de los ecosistemas.** Pero, sobre todo, encierra un enorme potencial para encarar con éxito los cruciales desafíos ambientales presentes y futuros. Más allá de su evidente contribución a la conectividad, **su naturaleza multifuncional brinda un amplio abanico de “soluciones adaptativas frente al cambio climático”.** Por ello, **el bloque de medidas que se propone en la presente Guía busca vincularse a la estrategia de IV**, ya que ésta puede otorgarle coherencia y, sobre todo, multiplicar la eficacia de las medidas planteadas.

La IV debe concebirse, por tanto, como **una estrategia integral** que supera esa errónea dicotomía entre el medio urbanizado y el rural como objetos de ordenación diferenciados. Las ciudades no son entes territoriales aislados, sino, justamente, los espacios que más dependen de los flujos de materia y energía del medio natural. Necesitamos concentrar los esfuerzos en la preservación de la funcionalidad de la matriz biofísica y de los servicios ecosistémicos, garantes, en última instancia, de la salud y el bienestar de la ciudadanía. Y estas decisiones de calado, que afectan al conjunto de las políticas, no pueden demorarse más, porque estamos inmersos en una crisis ambiental global, cuyos efectos ya están produciéndose a escala regional y local.





El paisaje actual que hoy conocemos está abocado a una transformación de enorme calado, bajo los escenarios de cambio climático previsible para finales de siglo. Toda Navarra está expuesta y resulta vulnerable a las amenazas que se derivan de un clima mediterraneizado, en el que se incrementará la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos. Y este previsible escenario climático futuro va a modificar sustancialmente el rostro y las funcionalidades de nuestros paisajes.

Es urgente, por tanto, que esta conclusión se integre y se obre en consecuencia en todos los instrumentos estratégicos de alcance territorial. Se trata, en definitiva, de potenciar una nueva forma de planificación territorial integral que propicie paisajes sostenibles y resilientes, capaces de hacer frente a las múltiples perturbaciones que se derivan de la crisis climática.

Por lo tanto, las líneas prioritarias de actuación que se plantean en la presente Guía se vertebrarían, precisamente, sobre la estrategia de la Infraestructura Verde, que, no sólo ayuda a reconectar las áreas naturales existentes; sino, sobre todo, a **mejorar la calidad ecológica global de la matriz biofísica, por ser soporte y contexto del sistema socioeconómico (fundamentalmente agrario); así como a mantener la salud de los ecosistemas para que puedan seguir prestando servicios vitales para la sociedad.**

Los objetivos prioritarios de cualquier IV de cara a la adaptación y resiliencia frente al cambio global son:

- La protección de la biodiversidad del territorio y la salud de los ecosistemas que la conforman.
- La mejora de las funciones ecológicas y la preservación de los servicios ecosistémicos.
- La promoción de un desarrollo económico verde basado en una gestión sostenible del territorio.
- La búsqueda de una mejora de la calidad de vida de las poblaciones.

En relación directa con estos objetivos de la IV, se pueden articular los siguientes **ejes adaptativos**:

- La conservación y restauración ecológica para el aumento de la biodiversidad y garantizar la salud de los ecosistemas y mantener los servicios ecosistémicos.
- La gestión sostenible de ríos, humedales y aguas subterráneas.
- La conservación “ex situ” y el desarrollo de bancos de semillas.
- La gestión y manejo adaptativo del uso de la tierra.

Todos estos ejes han servido de referencia para la redacción de las líneas estratégicas de adaptación presentes en este trabajo (vid anejo 8.7).

Durante el periodo de elaboración del presente trabajo vio la luz la Estrategia de la infraestructura verde de Navarra (mayo de 2019). En ella, se identifican todos aquellos elementos que conforman dicha infraestructura. Las líneas estratégicas de adaptación al cambio climático que se plantean en el presente trabajo se vinculan, precisamente, a la práctica totalidad de tales elementos.

La propuesta de los grupos de medidas y recomendaciones de actuación recogidas en el anejo 8.7, se han de entender como la base para gestionar la adaptación al cambio de las especies, incluida la humana, en sus ecosistemas y vertebrar actuaciones puntuales, evaluables y medibles de forma clara y concreta. Por lo tanto, el desarrollo de la IV navarra debería acoger las citadas líneas estratégicas, para contribuir a la adaptación efectiva del territorio foral a los escenarios de cambio climático proyectados.



Así, para facilitar la incorporación de las recomendaciones de actuación en la planificación, diseño y gestión de la IV, se establece en la Tabla 5-1 la correspondencia entre los elementos de la IV y los paisajes identificados y definidos a partir de sus elementos y componentes característicos.

Tabla 5-1 Correspondencia entre elementos de la IV Navarra y los Paisajes propuestos

Elemento IV	Descripción elemento IV	Paisaje
IV01 TERRITORIO FLUVIAL:	Vertebra y conecta el territorio en todas las escalas y entre las diferentes altitudes, cumple múltiples servicios ecosistémicos y, en ocasiones, funciona complementariamente con otros elementos, como pueden ser acuíferos, humedales, paisajes de montaña o sistemas forestales y agrícolas.	Paisajes del agua.
IV02 RED NATURA 2000:	Asegura la supervivencia a largo plazo de las especies y los tipos de hábitat en Europa, contribuyendo a mantener y evitar la pérdida de biodiversidad. Funciona como componente de alta naturalidad aportando servicios múltiples.	Paisajes litológicos Paisajes del agua Paisajes forestales Paisajes agroforestales
IV03 RED DE ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS (RENA):	Constituyen áreas de valor ecológico y en buen estado de conservación. Completan o se integran en la Red Natura 2000, afianzando el papel y servicios del conjunto. Encaminada a la conservación y mejora de la biodiversidad, los suelos, los ecosistemas y las singularidades naturales en Navarra, con importantes valores paisajísticos, culturales, recreativos y didácticos en el caso de las Áreas Naturales Recreativas y los Monumentos Naturales.	Paisajes litológicos Paisajes del agua Paisajes forestales
IV04 SISTEMAS FORESTALES DE ALTO VALOR NATURAL	Se trata de zonas con usos forestales seminaturales, caracterizados por unas prácticas de manejo tradicionales sostenibles, a las que se asocian valores ambientales reconocibles. Cumplen funciones productoras, protectoras y de estabilidad, además de proveer múltiples funciones y servicios: madera, leña, biomasa, pastos, caza, pesca, frutos, hongos, uso recreativo, didáctico y científico, etc. Actúan como grandes sumideros de CO ₂ , regulan el ciclo del agua y frenan la erosión. Contribuyen de manera decisiva a la composición del paisaje y son piezas clave de conectividad ecológica.	Paisajes del agua Paisajes forestales Paisajes agroforestales
IV05 HUMEDALES.	Son reservorios de agua naturales, seminaturales (represamientos a partir de pequeños humedales o lagunas endorreicas) o artificiales (balsas). Albergan ecosistemas singulares y frágiles, así como el registro sedimentario evolutivo de la flora del lugar. Constituyen puntos clave en el territorio al tratarse de ecosistemas altamente fértiles y sustentar una comunidad botánica y faunística de gran diversidad y complejidad. Un grupo de humedales y su relación con los cursos fluviales puede aumentar la conectividad y la biodiversidad de un territorio si se desarrolla como un sistema, y constituyen piezas del paisaje	Paisajes del agua
IV06 VEGETACIÓN DE ESPECIAL INTERÉS:	Se trata de formaciones vegetales naturales, valiosas por su singularidad. Cumplen funciones de representación de formaciones vegetales raras o singulares, con valores naturales a conservar. Contribuyen a la biodiversidad y mejora de suelos en los ámbitos donde aparecen, favorecen la conectividad aportando diversidad al sistema. Como formaciones vegetales	Paisajes del agua Paisajes forestales Paisajes agroforestales



