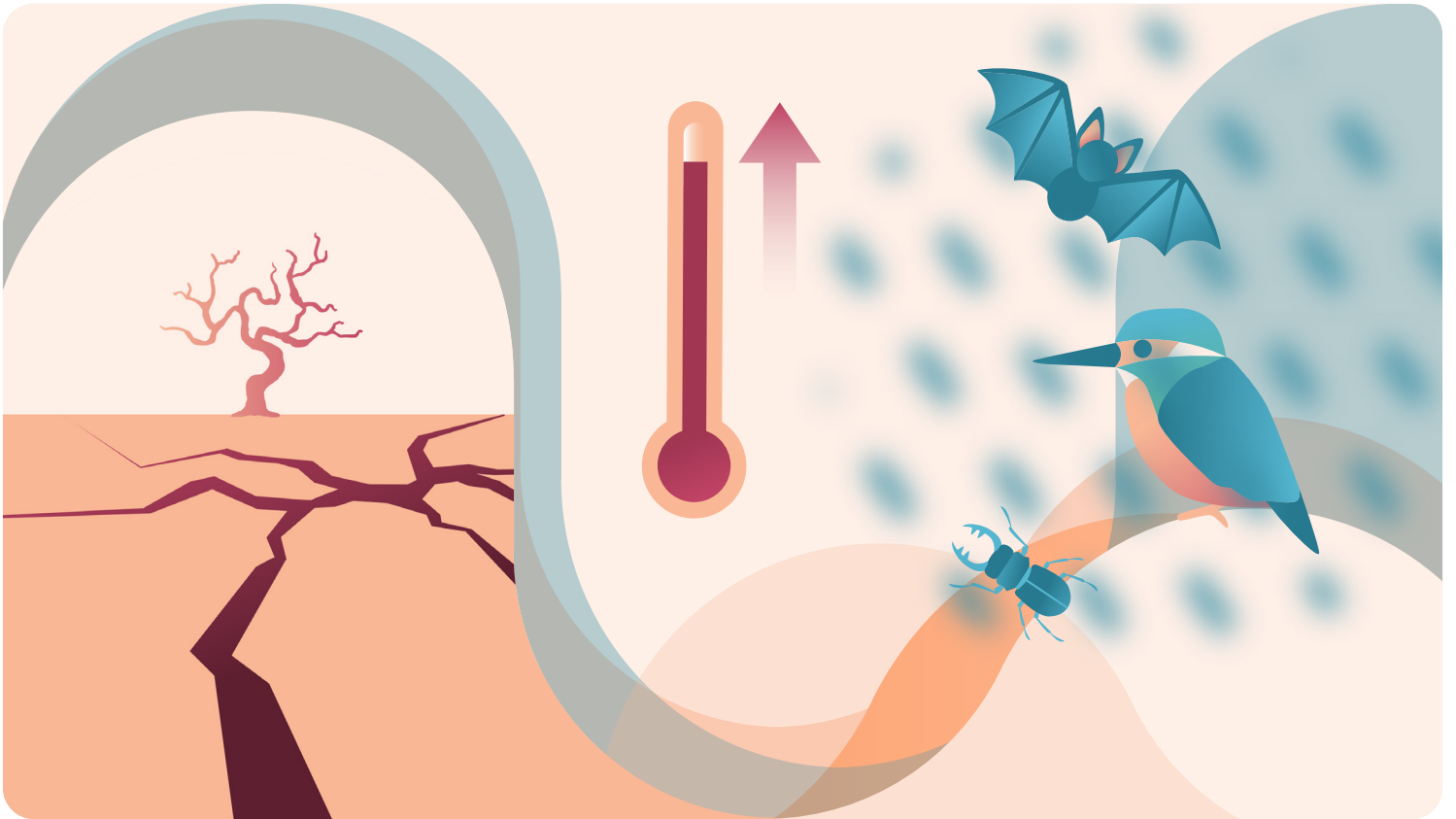




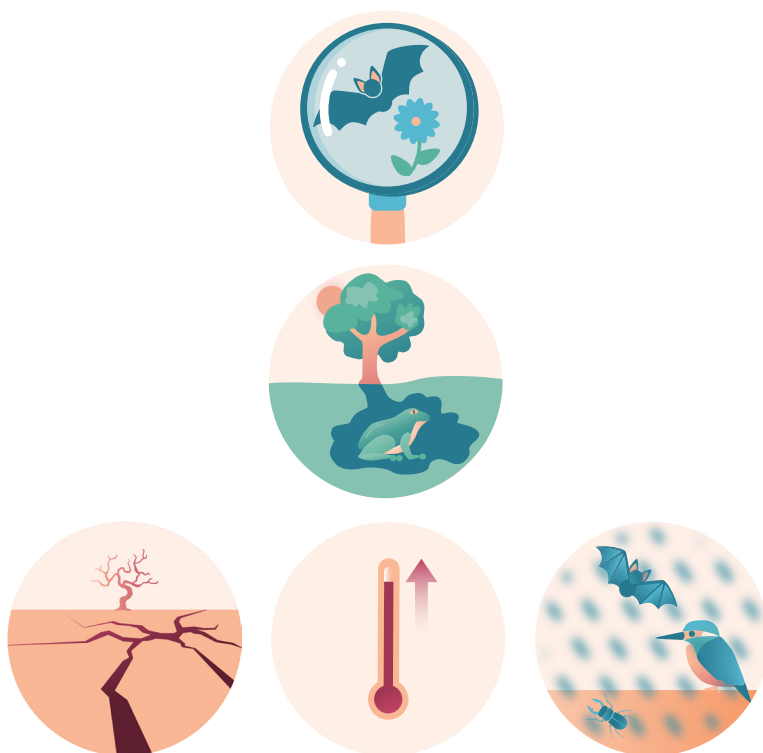
ACCIÓN CLIMÁTICA Y BIODIVERSIDAD



Análisis bioclimático de Euskadi en escenarios de cambio climático



Análisis bioclimático de Euskadi en escenarios de cambio climático





Ihobe, Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoa
Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental

Edita:

Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental
Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente
Gobierno Vasco
Alda. de Urquijo n.º 36 - 6.ª (Plaza Bizkaia)
48011 Bilbao
info@ihobe.eus | www.ihobe.eus
www.ingurumena.eus

Edición:

Septiembre de 2021



Contenido:

Este documento ha sido elaborado por Ihobe

CONTENIDO

GLOSARIO DE ICONOS	6
GLOSARIO	7
ACRÓNIMOS	8
1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Antecedentes y contexto del trabajo	9
1.2. El análisis bioclimático como herramienta para la acción climática	10
1.3. Objetivo y alcance del documento	10
2. CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA DE RIVAS-MARTÍNEZ	11
2.1. Conceptos generales	11
2.2. Cómo se calculan los bioclimas y los pisos bioclimáticos	17
3. CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA DE LA CAPV Y SU RELACIÓN CON LA VEGETACIÓN	21
3.1. Descripción de la jerarquía bioclimática de la CAPV	21
3.2. Vegetación potencial de las unidades bioclimáticas de la CAPV	24
3.2.1. Macrobioclima templado	25
3.2.2. Macrobioclima mediterráneo	29
4. ANÁLISIS PREDICTIVO DE LAS UNIDADES BIOCLIMÁTICAS DE LA CAPV EN ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO	30
4.1. Metodología de cálculo de las unidades bioclimáticas	31
4.2. Evolución y distribución de los bioclimas de la CAPV en un contexto de cambio climático	31
4.2.1. Clasificación bioclimática actual de la CAPV según Escenarios II (Ihobe, 2019)	32
4.2.2. Evolución de los macrobioclimas	34
4.2.3. Evolución de los bioclimas	36
4.2.4. Evolución de los termotipos	38
4.2.5. Evolución de los ombrotipos	40
4.2.6. Clasificación bioclimática de la CAPV en el periodo 2071-2100	42
4.3. Evolución de la vegetación potencial climatófila en un contexto de cambio climático	43
4.3.1. Corto plazo (periodo 2011-2040)	43
4.3.2. Medio plazo (periodo 2041-2070)	43
4.3.3. Largo plazo (periodo 2071-2100)	44
BIBLIOGRAFÍA	46

GLOSARIO DE ICONOS

ICONO	DESCRIPCIÓN
	<p>Adaptación</p> <p>Enfoque de la acción climática que engloba el proceso de ajuste al clima actual o esperado y a sus efectos. En los sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar dicho proceso. En los sistemas humanos, la adaptación busca moderar el daño o explotar las oportunidades beneficiosas que se deriven de los cambios.</p>
	<p>Incremento de la temperatura</p> <p>Amenaza climática definida para la CAPV.</p>
	<p>Inundaciones por precipitaciones extremas</p> <p>Amenaza climática definida para la CAPV.</p>
	<p>Resultados</p> <p>El contenido señalado con este icono identifica los resultados propios obtenidos en el marco del proyecto sobre patrimonio natural y cambio climático de la CAPV.</p>
	<p>Sequías</p> <p>Amenaza climática definida para la CAPV.</p>

GLOSARIO

- **Amenaza/Peligro (*Hazard*):** aparición potencial de un suceso o tendencia física 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, ecosistemas y recursos ambientales (IPCC, 2014a).
- **Biocenosis:** conjunto de comunidades de organismos vegetales y animales, espacio que ocupan (biótopo) y ambiente donde prosperan (hábitat).
- **Bioclima:** escala intermedia de la clasificación. Depende de la precipitación y la temperatura.
- **Capacidad adaptativa (*Adaptive capacity*):** la capacidad (combinación de las fortalezas, atributos y recursos disponibles) de los sistemas, instituciones, seres humanos y otros organismos para prepararse y emprender acciones para adaptarse a los daños potenciales, aprovechar las oportunidades o responder a las consecuencias (IPCC, 2014a).
- **Cliserie:** término geobotánico propuesto por Clements, que expresa la zonación o disposición catenal de las comunidades vegetales (asociaciones), determinada por la modificación altitudinal o latitudinal del clima: cliseries altitudinales (alticliseries u orocliseries) y cliseries latitudinales (laticliseries). Su adjetivo es cliserial (Rivas-Martínez, 2008).
- **Exposición (*Exposure*):** presencia de personas; medios de subsistencia; especies o ecosistemas; funciones, servicios y recursos ambientales; infraestructuras, o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados (IPCC, 2014a).
- **Fotoperiodo:** cantidad de tiempo al día que una especie está expuesta a la luz.
- **Impactos/Consecuencias/Resultados (*Impacts/Consequences/Outcomes*):** efectos en los sistemas naturales y humanos de episodios meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático. Los impactos generalmente se refieren a efectos debidos a la interacción de los cambios climáticos o fenómenos climáticos peligrosos que ocurren en un lapso de tiempo específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos a ellos. Los impactos del cambio climático sobre los sistemas geofísicos, incluidas las inundaciones, las sequías y la elevación del nivel del mar, son un subconjunto de los impactos denominados impactos físicos (IPCC, 2014a).
- **Isobioclima:** modelo bioclimático formado por un bioclima, un termotipo y un ombrotipo. A cada isobioclima le corresponde un espacio bioclimático propio, identificable por los valores climáticos umbrales de cada una de las unidades bioclimáticas que lo constituyen.
- **Macrobioclima:** primer nivel de la clasificación bioclimática. Incluyen cinco tipos de macrobioclimas: tropical, mediterráneo, templado, boreal y polar. En la CAPV coexisten el macrobioclima mediterráneo y el templado.
- **Mesófilo:** se dice de plantas y comunidades vegetales que viven en condiciones ambientales intermedias entre el medio seco y el medio acuático. Se puede utilizar también el término mesófitico.
- **Ombrotipo:** rango basado en la precipitación y en la evaporación creciente con el incremento de la temperatura.
- **Periodo de aridez estival:** periodo del año en el que la temperatura alcanza un valor numérico igual o superior al doble del valor de las precipitaciones ($p < 2t$). Es una característica propia de los climas mediterráneos.

- **Riesgo (*Risk*):** el potencial de consecuencias cuando un elemento de valor está en juego y tanto la ocurrencia como el grado de un resultado son inciertos. El riesgo resulta de la interacción de la vulnerabilidad (del sistema afectado), su exposición a lo largo del tiempo (al peligro/amenaza), así como el peligro/amenaza (relacionado con el clima) y la probabilidad de su ocurrencia (IPCC, 2018a).
- **Sensibilidad (*Sensitivity*):** grado en el que se ve afectado un sistema o especie, tanto adversa como beneficiosamente, por la variabilidad o el cambio en el clima. El efecto puede ser directo (por ejemplo, un cambio en el rendimiento del cultivo en respuesta a un cambio en la media, el rango, o la variabilidad de la temperatura) o indirecto (por ejemplo, daños causados por un aumento en la frecuencia de inundaciones costeras debido al aumento del nivel del mar) (IPCC, 2018b).
- **Serie de vegetación:** expresa todo el conjunto de comunidades vegetales o estadios que pueden hallarse en unos espacios teselares afines (superholotesela), como resultado del proceso de la sucesión, lo que incluye tanto las cualidades mesológicas, geográficas y florísticas de la asociación representativa de la etapa clímax o cabeza de serie, como las de las asociaciones iniciales o subseriales que pueden reemplazarla.
- **Serie de vegetación climatófila o zonal:** serie de vegetación que se ubican en suelos maduros acordes con el mesoclima y que sólo reciben el agua de lluvia.
- **Serie de vegetación edafoixerófila:** serie de vegetación que se halla en suelos o en biótotos especialmente secos, establecidas en dunas, costas muy venteadas, laderas abruptas, cresterios, cantiles, etc.
- **Serie de vegetación edafohigrófila:** serie de vegetación que ocupa suelos y biótotos especialmente húmedos, que se hallan en cauces fluviales, zonas palustres, saladares, turberas, etc.
- **Termopiso:** secuencia altitudinal o latitudinal de termotipos que se reconocen en cada uno de los macrobioclimas de la Tierra. Se denominan con los prefijos infra-, termo-, meso-, supra-, oro-, crioro- y gélido.
- **Termotipo:** rango que depende del índice de termicidad y de la temperatura positiva anual.
- **Vulnerabilidad (*Vulnerability*):** la propensión o predisposición a verse afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos incluyendo la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de dar respuesta y adaptarse (IPCC, 2014a).

ACRÓNIMOS

CAPV: Comunidad Autónoma del País Vasco

IPCC: Grupo Intergubernamental sobre Cambio Climático (*Intergovernmental Panel on Climate Change* en inglés)

RCP: Sendas Representativas de Concentración (*Representative Concentration Pathway* en inglés)

SIG: Sistemas de Información Geográfica

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes y contexto del trabajo

La Estrategia de Cambio Climático 2050 del País Vasco (Gobierno Vasco, 2015) recoge en su Meta 8 - *Impulsar la innovación, mejora y transferencia de conocimiento*, una actuación que promueve el estudio y las proyecciones de los efectos del cambio climático en los ecosistemas terrestres, entre otros. Identifica como principales impactos climáticos (o *drivers*) que afectan a los ecosistemas terrestres los cambios graduales relacionados con el aumento de la temperatura y el

descenso de la precipitación. Los cuales pueden derivar en impactos como las sequías o el aumento del déficit hídrico, el aumento de incendios, inundaciones o los movimientos de tierra y la erosión. Como consecuencia de estos impactos, los ecosistemas terrestres pueden verse afectados con una disminución de poblaciones o una redistribución de especies, cambios en la dominancia y composición de las comunidades o cambios fenológicos y del ciclo vital (Figura 1).

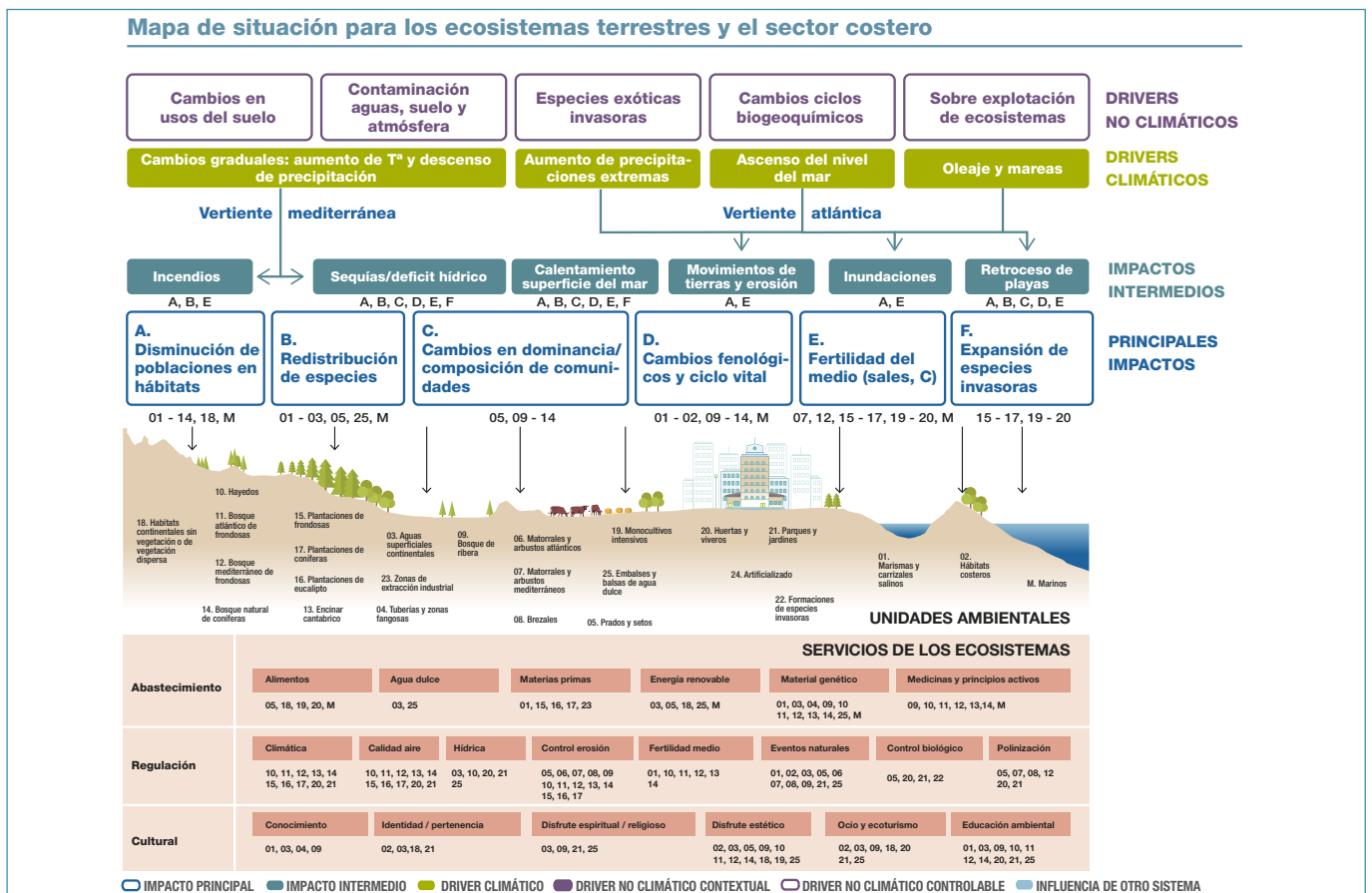


Figura 1. Mapa de situación con respecto al cambio climático para los ecosistemas terrestres y el sector costero (Gobierno Vasco, 2015).

Para dar respuesta a esta actuación se han desarrollado distintas herramientas que permiten incorporar la perspectiva climática en la gestión del patrimonio

natural de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV).

1.2.

El análisis bioclimático como herramienta para la acción climática

La Bioclimatología es una ciencia ecológica que estudia la relación entre el clima y la distribución de los seres vivos de la Tierra (Rivas-Martínez, Global Bioclimatics, 2004). Existe una estrecha correlación entre el clima y la vegetación, hasta tal punto que algunas especies, por sus características biológicas, solo pueden vivir de forma natural bajo estrechos márgenes climáticos. De hecho, la vegetación ha sido utilizada por la climatología como un excelente índice climático (Valle *et al.*, 2004).

El estudio de la bioclimatología se basa en la obtención de parámetros e índices bioclimáticos basados, fundamentalmente, en la precipitación y la temperatura. Esta simplicidad permite aplicar estos estudios a una escala global, ya que la mayor parte de las estaciones

meteorológicas registran datos de precipitación y temperatura.

El análisis bioclimático puede ser de gran utilidad para inferir la distribución potencial actual y futura de las especies, es decir, la distribución de las condiciones climáticas que permiten la presencia de especies en ausencia de otros impedimentos de carácter biológico (e.g. dispersión limitada, presencia de competidores) y/o relativo a las actividades humanas (e.g. uso inapropiado del suelo) (Araújo *et al.*, 2011). En la medida en que los tipos bioclimáticos marcan los límites de distribución de los diferentes hábitats, su análisis y modelización bajo escenarios de cambio climático permiten apreciar la magnitud de los cambios y evaluar al menos cualitativamente los impactos esperados a futuro (Fernández *et al.*, 2009).

1.3.

Objetivo y alcance del documento

El presente documento tiene como objetivo presentar, por un lado, el potencial del análisis bioclimático para la interpretación ecológica de las variaciones de temperatura y precipitación proyectadas a futuro en el marco de escenarios de cambio climático y su potencial para la acción climática del patrimonio natural; y por otro, se presentan los resultados del análisis bioclimático llevado específicamente a cabo en la CAPV.

2

CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA DE RIVAS-MARTÍNEZ

2.1. Conceptos generales

Existen numerosas propuestas para relacionar las variables climáticas y la vegetación mediante índices (Valle *et al.*, 2004; Rivas-Martínez, 2004). Sin embargo, la aproximación más reciente y, ajustada es la clasificación de Rivas-Martínez (Rivas-Martínez y Rivas-Sáenz, 1996-1997), que desde hace varias décadas ha tratado de estructurar una clasificación bioclimática que tenga aplicación en todo el planeta. De esta manera se puede disponer de una tipología bioclimática fácilmente cuantificable que muestre una relación ajustada entre los modelos de vegetación y los valores del clima, así las unidades bioclimáticas pueden ser utilizadas también en otras ciencias, en programas de conservación de la biodiversidad y en la obtención de recursos agrícolas y forestales (Rivas-Martínez, *Global Bioclimatics*, 2004).

El cada vez mayor conocimiento de la distribución de la vegetación y de sus modificaciones causadas, entre otros, por factores climáticos, está llevando a que se puedan ir reconociendo con mayor precisión y objetividad las fronteras bioclimáticas y vegetacionales. Esto ha permitido ir delimitando y ajustando las unidades bioclimáticas y mejorando los cálculos de sus índices, dando lugar a un modelo con una elevada reciprocidad en el binomio clima-vegetación. Como consecuencia, se ha conseguido un valor predictivo recíproco para cualquier lugar del planeta, solamente conociendo una de las dos variables, es decir: bien los datos del clima, o bien los tipos de vegetación.

A continuación, se describen los diferentes rangos jerárquicos de la clasificación bioclimática (**Figura 2**):

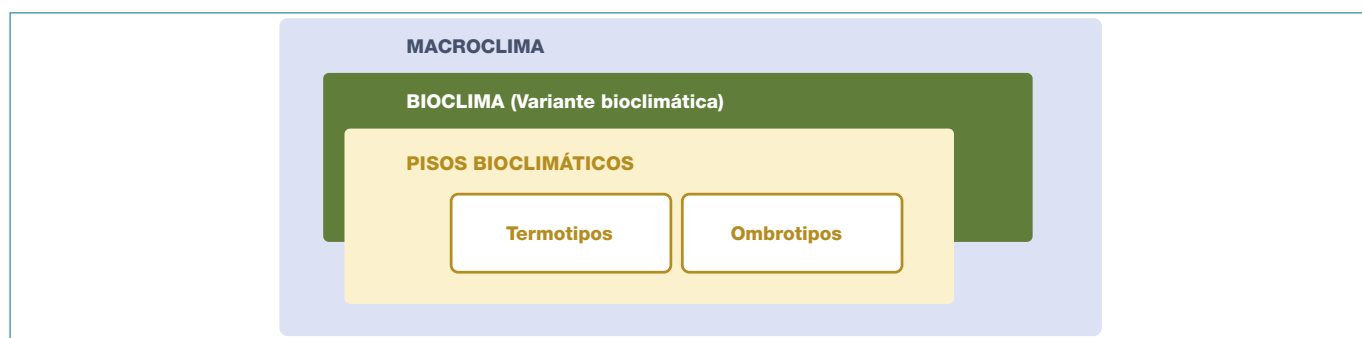


Figura 2. Esquema de los diferentes niveles de la clasificación bioclimática de Rivas-Martínez (Rivas-Martínez y Rivas-Sáenz, 1996-1997).

— El **macrobioclima** es la unidad tipológica suprema del sistema de clasificación bioclimática que se relaciona con los grandes tipos de climas, de biomas y de regiones biogeográficas que se conocen en la Tierra (**Figura 3**). Estas unidades se delimitan princi-

palmente por valores latitudinales (por ejemplo, las oscilaciones del fotoperiodo), valores climáticos y valores vegetacionales. Los cinco macrobioclimas son los siguientes: tropical, mediterráneo, templado, boreal y polar (**Figura 7**).

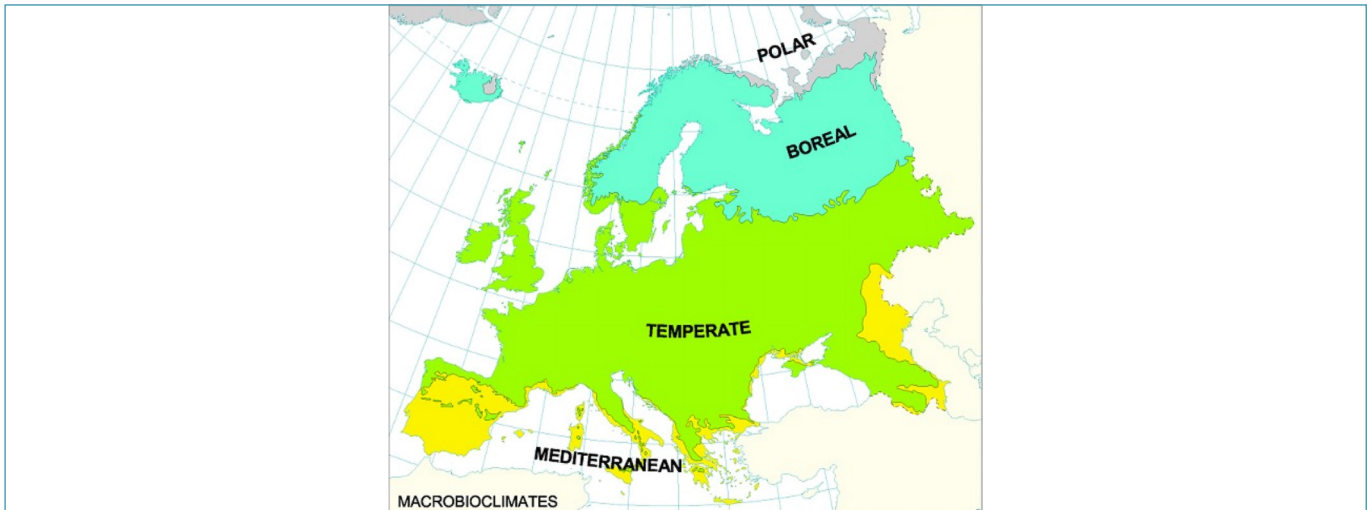


Figura 3. Macrobioclimas de Europa (Rivas-Martínez *et al.*, *Bioclimatic Map of Europe*, 2004).

— Los **bioclimas** suponen el segundo rango de la clasificación (**Figura 2**). Se trata de unidades subordinadas a cada macrobioclima que se diferencian por ciertos umbrales de temperatura y precipitación, definidos por factores termoclimáticos (Índice de termicidad) y ombroclimáticos (Índice ombrotérmico), y están representados por un conjunto de formaciones vegetales, biocenosis y comunidades vegetales propias (**Figura 4**).

En determinados bioclimas, a su vez, se reconocen un cierto número de variaciones en los ritmos estacionales de precipitación, denominados **variantes bioclimáticas**. A nivel mundial, se reconocen cinco variantes: pluviserótina, antitropical, bixérica, esteparia y submediterránea.

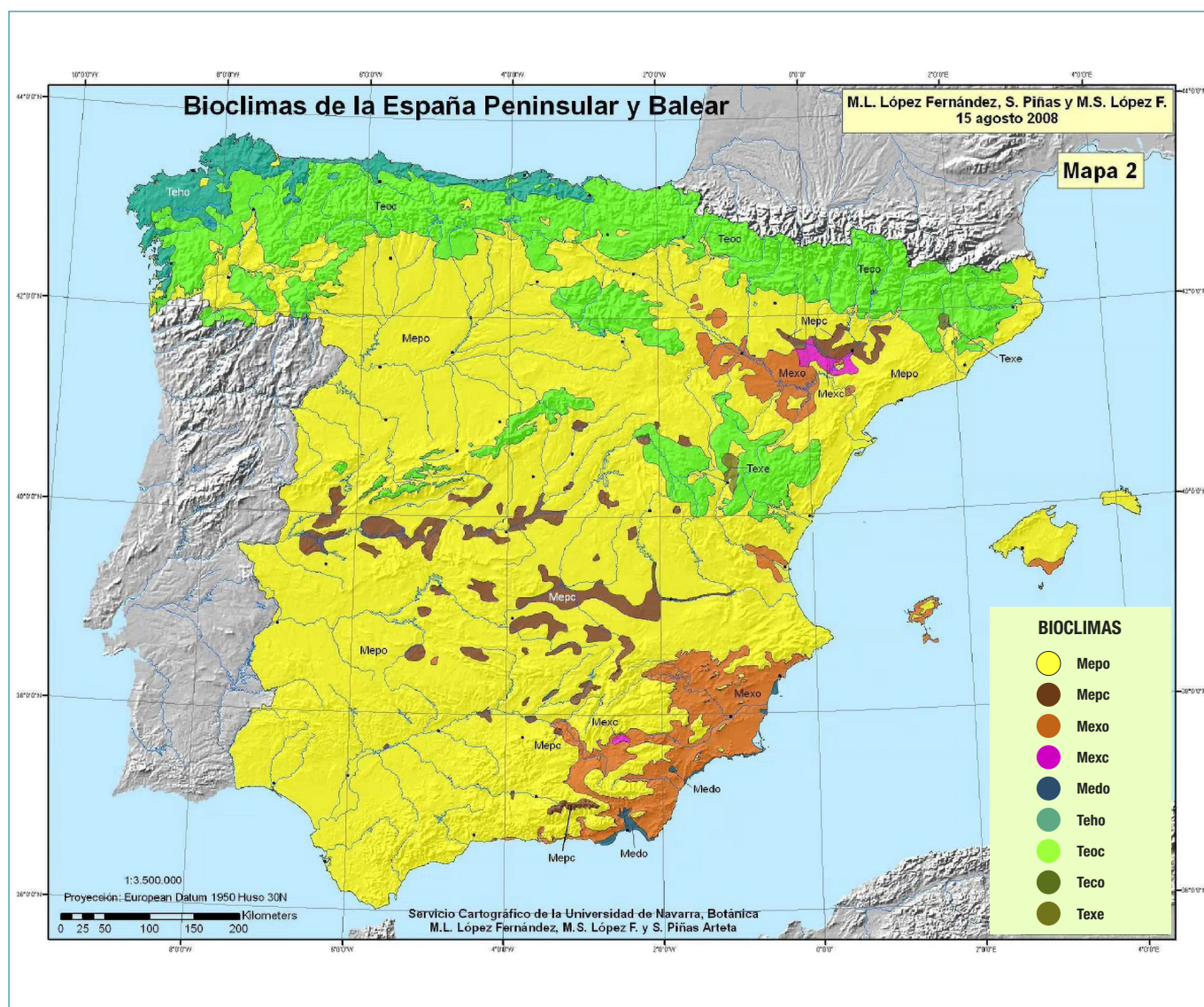


Figura 4. Bioclimas de la España peninsular y balear (López-Fernández *et al.*, 2008). Leyenda: *Mepo* (Mediterráneo Pluviestacional Oceánico), *Mepc* (Mediterráneo Pluviestacional Continental), *Mexo* (Mediterráneo Xérico Oceánico), *Mexc* (Mediterráneo Xérico Continental), *Medo* (Mediterráneo Desértico Oceánico), *Teho* (Templado Hiperoceánico), *Teoc* (Templado Oceánico), *Tece* (Templado Xérico).

— El tercer rango en la clasificación son los **pisos bioclimáticos**, que son cada uno de los ambientes vitales que se suceden en una cliserie altitudinal o latitudinal, delimitados conjuntamente por factores termoclimáticos (termotipos) y ombroclimáticos (ombrotipos):

- **Termotipos:** son unidades que expresan sumatorio de temperaturas máximas, medias o mínimas mensuales o anuales. Dependiendo de los valores termotípicos podemos diferenciar diferentes secuencias altitudinales o latitudinales denominadas termopisos. La clasificación de los diferentes termopisos, de más cálido a más frío, es la siguiente: infra-, termo-, meso-, supra-, oro-, crioro- y gélido- (**Figura 5**).

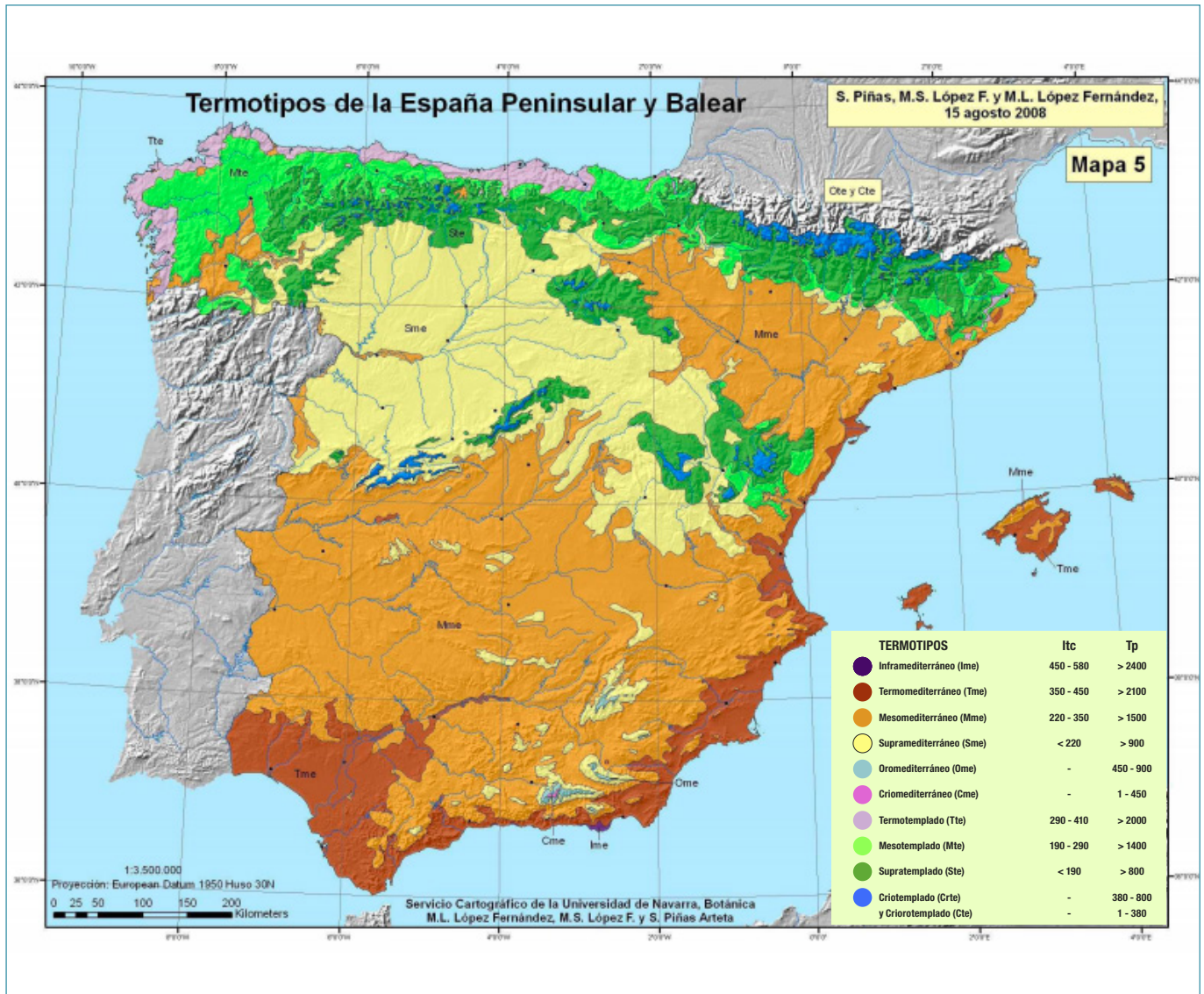


Figura 5. Termotipos de la España peninsular y balear (Piñas *et al.*, 2008).

- **Ombrotipos:** son valores que expresan los cocientes entre las precipitaciones medias en milímetros y el sumatorio en grados centígrados de aquellos meses cuya temperatura media es superior a cero grados centígrados. Se diferencian 9 ombrotipos a nivel mundial, ordenados del más árido al más húmedo: ultrahiperárido, hiperárido, árido, semiárido, seco, subhúmedo, húmedo, hiperhúmedo y ultrahiperhúmedo (Figura 6).