Elemento IV	Descripción elemento IV	Paisaje
	pueden aportar otros servicios: previenen la erosión de los suelos, actúan como sumideros de CO ₂ , etc	
IV07 CONECTIVIDAD TERRITORIAL	Estos espacios puestos en valor por los Planes de Ordenación del Territorio constituyen un elemento base para la Infraestructura Verde	Paisajes litológicos Paisajes del agua Paisajes forestales Paisajes agroforestales Paisajes agrarios
IV08 LUGARES DE ESPECIAL INTERÉS GEOLÓGICO	Son zonas con un interés científico, didáctico o turístico que, por su carácter único y/o representativo, son necesarias para el estudio e interpretación del origen y evolución de los grandes dominios geológicos españoles, incluyendo los procesos que los han modelado, los climas del pasado y su evolución paleobiológica.	Paisajes litológicos
IV09 PAISAJES NATURALES:	Constituyen ámbitos de elevada naturalidad en los que la influencia antrópica pasa desapercibida. Destacan por su importancia en el contexto paisajístico y se asocian a estructuras topográficas abruptas, de amplia panorámica y fragilidad visual elevada, como son los cortados, y de gran singularidad escénica como son las foces, gargantas, cañones y desfiladeros fluviales.	Paisajes litológicos Paisajes del agua
IV11 SUELOS DE ELEVADA CAPACIDAD AGROLÓGICA	Suelos muy valiosos para el abastecimiento de alimentos. El valor a proteger es la capacidad real o potencial productiva de estos suelos. Su importancia se relaciona así mismo con el ciclo hidrológico, la protección del suelo y la contribución a la mitigación de los efectos de cambio climático	Paisajes agroforestales Paisajes agrarios
IV14 PAISAJES CULTURALES AGROPECUA- RIOS	Se caracterizan por la existencia de un paisaje con un alto grado de heterogeneidad que dotan de diversidad y permeabilidad al sistema. Están formados por un mosaico de parcelas pequeñas de distintos usos, entremezcladas entre sí y con la presencia de MICROELEMENTOS del paisaje. Se incluyen los SISTEMAS AGRARIOS DE ALTO VALOR NATURAL de Navarra (SAVN), contemplados en la reglamentación europea de las Política Agraria Común, donde la práctica agropecuaria se combina con altos niveles de biodiversidad. Aquí también se han incluido las Áreas de Importancia para la Conservación de la Avifauna Esteparia de Navarra (AICAENA), con valor alto y muy alto (varias de ellas son también SAVN), que constituyen paisajes cerealistas de secano, localizados en la Zona Media y sur de Navarra, que albergan especies amenazadas y contribuyen a la resiliencia del conjunto del territorio.	Paisajes agroforestales Paisajes agrarios

Con esta relación establecida y, atendiendo a los elementos vulnerables identificados en cada uno de los ámbitos paisajísticos definidos, se estructuran las actuaciones de intervención; considerando las funciones y dinámicas dominantes. Ya sean estas naturales, agrológicas o antrópicas, lo que permitirá su incorporación final en los diferentes instrumentos de planificación y diseño de la IV conforme al siguiente esquema de partida:

5.1.2.1 Dinámica natural

Para los elementos vulnerables al cambio climático, pertenecientes a los paisajes con dominancia de dinámica natural, asociados en su mayoría a los paisajes forestales, pero también a los



paisajes del agua y a los paisajes litológicos; se presta especial atención a los servicios de regulación en las Zonas Núcleo de los Espacios Naturales, así como a los conectores y zonas de co-reedor, entre otros. En este caso, el acento recae en los servicios vinculados a la regulación de temperatura, y calidad del aire (secuestro de gases de efecto invernadero, retención de partículas), regulación hídrica (prevención de inundaciones), control de la erosión, minimización del riesgo de incendios. En estas zonas se definen, fundamentalmente, actuaciones para la gestión de las funciones ecológicas de conectividad a gran escala.

Este objetivo pone en relación los siguientes elementos de la IV:

- N** IV01 TERRITORIO FLUVIAL
- N** IV02 RED NATURA 2000
- N** IV03 RED DE ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS (RENA)
- N** IV04 SISTEMAS FORESTALES DE ALTO VALOR NATURAL
- N** IV05 HUMEDALES
- N** IV06 VEGETACIÓN DE ESPECIAL INTERÉS
- N** IV07 CONECTIVIDAD TERRITORIAL
- N** IV08 LUGARES DE ESPECIAL INTERÉS GEOLÓGICO
- N** IV09 PAISAJES NATURALES

5.1.2.2 *Dinámica agrológica*

Para los paisajes humanizados, con una dinámica antrópica moderada, correspondiente con zonas de interfaces natural-urbano derivada del manejo y control producido por la especie humana, asociados a los paisajes agroforestales y agrarios.

En estas zonas, además de los anteriores, se pone especial atención en los servicios de abastecimiento definidos en el Informe de los Ecosistemas del Milenio. En estas zonas se definen, fundamentalmente, actuaciones para el mantenimiento y gestión adaptativa vinculados a los paisajes agrarios, forestales y ganaderos, con especial atención a las zonas frontera entre los ecotonos naturales y antrópicos moderados, tanto para garantizar el tránsito de los animales para su provisión de pastos o agua, así como la diversidad suficiente en sus estructuras morfo-tipo-lógicas (cierres vegetales, caminos no necesariamente asfaltados...), como para posibilitar la existencia de especies que favorezcan la polinización y diversificación de los cultivos, así como la mejora genética de los mismos.

- N** Este objetivo pone en relación los siguientes elementos de la IV:
- N** IV02 RED NATURA 2000
- N** IV04 SISTEMAS FORESTALES DE ALTO VALOR NATURAL
- N** IV06 VEGETACIÓN DE ESPECIAL INTERÉS
- N** IV07 CONECTIVIDAD TERRITORIAL
- N** IV11 SUELOS DE ELEVADA CAPACIDAD AGROLÓGICA
- N** IV14 PAISAJES CULTURALES AGROPECUARIOS



5.1.2.3 *Dinámica antrópica*

Para los paisajes contruidos, con una dinámica antrópica intensa, vinculada a las zonas urbanas donde la especie dominante es la humana y, por lo tanto, las medidas a desarrollar se relacionan con el diseño de la infraestructura verde en su interior para mejorar los servicios de regulación y garantizar así la seguridad, salud y bienestar, se vinculan, por ejemplo, con la reducción del efecto de la isla de calor, del riesgo de inundación o la incorporación de medidas como las recogidas en la fase 5 y que son objeto de un estudio separado.

5.1.3 Los Documentos de paisaje

5.1.3.1 *Aspectos generales que emanan de los POT.*

Los Documentos de paisaje son documentos técnicos que integran y desarrollan las bases establecidas en los Planes de Ordenación Territorial (POT) en materia de paisaje. Analizan, identifican, caracterizan, evalúan, planifican y proponen un modelo de gestión de los paisajes de su ámbito territorial. El objetivo principal es promover la protección, gestión y ordenación de los diferentes paisajes, y facilitar la implementación de las medidas planteadas en las diferentes escalas (local, comarcal y regional) mediante determinaciones aplicables a planes y proyectos.

Los Documentos de paisaje tienen como mandato dado por el POT, ser el punto de encuentro entre la planificación estructurante y la planificación municipal o sectorial, integrando y desarrollando las bases establecidas en dicho Plan. Parte pues, de los principios y fundamentación de su Memoria Justificativa y del Estudio de Incidencia Ambiental, con el fin de desarrollar las directrices y determinaciones paisajísticas establecidas tanto en su normativa como en los Anexos Temáticos, y en particular en el PN9 Paisaje.

En este sentido, cabe recordar, en primer lugar, los objetivos generales de actuación que establece el POT en dicho anejo para la ordenación del paisaje como principal instrumento de política sectorial:

- N** La consideración del paisaje como un recurso para la actividad económica, vinculado a valores culturales, ecológicos y ambientales.
- N** La valorización de la diversidad y multifuncionalidad de los paisajes regionales, protegiendo la riqueza paisajística del medio rural.
- N** La protección, preservación y recuperación de los valores paisajísticos sobresalientes, de carácter suprarregional, regional y subregional, así como de los paisajes identitarios y cotidianos, para la mejora de la calidad de vida y como recurso al servicio del desarrollo económico.