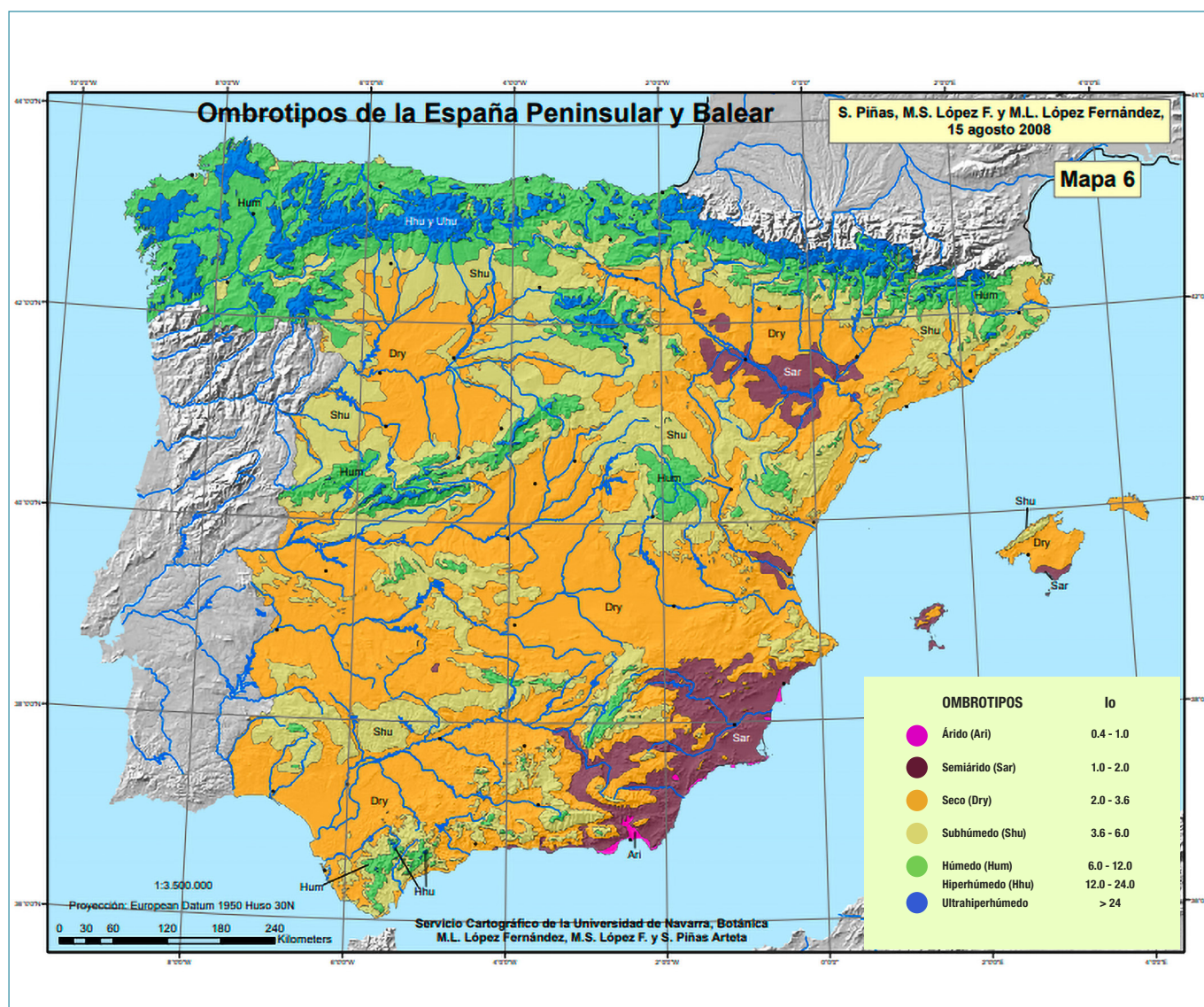


Figura 6. Ombrotipos de la España peninsular y balear (Piñas *et al.*, 2008).

- El **isobioclima** expresa todos los factores climáticos jerarquizados de un área con una frase que incluye: macrobioclima, bioclima, variante bioclimática (si la hubiere) y pisos bioclimáticos (termotipos y ombrotipos). Es la unidad bioclimática más sintética, compleja, y al mismo tiempo, más cercana a la realidad ambiental, y que representan las áreas que tienen unas condiciones ambientales homogéneas cuantificadas (López *et al.*, 2009). Siguiendo este esquema, se reconocen más de 300 isobioclimas en la Tierra.

La clasificación bioclimática propuesta por Rivas-Martínez reconoce 5 macrobioclimas, 28 bioclimas y 5 variantes bioclimáticas. En la **Figura 7** se recoge la síntesis de la clasificación bioclimática a nivel global, donde se indican los valores de los diferentes índices bioclimáticos que se emplean para determinar los isobioclimas. La explicación de los índices, así como el método de su cálculo, se recogen en el **Apartado 2.2.** del presente documento.

4.SINOPSIS BIOCLIMÁTICA DELA TIERRA (tabla resumen)

Macrobioclimas ⁽¹⁾	Bioclimas ⁽²⁾	Sigla	Intervalos bioclimáticos				Pisos bioclimáticos: termotipos			Sigla	Pisos bioclimáticos: ombrotipos		Sigla
			lc	lo	lod2		lt (ltc)	tp			lo		
Tropical													
Zona cálida: ecuatorial, eutropical y subtropical (0° a 35° N & S). En subtropical (23° a 35° N & S) a < 200 m dos valores: T ≥ 25°, m ≥ 10°, ltc ≥ 580. Si no Pcm ₂ < Pcm ₁ > Pcm ₃ y Pss > Psw, dos valores: T ≥ 21°, M ≥ 18°, It ≥ 470. Eurasia y África: 25° a 35° N > 2000m no es tropical.	Tr. Pluvial	trpl	-	≥3.6	>2.5	-					1.Ultrahiperárido	<0.2	uha
	Tr. Pluviestacional	trps	-	≥3.6	≤2.5	-	1.Infratropical	710-890	>2900	itr	2.Hiperárido	0.2-0.4	har
	Tr. Xérico	trxe	-	1.0-3.6	-	-	2.Termotropical	490-710	>2300	ttr	3.Arido	0.4-1.0	ari
	Tr. Desértico	trde	-	0.2-1.0	-	-	3.Mesotropical	320-490	>1700	mtr	4.Semiárido	1.0-2.0	sar
	Tr. Hiperdesértico	trhd	-	<0.2	-	-	4.Supratropical	160-320	>950	str	5.Seco	2.0-3.6	sec
						5.Orotropical	<160	450-950	otr	6.Subhúmedo	3.6-6.0	shu	
						6.Criorotropical	-	1-450	ctr	7.Húmedo	6.0-12.0	hum	
						7.Gélido [®]	-	0	gtr	8.Hiperhúmedo	12.0-24.0	hhu	
										9.Ultrahiperhúmedo	≥24.0	uhh	
Mediterráneo													
Zona cálida: subtropical y templada, eutemplada (23° a 52° N & S), con sequía P < 2T, al menos bimestral tras el solsticio de verano: los ₂ ≤ 2, losc ₂ ≤ 2. En subtropical (23° a 35° N & S) al menos dos valores: T < 25°, m < 10°, ltc < 580.	Me. Pluviestacional Oceánico	mepo	≤21	>2.0	-	-					1.Ultrahiperárido	<0.2	uha
	Me. Pluviestacional Continental	mepc	>21	>2.0	-	-	1.Inframediterráneo	450-580	>2.400	ime	2.Hiperárido	0.2-0.4	har
	Me. Xérico Oceánico	mexo	≤21	1.0-2.0	-	-	2.Termomediterráneo	350-450	>2.100	tme	3.Arido	0.4-1.0	ari
	Me. Xérico Continental	mexc	>21	1.0-2.0	-	-	3.Mesomediterráneo	220-350	>1.500	mme	4.Semiárido	1.0-2.0	sar
	Me. Desértico Oceánico	medo	≤21	2.0-1.0	-	-	4.Supramediterráneo	80-230	>900	sme	5.Seco	2.0-3.6	sec
	Me. Desértico Continental	medc	>21	2.0-1.0	-	-	5.Oromediterráneo	<80	450-900	ome	6.Subhúmedo	3.6-6.0	shu
	Me. Hiperdesértico Oceánico	meho	≤21	<0.2	-	-	6.Crioromediterráneo	-	1-450	cme	7.Húmedo	6.0-12.0	hum
Me. Hiperdesértico Continental	mehc	>21	<0.2	-	-	7.Gélido [®]	-	0	gme	8.Hiperhúmedo	12.0-24.0	hhu	
										9.Ultrahiperhúmedo	24.0-48.0	uhh	
										10.Hiperhúmedo Extremo	>48	hhe	
Templado													
Zona cálida: subtropical y templada (23° a 66° N & 23° a 54° S). De 23° a 35° N & S, a < 200 m, al menos dos valores: T < 21°, M < 18°, ltc < 470. los ₂ > 2, losc ₂ > 2.							1.Infratemplado	>410	>2350	ite	4.Semiárido	<2.0	sar
							2.Termotemplado	290-410	>2000	tte	5.Seco	2.0-3.6	sec
	Te. Hiperocéánico	teho	≤11	>3.6	-	-	3.Mesotemplado	190-290	>1400	mte	6.Subhúmedo	3.6-6.0	shu
	Te. Oceánico	teoc	11-21	>3.6	-	-	4.Supratemplado	<190	>800	ste	7.Húmedo	6.0-12.0	hum
	Te. Continental	teco	>21	>3.6	-	-	5.Orotemplado	-	380-800	ote	8.Hiperhúmedo	12.0-24.0	hhu
	Te. Xérico	texe	≥4	≤3.6	-	-	6.Criorotemplado	-	1-380	cte	9.Ultrahiperhúmedo	24.0-48.0	uhh
							7.Gélido	-	0	gte	10.Hiperhúmedo Extremo	>48	hhe
Boreal													
Zonas templada y fría (42° a 72° N, 49° a 56° S). A < 200 m: lc ≤ 11; T ≤ 6°, Tmax ≤ 10°; Tps ≤ 290; lc = 11-21; T ≤ 5.3°; Tp = 380-720; lc = 21-28; T ≤ 4.8°; Tp = 380-740; lc = 28-45; T ≤ 4.3°; Tp = 380-800; lc ≥ 45; T ≤ 0°, Tp = 380-800.	Bo. Hiperocéánico	boho	≤11	>3.6	≤720	<6.0°	1.Termoboreal	-	>680	tbo	4.Semiárido	<2.0	sar
	Bo. Oceánico	booc	11-21	>3.6	≤720	≤5.3°	2.Mesoboreal	-	580-680	mbo	5.Seco	2.0-3.6	sec
	Bo. Subcontinental	bosc	21-28	>3.6	≤740	≤4.8°	3.Supraboreal	-	480-580	sbo	6.Subhúmedo	3.6-6.0	shu
	Bo. Continental	boco	28-46	>3.6	≤800	≤3.8°	4.Oroboreal	-	380-480	obo	7.Húmedo	6.0-12.0	hum
	Bo. Hipercontinental	bohcc	>46	-	≤800	≤0.0°	6.Crioroboreal	-	1-380	cbo	8.Hiperhúmedo	12.0-24.0	hhu
	Bo. Xérico	boxe	<46	≤3.6	≤800	≤3.8°	6.Gélido	-	0	gbo	9.Ultrahiperhúmedo	≥24.0	uhh
Polar													
Zonas templada y fría (51° a 90° N & S). A < 100 m: Tp < 380. (S. Rivas-Martínez, 29.10.2008)	Po. Hiperocéánico	poho	≤11	>3.6	>0	-	1.Termopolar	-	280-380	tpo	4.Semiárido	<2.0	sar
	Po. Oceánico	pooc	11-21	>3.6	>0	-	2.Mesopolar	-	80-280	mpo	5.Seco	2.0-3.6	sec
	Po. Continental	poco	>21	>3.6	>0	-	3.Suprapolar	-	1-80	spo	6.Subhúmedo	3.6-6.0	shu
	Po. Xérico	poxe	≥4	≤3.6	>0	-	7.Gélido	-	0	gpo	7.Húmedo	6.0-12.0	hum
	Po. Pergélido	popo	-	-	0	-					8.Hiperhúmedo	12.0-24.0	hhu
										9.Ultrahiperhúmedo	≥24.0	uhh	

Figura 7. Sinopsis bioclimática de la Tierra (Rivas Martínez, 2004).

La clasificación bioclimática de Rivas-Martínez (Rivas-Martínez y Rivas-Sáenz, 1996-1997) se basa en valores umbrales o limitantes de temperatura y precipitación que son determinantes en la distribución de las unidades de vegetación. Para algunos hábitats

los límites climáticos de su envuelta se pueden definir a partir de los termotipos y los ombrotipos, o de la combinación de ambos o con otros índices (Fernández *et al.*, 2009), estando documentados en la bibliografía al respecto (Rivas-Martínez *et al.*, 2001; 2002). Para

otros hábitats, como los ligados a los humedales y a las riberas, las relaciones no son tan directas.

Dentro de las series de vegetación se definen dos grandes grupos: las climatófilas, que son aquellas cuya dinámica está regida por los fenómenos hídricos propios del macroclima y que se asientan sobre suelos normales (como las series de vegetación de los robledales cantábricos o los hayedos acidófilos), y las edafófilas que dependen de características edáficas y microclimáticas concretas (para el caso de la CAPV, ver en el **Apartado 3.2** la **Figura 9**). Estas últimas se dividen a su vez en edafoxerófilas, que son aquellas en las que la ausencia de suelo es la responsable directa de la xericidad o la aridez (por ejemplo, la vegetación

de dunas o de cresteríos) y edafohigrófilas, que son las que se desarrollan sobre suelos con un aporte hídrico adicional (por ejemplo, la vegetación de riberas fluviales o humedales).

El análisis bioclimático es más adecuado para vegetación climatófila, dependiente básicamente del clima, y cuyos límites de distribución pueden definirse a partir de los termotipos, los ombrotipos, una combinación de ambos o de sus combinaciones con los tipos de aridez estival. Mientras que, para otro tipo de vegetación, como la ligada a humedales, riberas fluviales o roquedos, sería necesario disponer y analizar otros parámetros, como la litología, la microtopografía, la existencia de cursos de agua, etc.

2.2.

Cómo se calculan los bioclimas y los pisos bioclimáticos

Para establecer la clasificación bioclimática según la metodología de Rivas-Martínez (Rivas-Martínez y Rivas-Sáenz, 1996-1997), se utilizan datos del clima fácilmente accesibles, como son la temperatura y la precipitación. En todos los casos la temperatura se expresa en grados centígrados (°C) y la precipitación en milímetros (mm) (Rivas-Martínez *et al.*, 2002).

Tales parámetros climáticos, así como unos índices bioclimáticos que se calculan mediante fórmulas aritméticas sencillas, son los que permiten establecer la tipología de esta clasificación. Estos parámetros e índices se han seleccionado por su bondad, sencillez, correlación y capacidad de predicción respecto a la vegetación (Rivas-Martínez, *Global Bioclimatics*, 2004).

A continuación, se presentan algunos de los parámetros e índices básicos utilizados en esta clasificación bioclimática (Rivas-Martínez, 2004):

- **Parámetros climáticos:** además de los parámetros básicos, como la temperatura media anual (T) o la precipitación media anual (P), se emplean otros como: la precipitación de la estación seca

(P_d), la precipitación estival (P_s) e invernal (P_w), la temperatura positiva anual (T_p) o la precipitación positiva anual (P_p). Además, se emplean también parámetros de estacionalidad, como el periodo de heladas (P_f), el periodo de actividad vegetal (P_{av}) o datos de temperatura de los trimestres correspondientes a las diferentes estaciones.

- **Índices bioclimáticos:** se calculan relacionando diferentes parámetros climáticos mediante fórmulas matemáticas más o menos sencillas. Los índices más utilizados son los siguientes:

- **Índice ombrotérmico (I_o):** se trata de uno de los índices más relevantes en el análisis de los bioclimas, que representa el nivel de confort hídrico anual, relacionando la pluviosidad con la temperatura. Se calcula teniendo en cuenta los valores de aquellos meses en los que la vida vegetal puede realizar sus funciones de desarrollo (los meses con temperatura media por encima de 0 °C). Mediante este índice se diferencian los pisos bioclimáticos de los ombrotipos de un macrobioclima determinado.

$$I_o = \frac{P_p}{T_p} * 10$$

- P_p** = precipitación positiva (suma de las precipitaciones medias de los meses de temperatura media superior a 0 °C) en milímetros (mm).
- T_p** = temperatura positiva (suma de las temperaturas medias de los meses de temperatura media superior a 0 °C) en décimas de grados centígrados.

Este índice puede calcularse para la totalidad del año (I_o), que se utiliza para diferenciar los ombrotipos, o para meses o periodos concretos del año, como índice ombrotérmico del bimestre

más cálido del verano (I_{os2}) o del trimestre más cálido del año (I_{os3}), que se utilizan para diferenciar variantes bioclimáticas.

- **Índice de continentalidad/oceaneidad (I_c):** cuantifica la amplitud de la oscilación térmica anual, calculado en °C el intervalo térmico entre las temperaturas medias mensuales más alta (T_{max}) y más baja del

año (T_{min}). Es especialmente relevante para el macrobioclima mediterráneo, ya que permite diferenciar entre los bioclimas oceánico y continental, lo cual es muy limitante para la vegetación.

$$I_c = T_{max} - T_{min}$$

T_{max} = temperatura media del mes más cálido.

T_{min} = temperatura media del mes más frío.

- **Índice de termicidad (I_t):** se calcula sumando la temperatura media anual (T), la media de las mínimas del mes más frío (m) y la de las máximas (M) del mismo mes. Permite ponderar la intensidad del frío, factor limitante para muchas comunidades vege-

tales, especialmente del macrobioclima mediterráneo que presenta un parón biológico por la sequía de verano (López *et al.*, 2009). Los valores más altos de termicidad indican una mayor afinidad o adaptación de la vegetación al calor.

$$I_t = (T + m + M) * 10$$

T = temperatura media anual.

M = temperatura media de las máximas del mes más frío.

m = temperatura media de las mínimas del mes más frío.

- **Índice de termicidad compensado (I_{tc}):** este índice trata de ponderar el valor del índice de termicidad para las zonas extratropicales de la Tierra (al norte y al sur del

paralelo 23° N y S), de tal forma que su continentalidad pueda ser comparable (Díaz San Andrés, 2011-2019).

$$I_{tc} = I_t + C$$

I_t = índice termicidad.

C = factor de compensación.

Para el cálculo del índice de termicidad compensado se aplica una fórmula diferente en función del valor del índice de continentalidad (I_c) o

amplitud térmica. En la **Tabla 1** se indican las fórmulas para cada caso.

Tabla 1. Rangos y valores para el cálculo del índice de termicidad compensado (I_{tc}).

Zona extratropical	Valor del Índice de continentalidad (I_c)	Fórmula para el cálculo del índice de termicidad compensado (I_{tc}) a aplicar
Áreas hiperoceánicas	$I_c < 8$	$I_{tc} = I_t - [10 * (8 - I_c)]$
	$8 < I_c < 18$	$I_t = I_{tc}$
Áreas oceánicas	$18 < I_c < 21$	$I_{tc} = I_t + [5 * (I_c - 18)]$
	$21 < I_c < 28$	$I_{tc} = I_t + [15 + 15 (I_c - 21)]$
Áreas continentales	$28 < I_c < 46$	$I_{tc} = I_t + [120 + 25 (I_c - 28)]$
	$46 < I_c < 65$	$I_{tc} = I_t + [570 + 30 (I_c - 46)]$

En la **Tabla 2** se realiza un resumen de los índices bioclimáticos utilizados en el presente trabajo y las claves para su aplicación.

Tabla 2. Síntesis de los índices bioclimáticos más relevantes, su cálculo y aplicaciones principales.

Índices bioclimáticos	Cálculo	Parámetros climáticos a utilizar	Aplicación
Índice ombrotérmico (I_o)	$I_o = \frac{P_p}{T_p} * 10$	<p>P_p = precipitación positiva (suma de las precipitaciones medias de los meses de temperatura media superior a 0 °C) en milímetros (mm).</p> <p>T_p = temperatura positiva (suma de las temperaturas medias de los meses de temperatura media superior a 0 °C) en décimas de grados centígrados.</p>	<p>Cálculo del índice anual (I_o), para un mes del trimestre estival (I_{os1}), del bimestre más cálido del verano (I_{os2}), del trimestre estival completo (I_{os3}) o de los meses de mayo, junio, julio y agosto (I_{os4}).</p> <p>Estos índices son eficaces para la definición de los límites entre macroclima mediterráneo y templado (Loidi <i>et al.</i>, 2011).</p>
Índice de continentalidad (I_c)	$I_c = T_{max} - T_{min}$	<p>T_{max} = temperatura media del mes más cálido.</p> <p>T_{min} = temperatura media del mes más frío.</p>	<p>Permite diferenciar entre bioclimas oceánicos y continentales.</p>
Índice de termicidad (I_t)	$I_t = (T + m + M) * 10$	<p>T = temperatura media anual.</p> <p>M = temperatura media de las máximas del mes más frío.</p> <p>m = temperatura media de las mínimas del mes más frío.</p>	<p>Pondera la intensidad del frío, factor limitante para muchas plantas y comunidades vegetales.</p>
Índice de termicidad compensado (I_{tc})	$I_{tc} = I_t + C$	<p>I_t = índice termicidad.</p> <p>C = factor de compensación.</p>	<p>En las zonas extratropicales muy oceánicas ($I_c < 9$) o muy continentales ($I_c > 18$) se debe realizar una corrección del índice, sumando el valor de compensación (C).</p> <p>El valor de C se calcula de manera diferente en función del valor de I_c en cada caso (Loidi <i>et al.</i>, 2011).</p>

3

CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA DE LA CAPV Y SU RELACIÓN CON LA VEGETACIÓN

3.1.