En dicho anejo encontramos una referencia al Cambio Climático, cuando se refiere al contexto derivado de la Estrategia Territorial de Navarra (ETN). En ella dice que La Ordenación del paisaje da respuesta a lo indicado en la ETN y su directriz número 72, que alude a la necesidad de “Desarrollar una política de conservación y mejora de los paisajes de Navarra”. Todo ello en coherencia con lo expuesto en la Estrategia Territorial Europea (ETE, 1999) que alude en su Capítulo 1 a la





“Gestión prudente de la naturaleza y el patrimonio cultural” como potencial de desarrollo de calidad de vida y de valoración testimonial del paisaje, **especialmente en un escenario que incorpora el cambio climático y su repercusión en el patrimonio natural y cultural.**

Para el logro de estos objetivos, el POT considera que la protección del paisaje debe basarse en las siguientes líneas de actuación:

- N** Identificación de aquellos enclaves que, debido a su relevancia o singularidad deban ser objeto de protección.
- N** Establecimiento de criterios que garanticen una protección extensiva y no reduccionista del paisaje.
- N** Identificación de aquellos lugares y entornos que, en razón de una alteración grave de los valores naturales o rasgos característicos de su humanización histórica, deberían ser restaurados paisajísticamente.

Estas tres líneas de actuación han sido consideradas a la hora de definir las líneas estratégicas, así como los bloques de medidas y recomendaciones de actuación.

5.1.3.2 Los Objetivos de Calidad Paisajística

Finalmente, tal y como determina el CEP, es imprescindible incorporar la percepción que tiene la población sobre los paisajes, por lo que ha de desarrollarse un proceso paralelo de obtención de la **Visión Social del Paisaje (VSP)**. Dicha visión es fundamental para lograr conocer la percepción que la ciudadanía y los agentes territoriales tienen de sus paisajes y, a su vez, permite transmitir la relevancia que adquiere el paisaje en el campo cultural, ecológico, ambiental, social y económico y buscar la implicación de la población en la gestión y conservación del paisaje, para lo cual se debe establecer una serie de **Objetivos de Calidad Paisajística (OCP)**.

Estos objetivos han de ser la base sobre la que se sustenten y desarrollen las diferentes políticas territoriales que responden a las particularidades propias de cada territorio, así como a la VSP y concreción técnica. El estudio parte del análisis de los OCP ya identificados en Navarra en el desarrollo de los Documentos de Paisaje asociados a los Planes de Ordenación Territorial (POT). Unos ya finalizados, como la Navarra Atlántica (POT 2) o la Zona Media (POT 4) y otros en procesos de elaboración paralelos al presente estudio, y llevados a cabo por el mismo equipo técnico: Pirineos (POT 1) y Eje del Ebro (POT 5). En cualquier caso, el Anejo 9 que acompaña a los distintos POT ofrece una información inicial que permite una primera aproximación.

En los documentos elaborados nos encontramos con diferentes situaciones respecto a la consideración del cambio climático. De forma sintética, enumeramos a continuación las referencias explícitas encontradas:

- N** En el documento de paisaje del POT2, subárea de Bortziriak, hay una ausencia total de menciones al cambio climático.
- N** En los documentos de paisaje del POT4 Occidental y POT4 Oriental. Por un lado, hay una mención de carácter genérico en la visión social del paisaje, relativa al cambio climático como un riesgo para el paisaje. Por otro lado, en los elementos “Ladera con bosques





caducifolios” y “Vegas de río en llanuras”, hay sendas e idénticas menciones en los apartados de 1.3.3 Dinámicas y procesos que inciden en el paisaje; 1.4 Prospección de la evolución del elemento de paisaje y 2.1 Fragilidad paisajística.

- N** En el documento de paisaje del POT4 Central, hace mención del cambio climático para decir que *“puede incidir notoriamente en la mayoría de las unidades, es si cabe una amenaza más manifiesta en esta unidad, dado que la conservación de este paisaje está condicionada por el mantenimiento de la lámina de agua y los hábitats asociados a ella.”* (Documento I, página 72)
- N** En la misma línea que la anterior, pero incorporando además alguna referencia en los elementos más vulnerables, aparece recogido el cambio climático en el documento de paisaje de las restantes áreas del POT2.
- N** Con un enfoque diferente se han elaborado los documentos de paisaje del POT5 y POT1, en los cuales el cambio climático ha sido uno de los ejes vertebradores del trabajo desarrollado, hasta el punto de hablar de Objetivos de Calidad Paisajística y Adaptación al Cambio Climático.

Con independencia de la consideración que, en relación con el Cambio Climático, se ha tenido en cada uno de los Documentos de Paisaje mencionados, cabe hacer los siguientes tratamientos:

- N** En el caso de los primeros documentos de paisaje elaborados, se propone llevar a cabo su revisión y actualización para unificar criterios y metodologías, haciéndolas más acorde con los últimos documentos elaborados. (POT5 y POT1). No obstante, de forma subsidiaria en tanto en cuanto esa adaptación no sea considerada, se adjunta en el anexo 8.8 una matriz de correspondencia entre los OCP definidos y las Líneas Estratégicas planteadas. De este cotejo, se concluye la necesidad de corregir levemente los OCP para incorporar aquellas recomendaciones de actuación planteadas en el presente estudio y que emanan de cada bloque de medidas identificado.
- N** En el caso de los documentos de paisaje del POT5 y POT1, que ya han incorporado la perspectiva de adaptación al cambio climático de forma detallada, se considera que pueden servir de base para la metodología de actualización de los anteriores y los nuevos documentos de paisaje que se elaboren. No obstante, se aconseja la incorporación de la información más detallada elaborada en el marco de este proyecto, y recogida en las fichas de los elementos y componentes indicadores contenidas en el anejo 8.3
- N** Para los nuevos documentos, la recomendación es centrar los esfuerzos en el análisis de los diferentes paisajes y su relación con los posibles impactos en los Servicios Ecosistémicos, de forma que se alinee con la evaluación de los servicios ecosistémicos cuyas tablas se adjuntan en el anejo 8.4 asociada por cada uno de los elementos y componentes indicadores. Identificando en todo caso el papel que juega en la estrategia de la infraestructura verde, y las líneas estratégicas conforme al anejo 8.7.

En todo caso se deberá mantener una coherencia con los documentos estratégicos elaborados (ETN, POT, HCCN-KLINA) para integrar la perspectiva de cambio climático y las estrategias de adaptación en los Documentos de Paisaje en redacción; así como en los previstos para el futuro, priorizando aquellos aspectos derivados del análisis de vulnerabilidad y riesgo conforme recogido en el presente estudio (fase 3).





5.2 Integración del cambio climático en la definición de objetivos de calidad paisajística

Como ya se ha expuesto, mediante los OCP, los documentos de paisaje recogen las aspiraciones derivadas de la visión social del paisaje; así como, del análisis técnico y experto en relación con cada uno de los elementos del paisaje; que han sido analizados desde la perspectiva de su vulnerabilidad al cambio climático en el apartado 4.2 de la presente guía.

El conjunto de Líneas estratégicas con sus correspondientes bloques de medidas vinculadas, que se exponen a continuación, se erige en el referente para acomodar la redacción de los futuros OCP a las exigencias de los escenarios de cambio climático. De tal modo que, los planteamientos de dichos objetivos, que nacerán de los correspondientes procesos de participación ciudadana, deberán dar respuesta a tales líneas estratégicas de adaptación, en tanto que son condicionantes del devenir de los paisajes navarros.

5.2.1 Líneas estratégicas. Bloques de medidas

El conjunto de medidas de gestión adaptativa al cambio climático se agrupa en grandes bloques de medidas formuladas para alcanzar grandes objetivos de adaptación al cambio climático, enunciados como líneas estratégicas. Todas, las líneas estratégicas y los bloques de medidas (vid. anejo 8.7), van dirigidas al conjunto de Elementos y Componentes del paisaje navarro identificados con relación a los condicionantes climáticos (vid. apartado 4.3.1).

- N** L01.- Conservación, gestión y restauración forestal sostenible
- N** L02.- Potenciación de la conectividad, heterogeneidad y multifuncionalidad del paisaje
- N** L03.- Gestión sostenible ríos, humedales y aguas subterráneas
- N** L04.- Conservación de la diversidad biológica agrícola
- N** L05.- Estrategia sobre sistemas agro forestales en tierras agrícolas
- N** L06.- Estrategia de protección, gestión y restauración suelos agrícolas
- N** L07.- Estrategia de educación y sensibilización sobre crisis climática

5.2.1.1 *Conservación, gestión y restauración forestal sostenible (L01)*

Como hemos señalado en la introducción a este capítulo, la biodiversidad es el pilar esencial sobre el que construir cualquiera estrategia adaptativa. Por tanto, los esfuerzos deben concentrarse, en primer lugar, en **garantizar la funcionalidad de los ecosistemas que conforman la matriz biofísica del territorio navarro**. Y, en segunda instancia, en recuperar y mejorar la eficacia de los flujos de materia, energía e información; es decir, en **mantener una adecuada conectividad**.

Esta línea estratégica va dirigida, por lo tanto, al conjunto de Elementos y componentes del Paisaje forestal, y aquellos componentes de bosques integrados en otros Elementos.

Resulta de sobra conocido, que los bosques albergan una buena parte de la diversidad biológica terrestre (FAO, 2014), prestando una amplia variedad de Servicios Ecosistémicos (SE). Los servicios esenciales aportados por los bosques –asociados a los ciclos biogeoquímicos y nutrientes;





así como los de regulación -climática e hídrica - están interconectados con el resto de los ofertados por los ecosistemas de la matriz biofísica de nuestros paisajes. La reducción del impacto del forzamiento climático sobre los bosques navarros se erige en un objetivo de adaptación indiscutible, para mejorar la resiliencia del conjunto de ecosistemas, al menos a corto plazo (Joyce et al., 2008).

Al amparo de esta primera línea estratégica, se proponen siete bloques de medidas adaptativas:

- N** E01. Conservación de formaciones boscosas.
- N** E02. Conservación y restauración de bosques riparios.
- N** E03. Mantenimiento de la cobertura forestal en zonas de cabeceras cuenca.
- N** E04. Fomento de Bosques mixtos.
- N** E05. Incremento de la diversidad genética de bosques.
- N** E06. Diseño de medidas específicas para la lucha y reducción de incendios.
- N** E07. Gestión de ecosistemas de alto valor y reducción de presiones sobre espacios protegidos.

Con esta línea estratégica se estaría dando respuesta a objetivos de la HCCN-KLINA, del LIFE-IP NAdapta-CC, así como a los planteados para las unidades ambientales de los POT.

HCCN-KLINA: OBJ.3

- N** AD-L1 Restauración y Conservación.

Life NAdapta: ACCIÓN C-3 BOSQUES

- N** ACCIÓN C3.2 Selección de fuentes de semillas de especies autóctonas adaptadas al medio ambiente
- N** ACCIÓN C3.3 Analizar modelos integrales de gestión en sistemas agroforestales mediterráneos para aumentar su valor ecológico y minimizar riesgos
- N** ACCIÓN C3.4 Análisis de herramientas de planificación para incorporar medidas de gestión adaptativa para los diferentes tipos de masas
- N** ACCIÓN C3.5 Desarrollar y aplicar modelos de crecimiento forestal bajo diferentes escenarios CC para poder evaluar los cambios en la productividad de las masas forestales.

Unidades ambientales de los POT

Mejorar los SE, coherencia global de redes conservación y su resiliencia y respuesta mejorada al cambio climático (cresta)+Protección de la flora y fauna amenazadas y taxones singulares - endemismos regionales- con respuesta potencial al cambio climático + recuperación de los SE de los bosques en galería y de las formaciones zonales periféricas depuradoras de las aguas corrientes e infiltradas, con una productividad muy alta (Valles)



5.2.1.2 *Potenciación de la conectividad, heterogeneidad y multifuncionalidad del paisaje (L02)*

A gran escala la mejor estrategia para potenciar la biodiversidad es conservar la heterogeneidad del paisaje y con ello, apuntalar las medidas adaptativas frente al cambio climático basadas en los ecosistemas (Camprodon, 2007). Así pues, el objetivo esencial de esta segunda línea estratégica es el de **mantener y mejorar el mosaico de hábitats existente**. En este sentido, esta línea, a escala de paisaje, contribuye plenamente a la conservación de la biodiversidad. Igualmente, se han considerado en la propuesta, las recomendaciones derivadas de los principios del Convenio Europeo del Paisaje (2000), en relación con los estilos y modos de vida reflejados en los usos que mantienen los distintos sistemas naturales y culturales. **Es decir, mantengamos, tanto la diversidad biológica, como la cultural.**

El bloque de medidas derivadas de esta segunda línea es:

- N** E01. Reducción de la fragmentación y de las bajas densidades forestales para contribuir a la conectividad.
- N** E02. Manejo sostenible de explotaciones forestales y bajo monte.

Con esta línea estratégica se estaría dando respuesta a objetivos de la HCCN-KLINA, del LIFE-IP NAdapta-CC, así como a los planteados para las unidades ambientales de los POT.

HCCN-KLINA: OBJ.3

- N** AD-L1 Restauración y Conservación.

Life NAdapta: ACCIÓN C-6 INTEGRAR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DEL PAISAJE Y LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL.

- N** ACCIÓN C6.1 Gestión adaptativa del paisaje.

Unidades ambientales de los POT

Mantenimiento de la matriz territorial y reforzamientos de las estructuras de conectividad, asociadas a formaciones reticuladas y franjas polifitas agrosilvopastoriles de las laderas. CONECTIVIDAD ECOLÓGICA. UNIDAD AMBIENTAL (LADERA)

5.2.1.3 *Gestión sostenible ríos, humedales y aguas subterráneas (medidas naturales retención agua NWRM). (L03)*

El agua como recurso natural estratégico es altamente vulnerable a los escenarios de cambio climático proyectados. Una vulnerabilidad que engloba, además, al conjunto de procesos geológicos y edáficos que están ligados al ciclo hidrológico. **Tal y como se recoge en los fundamentos teóricos de las Unidades Ambientales de los POT (Anexo PN2, POT 5, 2011), el agua "juega un papel importante en la calidad de la matriz territorial y los méritos asignados a los usos del suelo en el Modelo de desarrollo territorial en la escala regional de Navarra". Su gestión de alcance estratégico, junto a la Biodiversidad (líneas estratégicas 1 y 2) deberá perseguir una optimización del consumo; así como, garantizar su calidad.**

La incertidumbre que se ciernen sobre la pluviometría en los climas futuros proyectados nos obliga a una planificación del recurso hídrico que potencie la eficiencia. Actualmente, los sectores que demandan una mayor cantidad de agua en Navarra son el doméstico (8%), industrial (6%) y riego (86%) (Gobierno de Navarra, 2017). Con el incremento previsto de las temperaturas **se prevé un aumento de la demanda de agua, tanto de los ecosistemas terrestres como de los sistemas agrícolas y urbanos**. Por tanto, las áreas en las que se requiere el recurso hídrico para el consumo humano y para los sistemas agrícolas son las áreas más vulnerables y propensas a crear un déficit crónico del recurso.

El bloque de medidas derivadas de esta segunda línea se conforma de:

- N** E01. Renaturalización de cauces, restauración y rehabilitación de los ríos.
- N** E02. Adaptación de los recursos hídricos a los escenarios de cambio.
- N** E03. Protección, conservación, gestión y restauración de humedales y aguas subterráneas.

Con esta línea estratégica se estaría dando respuesta a objetivos de la HCCN-KLINA, del LIFE-IP NAdapta-CC, así como a los planteados para las unidades ambientales de los POT.

HCCN-KLINA: OBJ.2

- N** AD-L4 Gestión del agua y prevención de inundaciones.

Life Nadapta: ACCIÓN C-2 AGUA

ACCIÓN C2.6 Redacción de anteproyectos/proyectos de recuperación del espacio fluvial como estrategia de conservación y reducción del impacto de inundaciones

- N** ACCIÓN C2.7 Evaluación de recursos hídricos derivados de escenarios de cambio climático y del modelo de explotación de demanda. Plan de gestión de la demanda (abastecimiento, regadío, etc.)

Unidades ambientales de los POT

Prevención del riesgo de inundación y la reducción de la contaminación de los acuíferos. Mejora de los sistemas de retención, conducción y regulación de caudales en infraestructuras hidráulicas. Recuperación de los sistemas fluviales y aplicación de la directiva del agua.