Descripción de la jerarquía bioclimática de la CAPV

En la CAPV, que se ubica entre las latitudes 42.5° N y 43.5° N, solo están representados dos macrobioclimas: mediterráneo y templado (**Figura 3**). La mayor diferencia entre estos dos macrobioclimas es la presencia o ausencia, respectivamente, de un periodo de aridez estival con una duración mínima bimensual donde la evapotranspiración es superior a la precipitación, es decir, existe un déficit hídrico durante dos meses de verano (julio y agosto). Este déficit, puede calcularse mediante el índice ombrotérmico del bimestre más cálido (los_2); el déficit hídrico se da cuando los_2 es menor o igual a 2 ($los_2 \leq 2$). Además, para considerarse macrobioclima mediterráneo, este déficit no debe ser compensado por la humedad remanente en el suelo debido a la precipitación de los meses previos, ya que no es lo mismo que haya un periodo de sequía ambiental en zonas con abundantes precipitaciones anuales (valores altos del índice ombrotérmico) que en una zona con precipitaciones escasas. Para conocer si existe o no esa compensación, se consideran los índices ombrotérmicos del trimestre de verano (junio, julio y agosto) (los_3) e incluso del cuatrimestre más seco (incluyendo el mes de mayo) (los_4). Si consecutivamente todos los índices son igual o menores a 2, se trataría de un macrobioclima mediterráneo (**Figura 8**).

Por el contrario, en el macrobioclima templado la aridez estival es en general nula, si bien se diferencia

una variante de gran importancia para la vegetación, la submediterránea, en la que la aridez estival es de al menos un mes (**Figura 8**). Esta variante bioclimática se caracteriza porque al menos durante un mes del verano la precipitación mensual (P) es inferior a 2.8 veces la temperatura mensual (T), es decir: P [mm] < 2.8T [°C].

El macrobioclima templado, el mayoritario en la CAPV, se halla en su versión oceánica (Loidi *et al.*, 2011), aunque también se ha cartografiado el bioclima templado hiperoceánico en las zonas y valles costeras del oeste de la CAPV (López-Fernández *et al.*, 2008). Estos bioclimas se diferencian por el índice de continentalidad (l_c): si sus valores se encuentran entre 0 y 21, se trata de un territorio con bioclima oceánico (**Figura 4**), que se acentúa en hiperoceánico si dicho índice es menor de 11 (**Figura 8**). Esto significa que la oscilación térmica anual es reducida, existe poca diferencia entre las temperaturas medias mensuales más altas y las más bajas.

Por su parte, el macrobioclima mediterráneo se presenta en su versión oceánica ($l_c \leq 21$) y caracterizado por el bioclima pluviestacional-oceánico, aunque en las inmediaciones (parte central de la Depresión del Ebro) se encuentra también el bioclima xérico-oceánico (**Figura 4**). Estos bioclimas se diferencian por el índice ombrotérmico, que mide el confort hídrico.

En la **Figura 8**, se presenta de forma simplificada una clave para identificar el macrobioclima, el bioclima y la variante bioclimática para el ámbito de la CAPV.

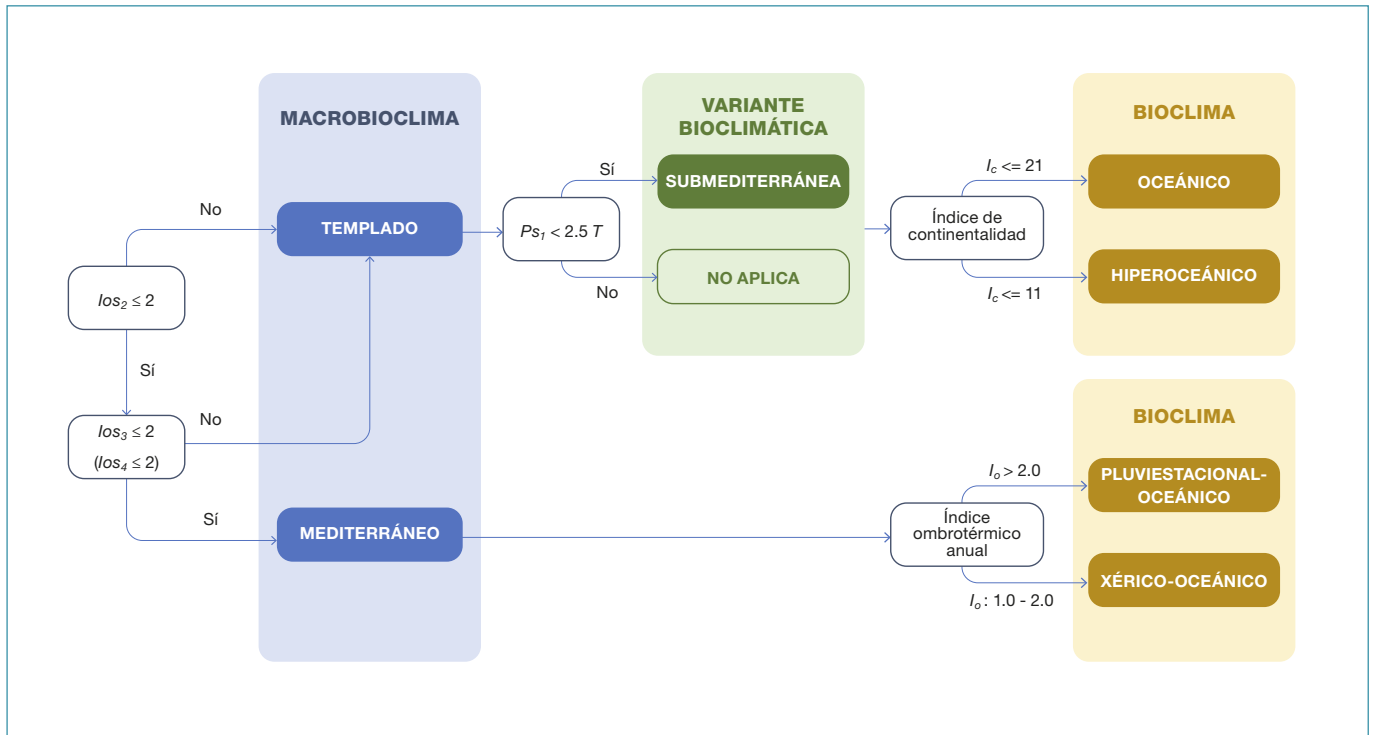


Figura 8. Clave simplificada para identificar los macrobioclimas, los bioclimas y las variantes bioclimáticas presentes en el ámbito de la CAPV (adaptado de Rivas-Martínez, 2004) https://webs.ucm.es/info/cif/book/bioc/global_bioclimatics_0.htm

No obstante, para poder analizar la reciprocidad clima-vegetación con el detalle requerido para un territorio del tamaño de la CAPV, el uso únicamente de macrobioclimas y bioclimas proporciona una tipología demasiado corta que involucra muy pocas unidades. Por ello, se hace imprescindible recurrir a la descripción de los pisos bioclimáticos de cada bioclima: termotipos y ombrotipos (**Figura 8**).

En el caso del macrobioclima templado, encontramos principalmente los termotipos termotemplado, mesotemplado y supratemplado, que se distribuyen desde la franja costera donde los meses de invierno son más templados, hacia las zonas más elevadas del territorio, donde las temperaturas de los meses más fríos son limitantes para la vegetación. En cuanto a los

ombrotipos, el hiperhúmedo está más representado en la mitad este, donde se concentran las zonas con mayor precipitación anual, y el húmedo en la mitad oeste del territorio (ver **Figura 9**).

Dentro del macrobioclima mediterráneo, el termotipo mesomediterráneo, más árido, se concentra en el extremo sur del territorio, mientras que el supramediterráneo representa una franja de transición hacia el macrobioclima templado. En cuanto a los ombrotipos, una mayor aridez en el extremo sur supone una prevalencia del ombrotipo seco en esa zona, mientras que en las zonas correspondientes al termotipo supramediterráneo el ombrotipo más frecuente es el subhúmedo, apareciendo el seco en las zonas de contacto con el mesomediterráneo (ver **Figura 9**).

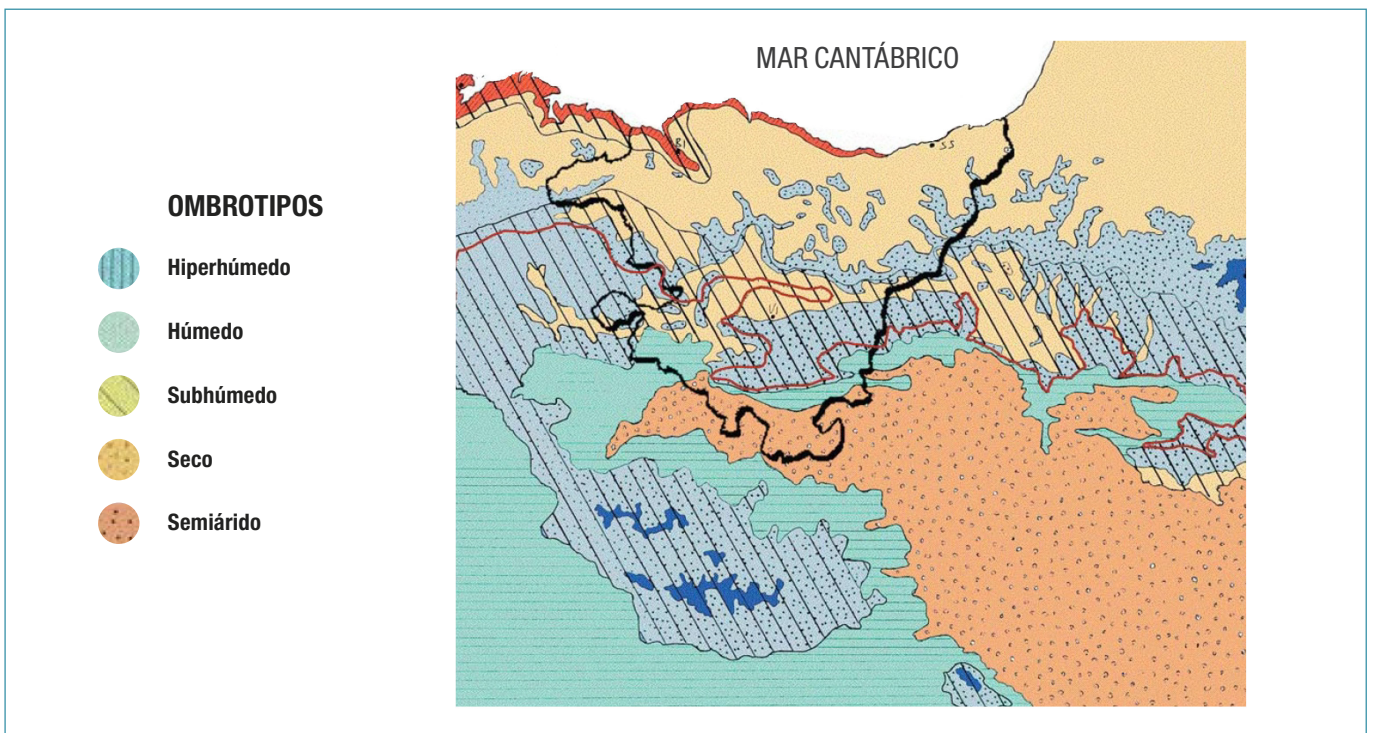
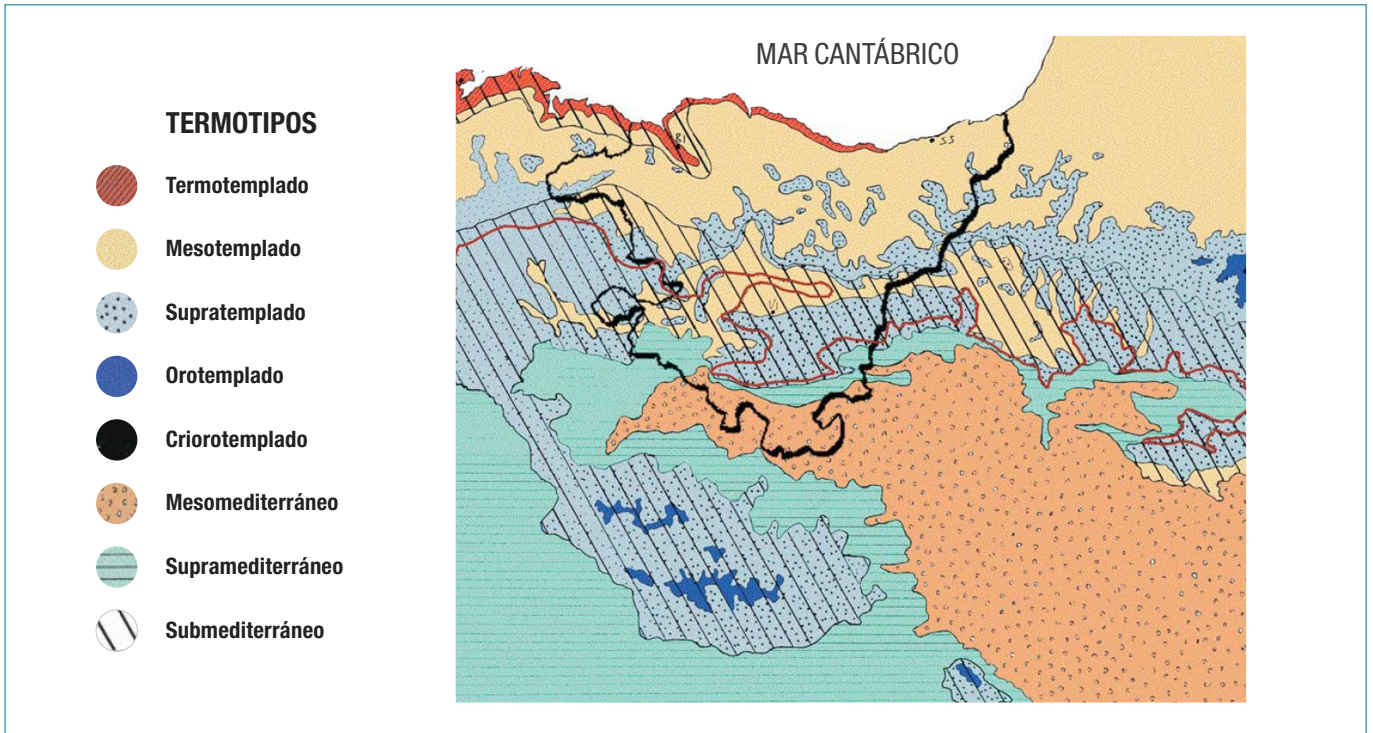


Figura 9. Mapas de termotipos (arriba) y ombrotipos (abajo) de la CAPV (Loidi *et al.*, 2011).

En la **Tabla 3** se recogen los bioclimas y pisos bioclimáticos presentes en la CAPV, según la bibliografía consultada (Loidi *et al.*, 2011), indicando los rangos de los valores climáticos correspondientes, y donde se

pueden ver las diferentes combinaciones de bioclimas, termotipos y ombrotipos que dan lugar a los isobioclimas.

Tabla 3. Clasificación bioclimática en el territorio de la CAPV (Loidi *et al.*, 2011). I_c : Índice de continentalidad; I_o : Índice ombrotérmico; I_{tc} : Índice de termicidad compensado; T_p : temperatura positiva.

MACROCLIMAS	BIOClimAS		PISOS BIoclimÁTICOS				
	I_c	I_o	Termotipos	I_{tc}	I_{tc}	Ombrotipos	I_o
Mediterráneo Aridez ($p < 2T$) al menos dos meses en verano	Mediterráneo pluviestacional oceánico		<i>Mesomediterráneo</i>	210-350	1 500-2 150	<i>Seco</i>	2-3.6
	<21	>2.0	<i>Supramediterráneo</i>	80-210	900-1 500	<i>Subhúmedo</i>	3.6-7
Templado Aridez estival nula o de un solo mes (submediterráneo)	Templado oceánico		<i>Termotemplado</i>	300-410	2 000-2 350	<i>Subhúmedo</i>	3.2-6
	11-21	>3.2	<i>Mesotemplado</i>	180-300	1 400-2 000	<i>Húmedo</i>	6-12
	Templado hiperoceánico						
	$I_c < 11$	>3.6	<i>Supratemplado</i>	20-180	800-1 400	<i>Hiperhúmedo</i>	12-24

3.2.

Vegetación potencial de las unidades bioclimáticas de la CAPV

En este apartado se sintetiza la descripción de la vegetación potencial de la CAPV a través de las unidades bioclimáticas basada en Loidi *et al.* (2011). Se parte de los macrobioclimas y bioclimas, para describir con mayor detalle las series de vegetación caracterís-

ticas de cada piso bioclimático, centrado fundamentalmente en los termotipos (**Figura 9**). En la **Figura 10**, se presenta el mapa esquemático de las principales series de vegetación de la CAPV.

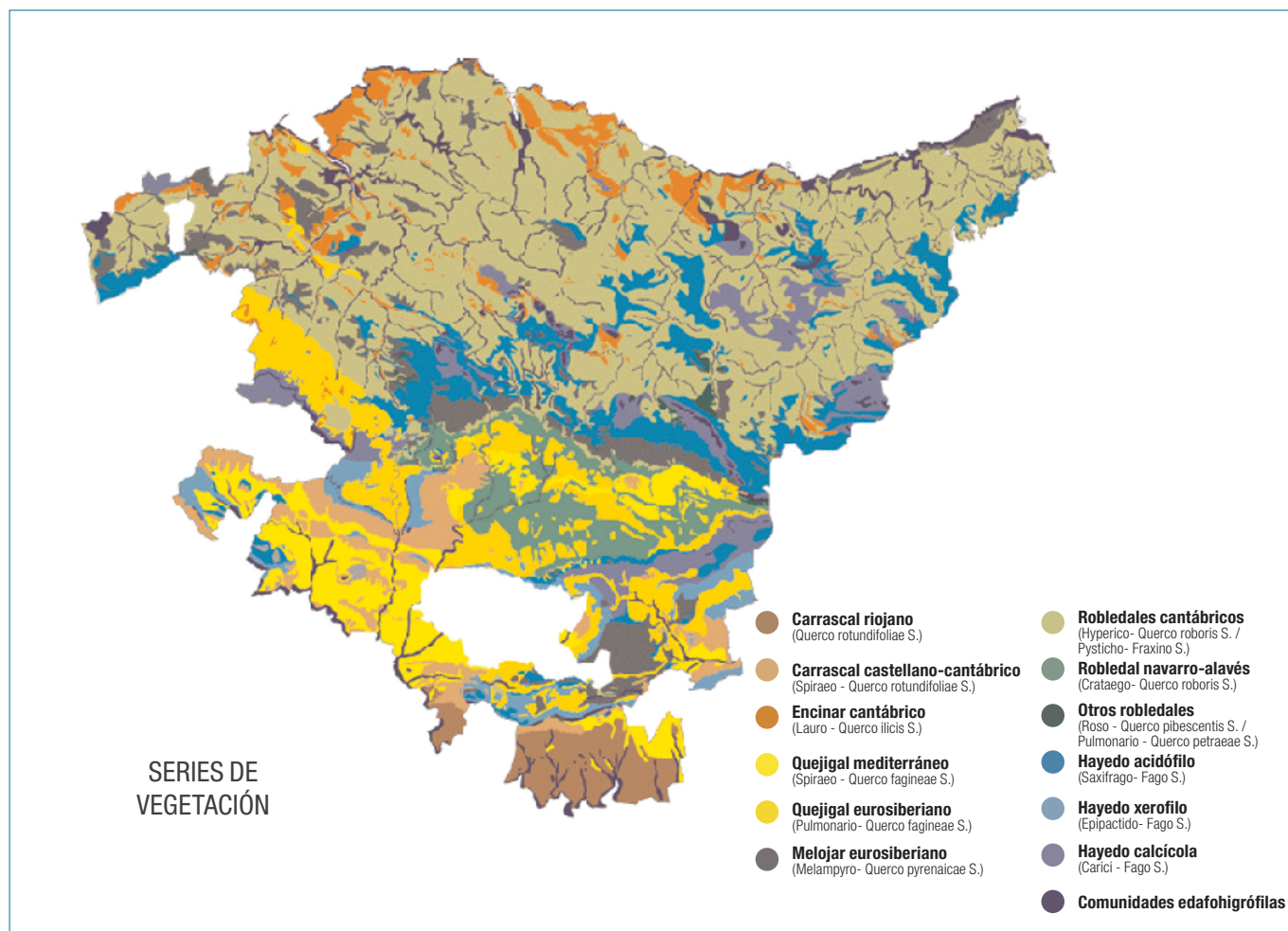


Figura 10. Mapa esquemático de las principales series de vegetación climatófila de la CAPV (Loidi et al., 2011).