5.2.1.4 Conservación diversidad biológica-agrícola (L04).

Los cultivos en su totalidad requieren agua, luz solar y una temperatura adecuada para su crecimiento. Los escenarios de cambios apuntan a efectos directos sobre el conjunto de la actividad agraria. Así, los modelos para el sur de Europa apuntan a que, el aumento de la temperatura, los eventos de calor extremos y la reducción de la disponibilidad hídrica afectarán de forma directa a la productividad de los cultivos. También se espera que los rendimientos sean más variables, debido a los fenómenos meteorológicos extremos y demás factores relacionados con el cambio global, como plagas y enfermedades.

La Comisión Europea considera que los **programas de desarrollo rural** deben constituir, junto con otras actuaciones, **una herramienta esencial** para la **conservación de los agrosistemas**

de alto valor natural (objetivo vinculado a las líneas estratégicas 1 y 2); y contribuir de una forma efectiva, a la consolidación de la infraestructura verde en sus vertientes forestal y agraria (Estrategia Europea para la Biodiversidad, 2011). La vulnerabilidad de este sector en Navarra es elevada debido a que el 38% de la superficie corresponde a suelo agrícola. Tanto los cultivos de secano, como los de regadío se consideran vulnerables al cambio climático. Junto a los efectos derivados del recurso hídrico, hay que indicar que se producirá un incremento del riesgo de pérdidas de cosechas por diferentes adversos, tanto termométricos como pluviométricos.

El bloque de medidas derivadas de esta segunda línea se compone de:

- N** E1. Conservación de la diversidad genética agrícola.
- N** E2. Lucha contra las especies exóticas invasoras.
- N** E3. Fortalecimiento de las estrategias fitosanitarias.

Con esta línea estratégica se estaría dando respuesta a objetivos de la HCCN-KLINA, del LIFE-IP NAdapta-CC, así como a los planteados para las unidades ambientales de los POT.

HCCN-KLINA: OBJ.4

- N** AD-L1 Restauración y conservación.
- N** AD-L 3 Agroambiente y clima.

Life Nadapta: ACCIÓN C-4 AGRICULTURA Y GANADERÍA. Mejorar la adaptabilidad de los Agrosistemas con estrategias innovadoras de manejo del suelo, material vegetal y agua para el riego.

- N** ACCIÓN C4.1 Optimización de la adaptabilidad de los agrosistemas al cambio climático mediante estrategias de gestión del suelo, la materia orgánica y los cultivos.
- N** ACCIÓN C4.3 Adaptación ambiental al cambio climático del material vegetal.
- N** ACCIÓN C4.6 Lucha contra incendios mediante la gestión silvopastoral, pastos y ganado.

5.2.1.5 Agricultura regenerativa en sistemas agroforestales y paisajes agrarios (L05)

Entre las principales bases ecológicas para la adaptación, cobran especial importancia (Noss, 2001; Julius et al., 2008; Thompson et al., 2009) las medidas destinadas al mantenimiento de la diversidad genética, la complejidad estructural y la diversidad funcional (tanto a nivel de masa como de paisaje); así como a mantener la conectividad y las áreas refugio climáticas. Esta línea estratégica interactúa de forma sinérgica con la L2 (Potenciación de la conectividad, heterogeneidad y multifuncionalidad del paisaje)

El bloque de medidas derivadas de esta línea cinco son:

- N** E1. Diversificación cultivos e integración de actividades ganaderas, selvícolas y agrícolas.
- N** E2. Mejora retención aguas en tierras agrícolas.

Con esta línea estratégica se estaría dando respuesta a objetivos de la HCCN-KLINA, del LIFE-IP NAdapta-CC, así como a los planteados para las unidades ambientales de los POT.

HCCN-KLINA: OBJ.4

- N** AD-L1 Restauración y conservación.
- N** AD-L 3 Agroambiente y clima.



Life Nadapta: ACCIÓN C-4 AGRICULTURA Y GANADERÍA. Mejorar la adaptabilidad de los Agrosistemas con estrategias innovadoras de manejo del suelo, material vegetal y agua para el riego.

- N** ACCIÓN C4.2 Adaptación al CC desde la gestión del agua en el sector agrario
- N** ACCIÓN C4.4 Sistema de Alertas de plagas y enfermedades emergentes
- N** ACCIÓN C4.5 Adaptación a las enfermedades animales emergentes provocadas por el cambio climático

5.2.1.6 Estrategias protección, gestión y restauración suelos agrícolas. (L06)

La agricultura ha contribuido mucho a la biodiversidad de Europa gracias a siglos de tradiciones agrarias. Ello ha construido una amplia gama de paisajes agrícolas en el viejo continente. Sin embargo, como en otras partes del mundo, las prácticas agrícolas han cambiado drásticamente a lo largo de las últimas décadas. Muchas explotaciones han intensificado sus actividades y se han mecanizado a fondo; mientras que las que no pudieron hacerlo, han ido quedando marginadas, viéndose obligadas, en ocasiones, al abandono de tierras, con consecuencias igualmente devastadoras para la diversidad natural y cultural. Según se reconoce en el informe ministerial sobre los impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario (Medina, 2015), la mayoría de los estudios centrados en esta cuestión se basan únicamente en criterios productivos, sin **integrar aspectos tan relevantes como la biodiversidad, la funcionalidad y el carácter del paisaje**. Otro de los déficits identificados en el citado informe se refiere **a la ausencia del cálculo integrado de los costes económicos que se pudieran derivar de las medidas de adaptación**.

Como principio rector, las estrategias que se pongan en marcha deben comportar, inevitablemente, un **incremento de la eficiencia en la utilización de los recursos naturales**. Sin olvidar, lógicamente, que, dada la complejidad del sector y los numerosos agentes implicados, **se deben de evaluar los costes de las medidas propuestas**.

El bloque de medidas derivada de esta segunda línea es la E1. Planificación Adaptación Integral usos del suelo que, a grandes rasgos lo que busca es procurar laboreos mínimos para reducir la erosión del mismo y la pérdida de materia orgánica; así como incentivar la cobertura del suelo con *mulching*. Con ello, se pretende reducir la erosión hídrica (puesto que protege al suelo del impacto de las gotas de lluvia) y eólica sobre el terreno, aumentar la conservación de agua en el suelo y la materia orgánica. Procurar el desarrollo de coberturas vegetales entre hileras de árboles para aprovechar los beneficios agronómicos y medioambientales que se derivan. La implantación de márgenes multifuncionales entre las hileras de los árboles, en las que se lleve a cabo una siembra con mezcla de semillas de flores que favorezcan la existencia de polinizadores. Su ubicación deberá perjudicar lo menos posible la mecanización. Estas franjas ayudarán a reducir la erosión por escorrentía en las parcelas de cultivo producida por la actividad agrícola. Esta medida con el objetivo de aumentar la biodiversidad; además, si los márgenes están en el borde de cauces de agua, evitarán la entrada de residuos de productos fitosanitarios a dichos cauces.

Con esta línea estratégica se estaría dando respuesta a objetivos de la HCCN-KLINA, del LIFE-IP NAdapta-CC, así como a los planteados para las unidades ambientales de los POT.



HCCN-KLINA: OBJ.4

- N** AD-L1 Restauración y conservación.
- N** AD-L 3 Agroambiente y clima.

Life Nadapta: ACCIÓN C-4 AGRICULTURA Y GANADERÍA.

- N** Mejorar la adaptabilidad de los Agrosistemas con estrategias innovadoras de manejo del suelo, material vegetal y agua para el riego.

Unidades ambientales de los POT

Protección de los suelos de vega y de las tierras con mayor potencial edáfico, el mantenimiento de los agrobiosistemas con fijación estable de carbono en suelo, mejorable con técnicas de laboreo adecuadas

5.2.1.7 Coordinación de programas conjuntos de actuación en materia de ordenación y planificación territorial y educación y cultural de formación, divulgación y sensibilización en materia Cultura y percepción del paisaje. (L07)

Esta última línea estratégica persigue establecer una coordinación eficaz entre las diferentes políticas sectoriales del Gobierno Foral. La adaptación al cambio global concierne a todas las instancias de la administración, así como al conjunto de la ciudadanía. Bien es verdad, que el mayor peso específico se concentra en la ordenación territorial. Pero, existen otras medidas no menos trascendentes en materia de cultura, formación, divulgación y sensibilización que deberían desplegarse en el marco general de adaptación.

La cultura permite a las personas y a los grupos percibir el paisaje de forma determinada. Los cambios climáticos no se perciben de forma sensorial. Sólo algunos efectos o impactos, bien de forma drástica como incendios o plagas, bien de forma gradual como cambios en los cultivos. Por ello, estamos persuadidos de que la resiliencia al cambio climático requiere también de una "transición cultural"

El paquete de medias derivada de esta línea transversal es:

- N** E1 Actualización de los diferentes instrumentos vigentes de ordenación territorial y urbanística. En especial, los objetivos de calidad paisajística de los POT
- N** E2 Incentivar la elaboración de estudios de detalle a diferentes escalas territoriales a partir de las líneas abiertas en la presente guía.
- N** E3 Diseñar planes estratégicos de formación, divulgación y sensibilización dirigidos a diferentes agentes sociales y sectores, en especial, el educativo para iniciar la necesaria "transición cultural"

5.2.2 Medidas de seguimiento. Gestión dinámica

El diseño y puesta en práctica de cualquiera de las medidas previstas en la presente guía requiere un seguimiento continuo. La gestión dinámica permite que una vez puestas en marcha las medidas diseñadas, no se frene en seco su actividad. En primer lugar, porque ningún proceso adaptativo está finalizado frente a un escenario de cambio climático, del que tenemos una comprensión fragmentada e incompleta de sus posibles líneas evolutivas, sobre todo a escala de detalle. Y, en segundo término, porque están implicadas diferentes instancias de las AA.PP que se verán



obligadas a coordinarse para acompasar sus actuaciones. La adaptación, por tanto, es una política permanente que requiere de herramientas para una adecuada evaluación de los aciertos y errores (dinámica y flexible en la toma de decisiones). Y, sobre todo, con la suficiente agilidad para poder redefinir, tanto los objetivos como las estrategias y medidas, como consecuencia de un cambio sustancial en las condiciones de forzamiento climático y de vulnerabilidad territorial.

En definitiva, la magnitud y complejidad del problema del cambio global plantea desafíos para el seguimiento de la efectividad de las medidas adaptativas. Por ello, se debe profundizar en la investigación aplicada y avanzar en el diseño de redes de seguimiento y monitorización del territorio para ajustar, rechazar o proponer nuevos objetivos de adaptación frente a giros inesperados para garantizar una adecuada resiliencia. Y todo ello, sin perder de vista que este desafío tiene alcance global y, por tanto, la gestión adaptativa interpela a todas las políticas. Así, diversas experiencias están demostrando que la reducción de los factores de estrés no climáticos sobre los ecosistemas puede contribuir al incremento de su resiliencia. No podemos permitirnos dar una respuesta parcial o sesgada al forzamiento climático. Como se indica en la obra del World Resources Institute, titulada "Making Adaptation Count Concepts and Options for Monitoring and Evaluation of Climate Change Adaptation GIZ/WRI", en su página 65: "la adaptación es un proceso, no un resultado".

La gestión adaptativa se debe entender, en consecuencia, como un proceso continuo de seguimiento y revisión de las medidas, sus resultados y el contexto de cambio a diferentes escalas - al menos, municipal, POT y Comunidad Foral. El objetivo básico es acometer ajustes inmediatos a raíz de la detección temprana de desviaciones en los objetivos, las fases intermedias o en los indicadores o estándares definidos. Sin embargo, el monitoreo y seguimiento también genera información que puede usarse para evaluaciones en profundidad de los proyectos o programas globales.

El primer paso, por lo tanto, será la revisión de la cartografía e información relativa a los elementos y componentes del paisaje generada en los diferentes documentos de paisaje. Con ellos, se pretende unificar la terminología y agrupar los conceptos, de tal forma que permita el análisis uniforme y la lectura continua del territorio.

Así mismo, este sistema deberá plantearse de tal manera que el mantenimiento de cada una de las capas recaiga en los diferentes organismos responsables, con el objeto de implementar herramientas que permitan el seguimiento y evolución de cada elemento. A tal efecto, se deberían incorporar nuevos vectores de información sobre edafología, humedad, capacidad productiva, demanda y visión social, entre otros.

Atender a estos últimos vectores permitirá activar, mediante la línea estratégica 07 dedicada a la formación y sensibilización, mecanismos de participación y conciencia social. Unos procesos que son tan importantes como los derivados de los esfuerzos técnicos y científicos.

Otra cuestión básica deberá ser la actualización de los POT, así como la elaboración posterior de los correspondientes PDAT, utilizando de base la revisión cartográfica mencionada.

En definitiva, se trata de elaborar una cartografía de los servicios ecosistémicos para la gestión y evaluación de las actuaciones para la adaptación al cambio climático.





5.3 Resultado. Propuesta de aplicación

En este capítulo de cierre se quiere ofrecer al lector las claves interpretativas del presente trabajo. La intención es dar respuesta a la pregunta de cómo usarla adecuadamente. El fin último de la presente guía es ofrecer una hoja de ruta para la comprensión y valoración del impacto del cambio climático sobre el paisaje navarro. Para ello, la guía ofrece al lector tres vías de aproximación al fenómeno.

La primera, permitirá descifrar las claves de la emergencia climática para todo el territorio de la Comunidad Foral. Las consideraciones que operan a esta escala macro se encuentran recogidas en el capítulo dedicado a las “líneas estratégicas” de adaptación. Dichas líneas representan una antología de soluciones de alcance territorial, basada en una exhaustiva revisión de la literatura científica. Éstas, a su vez, se despliegan a través de un conjunto ordenado de “bloques de medidas”. Éstos contienen una prolija relación de recomendaciones de actuación, que pretenden dar soluciones adaptativas genéricas para cada uno de los elementos del paisaje identificados como vulnerables. En las fichas elaboradas al efecto para cada bloque, se ha hecho también el esfuerzo de encontrar el encaje de dichas recomendaciones con aquellos componentes de la infraestructura verde (IV) de Navarra con los que guarden algún tipo de relación operativa; ya que entendemos que la IV constituye un excelente marco para desplegar las líneas estratégicas de adaptación al cambio climático.

La segunda vía de aproximación ofrece al usuario de la guía una lectura de mayor detalle. Una vez que éste se haya situado en un paisaje concreto del territorio navarro, ya sea de naturaleza forestal, agraria, etc., la guía facilita una serie de fichas detalladas dedicadas a cada uno de los diferentes elementos indicadores/testigos del cambio climático presentes en ese paisaje concreto. Unas fichas en las que se caracteriza el estado actual del elemento en cuestión y se evalúa la vulnerabilidad de éste, así como la de los servicios ecosistémicos asociados. Esto, entendemos que permite una comprensión de cómo está funcionando el elemento -por ejemplo, el hayedo- frente al forzamiento climático y cuáles son impactos a los que se verá sometido en los escenarios futuros proyectados, y con él, los servicios ecosistémicos que ofrece.

Además, la guía ofrece para cada ámbito concreto -paisajístico o de gestión territorial- una reflexión de cómo se integra y opera cada uno de esos elementos en el conjunto del paisaje. Es aquí donde se ha buscado el encaje con los objetivos de calidad paisajística definidos. Un esfuerzo que permitirá, en los diferentes POT, la revisión y en su caso, la incorporación de las conclusiones obtenidas en la fase de análisis; así como de las medidas de adaptación al impacto del cambio climático. Finalmente, entendemos que esta vía nos ayudará a incorporar el cambio climático en los procesos dedicados a la integración de la visión social del paisaje en cada unidad territorial.