3.2.1. Macrobioclima templado

Es el mayoritario en la CAPV (Figura 9), extendiéndose desde la línea de costa hasta el valle del Ebro, donde solo está presente el bioclima templado oceánico. En esta unidad se diferencia la variante submediterránea, que es predominante, salvo en los territorios más lluviosos de los valles de la vertiente atlántica, donde la elevada precipitación que también se da en los meses de verano limitan la aridez estival y, por tanto, la mediterraneidad.

En el ámbito de la variante submediterránea dominan los bosques climatófilos de hoja marcescente o semimarcescente de diferentes especies del

género *Quercus* (*Quercus pubescens*, *Quercus faginea*, *Quercus pyrenaica*), mientras que en el bioclima templado oceánico son característicos los bosques de *Quercus robur* o *Fagus sylvatica*. Estos últimos también pueden aparecer en áreas submediterráneas, pero ligadas a áreas donde las condiciones climáticas locales favorecen una mayor humedad (laderas a favor de la acumulación de nieblas, precipitaciones orográficas, biotopos hidrófilos...).

En la franja costera, sobre todo en la mitad oeste, la influencia del mar suaviza las temperaturas, y se encuentra el piso termotemplado (Figura 9), donde

dominan las series de vegetación de robledal-fresneda, robledal acidófilo (**Figura 11**), marojal, y encinar cantábrico de *Quercus ilex* subsp. *ilex* (**Figura 11**), además

de la vegetación halófila propia de áreas con influencia salina (**Figura 10**).



Figura 11. Imágenes (izquierda) de robledal acidófilo (Díaz, 2019) y (derecha) encinar cantábrico (Galtzagorriak, 2017).

El piso mesotemplado es mayoritario en este macrobioclima, alcanzando una altitud de entre 550 y 650 m (**Figura 9**). Por causas naturales, topográficas, históricas y de otro tipo, este piso alberga la mayor parte de la población humana, donde se ubican las zonas urbanas, y las infraestructuras, y por ello, presenta una mayor alteración del ecosistema. Se diferencian dos zonas:

- La que corresponde con los valles cantábricos, fuera del área submediterránea, que está abierta a la influencia del mar, es más oceánica y lluviosa. Además de los ya mencionados bosques del piso

termotemplado (**Figura 9**), destacan los bosques de galería de aliso (**Figura 10**). Además, debido a la acción humana, el paisaje está dominado por etapas de sustitución como prados de siega, brezales-argomales, saucedas y cultivos madereros (**Figura 10**).

- En la franja correspondiente a la variante submediterránea (**Figura 9**), dominan los robledales mesófilos¹, quejigares, robledales de *Quercus pubescens* (**Figura 12**), robledales acidófilos (**Figura 11**) y marojales, así como las alisedas ligadas a los cursos fluviales (**Figura 10**).

¹ Plantas y comunidades vegetales que viven en condiciones ambientales intermedias entre el medio seco y el medio acuático. Se puede utilizar también el término mesofítico (Rivas-Martínez, 1996-2009)

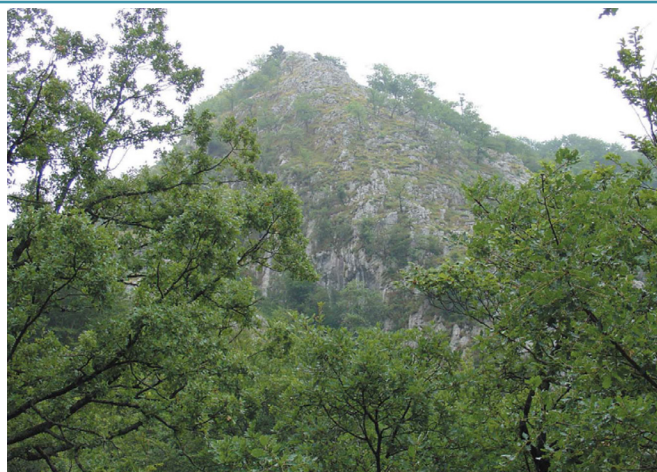


Figura 12. Robledal de *Quercus pubescens* (Loidi *et al.*, 2011).

El piso supratemplado ocupa las zonas montañosas, y es un territorio más frío y lluvioso que el inferior, alcanzando ombrotipos húmedo e hiperhúmedo (Figura 9). También existe una menor presión humana, basada principalmente en explotación ganadera y forestal. En las cimas de los montes más altos puede apenas reconocerse el piso orotemplado, pero sin manifestarse claramente (Figura 9). El tipo de vege-

tación más representativo de este piso es el hayedo en sus tres variantes (Figura 10): hayedo acidófilo, hayedo neutro-basófilo ombrófilo y hayedo basófilo xerófilo (Figura 13).

En las zonas submediterráneas, también son representativos los quejigares y marojales, y donde se registra una mayor continentalidad, los robledales de *Quercus petraea* (Figura 10).

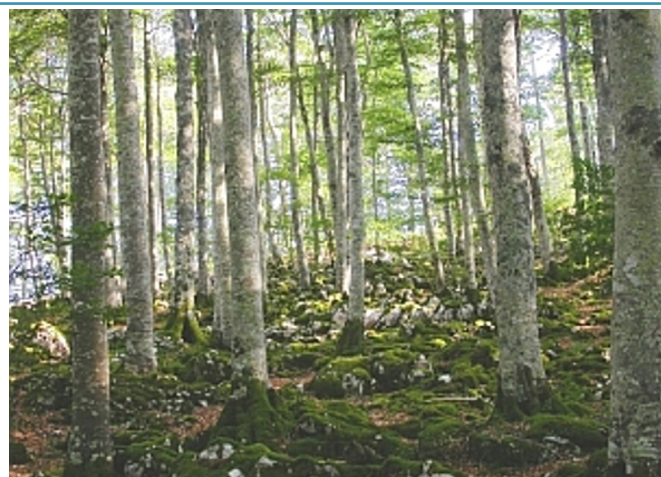


Figura 13. (izquierda) Hayedo acidófilo (Galtzagorriak, 2017) y (derecha) hayedo basófilo (Gobierno de Navarra, s.f.).

En cuanto a las etapas de sustitución, dependiendo del sustrato se desarrollan diferentes tipos de pastizales debido a la ganadería extensiva, así como diferentes especies forestales de coníferas adaptadas a estas condiciones climáticas; a menudo se combinan los

dos tipos de explotación. Además, es muy habitual encontrar hayedos explotados tradicionalmente para leña, construcción o carbón vegetal, dando lugar, en algunos casos, la morfología de árboles trasmochos (Figura 14).



Figura 14. (izquierda) Pastizales y plantaciones forestales de coníferas (Arrazola, 2004), y (derecha) bosque de hayas trasmochas (Odriozola, 2014b).

Finalmente, en las cumbres y zonas cimeras que superan los 1.000 m de altitud, se encuentran comunidades propias del piso orotemplado (Figura 9), con un carácter claramente residual (Figura 10).

En la **Tabla 4** se resume la vegetación potencial dominante en el macrobioclima templado de la CAPV (Loidi *et al.*, 2011).

Tabla 4. Vegetación potencial dominante en el macrobioclima templado (Loidi *et al.*, 2011).

Macrobioclima templado (Pisos bioclimáticos)	Templado oceánico	Templado oceánico submediterráneo
Termotemplado (Franja costera)	<ul style="list-style-type: none"> — Robledal-fresneda — Robledal acidófilo — Marojal — Encinar cantábrico — Vegetación halófila 	
Mesotemplado (hasta 650 m)	<ul style="list-style-type: none"> — Robledal cantábrico — Marojal — Aliseda cantábrica 	<ul style="list-style-type: none"> — Robledal mesófilo — Quejigal — Robledal <i>Quercus pubescens</i> — Robledal acidófilo — Marojal — Aliseda
Subtemplado (hasta 1 700 m)	<ul style="list-style-type: none"> — Hayedo acidófilo — Hayedo calcícola — Robledal <i>Quercus pubescens</i> 	<ul style="list-style-type: none"> — Hayedos — Quejigal — Marojal

3.2.2. Macrobioclima mediterráneo

Este macrobioclima, que presenta al menos dos meses de sequía estival, está presente en el sur de Araba/Álava, fundamentalmente en la Rioja Alavesa, aunque también parcialmente en los valles y montañas alavesas (Figura 9). Únicamente se reconoce el bioclima mediterráneo pluviestacional en su versión oceánica, aunque no lejos de esta zona también se advierte el mediterráneo xérico oceánico.

El piso mesomediterráneo, con un límite superior en torno a los 600 m de altitud, está presente únicamente en la Rioja Alavesa (Figura 9). Una única serie de vegetación domina la práctica totalidad el territorio (Figura 10): los encinares de *Quercus ilex* subsp. *ballota* (*Quercus rotundifolia*) o carrascales basófilos mesomediterráneos de *Quercus rotundifolia*. En las zonas de mayor humedad o fondos de valle puede ser sustituido por bosque de especies caducifolias. El uso humano del territorio es intenso, con cultivos

como viñedos, olivares, almendros o cereales, por lo que la poca vegetación natural o seminatural presente corresponde con etapas de sustitución como coscojares, matorrales o lastonares.

El piso supramediterráneo, más húmedo que el anterior, ocupa una franja más o menos estrecha de transición hacia el macrobioclima templado (Figura 9). La mayor precipitación estival, que tiene lugar debido a la influencia atlántica, hace que el ombrotipo más frecuente sea el subhúmedo (Figura 9), apareciendo el seco en las zonas de contacto con el piso mesomediterráneo. Las series dominantes son los carrascales y los quejigares (Figura 15), dependiendo del tipo de sustrato. En algunas sierras, en las franjas altas umbrías donde tienden a acumularse las nieblas, aparecen los hayedos (Figura 15). Los usos humanos más extendidos son los cultivos de cereal y la ganadería extensiva.



Figura 15. (izquierda) Bosque de *Quercus faginea* (Odriozola, 2014a) y (derecha) hayedo (Arrazola, 2002) en el piso mesomediterráneo.

Tabla 5. Vegetación potencial dominante en el macrobioclima mediterráneo (Loidi *et al.*, 2011).

Macrobioclima mediterráneo (Pisos bioclimáticos)	Mediterráneo pluviestacional oceánico
Mesomediterráneo (hasta 600 m)	— Encinar (carrascal)
Supramediterráneo (a partir de 600 m)	— Encinar — Quejigar — Hayedo (zonas umbrías)
Subtemplado (hasta 1 700 m)	— Hayedo acidófilo — Hayedo calcícola — Robledal <i>Quercus pubescens</i>

4

ANÁLISIS PREDICTIVO DE LAS UNIDADES BIOCLIMÁTICAS DE LA CAPV EN ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO



Disponer de datos bioclimáticos resulta de mucha utilidad para llevar a cabo análisis climáticos, ya que permite caracterizar el clima actual y el clima futuro de forma cuantitativa. Esto permite una visualización muy clara del impacto que podría suponer el cambio climático sobre los diferentes tipos de vegetación o ecosistemas para la CAPV. EUROPARC - España (EUROPARC España, 2018) recomienda en su metodología que para los casos en los cuales todavía no se disponga de suficiente información para llevar a cabo modelizaciones de especies o hábitats, esta información se puede utilizar como un acercamiento para establecer la importancia del cambio climático sobre el elemento a analizar (especie, hábitat, espacio protegido).

En el enfoque de la adaptación pueden utilizarse los bioclimas para llevar a cabo el diagnóstico mediante el cálculo del índice de riesgo climático IPCC (IPCC, 2014b) y estimar así la exposición al cambio climático

en base a datos cuantitativos. Se puede consultar un ejemplo en la metodología de cálculo del riesgo climático de los hábitats terrestres de la CAPV (Ihobe, 2021).

En los últimos años se han realizado diferentes estudios de cambio climático basados en el análisis bioclimático. Además de los realizados a nivel nacional (Araújo *et al.*, 2011), se pueden encontrar ejemplos en regiones como Navarra (Navarra de Suelo y Vivienda, 2020), Canarias (Del Arco y Garzón, 2012) o Castilla-La Mancha (Fernández *et al.*, 2009), o en espacios naturales como el Parque Nacional del Teide (Gil *et al.*, 2018). En estos estudios se ha analizado la evolución prevista de las áreas bioclimáticas para evaluar los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas y el paisaje, identificar las zonas con diferente grado de vulnerabilidad y priorizar las medidas de gestión, tales como la restauración de hábitats o de poblaciones de especies, entre otras.

4.1.

Metodología de cálculo de las unidades bioclimáticas

En la CAPV, en el marco del proyecto I+D KLIMATEK² 2017-2018 “Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la Red Natura 2000 de la CAPV”, se modelizaron los bioclimas para su aplicación en el análisis del riesgo climático de los hábitats terrestres. En concreto, se calcularon los macrobioclimas, los bioclimas y los pisos bioclimáticos (termotipos y ombrotipos) según la metodología de Rivas-Martínez (Rivas-Martínez y Rivas-Saenz, 1996-1997) tanto para el escenario de referencia (el periodo de tiempo actual: 1971-2000) como para el RCP 8.5 (en el periodo de tiempo comprendido entre 2071 y 2100), para el cálculo de la exposición de los hábitats al cambio climático.

Para ello, se empleó la información climática de los escenarios de alta resolución elaborados a partir de los escenarios regionalizados del programa CORDEX (Ihobe, 2017). Mediante una herramienta de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se calcularon los índices y parámetros bioclimáticos, tanto para el escenario de referencia (1971-2000) como para el RCP 8.5 (periodo 2071-2100). Sobre la base de los índices se

obtuvo la cartografía de los macrobioclimas (mediterráneo, templado y submediterráneo), bioclimas y pisos bioclimáticos (termotipos y ombrotipos), y de su combinación, se obtuvieron los mapas de los isobioclimas. La cartografía con estos resultados se puede consultar en: www.ihobe.eus.

Analizado el potencial y la utilidad de estos cálculos y los mapas derivados para analizar desde un punto de vista ecosistémico la evolución prevista de la relación entre el clima y la vegetación en un contexto de cambio climático, se ha desarrollado una herramienta basada en la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica que permite calcular los parámetros e índices bioclimáticos en cualquier escenario para los que se disponga de datos de precipitación y temperatura (Ihobe, 2022). De esta manera, se pueden obtener los mapas de todos los rangos de la jerarquía bioclimática de Rivas-Martínez para la totalidad de los RCP existentes en la actualidad y los que se vayan elaborando en el futuro para la CAPV.

4.2.

Evolución y distribución de los bioclimas de la CAPV en un contexto de cambio climático

En el presente apartado se presentan e interpretan los resultados obtenidos de la aplicación de la herramienta para el cálculo de los bioclimas para la CAPV (Ihobe, 2022). En concreto, se presentan los resultados de los cálculos realizados partiendo de la información climática obtenida en la segunda fase del proyecto “Escenarios de cambio climático de alta resolución para el País Vasco. Fase II: Datos diarios con metodologías de corrección de sesgo”, conocidos comúnmente como Escenarios II proyectados (Ihobe, 2019). Aunque también se dispone de los resultados de los mapas bioclimáticos calculados a partir de los datos

climáticos obtenidos en la primera fase o Escenarios I (Ihobe, 2017), los resultados obtenidos en la segunda fase se consideran más adecuados para el cálculo de los bioclimas debido a la corrección del sesgo aplicada en Escenarios II.

Los mapas se han calculado para el periodo de tiempo de referencia (1970-2000) y para tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100. Debido a que la corrección del sesgo de Escenarios II solo se ha calculado para el RCP 8.5 (Ihobe, 2019), solo se han obtenido por el momento los mapas para ese esce-

² Proyectos de innovación y demostración en adaptación al cambio climático que promueve el Gobierno Vasco: <https://www.euskadi.eus/proyectos-klimatek-de-adaptacion-al-cambio-climatico/web01-a2ingkli/es/> (Último acceso: 16-04-2021).

nario. No obstante, la disponibilidad de la herramienta de cálculo de los bioclimas ofrece la posibilidad de obtener los mapas bioclimáticos para otros escenarios y futuras actualizaciones y correcciones en el momento en que estén disponibles los datos.

4.2.1. Clasificación bioclimática actual de la CAPV según Escenarios II (Ihobe, 2019)

El macrobioclima predominante es el templado, seguido del templado submediterráneo y con la presencia del mediterráneo relegado al sur de Araba/Álava (**Figura 16**). Dentro del macrobioclima templado, se encuentra el bioclima templado hiperoceánico en prácticamente la totalidad de la franja costera, y el templado oceánico en el resto. En el macrobioclima mediterráneo tan solo se encuentra representado el bioclima mediterráneo pluviestacional oceánico.

En cuanto a los pisos bioclimáticos, el ombrotipo húmedo es el mayoritario, con algunas zonas montañosas del este bajo el ombrotipo hiperhúmedo. En la mitad sur predomina el subhúmedo y el seco abarca ciertas zonas de las comarcas más al sur (**Figura 16**).

A continuación, se presentan los resultados obtenidos, tanto para el escenario de referencia como para los futuros.

En la franja costera las temperaturas más suaves favorecen la aparición del termotipo termotemplado, que deriva en mesotemplado y, puntualmente, supratemplado hacia el sur y hasta el límite con macrobioclima mediterráneo. En esta unidad predomina el termotipo mesotemplado sobre el supramediterráneo (**Figura 16**).