Finalmente, no se puede poner punto y final a este capítulo de cierre sin dejar constancia de la necesidad de disponer de una adecuada cartografía de servicios ecosistémicos desde la aproximación holística defendida en el presente trabajo. Y, por supuesto, estamos persuadidos que el éxito de todas estas estrategias adaptativas frente al cambio climático requiere poner en marcha una intensa “transición cultural y social” que, con miras al futuro inmediato, garantice la efectiva sensibilización frente al ingente reto al que nos enfrentamos y que, en segunda instan-





cia, active todo el potencial cívico que la sociedad navarra posee para convertirse en protagonista de las políticas adaptativas que se puedan poner en marcha. Unas políticas que nacerán también de las propuestas sugeridas por los diferentes agentes sociales. En esta transición hacia un territorio resiliente, capaz de adaptarse a los nuevos paisajes, la educación juega un papel crítico. Por ello, esta guía invita a que las propuestas incluidas en el bloque de medidas de la línea estratégica 07, sean consideradas y puedan activarse en los próximos meses.





6. Bibliografía

6.1 Biodiversidad y servicios ecosistémicos.

- Abella, Ignacio (2007): La memoria del bosque: crónicas de la vieja selva europea. Cultos y culturas, mitos, leyendas y tradiciones. Barcelona. Integral, ISBN: 978-84-7901-941-9.
- Braat, L.C., (2013). The value of the Ecosystem Services concept in economic and biodiversity policy. Chapter 10, in: S. Jacobs, N. Dendoncker, H. Keune (eds.) Ecosystem Services, Global Issues, Local Practices, Amsterdam
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., Courchamp, F. (2012) Impacts of climate change on the future of biodiversity. Ecology Letters 15: 365–377.
- Carnicer, J., Coll, M., Ninyerola, M., Pons, X., Sánchez, G., Peñuelas, J. (2011). Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified tree mortality with increased climate change-type drought. Proceedings of the National Academy of Sciences 108(4): 1474-1478.
- COM (2011) 244 final. Estrategia de la UE sobre la biodiversidad hasta 2020: nuestro seguro de vida y capital natural. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Bruselas
- Costanza, R.; R. d'Arge; R. de Groot; S. Farber; M. Grasso; B. Hannon; K. Limburg; S. Naeem; R.V. O'Neill; J.M. Paruelo; R.G. Raskin; P. Sutton and M. van den Belt. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature 387: 253-260
- Costanza R. (2008). Ecosystem services: multiple classification systems are needed. Biological Conservation, 141: 350–352.
- Castro, A., García-Llorente, M., Martín-López, B., Palomo, I., Iniesta-Arandia, I. (2014). Multidimensional approaches in ecosystem services assessment. Earth Observation of Ecosystem Services 20: 427-454.
- de Groot, R.S.; M.A. Wilson and R.M.J. Boumans. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological Economics 41: 393-408.
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España (EME) (2011). La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España. Síntesis de resultados. Fundación Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- Ehrlich, P. R., and A. H. Ehrlich. 1981. Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species. Random House, New York. 305 pp.





- Ehrlich, P. R., and H. A. Mooney. (1983). Extinction, substitution, and ecosystem services. *BioScience* 33(4):248–254
- García, C., R Garza y J.R. Picatoste. 2015. Marco normativo de la adaptación al cambio climático en España. En: Herrero A. y Zavala M.A. editores (2015) *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- Gómez et al. (2016) Developing the AQUACROSS Assessment Framework. Deliverable 3.2, AQUACROSS, European Union's Horizon 2020 Framework Programme for Research and Innovation Grant Agreement No. 642317
- González-Hidalgo, J. C., Peña-Angulo, D., Brunetti, M., Cortesi, N. (2015). Recent trend in temperature evolution in Spanish mainland (1951-2010): from warming to hiatus. *Int. J. Climatol.* doi: 10.1002/joc.4519.
- Lo, V. (2016). Synthesis report on experiences with ecosystem-based approaches to climate change adaptation and disaster risk reduction. Technical Series No.85. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.
- Lobo, J.M., Aragón, P., Sánchez Fernández, D. (2011) *Las Especies*. En: Álvarez-Uría, P., De la Cruz, J.L.(Coords.). *Biodiversidad en España. Base de la Sostenibilidad ante el Cambio Global*, pp. 323-333. Observatorio de la Sostenibilidad de España, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. España.
- Loidi, J., Báscones, J.C. (2006): *Memoria del mapa de series de vegetación de Navarra*. Pamplona. Gobierno de Navarra.
- Lloret, F. (2012) Vulnerabilidad y resiliencia de ecosistemas forestales frente a episodios extremos de sequía. *Ecosistemas* 21(3):85-90.
- Lloret, F.; A. Escudero, J.M. Iriondo, J. Martínez-Villalta, F. Valladares. 2015. Mecanismos de estabilización y resiliencia de la vegetación frente a eventos climáticos extremos. En: Herrero A. y M.A. Zavala (editores). 2015. *Los bosques y la Biodiversidad frente al cambio climático: impactos, vulnerabilidad y adaptación en España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- Martín-López, Berta & Gómez-Baggethun, Erik & Garcia Llorente, Marina & Montes, Carlos. (2014). Trade-Offs across Value-Domains in Ecosystem Services Assessment. *Ecological Indicators*. 37. 220-228. 10.1016/j.ecolind.2013.03.003.
- Medina Martín, F. (2015). Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario: Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.





Munang et al. (2013) The role of ecosystem services in climate change adaptation and disaster risk reduction. *Current Opinion In Environmental Sustainability* 5: 47-52.

Raymond, C.M., Berry, P., Breil, M., Nita, M.R., Kabisch, N., de Bel, M., Enzi, V., Frantzeskaki, N., Geneletti, D., Cardinaletti, M., Lovinger, L., Basnou, C., Monteiro, A., Robrecht, H., Sgrigna, G., Munari, L. and Calfapietra, C. (2017). An Impact Evaluation Framework to Support Planning and Evaluation of Nature-based Solutions Projects. Report prepared by the EKLIPSE Expert Working Group on Nature-based Solutions to Promote Climate Resilience in Urban Areas. Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, United Kingdom ISBN: 978-1-906698-62-1

Santos-Martín, F.; García Llorente, M.; Quintas-Soriano, C.; Zorrilla-Miras, P.; Martín-López, B.; Loureiro, M.; Benayas, J. y Montes, M. (2016). Spanish National Ecosystem Assessment: Socio-economic valuation of ecosystem services in Spain. Synthesis of the key findings. Biodiversity Foundation of the Spanish Ministry of Agriculture, Food and Environment. Madrid. Spain. ISBN: 978-84-608-8776-8

Turner RK, Georgiou S, Fisher B. (2008). *Valuing Ecosystem Services: The Case of multi-functional wetlands*. London: Cromwell Press, 240.

Wallace KJ. (2007). Classification of ecosystem services: problems and solutions. *Biological Conservation*; 139: 235-246.

WWF. 2018. Informe Planeta Vivo - 2018: Apuntando más alto. Grooten, M. y Almond, R.E.A. (Eds). WWF, Gland, Suiza.

6.2 de cambio climático antropogénico.

IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp

Hoja de Ruta del Cambio Climático de Navarra. 2017-2030-2050. Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local. Navarra)

Unión Europea (2013). The EU Strategy on adaptation to climate change, adopted by the European Commission. http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/documentation_en.htm doi:10.2834/5599

European Environment Agency (2015) *Exploring nature-based solutions. The role of green infrastructure in mitigating the impacts of weather- and climate change-related natural hazards* EEA Technical report No 12/2015. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015 ISSN 1725-2237





- AEMET y OECC (2018). Cambio Climático: Calentamiento Global de 1,5°C. Agencia Estatal de Meteorología y Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid
- Amblar Francés, P. et al. (2017): Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR5. AEMET, Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. NIPO: 281-14-002-7
- Bladé I., Castro Díez, Y., 2010: Tendencias atmosféricas en la Península Ibérica durante el periodo instrumental en el contexto de la variabilidad natural. En: Clima en España: pasado, presente y futuro (Pérez F. Fiz y Boscolo Roberta, eds.), 25-42 pp.
- Brunet, M., O. Saladié, P.D. Jones, P.D., J. Sigró, E. Aguilar, A. Moberg, D. Lister, A. Walther, D. López and C. Almarza (2006), The development of a new dataset of Spanish daily adjusted temperature series (SDATS) (1850-2003), *International Journal of Climatology*, 26 (13): 1777-1802, doi: 10.1002/joc.1338
- Brunet, M., Casado, M.J., Castro, M., Galán, P., López, J.A., Martín, J.M., Pastor, A., Petisco, E., Ramos, P., Ribalaygua, J., Rodríguez, E., Sanz, I., Torres, L. (2009). Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España. Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino. 158 pp,
- CLIVAR (2018). Volumen especial sobre el clima en la Península Ibérica: una visión científica global y coordinada por el Comité CLIVAR-España. Ministerio para la Transición Ecológica Agencia Estatal de Meteorología Madrid. Versión en español publicada por AEMET, con autorización de CLIVAR.
- Cuadrat, J. M., Serrano, R., Saz, M. A., Tejedor, E., Prohom, M., Cunillera, J., Esteban, P., Soubeyrou, J.M., y Deaux, N. (2013). Creación de una base de datos homogeneizada de temperaturas para los Pirineos (1950-2010). *GEOGRAPHICALIA* (2013), 63-64, 63-74.
- Elguindi, N., Rauscher, S. A., Giorgi, F. (2013). Historical and future changes in maximum and minimum temperature records over Europe, *Climate Change*, 117, 1-2, 415.
- Felicísimo, Á. M. (coord.) (2011). Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 2. Flora y vegetación. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.
- Fernández, J. et al. (2018). Proyecciones de clima regional sobre España: atmósfera. Proyecciones de clima futuro. En Volumen especial sobre el clima en la Península Ibérica: una visión científica global y coordinada por el Comité CLIVAR-España. Ministerio para la Transición Ecológica Agencia Estatal de Meteorología Madrid.
- Gallego, M. C., R. M. Trigo, J. M. Vaquero, M. Brunet, J. A. García, J. Sigró, and M. A. Valente. (2011). Trends in frequency indices of daily precipitation over the Iberian Peninsula during the last century, *Journal Geophysical Research*, 116, D02109. Gutiérrez L, García G, García I, Gea A,





Lopez A, 2017. 'Soluciones Naturales' para la adaptación al cambio climático en el ámbito local de la Comunidad Autónoma del País Vasco. IHOBE, Bilbao

Kerstin Fritzsche; Stefan Schneiderbauer; Philip Bubeck; Stefan Kienberger; Mareike Buth, Marc Zebisch and Walter Kahlenborn (2014). The Vulnerability Sourcebook Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Bonn. Germany.

MAGRAMA (2016). Impactos del cambio climático en los procesos de desertificación en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. NIPO: 280-16-281-4

Oria Iriarte, P. (2017). Evolución de indicadores climáticos en Navarra. Delegación Territorial de AEMET en Navarra. Recogido en Hoja de Ruta del Cambio Climático de Navarra. 2017-2030-2050. Gobierno de Navarra (2017) Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local.

6.3 Paisaje.

Arribas, P., Abellán P., Velasco J., Bilton D.T., Lobo J.M., Millán A., Sánchez-Fernández D. (2012) La vulnerabilidad de las especies frente al cambio climático, un reto urgente para la conservación de la biodiversidad. Ecosistemas 21 (3): 79-84.

Battisti, A. (2008) Forests and climate change - lessons from insects. iForestBiogeosciences and Forestry 1:1-5.

Berlan-Darqué, Martine; Luginbühl, Yves; Terrasson, Daniel (eds.) (2008): Landscape: from knowledge to action. Versailles. Éditions Quae. ISBN: 978-2-7592-0060-3

Bertrand, C.; Bertrand, G. (2006): Geografía del Medio Ambiente. El Sistema GTP: Geosistema, Territorio y Paisaje. Universidad de Granada, 403pp. Granada.

Bonesio Luisa; Micotti Luca (eds.) (2008): Paesaggio: l'anima dei luoghi. Reggio Emilia. Diabasis ISBN 978-88-81035510.

Cortina, A.; Queralt, A. (Coords.). 2007. Convenio Europeo del Paisaje. Textos y comentarios.

CONSEJO DE EUROPA. 2000. Convención Europea del Paisaje. Consejo de Europa

Español Echániz, I. (2009): El paisaje, de la percepción a la gestión. Ed. Liteam. Madrid.

Estévez, Xerardo; Fernández, María José (eds.) (2007): Territorio, paisaxe e identidade: foros do instituto de estudos das identidades Santiago de Compostela: Museo do Pobo Galego. ISBN: 978-84-88508-40-9.

Fraga, H., Malheiro, A.C., Moutinho-Pereira, J. And Santos, J.A. (2012). An overview of climate change impacts on European viticulture. Food and Energy Security 1(2): 94-110.





- Harris, J. A., R. J. Hobbs, E. Higgs, and J. Aronson. 2006. Ecological restoration and global climate change. *Restoration Ecology* 14:170– 176
- Hervás Más, J. (2009): Ordenación del territorio, urbanismo y protección del paisaje. Ed. Bosch
- Llop, Carles (coord.). 2009. Paisatges en transformació: intervenció i gestió paisatgístiques. Diputació de Barcelona, Barcelona. ISBN: 978-84-9803-229-1.
- Medrano, H., Pou, A., Balda, P., Tomás, M., Martorell, S., Flexas, J., Gulias J., Gago, X., Hernández Montes, E., Tortosa, I. Y Escalona, J.M. (2016). El agua y la vid: consumos, eficiencias y mejora potencial. Actas II Jornadas del grupo de viticultura de la SECH. 3-4 de noviembre. Madrid.
- Mace, G. M. et al. Aiming higher to bend the curve of biodiversity loss. *Nature Sustainability* 1: 448-451,(2018).
- Morey, M.; Montoya, R. (Coords.), 2000. El paisaje y el hombre: valoración y conservación del paisaje natural, rural y urbano. Ministerio de Medio Ambiente / Organismo Autónomo de Parques Nacionales
- Naveh, Z.; Lieberman, A.S.; Sarmiento, F.O.; Ghera, C.M.; León, R.J.C. (2002): Ecología de paisajes. Editorial Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, 571pp., Buenos Aires.
- Ramil Rego, P. et al.2005. La expresión territorial de la biodiversidad. Paisajes y hábitats. IBADER, Universidade de Santiago de Compostela.
- Resco, P. (2015). Viticultura y Cambio Climático en España: vulnerabilidad en las distintas regiones y estrategias de adaptación frente al desarrollo de nuevas políticas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica. Madrid, 194 pp.
- Schultz, H.R. And Jones, G.V. (2010). Climate Induced Historic and Future Changes in Viticulture. *Journal of Wine Research*, 21: 2, pp. 137-145.
- Sousa, A.; García-Barrón, L.; Jurado, V. (Coords.) (2007). El cambio climático en Andalucía: Evolución y consecuencias medioambientales Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- Tonietto y Carbonneau, 2004. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*. 124 pp. 81-97
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID (2004). Atlas de los Paisajes de España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- WV.AA. (2006): Bases ecológicas para la gestión de los tipos de Hábitat de Interés Comunitario presentes en España (Directiva 92/43/CEE). Manual descriptivo y fichas, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.





- W.AA. (2006): Ambientes terrestres de España y Regiones Naturales para el desarrollo de Natura 2000. Documento de síntesis, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- W.AA. (2009): Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España, Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid.
- W.AA. (2012): El reto de la gestión del paisaje en Andalucía, IMA 2011. Informe de Medio Ambiente en Andalucía, pp. 90-111, Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía



7. Glosario de términos

7.1 Definiciones

7.1.1 Paisaje

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)

Piso bioclimático: Cada uno de los espacios que se suceden altitudinalmente, con las consiguientes variaciones de temperatura.

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



7.1.2 [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 radiativamente 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).

7.2 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-KLINA: 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 radiativo alcanza valores superiores a $8,5 \text{ W m}^{-2}$ en 2100. (IPCC)

VSP: Visión Social del Paisaje.

7.3 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.

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.





8. Anexos



8.1 Los seis ámbitos paisajísticos desde la perspectiva bioclimática



8.2 [Tabla resumen de los elementos de paisaje de Navarra](#)



8.3 [Elementos y componentes indicadores](#)



8.4 Tablas de los servicios ecosistémicos asociados a los elementos testigo de los paisajes de Navarra



8.5 [Paisajes agrarios en el contexto del cambio climático](#)





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



8.7 [Tabla resumen de las medidas propuestas](#)



8.8 Matriz de correspondencia entre los OCP y las Líneas Estratégicas.