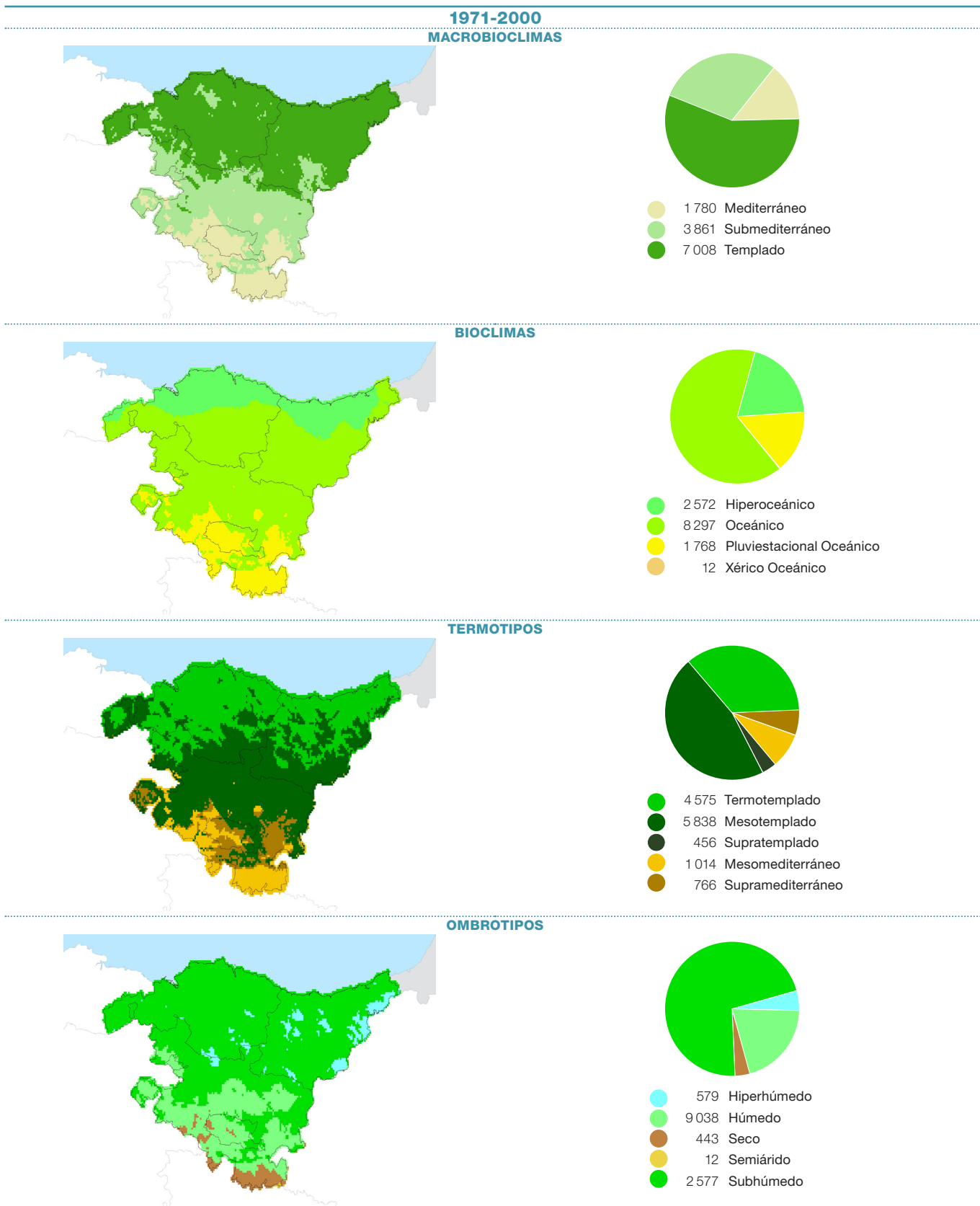


Figura 16. Mapas de los macrobioclimas, bioclimas, termotipos y ombrotipos de la CAPV en el periodo de referencia 1971-2000, resultado de la aplicación del cálculo de los bioclimas a partir de los datos para este periodo incluidos en los escenarios regionalizados para la CAPV con corrección de sesgo o Escenarios II (Ihobe, 2019).

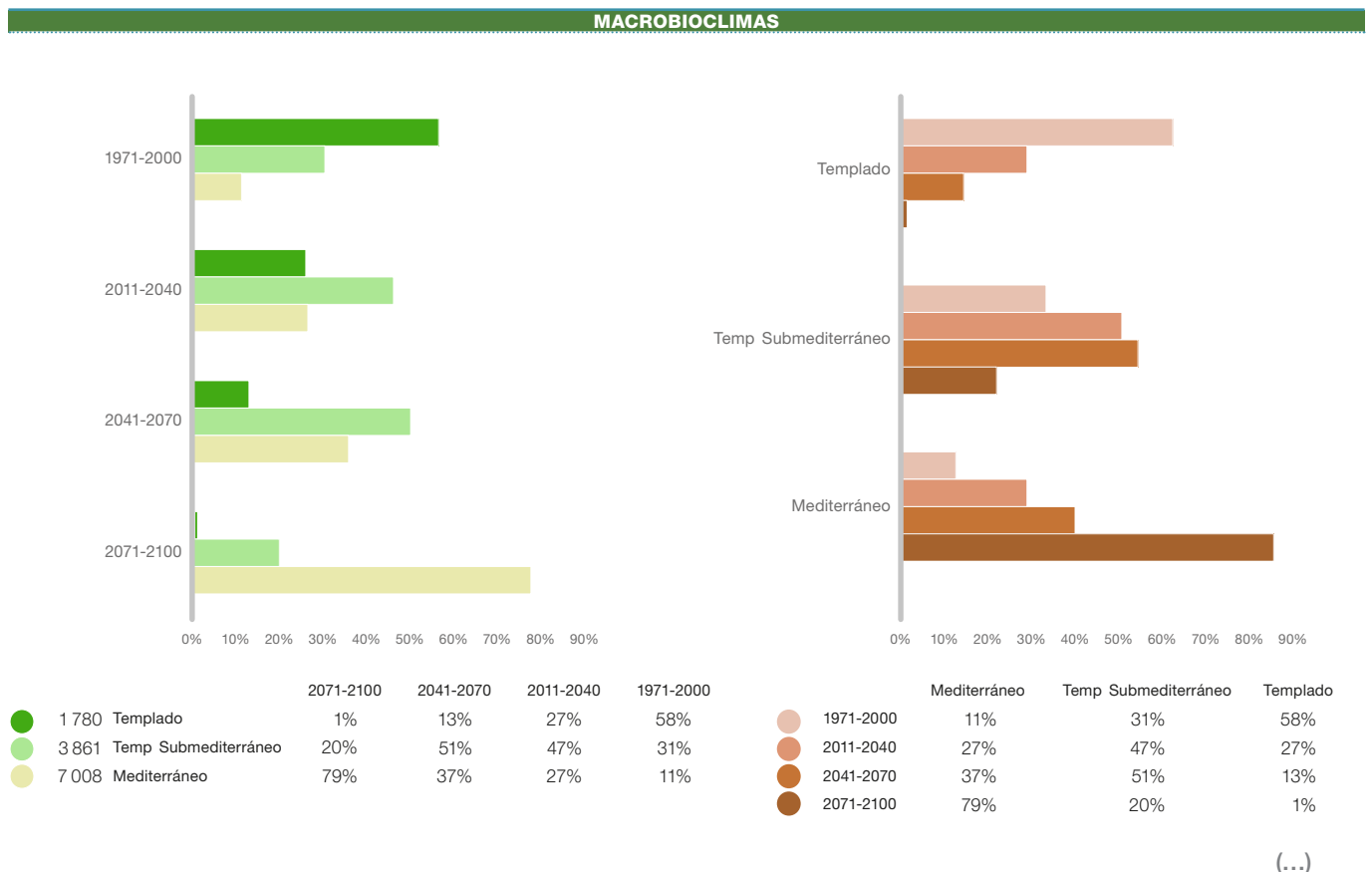
Esta descripción difiere significativamente de la indicada en el **Apartado 3.1** del presente documento. La razón se debe a que esta clasificación bioclimática se ha calculado utilizando los datos climáticos de los escenarios regionalizados para la CAPV con corrección de sesgo o Escenarios II (Ihobe, 2019) para el periodo de tiempo actual (1971-2000). Por lo que puede que algunos resultados no se ajusten totalmente con la realidad. Por ejemplo, el ombrotipo hiperhúmedo está mucho más extendido por los territorios de Gipuzkoa y Bizkaia según la bibliografía consultada que lo que se refleja como resultado del modelo. La mayor dife-

rencia se encuentra en el caso de los termotipos, ya que según la bibliografía, el termotemplado se extiende tan solo en una franja estrecha de la costa, mientras que el mesotemplado es el mayoritario en los territorios de Gipuzkoa y Bizkaia. En Araba/Álava se combinan los termotipos mesotemplado y supratemplado el macrobioclima templado, y no prevalece el mesotemplado como se refleja en el resultado del modelo. No obstante, el análisis de la evolución de los macrobioclimas, bioclimas y pisos bioclimáticos y su interpretación, puede ayudar a entender el impacto del cambio climático sobre las comunidades vegetales de la CAPV.

4.2.2. Evolución de los macrobioclimas

Tal y como predicen diferentes estudios, el clima de la CAPV va a tender a una progresiva mediterraneización (Gobierno Vasco, 2011; 2015). A corto y medio plazo, la variante submediterránea se generalizaría en el macrobioclima templado, y posteriormente, debido

al aumento de la sequía estival, el macrobioclima predominante será el mediterráneo. Tan solo parte de Gipuzkoa quedaría bajo el macrobioclima templado, donde sería dominante la variante submediterránea (Figura 17).



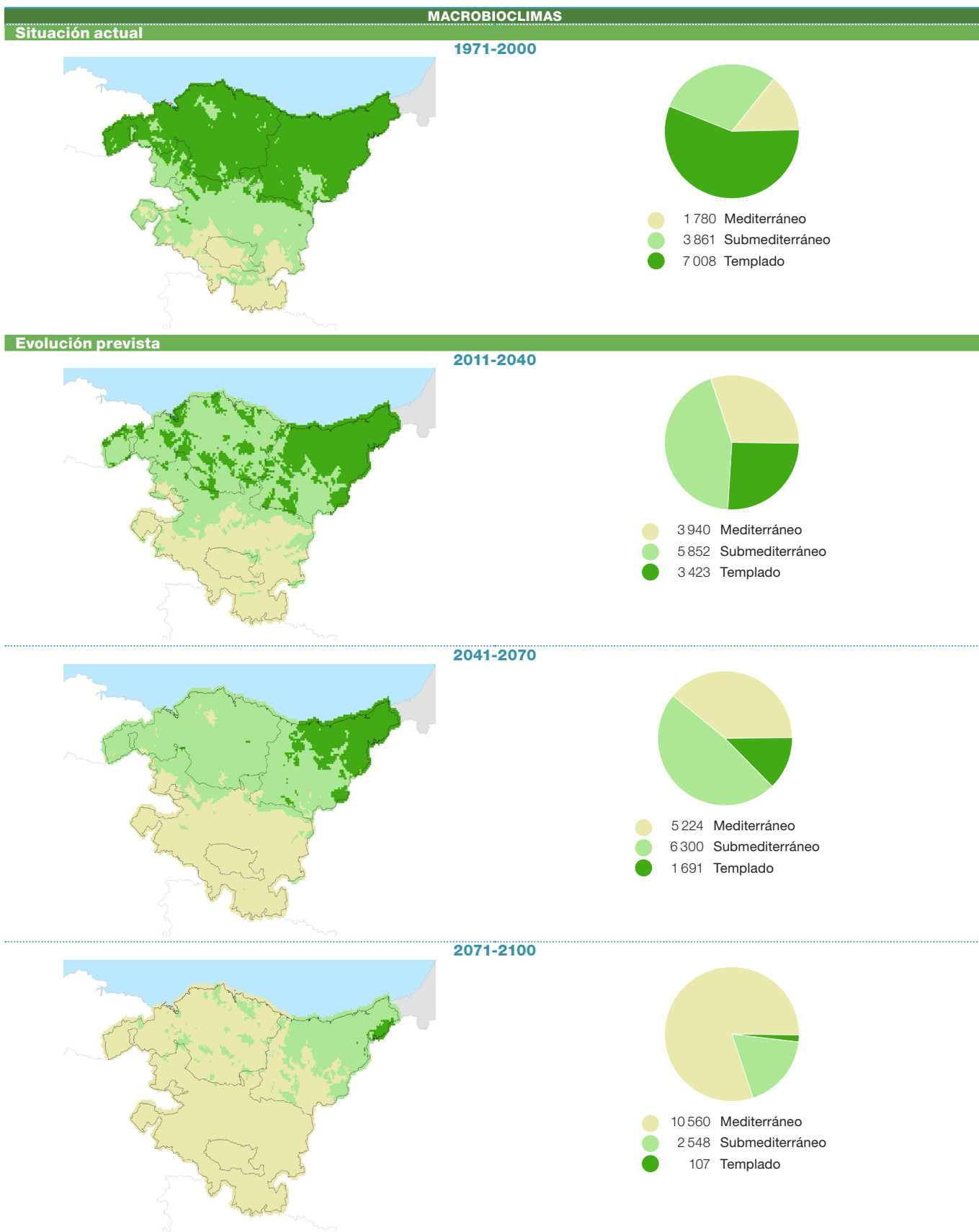


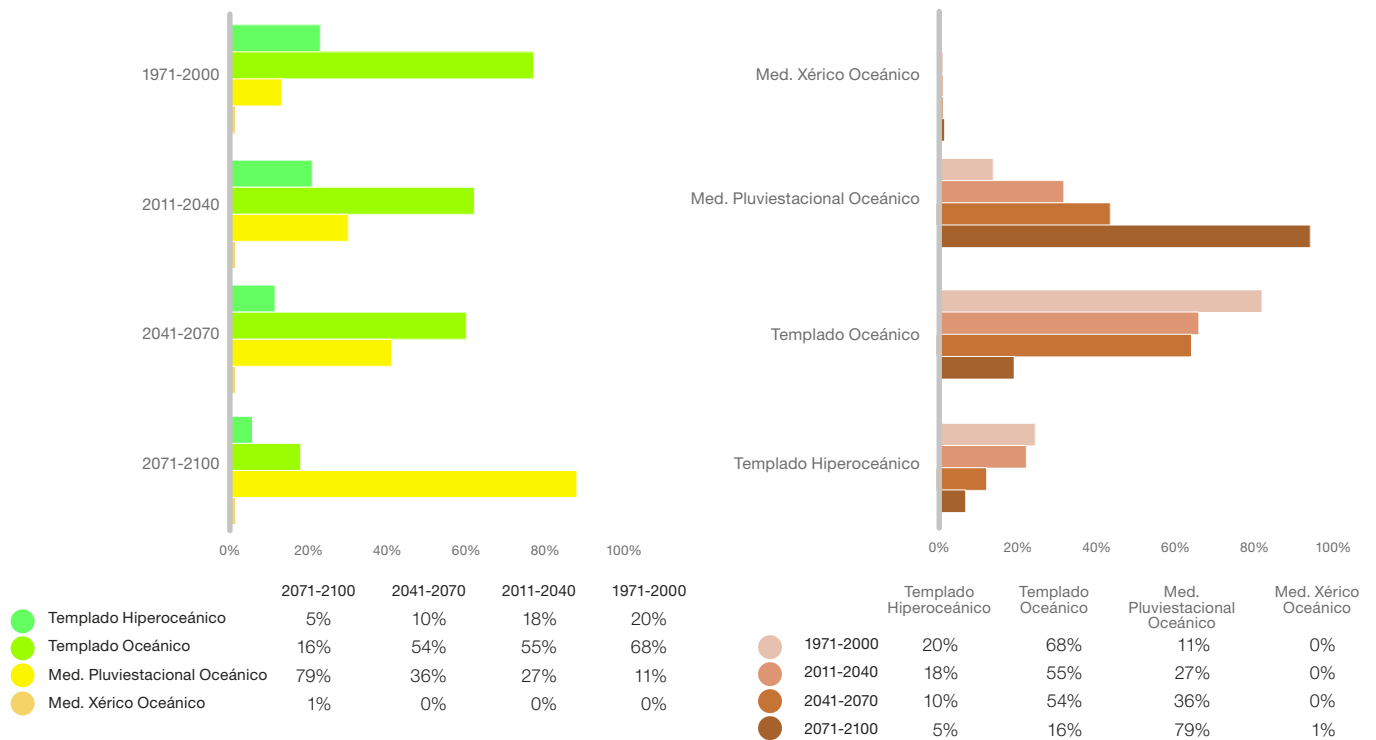
Figura 17. Evolución espacial y cuantitativa de los macrobioclimas en los diferentes periodos de tiempo considerados para el RCP 8.5 (Ihobe, 2019).

4.2.3. Evolución de los bioclimas

Teniendo en cuenta la evolución de los macrobioclimas (Figura 17), los cambios más significativos en los bioclimas se darían, por una parte, en la persistencia del bioclima templado hiperoceánico en la costa

de Gipuzkoa, y por otro, en la aparición del bioclima mediterráneo xérico-oceánico, actualmente presente tan solo en zonas concretas de la depresión del Ebro (Figura 18).

BIOCLIMAS



(...)

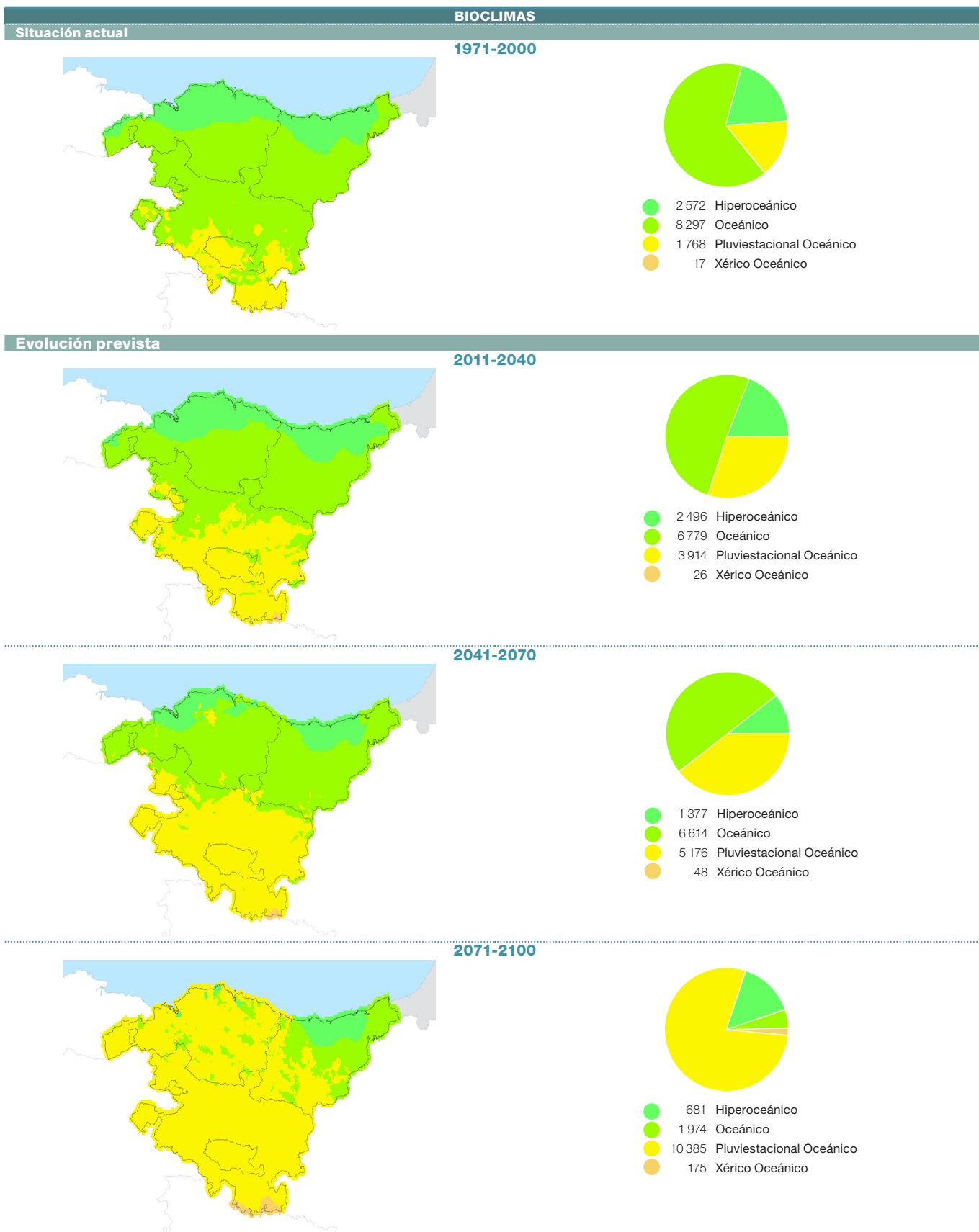


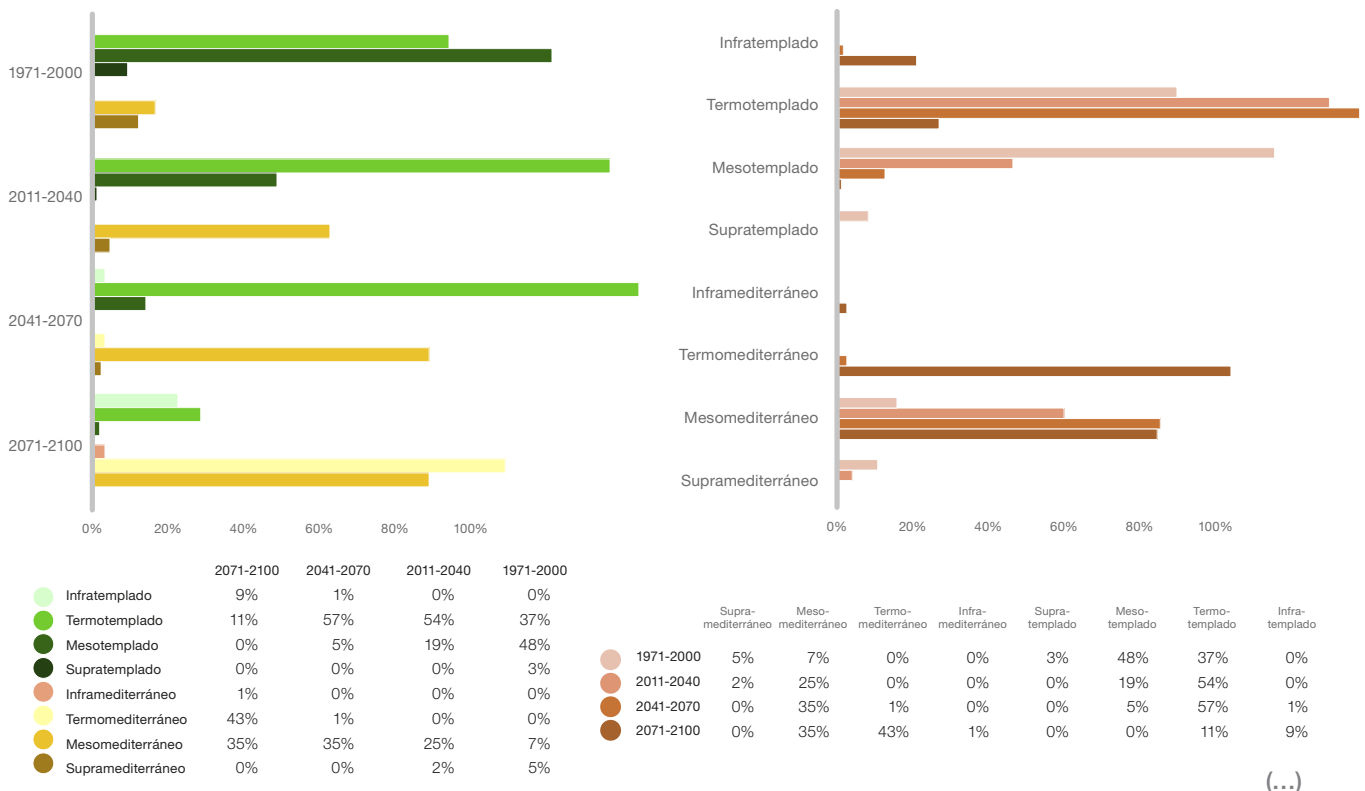
Figura 18. Evolución espacial y cuantitativa de los bioclimas en los diferentes periodos de tiempo considerados para el RCP 8.5 (Ihobe, 2019).

4.2.4. Evolución de los termotipos

En cuando a los pisos bioclimáticos, el mayor cambio se daría en los termotipos. En la **Figura 19** se aprecia claramente cómo el progresivo aumento de las temperaturas previsto en los escenarios provocaría el avance de termotipos más áridos desde el sur y hasta las zonas costeras. Este cambio sería especialmente notable en el largo plazo (2071-2100), con la aparición incluso de nuevos termotipos, como el inframediterráneo en la zona costera de Bizkaia y el infratemplado en la costa de Gipuzkoa (**Figura 18**). Es significativa la evolución del piso termotemplado, que tendería a

aumentar en el corto y medio plazo, pero disminuiría drásticamente en el largo plazo (**Figura 19**). Esto podría ser debido a la aparición de la sequía estival en la mayor parte del territorio (Ihobe, 2019), que derivaría en la generalización del macrobioclima mediterráneo. Por lo que, manteniéndose el Índice de termicidad y la temperatura positiva en rangos similares, se pasaría del piso termotemplado (que representa el 57% del territorio en la actualidad), al termomediterráneo, que pasaría a dominar el 43% del territorio.

TERMOTIPOS



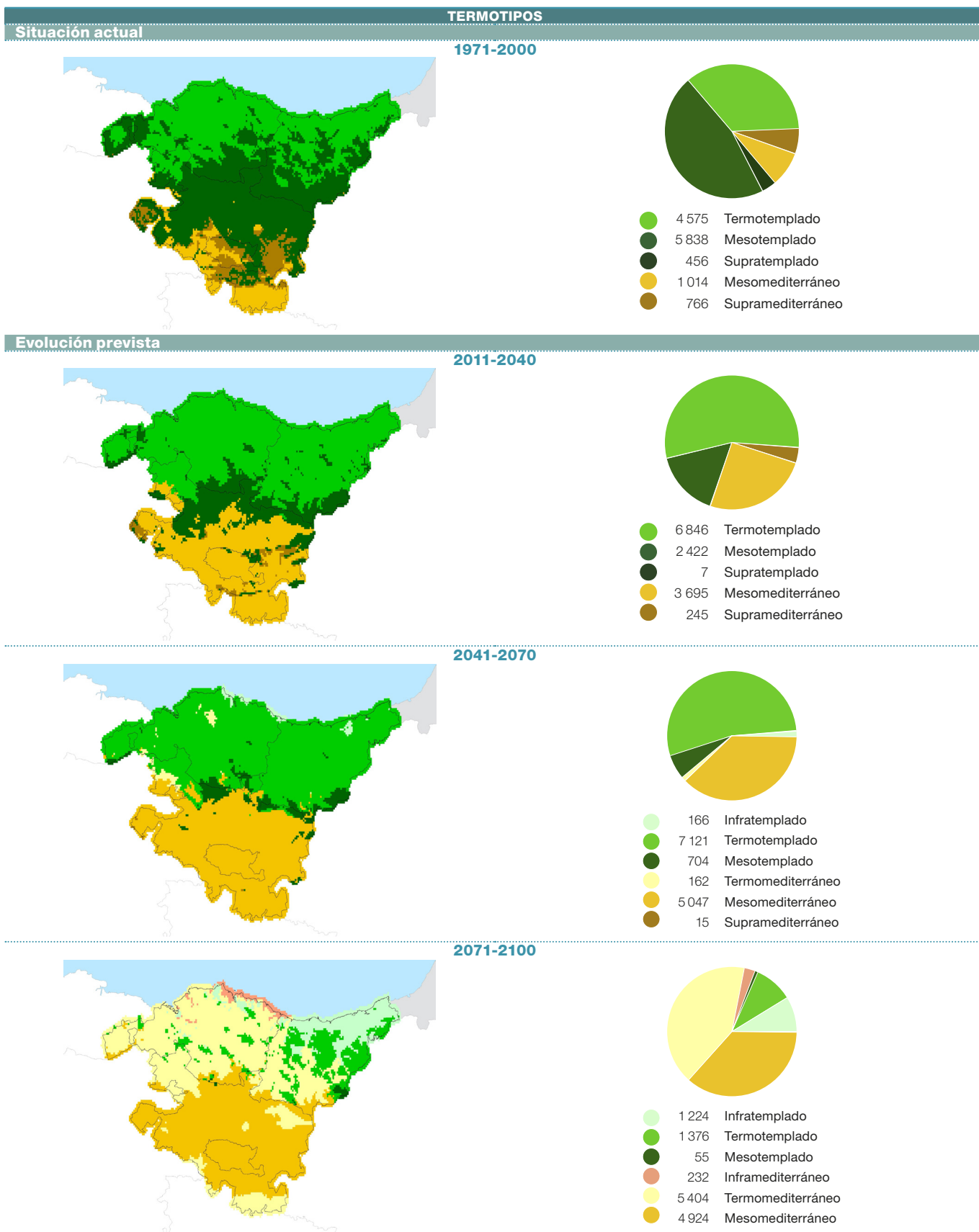
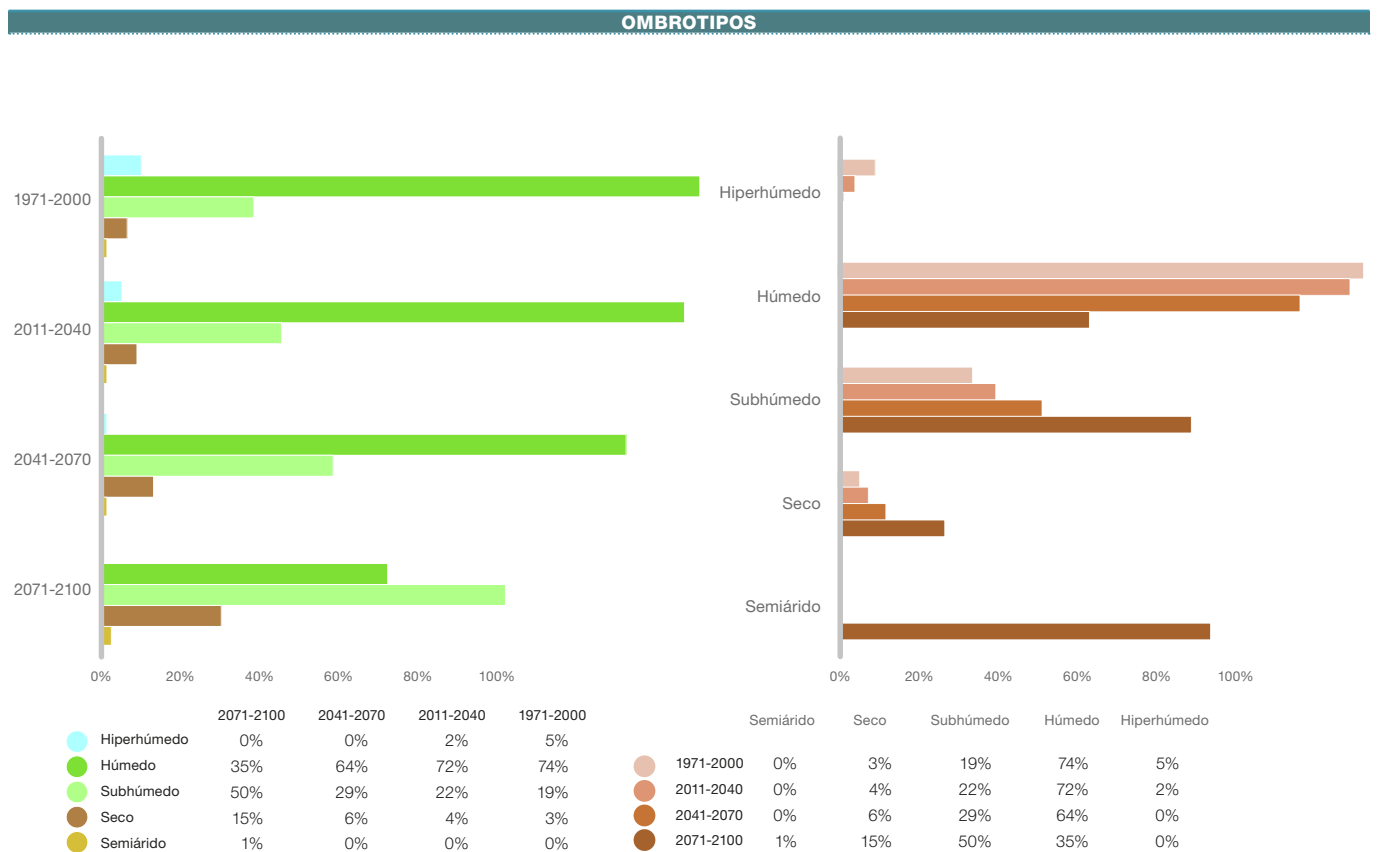


Figura 19. Evolución espacial y cuantitativa de los termotipos en los diferentes periodos de tiempo considerados para el RCP 8.5 (Ihobe, 2019).

4.2.5. Evolución de los ombrotipos

En los ombrotipos no se darían grandes cambios hasta el periodo 2071-2100, donde se apreciaría un claro retroceso del ombrotipo húmedo que se replegaría hacia el este, y un avance significativo del ombrotipo seco en el sur (Figura 20). Además, aparecería y se extendería gradualmente el ombrotipo semiárido, que no está presente en la actualidad. El ombrotipo hiperhúmedo, característico de las zonas montañosas del noreste, desaparecería del territorio de la CAPV (Figura 20).

No obstante, hay que tener en cuenta que los ombrotipos no reflejan las variaciones estacionales de las precipitaciones, sino que se basan en datos medios de precipitación. Los escenarios regionalizados de cambio climático para la CAPV indican que aunque no se darán grandes variaciones en las precipitaciones medias, sí se dará una variación estacional notable, con disminución de precipitación en los meses de primavera y otoño (Ihobe, 2019). Esto tendrá un efecto sobre la vegetación que no es posible analizar mediante el análisis bioclimático que aquí se presenta.



(...)

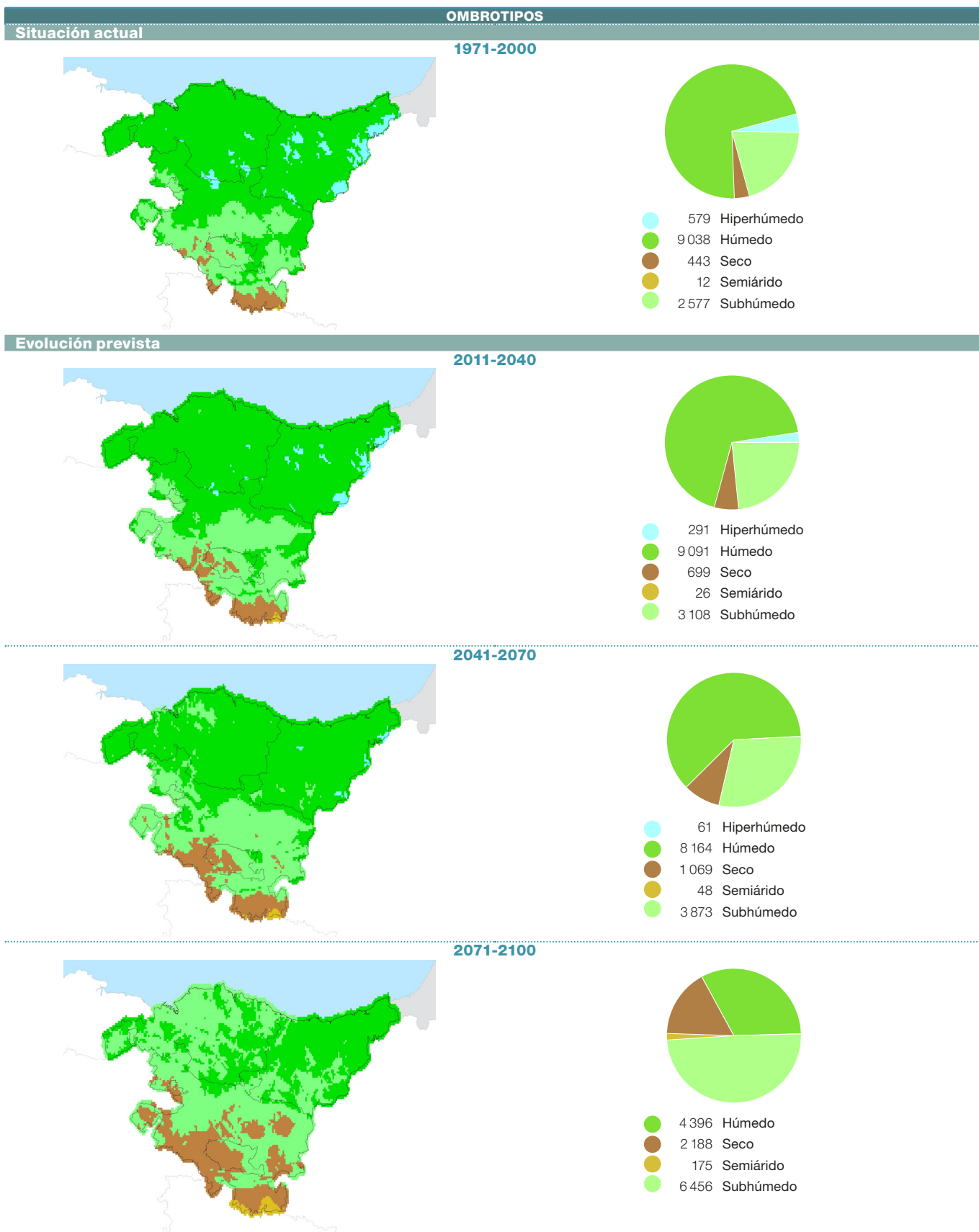


Figura 20. Evolución espacial y cuantitativa de los ombrotipos en los diferentes periodos de tiempo considerados para el RCP 8.5 (Ihobe, 2019).

4.2.6. Clasificación bioclimática de la CAPV en el periodo 2071-2100

La evolución de los diferentes índices bioclimáticos a lo largo del siglo XXI parece que dará lugar a una nueva clasificación bioclimática para el territorio de la CAPV en el horizonte temporal 2071-2100. En la

Tabla 6 se indican los valores climáticos de los nuevos bioclimas y pisos bioclimáticos que aparecerían, y se han eliminado los que desaparecen.

Tabla 6. Clasificación bioclimática de la CAPV en el RCP 8.5 para el periodo comprendido entre 2071 y 2100, en base a los resultados de la aplicación de la herramienta de cálculo de bioclimas (Ihobe, 2022). I_c : Índice de continentalidad; I_o : Índice ombrotérmico; I_{tc} : Índice de termicidad compensado; T_p : temperatura positiva.

MACROCLIMAS	BIOCLIMAS		PISOS BIOCLIMÁTICOS				
	I_c	I_o	Termotipos	I_{tc}	T_p	Ombrotipos	I_o
Mediterráneo Aridez ($p < 2T$) al menos dos meses en verano	Mediterráneo pluviestacional oceánico		<i>Inframediterráneo</i>	450-580	>2 400	<i>Semiárido</i>	1-2
	≤ 21	>2.0				<i>Seco</i>	2-3.6
	Mediterráneo xérico oceánico		<i>Termomediterráneo</i>	350-450	2 150-2 400	<i>Subhúmedo</i>	3.6-7
Templado Aridez estival nula o de un solo mes (submediterráneo)	≤ 21	1-2	<i>Mesomediterráneo</i>	210-350	1 500-2 150	<i>Húmedo</i>	7-12
	Templado oceánico						
	11-21	>3.2	<i>Infratemplado</i>	>410	>2 350	<i>Subhúmedo</i>	3.2-6
	Templado hiperoceánico						
	$I_c \leq 11$	>3.6	<i>Termotemplado</i>	300-410	2 000-2 350	<i>Húmedo</i>	6-12

Se pueden comparar las diferencias con el periodo actual consultando los contenidos de la **Tabla 3**.

4.3.

Evolución de la vegetación potencial climatófila en un contexto de cambio climático

En base a la delimitación y la evolución de los bioclimas y de los pisos bioclimáticos se puede interpretar la evolución esperada de las principales series de vegetación de la CAPV en los tres horizontes temporales analizados (2011-2040; 2041-2070; 2071-2100). A continuación, se describen los cambios que podrían darse en las áreas de distribución potencial de las principales unidades de vegetación climáticas.

Cabe recordar que estos resultados deben tratarse con cautela ya que además de las variables bioclimáticas consideradas en este trabajo, existen más factores que condicionan la distribución potencial de una

especie, como la plasticidad genotípica de las especies (Chambel *et al.*, 2005). Por lo que la distribución del nicho potencial basado en los datos bioclimáticos no se corresponde en su totalidad con la distribución real. Sin embargo, estos resultados ofrecen una información valiosa sobre las tendencias más probables que pudieran darse a futuro que deberían ser consideradas para la valoración de los impactos del cambio climático sobre las principales comunidades vegetales, así como para diseñar investigaciones complementarias, sistemas de monitoreo de los impactos del cambio climático o la planificación de la acción climática mediante estrategias de mitigación y/o adaptación.

4.3.1. Corto plazo (periodo 2011-2040)

El gran retroceso de los pisos supratemplado y supramediterráneo podría suponer una disminución significativa de la superficie potencial del hayedo, que previsiblemente se iría replegando a zonas umbrías y cotas más elevadas. A pesar de la mediterraneización del macrobioclima templado en Bizkaia (**Figura 16**), la prevalencia del ombrotipo húmedo (**Figura 19**) podría favorecer previsiblemente el mantenimiento de gran parte de la distribución potencial del robledal de *Quercus robur*, que iría desplazándose hacia zonas más altas. Además, comenzaría a extenderse la distribución

potencial de especies más mediterráneas, como el encinar cantábrico (*Quercus ilex* sbsp. *ilex*), o los robledales de especies más resistentes a la sequía (*Quercus pubescens*, *Quercus pyrenaica* o *Quercus faginea*).

En el área mediterránea, el previsible aumento del termotipo mesomediterráneo (**Figura 19**) conllevaría la extensión de la superficie potencial para el encinar mediterráneo, en detrimento de quejigares y con un evidente endurecimiento de las condiciones para los hayedos que permanecen en zonas umbrías o más elevadas.

4.3.2. Medio plazo (periodo 2041-2070)

Continuaría el retroceso del área potencial de los hayedos en ambos macrobioclimas (**Figura 17**), que quedarían relegados a las cotas más elevadas y a las áreas de mayor precipitación y acumulación de humedad. Se generalizaría la variante submediterránea en Bizkaia y en gran parte de Gipuzkoa, lo que conllevaría al aumento del área de distribución potencial de los robledales más resistentes a la sequía estival, en detrimento de *Quercus robur*, que quedaría relegado a las zonas más húmedas del sector oriental.

En el macrobioclima mediterráneo, comenzaría a aparecer el bioclima mediterráneo xérico oceánico (**Figura 18**). Este bioclima se distribuye en la actualidad en la mitad oriental de la Península y Baleares (**Figura 4**), entre otras zonas, en la cubeta central de la depresión del Ebro y sur de Navarra (López-Fernández *et al.*, 2008). Esta aparición se debería al aumento de la aridez, que daría lugar al ombrotipo semiárido y un índice ombrotérmico (I_o) menor que el pluviestacional. Estas condiciones climáticas podrían dar lugar a un nicho

ecológico que no se corresponde con ninguno existente en la actualidad en la CAPV, y que en el presente se encuentra ocupado por especies más resistentes

a la sequía propias de otras regiones mediterráneas del sureste de la península.

4.3.3. Largo plazo (periodo 2071-2100)

Es en este periodo cuando se prevén los cambios más drásticos de temperatura y precipitación (Ihobe, 2019). Al generalizarse el macrobioclima mediterráneo (Figura 17), las especies menos adaptadas a la sequía estival (principalmente, los hayedos y los robledales acidófilos) podrían perder prácticamente su distribución potencial, quedando relegada fundamentalmente, en el caso de los robledales, a las zonas más húmedas y elevadas del este de Gipuzkoa. Sin embargo, los hayedos perderían totalmente su superficie potencial, permaneciendo localizados en puntos concretos con condiciones microclimáticas apropiadas como vegetación relictica.

En el macrobioclima templado aparecería un nuevo piso bioclimático, el infratemplado (Figura 19), que en la actualidad no está representado ni en la CAPV ni en la Península Ibérica (Figura 3), y que parece que se extenderá principalmente por la costa de Gipuzkoa. Se trata del termotipo más cálido del macrobioclima templado, con un índice de termicidad compensada (I_{TC}) mayor a 410, y una temperatura positiva (T_p) superior a 2350. En combinación con los ombrotipos húmedo y subhúmedo que permanecerían en la zona costera (Figura 20), darían lugar a condiciones climáticas propias de regiones macaronésicas (Vicente *et al.*, 2016). En la Figura 21 se muestran ejemplos del tipo de comunidades vegetales que se encuentran en la actualidad en esas condiciones climáticas.



Figura 21. (izquierda) Fayal-brezal (Toledo, 2015) y (derecha) laurisilva (Esquivel Díaz) de la región macaronésica.

El macrobioclima mediterráneo abarcará la totalidad de Araba/Álava, Bizkaia y parte de Gipuzkoa (Figura 16). En la mitad sur, se generalizaría el termotipo mesomediterráneo (Figura 17) y los ombrotipos seco y subhúmedo (Figura 20). En estas condiciones, la vegetación potencial predominante es la encina, aunque especies del termotipo supramediterráneo podrían darse bajo el ombrotipo subhúmedo, como el

quejigo (*Quercus faginea*) o, localmente, el haya (*Fagus sylvatica*). Continuaría extendiéndose el ombrotipo semiárido en el sur (Figura 20), con el desarrollo de vegetación propia del bioclima mediterráneo xérico oceánico (Figura 18).

En el norte, la zona mediterránea se tornaría al termotipo termomediterráneo (Figura 18), que no está

presente en la actualidad en la CAPV (**Figura 5**), y que está ampliamente representado en el suroeste Peninsular y en Baleares (Piñas *et al.*, 2008). Se trata de un termotipo intermedio, más cálido que el meso-mediterráneo, con un índice de termicidad (I_{TC}) entre 350 y 450, y una temperatura positiva (T_p) de entre 2100 y 2400. Este termotipo, en combinación con los ombrotipos subhúmedo y húmedo, mayoritarios en esa zona (**Figura 20**), favorecerán a especies como la encina o especies de roble como *Quercus pubescens*, y otras no presentes o muy escasas en la CAPV, como *Quercus canariensis* o *Quercus suber*, así como bosques perennifolios esclerófilos o laurifolios (Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, 2008).

Por otra parte, debido al previsible avance del macrobioclima mediterráneo hacia la costa (**Figura 17**), aparecería un nuevo termotipo, el inframediterráneo (**Figura 18**), un termotipo que en la actualidad (**Figura 4**) se da en puntos muy localizados del litoral de Murcia y Almería (Cabo de Gata) (Alcaraz, 2013), así como en los territorios meridionales de Marruecos y los septentrionales costeros del Sahara (Rivas-Martínez, *Pisos bioclimáticos de España*, 1983). Este termotipo es el más cálido del macrobioclima mediterráneo, y se caracteriza por un índice de termicidad compensada (I_{TC}) entre 450 y 580, y una temperatura positiva (T_p) mayor de 2400, y da lugar a condiciones desérticas (Alcaraz, 2013). No obstante, el ombrotipo subhúmedo y, puntualmente, húmedo que se mantendría en la zona costera de la CAPV podría compensar previsiblemente las altas temperaturas. Por lo que se puede deducir que no se llegará a condiciones climáticas similares a las regiones mencionadas, donde aparece bajo ombrotipos subárido y árido (**Figura 6**). Es probable que se den condiciones para el desarrollo de bosques de especies de hoja perenne y dura, con capacidad de resistir las sequías estivales, como los bosques esclerófilos (Del Arco y Garzón, 2012).

BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz, F. (2013). Pisos bioclimáticos y pisos de vegetación. En *Geobotánica*. Murcia: Universidad de Murcia. Obtenido de <https://www.um.es/docencia/geobotanica/ficheros/tema03.pdf>
- Araújo, M., Guilhaumon, F., Neto, D., Pozo, I., y Calmaestra, R. (2011). *Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático de la Biodiversidad Española. 2 Fauna de Vertebrados*. Madrid: Dirección General de Medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- Arrazola, M. (2002). 20020704_01_0005. Irekia/Gobierno Vasco. Obtenido de <https://argazki.irekia.euskadi.eus/es/search/124625/photos/1212>
- Arrazola, M. (2004). 20040929_01_0012. Irekia/Gobierno Vasco. Obtenido de <https://argazki.irekia.euskadi.eus/es/search/126470/photos/3623>
- Del Arco, M., y Garzón, V. (2012). *Estudio predictivo de distribución de los pisos bioclimáticos en Tenerife y Gran Canaria, para diferentes escenarios de cambio climático*. Gobierno de Canarias, Agencia Canaria de Desarrollo Sostenible y Cambio Climático. Obtenido de <https://www.adaptecca.es/en/recursos/buscador/estudio-predictivo-de-distribucion-de-los-pisos-de-vegetacion-en-tenerife-y-gran-0>
- Díaz, A. (2011-2019). *Índices climáticos y bioclimáticos*. Obtenido de <https://biogeografia.net>
- Díaz, A. (2019). *Biogeografía*. Obtenido de <https://www.biogeografia.net/geobotanica71f.html>
- Esquivel Díaz, J. (s.f.). Paisaje Monteverde (Laurisilva Fayal Brezal) monteverde higrófilo. Proyecto TSP de la Consejería de Educación y Universidades del Gobierno de Canarias. Obtenido de <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/wiki/index.php?title=Archivo:DSC00129.jpg>
- EUROPARC España. (2018). *Las áreas protegidas en el contexto del cambio global: incorporación de la adaptación al cambio climático en la planificación y gestión. Segunda edición, revisada y ampliada*. (M. Múgica, y J. Puerta, Edits.) Madrid: Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez para los espacios naturales. Recuperado el 10 de 03 de 2020, de http://www.redeuroparc.org/system/files/shared/Toolkit_cambioclimatico/01018_manual13_baja.pdf
- Fernández, F., Pérez, R., Sardinero, S., Rodríguez, R., y Crespo, G. (2009). *Impactos del Cambio Climático en Castilla-La Mancha. Primer informe*. Gobierno de Castilla La Mancha, Consejería de Agricultura, Agua y Desarrollo Rural. Oficina de Cambio Climático de Castilla La Mancha. Recuperado el 08 de 06 de 2020, de <https://www.castillalamancha.es/node/75529>
- Galtzagorriak, U. (2017). *Urdaibai*. Obtenido de <https://www.urdaibai.org/es/ekosistemak-baso.php>
- Gobierno de Canarias. (2012). *Garajonay*. Obtenido de Flora: <https://www.gobiernodecanarias.org/parquesnacionales/garajonay/es/infoespec/flora/>
- Gobierno de Navarra. (s.f.). *Mapa de vegetación potencial de Navarra 1:25.000*. Obtenido de http://www.cfnavarra.es/agricultura/informacion_agraria/MapaCultivos/htm/index.htm

- Gobierno Vasco. (2011). *Cambio Climático, impacto y adaptación en la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca. Vitoria-Gasteiz: Servicio Central de Publicaciones del País Vasco. Obtenido de https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/kegokitzen/es_def/adjuntos/cambio_climatico.pdf
- Gobierno Vasco. (2015). *Estrategia de Cambio Climático 2050 del País Vasco (KLIMA 2050)*. Vitoria-Gasteiz: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Recuperado el 10 de 03 de 2020, de <https://www.ihobe.eus/publicaciones/estrategia-cambio-climatico-2050-pais-vasco>
- Ihobe. (2017). *Elaboración de escenarios regionales de alta resolución para el País Vasco*. Proyecto Klimatek 2016, Bilbao. Recuperado el 10 de 03 de 2020, de <https://www.ihobe.eus/publicaciones/escenarios-cambio-climatico-alta-resolucion-para-pais-vasco-3>
- Ihobe. (2019). *Escenarios de cambio climático de alta resolución para el País Vasco. Fase II: Datos diarios con metodologías de corrección de sesgo*. Bilbao: Ihobe. Recuperado el 31 de 04 de 2020, de <https://www.ihobe.eus/publicaciones/escenarios-cambio-climatico-alta-resolucion-para-pais-vasco-2>
- Ihobe. (2021). *Metodología para el cálculo del riesgo climático de los hábitats terrestres de Euskadi*. Aplicación en la Red Natura 2000. Bilbao: Ihobe.
- Ihobe. (2022). *Herramienta para la clasificación bioclimática de la CAPV*. Guía de uso. Bilbao: Ihobe.
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra Environmental Strategies, Hayama, Japón, en nombre del IPCC* (Vol. 4). Hayama (Kanagawa), Japón: Instituto para las Estrategias Ambientales Globales (IGES, del inglés, Institute for Global. Recuperado el 05 de 06 de 2020, de <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>
- IPCC. (2014a). Anexo II: Glosario. En R. Pachauri, L. Meyer, y K. P. Mach (Ed.), *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (págs. 127-141). Ginebra, Suiza: IPCC. Recuperado el 10 de 03 de 2020, de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGIAR5-IntegrationBrochure_es-1.pdf
- IPCC. (2014b). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, Vulnerability. Part A: Global and Sectorial Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (C. Field, V. Barros, D. Dokken, K. Mach, M. Mastrandrea, T. Bilir, ... L. White, Edits.) Cambridge, United Kingdom y New York, USA: Cambridge University Press. Recuperado el 10 de 03 de 2020, de <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
- IPCC. (2018a). Annex I: Glossary. En V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. Shukla, ... T. Wataerfield, *Global Warning of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, ... poverty*. Recuperado el 10 de 03 de 2020, de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_AnnexI_Glossary.pdf
- IPCC. (2018b). Annex II: Glossary. En C. Field, V. Barros, D. Dokken, K. Mach, M. Mastrandrea, T. Bilir, ... L. White, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectorial Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (págs. 1757-1776). Cambridge, United Kingdom y New York, USA: Cambridge University Press. Recuperado el 10 de 03 de 2020, de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIAR5-AnnexII_FINAL.pdf
- Loidi, J., Biurrun, I., Campos, J., García-Mijangos, I., y Herrera, M. (2011). *La vegetación de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Leyenda del mapa de series de vegetación a escala 1:50.000*. Edición Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. Recuperado el 08 de 06 de 2020, de <https://addi.ehu.es/handle/10810/15551>

- López, M., Piñas, S., y López, M. (2009). Isobioclimas de la provincia de Málaga y su Cartografía. V *Congreso Español de Biogeografía: Biogeografía Scientia Biodiversitatis: 9-12 septiembre 2008*, (págs. 121-130). Málaga. Recuperado el 08 de 06 de 2020, de <https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/20257/1/2009.11.pdf>
- López-Fernández, M., Piñas, S., y López, M. (2008). Macrobioclimas, bioclimas y variantes bioclimáticas de la España peninsular y balear, y su cartografía. *Publicaciones de Biología, Universidad de Navarra, Serie Botánica*, 17, 229-236. Recuperado el 08 de 06 de 2020, de <https://hdl.handle.net/10171/8097>
- Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. (2008). *Tipología de bosques europeos. Categorías y tipos para informes y políticas de gestión forestal sostenible*. Centro de Publicaciones.
- Navarra de Suelo y Vivienda, S.A. (2020). *Guía Temática de Paisaje y Cambio Climático en Navarra*. Pamplona: Gobierno de Navarra. Obtenido de https://www.adaptecca.es/sites/default/files/documentos/dc611_guia_paisaje_publico.pdf
- Odrozola, P. (2014a). URA_Rio_Igoroin_0001. Irekia/Gobierno Vasco. Obtenido de <https://argazki.irekia.euskadi.eus/es/search/124625/photos/22012>
- Odrozola, P. (2014b). URA_Rio_Iraurgi_Santa_Engracia_Mekoleta_0003. Irekia/Gobierno Vasco. Obtenido de <https://argazki.irekia.euskadi.eus/es/search/126469/photos/22096>
- Philander, S. (2012). *Encyclopedia of Global Warming and Climate Change, Second Edition*. SAGE Publishing. doi:10.4135/9781452218564
- Piñas, S., López, M., y López Fernández, M. (2008). Termotipos de la España Peninsular y Balear, y su cartografía. *Publicaciones de Biología, Universidad de Navarra, Serie Botánica*, 17, 237-242.
- Rivas Martínez, S. (27 de 08 de 2004). *Sistema de Clasificación Bioclimática Mundial*, Versión 27-08-2004. Recuperado el 08 de 06 de 2020, de Centro de Investigaciones Fitosociológicas: <https://webs.ucm.es/info/cif/book/bioc/tabla.htm>
- Rivas-Martínez, S. (1983). Pisos bioclimáticos de España. *Lazaroa*, 5, 33-43.
- Rivas-Martínez, S. (2004). *Global Bioclimatics*. Recuperado el 25 de Enero de 2021, de https://webs.ucm.es/info/cif/book/bioc/global_bioclimatics_0.htm
- Rivas-Martínez, S. (01 de 12 de 2008). *Global Bioclimatics*. Obtenido de https://webs.ucm.es/info/cif/book/bioc/global_bioclimatics-2008_00.htm
- Rivas-Martínez, S. y Rivas-Sáenz, S. (1996-1997). *Worldwide Bioclimatic Classification System*. Recuperado el 10 de 03 de 2020, de Phytosociological Research Center: <http://www.global-bioclimatics.org/>
- Rivas-Martínez, S., Díaz, T.E., Fernández-González, F., Izco, J., Loidi, J., Lousã, M. y Penas, A. (2002). Vascular plant communities of Spain and Portugal. Addenda to the Syntaxonomical checklist of 2001. *Itinera Geobotanica*, 1-2(15), 5-922.
- Rivas-Martínez, S., Fernández-González, F., Loidi, J., Lousã, M. y Penas, A. 2001. (2001). Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobotanica*, 14, 5-341.
- Rivas-Martínez, S., Penas, A., y Díaz, T. (2004). *Bioclimatic Map of Europe*. Recuperado el 08 de 06 de 2020, de Cartographic Service, University of León (Spain): https://webs.ucm.es/info/cif/form/bi_med.htm
- Toledo, J. (2015). Cumbre de Baracán, Parque Rural de Teno, Tenerife. Área de publicaciones de la CEUS. Obtenido de https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/mediateca/publicaciones/?attachment_id=1674
- Valle, F., Navarro, F., Jiménez, M., Algarra, J., Arrojo, E., Asensi, A., ... Torres, E. (2004). *Datos botánicos aplicados a la Gestión del Medio Natural Andaluz I: Bioclimatología y Biogeografía*. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente.
- Vicente, J., Fernández de Castro, C., Linares, E., y Galán de Mera, A. (2016). Estudio de las comunidades de zarzas de las islas Macaronésicas: biodiversidad y conservación. *CONAMA2016*.



ACCIÓN CLIMÁTICA Y BIODIVERSIDAD



Análisis bioclimático de Euskadi en escenarios de cambio climático

